

# TECHNE

Journal of Technology for Architecture and Environment

22 | 2021

# TRANSIZIONE CIRCOLARE E PROGETTO

circular transition and design

Poste Italiane spa - Tassa pagata - Piego di libro  
Aut.n. 072/DCB/FI/VF del 31.03.2005

on line ISSN 2239-0243



SIT<sub>dA</sub>

# TECHNE

Journal of Technology for Architecture and Environment

Issue 22

Year 11

**Direttore/Director**

Mario Losasso

**Comitato Scientifico/Scientific Committee**

Tor Broström, Gabriella Caterina, Gianfranco Dioguardi, Stephen Emmitt,  
Paolo Felli, Luigi Ferrara, Cristina Forlani, Rosario Giuffré, Helen Lochhead,  
Maria Teresa Lucarelli, Lorenzo Matteoli, Gabriella Peretti,  
Fabrizio Schiaffonati, Maria Chiara Torricelli

**Direttore Editoriale/Editor in Chief**

Elena Mussinelli

**Comitato Editoriale/Editorial Board Members**

Filippo Angelucci, Valeria D'Ambrosio, Pietromaria Davoli,  
Tiziana Ferrante, Paola Gallo, Francesca Giglio, Massimo Lauria

**Assistenti Editoriali/Assistant Editors**

Alessandro Claudi De Saint Mihiel, Valentina Puglisi, Antonella Violano,  
Francesca Thiebat

**Segreteria di Redazione/Editorial Staff**

Nazly Atta, Giovanni Castaldo, Serena Giorgi, Martino Mocchi, Giulia Vignati

**Progetto grafico/Graphic Design**

Veronica Dal Buono

**Progettazione grafica esecutiva/Executive Graphic Design**

Giulia Pellegrini

**Editorial Office**

c/o SITdA onlus,  
Via Toledo 402, 80134 Napoli  
Email: [redazionetechne@sitda.net](mailto:redazionetechne@sitda.net)

Issues per year: 2

**Publisher**

FUP (Firenze University Press)  
Phone: (0039) 055 2743051  
Email: [journals@fupress.com](mailto:journals@fupress.com)

Journal of SITdA (Società Italiana della Tecnologia dell'Architettura)



## REVISORI / REFEREES

Per le attività svolte nel 2020-2021 relative al Double-Blind Peer Review process, si ringraziano i seguenti Revisori:

*As concern the Double-Blind Peer Review process done in 2020-2021, we would thanks the following Referees:*

### 2020

Ilaria Agostini, Filippo Angelucci, Eugenio Arbizzani, Vitangelo Ardito, Serena Baiani, Adolfo Baratta, Alessandra Battisti, Chiara Bedon, Stefano Bellintani, Pietro Chierici, Andrea Ciaramella, Luigi Cocchiarella, Valeria D'Ambrosio, Domenico D'Olimpio, Laura Daglio, Luca Maria Francesco Fabris, Daniele Fanzini, Cristina Forlani, Rossella Franchino, Matteo Gambaro, Maria Luisa Germanà, Valentina Gianfrate, Elisabetta Ginelli, Ruggero Lenci, Danila Longo, Adriano Magliocco, Enrico Sergio Mazzucchelli, Martino Mocchi, Elena Mola, Alessandra Oppio, Ingrid Paoletti, Carlo Parrinello, Gabriella Peretti, Paola Pleba, Sergio Pone, Raffaella Riva, Sergio Russo Ermolli, Fabrizio Schiaffonati, Nicoletta Setola, Cinzia Talamo, Andrea Tartaglia, Antonella Violano, Serena Viola.

### 2021

Filippo Angelucci, Erminia Attaianese, Serena Baiani, Adolfo Baratta, Oscar Bellini, Stefano Bellintani, Roberto Bolici, Filippo Calcerano, Marta Calzolari, Andrea Campioli, Francesca Castagneto, Andrea Ciaramella, Carola Clemente, Luigi Cocchiarella, Christina Conti, Valeria D'Ambrosio, Domenico D'Olimpio, Roberto Di Giulio, Antonella Falotico, Daniele Fanzini, Massimo Ferrari, Rossella Franchino, Matteo Gambaro, Jacopo Gaspari, Maria Luisa Germanà, Andrea Giachetta, Elisabetta Ginelli, Francesca Giofrè, Adriano Magliocco, Laura Malighetti, Martino Milardi, Marzia Morena, Ingrid Paoletti, Spartaco Paris, Angela Pavesi, Claudio Piferi, Paola Pleba, Raffaella Riva, Rosa Romano, Massimo Rossetti, Sergio Russo Ermolli, Simone Secchi, Cesare Sposito, Cinzia Talamo, Andrea Tartaglia, Valeria Tatano, Benedetta Terenzi, Fabrizio Tucci, Renata Valente, Antonella Violano, Alessandra Zanelli.

# SIT<sub>d</sub>A

Società Italiana della Tecnologia  
dell'Architettura



# TRANSIZIONE CIRCOLARE E PROGETTO CIRCULAR TRANSITION AND DESIGN

## INTRODUZIONE AL TEMA *INTRODUCTION TO THE ISSUE*

- 7 | **Transizione circolare: scenari per il futuro del progetto**  
*Circular transition: scenarios for the future of design*  
Mario Losasso, Presidente SIT dA

## EDITORIALE *EDITORIAL*

- 10 | **Editoriale**  
*Editorial*  
Elena Mussinelli

## DOSSIER a cura di/*edited by* Francesca Giglio, Massimo Lauria, Maria Teresa Lucarelli

- 16 | **Oltre la cultura dello scarto, verso processi circolari**  
*Beyond the culture of waste, towards circular processes*  
Francesca Giglio, Massimo Lauria, Maria Teresa Lucarelli
- 22 | **La sfida della circolarità nel settore edilizio**  
*The challenge of circularity in the construction sector*  
Stefano Leoni
- 28 | **La transizione verso l'economia circolare in aree e comunità urbane: approccio ENEA**  
*The circular economy transition in urban areas and communities: ENEA's approach*  
Roberto Morabito
- 35 | **Architettura geologica. Traiettorie circolari nell'Antropocene**  
*Geologic architecture. Circular trajectories in the anthropocene*  
Marco Navarra
- 42 | **Quello che resta. "Monnezzate" globalizzate**  
*What's left. Globalised "crap"*  
Mauro Francesco Minervino

## REPORTAGE a cura di/*edited by* Velasco Vitali

- 49 | **Dialogo intorno a il Branco**  
*Dialogue about Branco*  
Velasco Vitali

## CONTRIBUTI *CONTRIBUTIONS*

### SAGGI E PUNTI DI VISTA *ESSAYS AND VIEWPOINTS*

- 55 | **Dalla crisi al futuro sostenibile. Processi di trasferimento tecnologico dall'Europa all'area MENA**  
*From crisis to a sustainable future. Processes of technology transfer from Europe to the MENA region*  
Emilio Antonioli, Margherita Ferrari
- 63 | **Catalogo ragionato dei prodotti biogenici in Europa. Una visione anticipatoria tra potenzialità tecniche e disponibilità**  
*Reasoned catalogue of biogenic products in Europe. An anticipatory vision between technical potentials and availability*  
Olga Beatrice Carcassi, Ingrid Paoletti, Laura Elisabetta Malighetti
- 71 | **Remanufacturing: strategie per valorizzare l'estensione della vita dei prodotti edili a breve ciclo d'uso**  
*Remanufacturing: strategies to enhance the life extension of short-cycle building products*  
Cinzia Talamo, Monica Lavagna, Carol Monticelli, Alessandra Zanelli, Andrea Campioli
- 79 | **Finanza sostenibile e industria delle costruzioni: nuovi paradigmi per lo sviluppo dei progetti**  
*Sustainable finance and the construction industry: new paradigms for design development*  
Giancarlo Paganin
- 86 | **Strategie progettuali della Material Efficiency per la transizione circolare**  
*Material Efficiency design strategies for the circular transition*  
Paola Marrone, Ilaria Montella
- 96 | **Le ICT a supporto della progettazione circolare in ambito urbano**  
*ICT as innovative tools for circular planning in urban areas*  
Francesca De Filippi, Carmelo Carbone

RICERCA E SPERIMENTAZIONE *RESEARCH AND EXPERIMENTATION*

- 104 | Progettare una connessione in acciaio con un alto grado di smontaggio: un'esperienza basata sulla pratica  
*Designing a steel connection with a high degree of disassembly: a practice-based experience*  
Francesco Incelli, Luciano Cardelliochio
- 114 | UNPark, Milano. Un esperimento di innovazione sociale sotto il Cavalcavia Serra Monte Ceneri  
*UNPark, Milan. A social innovation experiment beneath the Serra Monte Ceneri Flyover*  
Paolo Carli, Patrizia Scrugli
- 122 | Validare le pratiche collaborative per l'economia circolare urbana: il punto di vista del design  
*Validating collaborative practices for urban circular economy: the design perspective*  
Veronica De Salvo, Martina Carraro, Massimo Bianchini, Stefano Maffei
- 131 | Mappatura territoriale di rifiuti di cicli edilizi per scenari di simbiosi industriale  
*Mapping of building cycle waste for scenarios of industrial symbiosis*  
Antonello Monsù Scolaro, Lia Marchi, Sara Corridori
- 140 | Circolarità nel settore delle costruzioni: modelli organizzativi basati sul re-manufacturing  
*Circularity within the construction sector: organisational models based on re-manufacturing*  
Anna Dalla Valle, Nazly Atta, Luca Macri, Sara Ratti
- 149 | Ecologia, paesaggio e agricoltura urbana. Un involucro innovativo per serre verticali  
*Ecology, landscape and urban agriculture. An innovative envelope for vertical farms*  
Valerio Morabito
- 159 | La riqualificazione degli edifici industriali: una prospettiva di economia circolare  
*The requalification of industrial buildings: a circular economy perspective*  
Agata Maniero, Giorgia Fattori
- 170 | Strategie e tecnologie abilitanti per PED misti: efficienza tra smart cities e industria 4.0  
*Enabling strategies for mixed-used PEDs: energy efficiency between smart cities and Industry 4.0*  
Andrea Boeri, Saveria Olga Murielle Boulanger, Giulia Turci, Serena Pagliula
- 181 | Design for Disassembly e riqualificazione del patrimonio residenziale pubblico. Un caso studio  
*Design for Disassembly and the rehabilitation of public housing stock. A case study*  
Lidia Errante, Alberto De Capua
- 192 | Innovazione di prodotto tra economia circolare e Industria 4.0  
*Product innovation between circular economy and Industry 4.0*  
Marianna Rotilio
- 201 | Le città circolari della decrescita: esperimenti socio-tecnici per la Transizione  
*Degrowing circular cities: emerging socio-technical experiments for Transition*  
Cristina Visconti
- 208 | Approccio circolare per l'innovazione tecnologica con scarti della filiera agroindustriale  
*A circular approach to technological innovation with waste from the agri-industrial supply chain*  
Corrado Carbonaro, Roberto Giordano, Jacopo Andreotti, Denis Faruku
- 218 | Il patrimonio culturale come attivatore di dinamiche urbane circolari  
*Cultural heritage as activator of circular urban dynamics*  
Rossella Roversi, Danila Longo, Martina Massari, Serena Orlandi, Beatrice Turillazzi
- 227 | District Circular Transition e progetto tecnologico verso un modello di Circular City  
*District Circular Transition and technological design towards a Circular City model*  
Fabrizio Tucci, Serena Baiani, Paola Altamura, Valeria Cecafofso
- 240 | Gestione del rifiuto da demolizione nel progetto di rigenerazione urbana  
*Management of the C&D waste in the urban regeneration project*  
Maria Teresa Giammetti, Marina Rigillo
- 249 | Malte e massetti contenenti inerti polimerici riciclati da scarti industriali e pneumatici  
*Mortars and screeds containing polymeric aggregates recycled from industrial waste and tyres*  
Valentina Marino, Marco Dutto, Alessandro Pasquale Fantilli, Diana Yanover, Luigi Russo
- 260 | La gestione del fine vita come strumento di progetto: il caso di un involucro a secco in legno  
*End-of-life management as a design tool: the case of a dry wood envelope*  
Elisabetta Palumbo, Francesca Camerin, Chiara Panozzo, Massimo Rossetti
- 271 | Coding the circularity. Programmare il disassemblaggio e il riutilizzo dei componenti edili  
*Coding the circularity. Design for the disassembly and reuse of building components*  
Salvatore Viscuso

DIALOGO *DIALOGUE* a cura di/*edited by* Antonella Violano

- 279 | **Gettiamo il seme della consapevolezza: ideali vs ideologie**  
*Let us sow the seed of awareness: ideals vs ideologies*  
 Antonella Violano/Filippo de Rossi

286 | RECENSIONI *REVIEWS* a cura di/*edited by* Francesca Giglio

- 288 | **Marco Migliore, Cinzia Talamo e Giancarlo Paganin, *Strategies for Circular Economy and Cross-sectoral Exchanges for Sustainable Building Products. Preventing and Recycling Waste***  
 Jacopo Gaspari
- 290 | **Natalia Marzia Gusmerotti, Marco Frey e Fabio Iraldo, *Management dell'economia circolare. Principi, drivers, modelli di business e misurazione***  
 Rosa Romano
- 292 | **Maurizio Carta, Barbara Lino e Daniele Ronsinvalle (Eds.), *RE\_CYCLE URBANISM. Visioni, paradigmi e progetti per la metamorfosi circolare***  
 Daniele Fanzini

INNOVAZIONE E SVILUPPO INDUSTRIALE *INNOVATION AND INDUSTRIAL DEVELOPMENT*a cura di/*edited by* Alessandro Claudi de Saint Mihiel

- 294 | **Il nuovo "paesaggio domestico" dopo la pandemia Covid-19**  
*The new domestic landscape after the pandemic Covid-19*  
 Alessandro Claudi de Saint Mihiel



Mario Losasso, Presidente SITdA,

Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, Italia

losasso@unina.it

Il numero 22 di *TECHNE*, che riguarda il tema della transizione circolare e del progetto, nasce dalla programmazione e dagli indirizzi scientifico-culturali maturati con la Direzione e l'Editorial Board del periodo 2017-2021. La convinzione che i processi di trasferimento delle decisioni e delle conoscenze debbano essere accolti e sviluppati secondo appropriate linee di continuità, viene prospettata con il nuovo Board e la nuova Direzione della rivista, nella consapevolezza del valore che essa rappresenta per la comunità scientifica della SITdA. Alimentare un sapere che supporti la ricerca applicata e il trasferimento tecnologico rappresenta il riferimento di base per l'indirizzo editoriale anche nell'avvio del triennio 2021-2023. La rivista *TECHNE* costituisce ormai un rilevante patrimonio comune della Società e registra un crescente riconoscimento sia come ranking che per i contenuti espressi in una significativa "area critica" quale quella del rapporto fra conoscenza, progetto, tecnologia e ambiente in architettura.

In questi anni la rivista ha così acquisito un rilevante accreditamento grazie al lavoro svolto, dall'anno della fondazione nel 2011, da figure che si sono succedute nei vari ruoli (per il loro impegno nella Direzione vanno ricordati Paolo Felli, Roberto Palumbo e Maria Teresa Lucarelli accanto Chiara Torricelli ed Emilio Faroldi per l'attività di Editor in Chief) e grazie alla partecipazione attiva dei diversi Board, degli organismi e dei Soci della SITdA, nonché dei contributi dei numerosi studiosi e stakeholder che hanno pubblicato sulla rivista.

L'argomento di questo numero, dal titolo "Transizione circolare e progetto", si presenta come un tema emergente nel campo della politica tecnica e della ricerca internazionale e nazionale che viene trattato secondo articolate linee di indirizzo e forme di

dibattito scientifico. Correlare i concetti di transizione circolare e progetto rientra in una scelta di campo che si basa oggi su continuità e sviluppo dell'elaborazione di temi che si sono annunciati in maniera lucida a partire dagli anni '70. Da quel periodo è infatti nato un percorso di sensibilità e conoscenze a cui si può dare inizio con "i limiti dello sviluppo" (Meadows *et al.*, 1972), con "il cerchio da chiudere" (Commoner, 1972) e con la necessità di progredire "oltre la crescita" (Daly, 1996), fino a tendere consapevolmente verso condizioni di tipo *climax*, caratterizzate dalla minimizzazione dei flussi di energia e materia nel metabolismo degli ecosistemi (Rifkin, 1983).

L'elaborazione concettuale e scientifica degli anni in cui matura il pensiero ecologico vede un suo progressivo trasferimento nel campo dell'architettura, attraverso il ruolo centrale svolto dall'area tecnologica nel suo riconoscersi come scienza dei processi di trasformazione e delle interazioni tra ambiente naturale e ambiente antropizzato. A valle delle crisi che si sono succedute negli ultimi decenni, in campo scientifico il concetto di transizione si è fatto strada a partire dal riscontro della crescente compromissione dell'ambiente come spazio di vita delle comunità. Dalla crisi climatica a quella socioeconomica e fino all'ultima crisi pandemica, gli impatti dei processi alimentati dagli effetti dell'era dell'Antropocene (Crutzen, 2005) richiedono una revisione radicale dei modelli di sviluppo dissipativi, che considerano la crescita come un fattore di costante amplificazione della produttività nei vari campi dell'attività umana, senza considerare il valore della natura e dei servizi che questa fornisce.

Nell'epoca della "Grande Accelerazione" si assiste alla significativa trasformazione del rapporto tra specie umana e biosfera: gli esseri umani sono diventati agenti bio-geologici che modificano

## CIRCULAR TRANSITION: SCENARIOS FOR THE FUTURE OF DESIGN

The 22nd issue of *TECHNE*, which deals with the theme of circular transition and design, stems from the planning and scientific-cultural orientations developed with the Direction and Editorial Board for the period 2017-2021. The conviction that the processes of transferring decisions and knowledge must be accepted and developed along appropriate lines of continuity, is envisaged with the new Board and the new Direction of the journal, in the awareness of the value that it represents for the scientific community of SITdA. Promoting knowledge that supports applied research and technology transfer is the basic reference for the editorial direction also at the start of the 2021-2023 three-year period. *TECHNE* journal is now an important part of the Society's common heritage and is increasingly recognized for its ranking and the contents expressed in

a significant "critical area" such as the relationship between knowledge, design, technology and the environment in architecture.

In recent years, the journal has thus acquired a significant accreditation thanks to the work carried out, since the year of its foundation in 2011, by figures who have succeeded each other in the different roles (Paolo Felli, Roberto Palumbo and Maria Teresa Lucarelli are to be mentioned for their commitment in the Direction, as well as Chiara Torricelli and Emilio Faroldi for their work as Editor in Chief) and thanks to the active participation of the Editorial Boards, organisms and members of SITdA, as with the contributions of experts and stakeholders who have published in the journal.

The topic of this issue, entitled "Circular Transition and Design", is an emerging theme in the field of tech-

nical policy and international and national research, which is treated according to articulated guidelines and forms of scientific debate. Correlating the concepts of circular transition and design is part of a choice of field that is now based on continuity and development of the elaboration of themes that have been clearly announced since the 1970s. From that period a path of sensitivity and knowledge was born, which can be started with "the limits of development" (Meadows *et al.*, 1972), with "the circle to be closed" (Commoner, 1972) and with the need to evolve "beyond growth" (Daly, 1996), until we consciously tend towards *climax*-type conditions, characterized by the minimization of energy and matter flows in the metabolism of ecosystems (Rifkin, 1983).

The conceptual and scientific elaboration of the years in which ecologi-

i processi fisici e metabolici del pianeta, investendo prevalentemente le aree urbane in cui, tra il 1945 e il 2015, la popolazione insediata è passata da 700 milioni a quasi 4 miliardi (McNeill and Engelke, 2018). Il progressivo sfasamento fra cicli tecnologici e cicli biologici individua una tendenza non più sostenibile perché la tumultuosa crescita economica entra costantemente in conflitto con i limiti naturali del pianeta. Il metabolismo delle nostre società si attua fruttando gli stock e i flussi di materia ed energia provenienti dai sistemi naturali che però hanno limitate capacità rigenerative e ricettive (Bologna and Giovannini, 2017). L'azione umana per la crescita continua e illimitata ha così trasformato i processi circolari, caratteristici del funzionamento dei sistemi naturali, in processi lineari alla fine dei quali sono prodotti scarti e rifiuti non riutilizzabili. Per superare questo modello di produzione e consumo è necessario rendere nuovamente circolari i processi, nei quali ridurre il prelievo di risorse mantenendole in un ciclo di utilizzo il più a lungo possibile (Ronchi, 2021).

Questa sfida deve essere affrontata ricollocando l'intera umanità all'interno del sistema naturale del quale è dipendente e al quale è fortemente collegata. Va così attuato tendenzialmente uno sviluppo senza crescita quantitativa, restando all'interno dei limiti biofisici dei sistemi naturali. È necessario attrezzarsi contro i fenomeni del grande incremento della popolazione e dell'enorme prelievo e consumo di risorse organizzando modelli di sviluppo circolari che minimizzino gli scarti, rendano efficiente l'utilizzo delle risorse e riducano drasticamente la perdita di capitale naturale, la perdita di biodiversità, l'inquinamento, le disuguaglianze e le crisi socioeconomiche, solo per citare alcune delle più rilevanti problematiche della nostra epoca.

La transizione non può quindi che essere *circolare*, capace di as-

sicurare uno spazio sicuro ed equo per l'umanità, e quindi non può che essere *ecologica*, poiché solo nella corrispondenza – in termini di “pesi” e tempi – fra processi di trasformazione e capacità di carico dell'ecosistema sarà possibile uno sviluppo ecologicamente sostenibile. L'idea di una transizione circolare vede prodotti progettati e realizzati per facilitarne il riciclo, il riuso, la riparazione, lo smontaggio e la ricostruzione, in cui gli oggetti sono utilizzati per una maggiore efficienza, come nel caso del *leasing* e dello *sharing*, attuando un incremento del tempo di transito di prodotti e artefatti nei sistemi ambientali e negli habitat. Quindi non si tratta di ricollocare sotto concetti-ombrello aspetti noti, ma di attuare una profonda riconversione culturale, scientifica, produttiva e relazionale attraverso un cambio di paradigma che collochi diversamente le opzioni e soprattutto i valori in campo, inducendone di nuovi e determinando implicazioni ecosistemiche precedentemente non praticate.

Una sfida importante sarà giocata sul piano delle numerose transizioni che accompagnano il *main stream* di quella ecologica, a partire dalla transizione economica ma anche amministrativa, infrastrutturale, urbana, edilizia, energetica. Questo percorso può essere attuato attraverso innovazioni tecnologiche di maggiore efficienza e la riduzione dei fabbisogni di energia, alimentando la transizione verso un maggiore utilizzo di energia elettrica e stimolando la ricerca per l'utilizzo di risorse scarse (Sassoon, 2019). Promuovere la transizione verso città rigenerative richiede da un lato lo sviluppo di metabolismi e processi circolari in progressiva sostituzione di quelli convenzionali e lineari, dall'altro la proposta di politiche tecniche ed azioni *low carbon*, il sostegno all'innovazione sociale, nonché l'organizzazione urbana in eco-distretti in cui siano integrati prodotti e processi

cal thinking grew, saw its progressive transfer to the field of architecture, through the central role played by the technological area in its recognition as a science of transformation processes and interactions among the natural and anthropic environment. In the wake of the crises that have occurred over the last few decades, the concept of transition has been developed in the scientific field based on the evidence of the growing degradation of the environment as a living space for communities. From the climate crisis to the socio-economic crisis and up to the latest pandemic crisis, the impacts of processes fuelled by the effects of the Anthropocene era (Crutzen, 2005) require a radical revision of dissipative development models, which consider growth as a factor of constant amplification of productivity in the different fields of human activity, without con-

sidering the value of nature and the services it provides.

In the era of the “Great Acceleration”, we are observing the significant transformation of the relationship between the human species and the biosphere: human beings have become bio-geological agents that modify the physical and metabolic processes of the planet, mainly affecting urban areas where, between 1945 and 2015, the settled population increased from 700 million to almost 4 billion (McNeill and Engelke, 2018). The progressive mismatch between technological and biological cycles identifies a trend that is no longer sustainable as turbulent economic growth constantly conflicts with the natural limits of the planet. The metabolism of our societies is carried out by exploiting the stocks and flows of matter and energy from natural systems, which however have limited regenera-

tive and receptive capacities (Bologna and Giovannini, 2017). Human action for continuous and unlimited growth has thus transformed the circular processes, characteristic of the workings of natural systems, into linear processes at the end of which waste and non-reusable waste are produced. To overcome this model of production and consumption it is necessary to make processes circular again, in which the extraction of resources is reduced by keeping them in a cycle of use for as long as possible (Ronchi, 2021).

This challenge must be approached by relocating the whole of humanity within the natural system on which it is dependent and to which it is strongly connected. Thus, development without quantitative growth tends to be implemented within the biophysical limits of natural systems. It is necessary to equip ourselves against the phenomena of

large population growth and the enormous withdrawal and consumption of resources by organizing circular development models that minimize waste, make efficient use of resources and drastically reduce the loss of natural capital, the loss of biodiversity, pollution, inequalities and socio-economic crises, to name but a few of the most important problems of our time.

The transition can therefore only be circular, capable of ensuring a safe and fair space for mankind, and therefore it can only be ecological, since only the correspondence – in terms of “weights” and times – between transformation processes and the carrying capacity of the ecosystem will allow the ecologically sustainable development. The idea of a circular transition sees products designed and manufactured to facilitate recycling, reuse, repair, disassembly and reconstruction, where



efficienti e a bassa produzione di scarti nel campo dell'energia e dei materiali.

La gestione della complessità rappresenta il punto qualificante attraverso il quale è necessario rafforzare le sinergie operative tra ricerca, mondo del lavoro ed enti territoriali. Il trasferimento di conoscenze e l'acquisizione di competenze, nonché il rapporto fra generalismo della conoscenza e specializzazione dei saperi, rientra nella delicata relazione fra ricerca, sperimentazione e innovazione. La qualificazione del progetto architettonico che entra in relazione con i principi avanzati della transizione circolare, richiede la gestione di sistemi di conoscenze integrate ampliando il suo approccio in termini di pluralismo, interazione fra specialismi disciplinari, riconoscimento degli apporti eludendo egemonie culturali o strumentali subalternità. Se lo specialismo diventa necessario, per esso si richiede «sempre meno astrazione e una maggiore focalizzazione rispetto a obiettivi sui quali convergono gli apporti di competenze multiple e integrate. Gli orizzonti della conoscenza e del progetto devono misurarsi con una collaborazione multidisciplinare e non tanto con una transdisciplinarietà che pone problemi di identità scientifica» (Torricelli, 2014).

All'interno di tale scenario vanno attuate non solo l'irrinunciabile relazione tra ecologia e società, tra bioeconomia e assetti del territorio, del paesaggio e dell'ambiente ma, soprattutto, le ineludibili interdipendenze tra sistema antropico e sistema naturale. Il futuro del progetto, nelle sue necessarie condizioni di eteronomia, non può che essere *human and environment centered*, secondo una ampia comprensione sistemica e un adattamento ai limiti naturali senza spingersi oltre le capacità ambientali di rigenerazione delle risorse e di assorbimento degli scarti (Bologna and Giovannini, 2017).

objects are used for greater efficiency, as in the case of leasing and sharing, by increasing the transit time of products and artefacts in environmental systems and habitats. So, it is not a question of reallocating known aspects under umbrella concepts, but of implementing a profound cultural, scientific, productive and relational reconversion through a paradigm shift that places options and, above all, values in a different position, inducing new ones and determining ecosystem implications not previously practised.

A major challenge will be played out in terms of the many transitions that accompany the mainstream of the ecological one, starting with the economic transition but also the administrative, infrastructural, urban, building and energy transitions. An increasing number of countries are coping with the disruptive effects of global warm-

ing and climate change by intensifying decarbonization through the transition from fossil to renewable energy sources. This pathway can be implemented through technological innovations of greater efficiency and the reduction of energy needs, fuelling the transition to greater electricity use and stimulating research into the use of scarce resources (Sassoon, 2019, p.9). Promoting the transition to regenerative cities requires, on the one hand, the development of circular metabolisms and processes gradually replacing conventional and linear ones, and on the other hand, the proposal of low-carbon technical policies and actions, support for social innovation, as well as urban organization in eco-districts where efficient and low-waste products and processes in the field of energy and materials are integrated. The management of complexity is the

## REFERENCES

- Bologna, R. and Giovannini, E. (2017), "L'economia della ciambella: come rendere operativa la sostenibilità", in Raworth, K. (Ed.), *L'economia della ciambella. Sette mosse per pensare come un economista del XXI secolo*, Edizioni Ambiente, Milano, Italia, p. 12, p. 15.
- Crutzen, P.J. (2005), *Benvenuti nell'Antropocene*, Mondadori, Milano, Italia.
- Daly, H.E. (1996), *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development*, Beacon Press, Boston, Massachusetts.
- McNeill, J.R. and Engelke, P. (2018), *La Grande accelerazione. Una storia ambientale dell'Antropocene dopo il 1945*, Einaudi, Torino, Italia, p. 6.
- Meadows, D.H., Meadows D.L., Randers, J. and Behrens, W.W. (1972), *I limiti dello sviluppo*, Mondadori, Milano, Italia.
- Rifkin, J. (1983), *Entropia. Una nuova concezione del mondo*, Edizioni CDE, Milano, Italia.
- Ronchi, E. (2021), *Le sfide della transizione ecologica*, PIEMME, Milano, Italia, p. 159.
- Sassoon, E. (2019), "La sfida che non si può perdere", in Sassoon, E. (Ed.), *La sfida planetaria*, Harvard Business Review, Mind Edizioni, Milano, Italia, p. 9.
- Torricelli, M.C. (2014), "Ricerca, progetto architettonico e trasferimento delle conoscenze", *Techne, Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 8, Firenze University Press, Firenze, Italia, p. 11.

qualifying point through which it is necessary to increase the operational synergies between research, the professional world and local authorities. The transfer of knowledge and the acquisition of skills, as well as the relationship between generalist knowledge and the specialization of knowledge, is part of the delicate relationship between research, experimentation and innovation. The qualification of architectural design concerning the advanced principles of circular transition requires the management of integrated knowledge systems, expanding its approach in terms of pluralism, the interaction between disciplinary specializations, recognition of contributions avoiding cultural hegemonies or instrumental subalternity. If specialization becomes necessary, it requires «less and less abstraction and more focus on objectives on which the contributions of multiple

and integrated skills converge. The horizons of knowledge and design must be measured against multidisciplinary collaboration and not so much against a transdisciplinarity that poses problems of scientific identity» (Torricelli, 2014). Within this scenario, the relationship between ecology and society must also take into account the relationship between the bio-economy and the organization of the territory, landscape and environment, in the same way as the interdependencies between the anthropic system and the natural system. The future of the project, in its necessary conditions of heteronomy, can only be human and environment centered, according to a broad systemic understanding and an adaptation to natural limits without pushing beyond the environmental capacities of resource regeneration and waste absorption (Bologna and Giovannini 2017).



Elena Mussinelli,

Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, Italia

elena.mussinelli@polimi.it

Ogni crisi al contempo registra, preannuncia e impone cambiamenti, con andamenti ciclici analizzabili anche da ottiche disciplinari differenti per costruire scenari e prefigurare il futuro, pur con i rischi e le aleatorietà di ogni previsione. E la crisi attuale appare certamente tra le più problematiche dell'epoca moderna: in un recente scambio di idee, Luigi Ferrara, Direttore della *School of Design* del *George Brown College* di Toronto e del collegato *Institute Without Boundaries*, evidenziava come la pandemia abbia di fatto semplicemente accelerato dinamiche già in atto, accentuando la gravità di altre crisi – climatica, ambientale, sociale, economica – da lungo tempo in corso a livello locale e globale. Nelle realtà economiche più sviluppate, dal Nord America all'Europa, l'emergenza Covid ha portato ad esempio alla chiusura di quasi il 30% del commercio al dettaglio, così come alla dismissione e vendita di molte chiese; luoghi di cura e assistenza come ospedali e case di riposo per anziani sono diventati per oltre un anno luoghi di morte e isolamento, o sono stati chiusi. Ma la pandemia ha anche imposto la rivoluzione del lavoro e della formazione a distanza, l'avvento dei quali era stato preannunciato come imminente – senza grandi riscontri – da più di vent'anni. In queste dinamiche anche contraddittorie Ferrara intravede molte possibilità: nuovi ruoli per istituzioni pubbliche più forti e capaci, e l'occasione per ripensare e ridisegnare l'ambiente costruito e il paesaggio. Non da ultimo, contro un futuro che potrebbe configurarsi come distopico, una chance unica per capacitare forme di cittadinanza e comunità in grado di abitare città e territori più sostenibili, intelligenti ed etici; e architetti capaci di progettarli. Questa crisi multifattoriale e pervasiva sembra quindi imporre una profonda revisione degli attuali modelli sperequati di sviluppo, nella prospettiva di quella "distruzione creativa" che

Schumpeter poneva alla base della spinta dinamica imprenditoriale: «Ogni produzione consiste nel combinare materiali e forze che si trovano alla nostra portata. Produrre altre cose o le stesse cose in maniera differente, significa combinare queste cose e queste forze in maniera diversa» (Schumpeter, 1912). Frase che ben si attaglia alla pratica del progetto come risposta ai bisogni e al miglioramento delle condizioni di vita.

È questa la prospettiva propria della Tecnologia dell'architettura, nelle sue diverse declinazioni, che da sempre ha messo al centro della propria azione il metodo sperimentale; come già evidenziava Eduardo Vittoria: «Lo specifico apporto del progetto tecnologico allo sviluppo di una cultura industriale è finalizzato a equilibrare i dati emotivo-estetici della progettazione con quelli tecnico-produttivi dell'industria. Il design diviene luogo di convergenza di idee e competenze connesse alla fattualità, fondate su una intelligenza pluridisciplinare» (Vittoria, 1999). Lucida e appropriata critica alle molte enfattizzazioni formalistiche che hanno investito l'architettura contemporanea.

Nelle fasi più acute della pandemia, da più parti si è ripetutamente invocata la radicalità di questa "polycrisi" come leva per una altrettanto radicale modificazione dei modelli di sviluppo, per la definitiva fuoriuscita da modalità di azione congiunturali ed emergenziali.

Con particolare riferimento al contesto italiano sembra però improprio parlare di un "cambiamento dei modelli" – siano questi economici, sociali, produttivi o di programmazione, piuttosto che di innovazione tecnologica – quando dalla realtà nazionale tutto emerge tranne che la presenza di modelli o sistemi di riferimento chiaramente strutturati. Gli attuali assetti socioeconomici e produttivi, e le stesse azioni politiche e programmatiche, si

Every crisis at the same time reveals, forewarns and implies changes with cyclical trends that can be analyzed from different disciplinary perspectives, building scenarios to anticipate the future, despite uncertainties and risks. And the current crisis certainly appears as one of the most problematic of the modern era: recently, Luigi Ferrara, Director of the School of Design at the George Brown College in Toronto and of the connected Institute without Boundaries, highlighted how the pandemic has simply accelerated underlying dynamics, exacerbating other crises – climatic, environmental, social, economic – which had already been going on for a long time both locally and globally. In the most economically developed contexts, from North America to Europe, the Covid emergency has led, for example, to the closure of almost 30% of the retail

trade, as well as to the disposal and sale of many churches. Places of care and assistance, such as hospitals and elderly houses, have become places of death and isolation for over a year, or have been closed. At the same time, the pandemic has imposed the revolution of the remote working and education, which was heralded – without much success – more than twenty years ago. In these even contradictory dynamics, Ferrara sees many possibilities: new roles for stronger and more capable public institutions as well as the opportunity to rethink and redesign the built environment and the landscape. Last but not least, against a future that could be configured as dystopian, a unique chance to enable forms of citizenship and communities capable of inhabiting more sustainable, intelligent and ethical cities and territories; and architects capable of designing them.

This multifactorial and pervasive crisis seems therefore to impose a deep review of the current unequal development models, in the perspective of that "creative destruction" that Schumpeter placed at the basis of the dynamic entrepreneurial push: «To produce means to combine materials and forces within our reach. To produce other things, or the same things by a different method, means to combine these materials and forces differently» (Schumpeter, 1912). A concept well suiting to the design practice as a response to social needs and improving the living conditions. This is the perspective of Architectural Technology, in its various forms, which has always placed the experimental method at the center of its action. As Eduardo Vittoria already pointed out: «The specific contribution of the technological project to the development of an industrial culture

is aimed at balancing the emotional-aesthetic data of the design with the technical-productive data of the industry. Design becomes a place of convergence of ideas and skills related to factuality, based on a multidisciplinary intelligence» (Vittoria, 1999). A lucid and appropriate critique of the many formalistic emphases that have invested contemporary architecture. In the most acute phases of the pandemic, the radical nature of this polycrisis has been repeatedly invoked as a lever for an equally radical modification of the development models, for the definitive defeat of conjunctural and emergency modes of action. With particular reference to the Italian context, however, it seems improper to talk about a "change of models" – whether economic, social, productive or programming, rather than technological innovation – since

configurano piuttosto come un variegato e disordinato insieme di prassi consolidate, consuetudini spesso distorte quando non deleterie, che corrispondono ad apparati normativi stratificati, tra loro incoerenti e sovente ineffettuali. Ancor più difficile è parlare di modelli di razionalità programmatica nello specifico comparto delle costruzioni e della trasformazione dell'ambiente costruito, dove all'enunciazione di obiettivi e alla prospettazione di azioni raramente conseguono progettualità adeguate e processi attuativi certi, verificati per la coerenza dei risultati ottenuti e monitorati per la capacità di mantenere nel tempo le prestazioni richieste.

Più che di "cambiare modello", nel caso italiano, si dovrebbe quindi parlare di dar forma e attuazione a un organico e razionale sistema di *governance multilevel* e intersettoriale, che assuma assetti guidati da principi di sussidiarietà, decentramento amministrativo, cooperazione interistituzionale e concertazione tra pubblico e privato.

D'altra parte, a pandemia non ancora terminata, già stiamo registrando una sorta di "ritorno all'ordine": dopo aver prospettato cambiamenti radicali – nuovi modelli urbani ambientalmente e climaticamente più sostenibili, sistemi residenziali e spazi pubblici più rispondenti alle pressanti esigenze della domanda sociale, azioni prioritarie di riqualificazione della periferie e potenziamento delle dotazioni di infrastrutture e servizi eco-sistemici, adozione di forme evolute di decentramento decisionale per la co-progettazione delle trasformazioni urbane e territoriali, e quant'altro – tutto sembra rientrato. Dà evidenza di ciò l'elenco di azioni e progetti prospettato dal *Recovery Plan* (PNRR), dove non emerge una chiara strategia nazionale per la *green transition*, pur ripetutamente evocata. Come evidenziato dal Coordi-

namento delle Associazioni Tecnico-scientifiche per l'Ambiente e il Paesaggio<sup>1</sup>, e come previsto dagli indirizzi comunitari<sup>2</sup>, tale transizione impone un cambio di paradigma che assuma la ecosostenibilità come linea guida trasversale di riferimento per tutte le azioni; con l'obiettivo prioritario di tutelare gli equilibri ecosistemici, di migliorare e valorizzare il capitale naturale e paesaggistico, e di proteggere la salute e il benessere dei cittadini dai rischi ambientali e da quelli generati da fenomeni impropri di antropizzazione.

I contenuti del PNRR pongono esplicitamente al centro l'esigenza di «riparare i danni economici e sociali della crisi pandemica» e «contribuire ad affrontare le debolezze strutturali dell'economia italiana», due obiettivi certamente rilevanti, il cui perseguimento potrebbe però paradossalmente contrastare proprio con la transizione verso uno sviluppo più sostenibile. Nel PNRR, rivoluzione verde e transizione ecologica si risolvono in un asse dedicato (gestione dei rifiuti, idrogeno, efficientamento energetico degli edifici, senza peraltro specifici indirizzi di riforma del più vasto comparto "energia"), mentre «solo uno dei progetti del Piano tocca direttamente il tema Biodiversità/Ecosistema/Paesaggio, e in modo del tutto marginale» (CATAP, 2021). Limitate sono anche le azioni per la valutazione della sostenibilità ambientale degli interventi, fatte salve la previsione di una Commissione ad hoc per lo snellimento di alcuni passaggi procedurali e una generica indicazione di rispetto del criterio DNSH *Do Not Significant Harm* (non arrecare alcun danno significativo), senza precisi indirizzi circa le modalità di valutazione.

Poco o nulla nel PNRR, poi, sul fronte di azioni e investimenti per la riqualificazione urbana, il recupero del patrimonio dismesso<sup>3</sup>, la tutela e valorizzazione di aree ad alta sensibilità/

in the national reality the models and reference systems prove to not to be actually structured. The current socioeconomic and productive framework, and the political and planning actions themselves, are rather a variegated and disordered set of consolidated practices, habits often distorted when not deleterious, that correspond to stratified regulatory apparatuses, which are inconsistent and often ineffective. It is even more difficult to talk about programmatic rationality models in the specific sector of construction and built environment transformation, where the enunciation of objectives and the prospection of planning actions rarely achieve adequate projects and certain implementation processes, verified for the consistency of the results obtained and monitored for the ability in maintaining the required performance over time.

Rather than "changing the model", in the Italian case, we should therefore talk about giving shape and implementation to an organic and rational system of multilevel and inter-sectorial governance models, which assumes the principles of subsidiarity, administrative decentralization, inter-institutional and public-private cooperation. But, even in the current situation, with the pandemic not yet over, we are already experiencing a sort of "return to order": after having envisaged radical changes – new urban models environmentally and climatically more sustainable, residential systems and public spaces more responsive to the pressing needs of social demand, priority actions to redevelop the suburbs and to strength infrastructures and ecosystem services, new advanced forms of decision-making decentralization for the co-planning of urban and territo-

rial transformations, and so on – everything seems to have been reset to zero. This is evident from the list of actions and projects proposed by the National Recovery and Resilience Plan (NRRP), where no clear national strategy for green transition emerges, even though it is repeatedly mentioned. As highlighted by the Coordination of Technical-Scientific Associations for the Environment and Landscape<sup>1</sup>, and as required by EU guidelines<sup>2</sup>, this transition requires a paradigm shift that assumes eco-sustainability as a transversal guideline for all actions. With the primary objective of protecting ecosystem balances, improving and enhancing the natural and landscape capital, as well as protecting citizen health and well-being from environmental risks and from those generated by improper anthropization phenomena. The contents of the Plan explicitly em-

phases the need to «repair the economic and social damage of the pandemic crisis» and to «contribute to addressing the structural weaknesses of the Italian economy», two certainly relevant objectives, the pursuit of which, however, could paradoxically contrast precisely with the transition to a more sustainable development. In the Plan, the green revolution and the ecological transition are resolved in a dedicated axis (waste management, hydrogen, energy efficiency of buildings, without however specific reform guidelines of the broader "energy" sector), while «only one of the projects of the Plan regards directly the theme Biodiversity / Ecosystem / Landscape, and in a completely marginal way» (CATAP, 2021). Actions are also limited for assessing the environmental sustainability of the interventions, except the provision of an *ad hoc* Commission for the stream-

fragilità ambientale; realtà largamente presenti sul territorio nazionale, che sono invece la prima risorsa per una transizione ambientale di natura strutturale.

Infine, ma non da ultimo, vanno considerate la ben nota incapacità di gestione della spesa e le inefficienze della pubblica amministrazione: un limite non solo all'effettiva attuazione dei progetti, ma anche al controllo del rapporto tra tempi, costi e qualità (anche ambientale) degli interventi.

In molte sedi si è parlato del PNRR come occasione per una vera e propria "ricostruzione", analoga a quella dell'Italia post-bellica; dimenticando che la rinascita socioeconomica fu trainata dal Piano INA-Casa<sup>4</sup>, ma anche da una notevole robustezza dell'approccio culturale nella ricerca e sperimentazione di nuovi modelli abitativi (Schiaffonati, 2014)<sup>5</sup>. Un possibile "modello", che – opportunamente aggiornato in termini socio-tecnici e ambientali – potrebbe essere di riferimento per un'azione di governo incisiva che voglia dare risposte a una questione – quella della casa – tutt'altro che risolta e tuttora prioritaria, se non emergenziale.

La crisi implica anche la messa in campo di nuove competenze, con la revisione di approcci disciplinari superati e l'abbandono di resistenze corporative e subculture che da tempo ostano al cambiamento. Una frattura particolarmente profonda nel nostro Paese, che si ripercuote nella ricerca, nella formazione e nelle professioni, drammaticamente evidente nel contesto delle discipline dell'architettura, dell'urbanistica e nella didattica del progetto.

In attuazione dell'agenda strategica dell'UE 2019-2024, e con riferimento all'attuazione del pilastro europeo dei diritti sociali a livello comunitario e nazionale, il piano d'azione presentato dalla

lining of some procedural steps and a generic indication of compliance with the DNSH-Do not significant Harm criterion (do not cause any significant damage), without specific guidelines on the evaluation methods.

Moreover, little or nothing in the Plan refers on actions and investments in urban renewal, abandoned heritage recovery<sup>3</sup>, of in protecting and enhancing areas characterized by environmental sensitivity/fragility; situations widely present on the national territory, which are instead the first resource for a structural environmental transition.

Finally yet importantly, the well-known inability to manage expenditure and the public administration inefficiencies must be considered: a limit not only to the effective implementation of projects, but also to the control of the relationship between time, costs

and quality (also environmental) of the interventions.

In many places, the Plan has been talked about as an opportunity for a real "reconstruction", similar to that of post-war Italy; forgetting that the socio-economic renaissance was driven by the INA-Casa Plan<sup>4</sup>, but also by a considerable robustness of the cultural approach in the research and experimentation of new housing models (Schiaffonati, 2014)<sup>5</sup>. A possible "model", which – appropriately updated in socio-technical and environmental terms – could be a reference for an incisive governmental action aiming at answering to a question – the one of the housing – far from being resolved and still a priority, if not an emergency.

The crisis also implies the deployment of new skills, with a review of outdated disciplinary approaches, abandoning

Commissione nel marzo 2021, con l'impegno della Dichiarazione di Porto dello scorso 7 maggio, fissa tre obiettivi principali per il 2030: un tasso di occupazione maggiore del 78%, la partecipazione di più del 60% degli adulti a corsi di formazione ogni anno e almeno 15 milioni di persone in meno a rischio di esclusione sociale o povertà<sup>6</sup>.

Istruzione, formazione e riqualificazione professionale, apprendimento lungo tutto l'arco della vita e competenze orientate all'occupazione, messe al centro dell'azione politica comunitaria, richiedono ora grandi investimenti, per stimolare transizioni occupazionali verso i settori emergenti delle economie verdi, circolari e digitali (progettazione ambientale e valutazione, *risk assessment & management*, sicurezza, durabilità e manutenibilità, progetto e gestione del ciclo di vita di piani, progetti, sistemi e componenti edilizi: contenuti del tutto marginali o assenti nell'attuale offerta formativa ad Architettura).

È questo un ambito nel quale Dipartimenti e Dottorati di Area tecnologica hanno operato per anni attivamente e con notevole efficacia. Basti qui richiamare l'impegno di Romano Del Nord «protagonista per impegno e lucidità nell'individuare linee strategiche fondamentali per la formazione culturale e professionale degli architetti, a fronte di mutamenti senza precedenti del contesto ambientale e produttivo» (Schiaffonati, 2021).

Oggi invece l'asse della formazione permanente e tecnica risulta pressoché dimenticato dalle politiche ministeriali e universitarie per il riassetto degli ordinamenti didattici, dove non emerge una visione strategica finalizzata a colmare il deficit di competenze che caratterizza l'area dell'architettura e del progetto sul fronte delle sfide ambientali e socioeconomiche. Anche e proprio nella duplice prospettiva di una maggior interazione con i sistemi

all corporate resistances and subcultures that have long prevented the change. A particularly deep fracture in our country, which has implications in research, education and professions, dramatically evident in the disciplines of architectural and urban design.

Coherently with the EU Strategic Agenda 2019-2024 and the European Pillar of Social Rights, the action plan presented by the Commission in March 2021, with the commitment of the Declaration of Porto on May 7, sets three main objectives for 2030: an employment rate higher than 78%, the participation of more than 60% of adults in training courses every year and at least 15 million fewer people at risk of social exclusion or poverty<sup>6</sup>.

Education, training and retraining, lifelong learning and employment-oriented skills, placed at the center of EU policy action, now require large invest-

ments, to stimulate employment transitions towards the emerging sectors of green, circular and digital economies (environmental design and assessment, risk assessment & management, safety, durability and maintainability, design and management of the life cycle of plans, projects, building systems and components: contents that are completely marginal or absent in the current training offer of Architecture). Departments and PhDs in the Technological Area have actively worked with considerable effectiveness in this field. In these regards, we have to recall the role played by Romano Del Nord «protagonist for commitment and clarity in identifying fundamental strategic lines for the cultural and professional training of architects, in the face of unprecedented changes of the environmental and production context» (Schiaffonati, 2021).

della ricerca e con il mondo delle imprese e delle istituzioni, e di quella dimensione trans- e multi- disciplinare delle conoscenze, dei metodi e delle tecniche necessaria per la transizione ecologica dei sistemi insediativi e delle costruzioni.

Per l'elevata consapevolezza dall'Area tecnologica circa la dimensione multifattoriale e multiscalare delle crisi che ricorrentemente investono i nostri territori, SITdA si è configurata sin dalla sua fondazione come luogo di confronto scientifico e culturale sui temi della ricerca e della formazione, critico verso approcci accademici consolatori che guardano a uno "specifico disciplinare" esterno ed estraneo alla produzione sociale di beni e servizi. Finalizzando l'azione della nostra comunità ad «attivare rapporti tra università, professioni, istituzioni attraverso la promozione della cultura tecnologica dell'architettura [...], per offrire risorse scientifico-culturali per la formazione e la qualificazione dei giovani ricercatori [...], in collaborazione con il sistema educativo nazionale al fine di far progredire la formazione nelle aree della tecnologia e dell'innovazione nell'architettura» (Statuto SITdA, 2007). Obiettivi e temi quantomai attuali, che la rivista *Techné* si propone di riprendere e sviluppare nelle prossime uscite, già largamente presenti in questo n. 22 dedicato all'economia circolare. Un tema che, come emerge dai contributi presentati, permea l'intero campo d'azione del progetto: la casa, i servizi, lo spazio pubblico, le periferie, le infrastrutture, la produzione, le costruzioni. Tutti contesti nei quali l'innovazione tecnologica investe tanto i processi quanto i prodotti: intelligenza artificiale, robotica e automazione, internet delle cose, stampa 3D, sensoristica, nano e biotecnologie, biomateriali, biogenetica e neuroscienze alimentano sperimentazioni avanzate che cross-fer-

tilizzano apporti diversi verso obiettivi comuni di circolarità e sostenibilità. In questo contesto emerge tra tutti il problema dello spreco, del superfluo, dell'abbandono e dello scarto, che pone a sua volta la questione del *re-purPOSE*: un'azione che attraversa un ampio *panel* di casistiche, per la presenza di un vasto patrimonio di risorse – materiali, manufatti, spazi e interi territori – da recuperare e rifunzionalizzare, trasformando, adattando, riutilizzando, riconvertendo, riattivando l'esistente a nuove finalità e usi, o adattandolo a esigenze nuove e mutevoli. Adottando quindi strategie e tecniche di riconversione e riuso, di *re-manufacturing* e di riciclo dei rifiuti da costruzione e demolizione, di design per il disassemblaggio che operano lungo filiere anche inedite e che si affiancano ad azioni per prolungare il ciclo di vita utile di materiali, componenti e sistemi edilizi, nonché a logiche di *product service* estese anche a beni durevoli quali l'abitazione.

Prospettive complesse ma di notevole interesse, praticabili a condizione di fuoriuscire da enunciazioni generiche di sostenibilità e di attivare sistemi di competenze adeguati e aggiornati, per un futuro necessario e possibile proprio a partire dalla capacità – in quanto progettisti, ricercatori e docenti nell'Area della Tecnologia e dell'Architettura – di leggere lo spazio e di concepire un progetto dentro a un sistema di razionalità, pur limitate, ma sostanzialmente fondate, che qualificano gli interventi attraverso approcci validati nella ricerca e nella verifica sperimentale. Contro ogni accademismo ineffettuale, oggi quantomai inutile ed esornativo, cui corrisponde nei fatti una condizione di subalternità causata sì dalle dinamiche egemoni alla base della stessa crisi, ma anche da una perdita di autorevolezza che deriva a sua volta dall'inadeguata preparazione degli architetti; un'espropria-

Today, on the other hand, the axis of permanent and technical training is almost forgotten by ministerial and university policies for the reorganization of teaching systems, with a lack of strategic visions for bridging the deficit of skills that characterizes the area of architecture on the facing environmental and socio-economic challenges. Also and precisely in the dual perspective of greater interaction with the research systems and with the world of companies and institutions, and of that trans- and multi-disciplinary dimension of knowledge, methods and techniques necessary for the ecological transition of settlement systems and construction sector.

Due to the high awareness of the Technological Area about the multifactorial and multi-scale dimension of the crises that recurrently affect our territories, SITdA has been configured since

its foundation as a place for scientific and cultural debate on the research and training themes. With a critical approach to the consoling academic attitude looking for a "specific disciplinary" external and extraneous to the social production of goods and services. Finalizing the action of our community to «activate relationships between universities, professions, institutions through the promotion of the technological culture of architecture [...], to offer scientific-cultural resources for the training and qualification of young researchers [...], in collaboration with the national education system in order to advance training in the areas of technology and innovation in architecture» (SITdA Statute, 2007). Goals and topics which seem to be current, which *Techné* intends to resume and develop in the next issues, and already widely present in this n. 22

dedicated to the Circular Economy. A theme that, as emerges from the contributions, permeates the entire field of action of the project: housing, services, public space, suburbs, infrastructures, production, buildings. All contexts in which technological innovation invests both processes and products: artificial intelligence, robotics and automation, internet of things, 3D printing, sensors, nano and biotechnology, biomaterials, biogenetics and neuroscience feed advanced experiments that cross-fertilize different contributions towards common objectives of circularity and sustainability. In this context, the issue of waste, the superfluous, abandonment and waste, emerge, raising the question of re-purpose: an action that crosses a large panel of cases, due to the presence of a vast heritage of resources – materials, artefacts, spaces and entire territories –

to be recovered and re-functionalized, transforming, adapting, reusing, re-converting, reactivating the existing for new purposes and uses, or adapting it to new and changing needs. Therefore, by adopting strategies and techniques of reconversion and reuse, of re-manufacturing and recycling of construction and demolition waste, of design for disassembly that operate along even unprecedented supply chains and which are accompanied by actions to extend the useful life cycle of materials, components and building systems, as well as product service logic also extended to durable goods such as the housing.

These are complex perspectives but considerably interesting, feasible through the activation of adequate and updated skills systems, for a necessary and possible future, precisely starting from the ability – as designers,



zione che finisce per legittimare le peggiori insipienze nel governo del territorio, delle città e dei manufatti.

La formazione in Architettura, strettamente connessa alla ricerca da cui deriva contenuti e metodi, ha il suo perno centrale nella didattica del progetto: attività per sua natura di tipo pratico e sperimentale, applicata a luoghi e contesti specifici, concreti e materiali, e connotata da notevole complessità, per la molteplicità dei fattori in campo. È questo ciò che differenzia il settore delle costruzioni, delegato alle trasformazioni territoriali e urbane, da ogni altro comparto. Un settore che mutua le proprie conoscenze da altri processi produttivi, importandone tecnologie e materiali: con una complessa operazione d'integrazione di cui il progetto si fa carico per la realizzazione delle opere, lungo una successione di fasi che richiedono di corrispondere a molteplici vincoli normativi e procedurali. La conoscenza e la razionalizzazione di tali processi sono alla base dell'evoluzione degli approcci produttivi del progetto e della costruzione, oltre logiche meramente intuitive.

Questi aspetti sono stati oggetto di approfondimento in occasione del Convegno nazionale SITdA sulla "Produzione del progetto" (Reggio Calabria, 2018), e rilanciati in una nuova prospettiva dal Convegno internazionale "Il progetto nell'era digitale. Tecnologia, Natura, Cultura" in programma a Napoli il 1° e il 2 luglio 2021. Una linea di riflessione che *Techne* si propone di sviluppare ulteriormente attraverso la condivisione delle conoscenze e il confronto scientifico, selezionando temi di grande coerenza, per dar voce a una nuova fase e richiamare alla pratica della ricerca progettuale, in connessione con il contesto produttivo, le istituzioni e la domanda sociale.

"Dentro la policrisi. Il necessario possibile" è il tema della *call* che abbiamo lanciato per il n. 23, per progettare il futu-

researchers and teachers in the area of Architectural Technology – to read the space and conceive a project within a system of rationalities, albeit limited, but substantially founded, which qualify the interventions through approaches validated in research and experimental verification. Contrarily to any ineffective academicism, which corresponds in fact to a condition of subordination caused by the hegemonic dynamics at the base of the crisis itself, but also by a loss of authority that derives from the inadequate preparation of the architects. An expropriation that legitimizes the worst ignorance in the government of the territories, cities and artifacts.

Education in Architecture, strictly connected to the research from which contents and methods derive, has its central pivot in the project didactic: activity by its nature of a practical and

experimental type, applied to specific places and contexts, concrete and material, and characterized by considerable complexity, due to the multiplicity of factors involved. This is what differentiates the construction sector, delegated to territorial and urban transformations, from any other sector. A sector that borrows its knowledge from other production processes, importing technologies and materials. With a complex integration of which the project is charged, for the realization of the buildings, along a succession of phases for corresponding to multiple regulatory and procedural constraints. The knowledge and rationalization of these processes are the basis of the evolution of the design and construction production approaches, as well as merely intuitive logics.

These aspects were the subject of in-depth study at the SITdA National

ro nonostante le incertezze e i rischi, prefigurando strategie che supportino un ormai ineludibile cambio di rotta, anche operando dentro le dinamiche che, nel bene e nel male, saranno innescate dalle rilevanti risorse impegnate per l'attuazione del PNRR. Per prospettare azioni sistematiche fondate sulla centralità di una razionale programmazione, di progettualità ambientalmente appropriate alle scale architettonica, urbana e territoriale, e anche di un monitoraggio continuo dei processi attuativi.

Con l'impegno anche di promuovere, a valle di ogni uscita, un momento pubblico di riflessione e bilancio critico sugli avanzamenti della ricerca.

#### NOTE

<sup>1</sup> "Osservazioni del Coordinamento delle Associazioni Tecnico-scientifiche per l'Ambiente e il Paesaggio al PNRR", 2021.

<sup>2</sup> Linee Guida della Commissione Europea, SWD-2021-12 final, 21.1.2021.

<sup>3</sup> Basti ricordare anche solo i 7.000 km di ferrovie dismesse, con annessi manufatti e opere di servizio.

<sup>4</sup> I due settenni di attività del Piano (1949-1963) promosso da Amintore Fanfani, all'epoca ministro del Lavoro e della Previdenza sociale, hanno rappresentato una manovra al contempo occupazione e sociale, che ci ha lasciato l'importante eredità di quartieri che ancora oggi possiedono una loro precisa identità, testimonianza della cultura architettonica del Novecento italiano. Ma anche una «grandiosa macchina per l'abitazione» (Samonà, 1949, p. 14), basata su un chiaro riassetto istituzionale e organizzativo, con la costituzione di un unico ente (articolato nel Comitato di attuazione del Piano, guidato da Filiberto Guala, con funzioni normative, di erogazione dei fondi, assegnazione degli incarichi e vigilanza, e nella Gestione INA-Casa, diretta dall'architetto Arnaldo Foschini, allora preside della Facoltà di

Conference on "Producing Project" (Reggio Calabria, 2018), and re-launched in a new perspective by the International Conference "The project in the digital age. Technology, Nature, Culture" scheduled in Naples on the 1<sup>st</sup>-2<sup>nd</sup> of July 2021. A reflection that *Techne* intends to further develop through the sharing of knowledge and scientific debate, selecting topics of great importance, to give voice to a new phase and recalling the practice of design research, in connection with the production context, institutions and social demand.

"Inside the Polycrisis. The possible necessary" is the theme of the call we launched for n. 23, to plan the future despite the uncertainties and risks, foreshadowing strategies that support a unavoidable change, also by operating within the dynamics that, for better or for worse, will be triggered by the signif-

icant resources committed to the implementation of the Recovery Plan. To envisage systematic actions based on the centrality of a rational programming, of environmentally appropriate design at the architectural, urban and territorial scales, and of a continuous monitoring of the implementation processes.

With the commitment also to promote, after each release, a public moment of reflection and critical assessment on the research progresses.

#### NOTES

<sup>1</sup> "Osservazioni del Coordinamento delle Associazioni Tecnico-scientifiche per l'Ambiente e il Paesaggio al PNRR", 2021.

<sup>2</sup> EU Guidelines, SWD-2021-12 final, 21.1.2021.

<sup>3</sup> For instance, we can consider the 7,000 km of dismissed railways, with related buildings and areas.

Architettura), che portò alla realizzazione di due milioni di vani per oltre 350.000 famiglie. Cfr. Di Biagi F. (2013), *Il Contributo italiano alla storia del Pensiero – Tecnica*, Enciclopedia Treccani.

<sup>5</sup> Dai Quaderni del Centro studi INA-Casa, alla Gescal e, negli anni Ottanta, all'attività del CER; tema complesso e ampiamente indagato da Fabrizio Schiaffonati ne *Il progetto della residenza sociale*, a cura di Raffaella Riva.

<sup>6</sup> Sottolinea Ferruccio De Bortoli sul *Corriere della Sera* del 15 maggio 2021: «La rivoluzione della formazione permanente (che) non è per Bruxelles meno importante di quella digitale o verde. Entro il 2030 almeno il 60 per cento della popolazione attiva dovrà partecipare, ogni anno, a corsi di formazione. Si dirà: ma il 2030 è lontano. C'è tempo. No, perché è sfuggito ai più che per raggiungere questo obiettivo, entro il 2025 – cioè fra meno di quattro anni – 120 milioni di europei torneranno idealmente sui banchi di scuola. Una sorta di grande campagna di vaccinazione educativa. Dopodomani».

## REFERENCES

CATAP (2021), *Osservazioni del Coordinamento delle Associazioni Tecnico-scientifiche per l'Ambiente ed il Paesaggio (CATAP) sul Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) ai fini dell'audizione in Commissioni 5a e 14a del Senato* (11.03.2021).

Lauria, M., Mussinelli, E. and Tucci F., (2019), *La produzione del progetto*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna, Italia.

Perriccioli, M., Rigillo, M., Russo Ermolli, S. and Tucci, F. (Eds.) (2020), *Design in Digital Age. Technology Nature Culture*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna, Italia.

Samonà, G. (1949), "Il piano Fanfani in rapporto all'attività edilizia dei liberi professionisti", *Metron*, Vol. 33, p.14.

Schiaffonati, F. (2014), *Il progetto della residenza sociale*, Riva, R. (Ed.), Maggioli, Santarcangelo di Romagna, Italia.

Schiaffonati, F. (2021), Postfazione, in Bologna, R., Torricelli, M.C. (Eds.), *Romano Del Nord. Teoria e prassi del progetto di architettura*, Firenze University Press, Firenze, Italia.

Schumpeter, J.A. (1954), *Capitalism, Socialism and Democracy*, George Allen & Unwin, Londra, UK (tr.it. *Capitalismo, socialismo e democrazia* (2001), ETAS, Milano, Italia).

Vittoria, E. (1999), "Le convergenze fattuali del design tra ventaglio e compasso", in *Design: modificazioni di un mestiere*, Quaderni di Itaca, numero monografico, vol. 3, Gangemi Editore, Roma, Italia.

<sup>4</sup> The two seven-year activities of the Plan (1949-1963) promoted by Amintore Fanfani, Minister of Labor and Social Security at the time, represented both an employment and a social maneuver, which left us the important legacy of neighborhoods that still today they have their own precise identity, testimony of the architectural culture of the Italian twentieth century. But also a «grandiose machine for the housing» (Samonà, 1949), based on a clear institutional and organizational reorganization, with the establishment of a single body (articulated in the plan implementation committee, led by Filiberto Guala, with regulatory functions of disbursement of funds, assignment of tasks and supervision, and in the INA-Casa Management directed by the architect Arnaldo Foschini, then dean of the Faculty of Architecture), which led to the construction

of two million rooms for over 350,000 families. See Di Biagi F. (2013), *Il Contributo italiano alla storia del Pensiero – Tecnica*, Enciclopedia Treccani.

<sup>5</sup> From Quaderni of the Centro Studi INA-Casa, to Gescal and in the Eighties to the activity of CER. Complex theme investigated by Fabrizio Schiaffonati in *Il progetto della residenza sociale*, edited by Raffaella Riva.

<sup>6</sup> Ferruccio De Bortoli underlines in *Corriere della Sera* of 15 May 2021: «The revolution of lifelong learning (which) is no less important for Brussels than the digital or green one. By 2030, at least 60 per cent of the active population will have to participate in training courses every year. It will be said: but 2030 is far away. There's time. No, because most people have escaped that to achieve this goal, by 2025 – that is, in less than four years – 120 million Europeans will ideally return

to school. A kind of great educational vaccination campaign. Day after tomorrow».

Francesca Giglio, Massimo Lauria, Maria Teresa Lucarelli,  
Università degli studi Mediterranea di Reggio Calabria, Dipartimento dArTe, Italia

francesca.giglio@unirc.it  
mlauria@unirc.it  
mtlucarelli@unirc.it

Osserviamo oramai da decenni l'emergere, l'affermarsi, il diffondersi di nuove sensibilità e nuovi approcci conservativi nei confronti dell'ambiente. Ciò avviene in tutti i settori produttivi, così come nei campi del sapere, della politica, della società civile. In questo scenario, il settore delle costruzioni è spesso chiamato in causa ricordando la sua centralità nei processi di antropizzazione del territorio e le sue responsabilità relativamente agli impatti indotti sul nostro habitat. Altrettanto spesso assume tuttavia sembianze di invitato di pietra nei dibattiti e ai tavoli in cui si tracciano le strategie e gli indirizzi delle politiche attuative a livello internazionale, comunitario e nazionale. Una posizione decisamente scomoda che, scontando arretratezze endemiche e scarsa propensione all'innovazione e al cambiamento, contribuisce a configurare il suo carattere fortemente dicotomico.

Da un lato, come detto, l'industria delle costruzioni è protagonista spesso in senso negativo collocandosi tra le maggiori consumatrici di risorse naturali – di cui si stima un raddoppio del consumo entro il 2050 (IEA UN, 2018) – e risultando produttrice di rifiuti e di emissioni di gas climalteranti, tra il 25% e il 40% delle emissioni globali di carbonio. Dall'altro è soggetto dai contorni sfumati le cui parti costituenti appaiono di difficile catalogazione, appartenendo a mondi talvolta molto distanti tra loro, committenti pubblici e privati, produttori, imprese, progettisti. E, probabilmente per questa ragione, appare oggi quasi inerme nei confronti delle proprie debolezze strutturali, incapace di proporre una revisione dei propri processi attuativi e, quello che qui più conta, dei propri statuti in termini di affermazione di una rinnovata cultura del progetto di trasformazione del territorio e delle città.

## BEYOND THE CULTURE OF WASTE, TOWARDS CIRCULAR PROCESSES

For decades now, we have been observing the emergence, affirmation and spread of new sensibilities and new conservative approaches towards the environment. This happens in all productive sectors, as well as in the fields of knowledge, politics and civil society. In such a scenario, the building sector is often called into question, remembering its centrality in the anthropisation processes of the territory and its responsibilities regarding the impacts induced on our habitat. At the same time, however, it often takes on the appearance of a stone guest in the debates where the strategies and directions of the implementation policies at international, community and national level are outlined. A decidedly uncomfortable position that, by discounting endemic backwardness and little propensity for innovation and change, contributes to the con-

Sostenibilità, resilienza, *green economy*, industria 4.0, per citarne solo alcuni, sono tutti modelli che hanno negli ultimi decenni istruito e guidato processi di revisione di tali statuti, anche in alcuni casi con esiti positivi, ben lontani tuttavia da loro significative e diffuse ricadute sul piano prettamente operativo.

Oggi, il settore delle costruzioni, e non solo, ma anche la società civile e suoi comparti produttivi, e con questi, i concetti di crescita e di sviluppo, guardano nuovamente con speranza e fiducia all'affermazione di un nuovo paradigma, ovvero di un «mutamento nel modo di guardare e operare nel mondo», come afferma Thomas Samuel Kuhn, noto filosofo della scienza (Kuhn, 1962).

Un cambiamento che la UE intende affrontare e risolvere attraverso opportune strategie contenute nel Piano d'Azione del *Green Deal* Europeo (EC, 2019) volte a promuovere l'uso efficiente delle risorse per raggiungere la neutralità climatica entro il 2050, nel rispetto di quanto sottoscritto al COP21 del 2015, a Parigi. Prendendo le mosse dal primo Piano di azione per l'economia circolare varato dalla Commissione Juncker nel 2015, il nuovo Piano si concentra sulle modalità più innovative e sostenibili di progettazione e produzione, affinché le risorse utilizzate possano essere mantenute nell'economia dell'Unione per un periodo più lungo possibile.

Nell'ambito del *Green Deal*, la Commissione Europea sta portando avanti una cospicua e fitta politica di indirizzi e raccomandazioni, anche con carattere tecnico, che riguardano tra l'altro nuovi principi di recupero circolare delle risorse materiche ed energetiche contestualmente alla gestione delle risorse del patrimonio edilizio esistente. Tra i principali report, pubblicati di recente, ricordiamo *Circular Economy Principles for Building Design* (EC, 2020a) che vuole contribuire alla riduzione degli

figuration of its strongly dichotomous character.

On the one hand, as mentioned, the construction industry is an undisputed protagonist, often in a negative way with it ranking among the largest consumers of natural resources – its consumption is estimated to double by 2050 (IEA UN, 2018) – and, being a producer of waste and climate-changing gas emissions, produces between 25% and 40% of global carbon emissions.

On the other hand, it is a subject with blurred contours whose constituent parts appear difficult to categorise, belonging to worlds that are sometimes very distant from each other: public and private clients, producers, companies, designers. And, probably for this reason, today it appears almost defenseless against its own structural weaknesses, unable to propose a revi-

sion of its own implementation processes and, what is more important here, of its own statutes in terms of affirmation of a renewed culture of the transformation project of the territory and the city.

Sustainability, resilience, green economy and industry 4.0, to name just a few, have in recent decades instructed and guided processes of revision of these statutes, even with positive results in some cases, although far from their significant and widespread fallout on a purely operational level.

Today, not only the building sector but also civil society and its productive sectors, and with them the concept of growth and development, look with hope and confidence to the affirmation of a new paradigm, or a “change in the way of observing and operating in the world”, as stated by Thomas Samuel Kuhn, a well-known philoso-

impatti degli edifici attraverso tre principi cardine: durabilità, adattabilità, riduzione dei rifiuti; principi che si basano sulla pianificazione, da un lato, ed estensione dall'altro, della vita utile degli edifici facilitando l'uso circolare di elementi, componenti e parti da costruzione, con l'obiettivo di avviare un processo di circolarità e al tempo stesso alimentandone la catena di valore. Altrettanto significativo è *A Renovation Wave for Europe* (EC, 2020b) che pone l'obiettivo di raddoppiare, nell'arco di dieci anni, gli interventi di riqualificazione sul patrimonio esistente, garantendo un'adeguata efficienza energetica e sostenendo, al contempo, le economie circolari attraverso il recupero e il riutilizzo dei materiali.

Ai numerosi documenti della Comunità Europea, si aggiungono, inoltre, studi scientifici e strategie che integrano tale tendenza, anche in virtù di una nuova attuale emergenza. *Mac Arthur Foundation* (2020) evidenzia come la condizione post-pandemica abbia messo a nudo le carenze radicate del settore dell'ambiente costruito ed indica due principali opportunità di investimento circolari:

- *renovation and upgrade of buildings;*
- *building materials reuse and recycling infrastructure.*

Per entrambe si delineano sfide tecniche e sociali che il settore potrà affrontare nel prossimo futuro per poter innescare processi circolari virtuosi.

Al di là della condizione europea, fortemente orientata a fornire indicazioni e buone pratiche nei processi di economia circolare, nel nostro Paese, l'attuale riferimento normativo è – seppur non poco discusso – il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza. Il PNRR, in linea con le direttive e gli obiettivi europei e in sintonia con la politica industriale nazionale del Piano Transizione

pher of science (Kuhn, 1962). It is a change that the EU intends to address and resolve through appropriate strategies contained in the Action Plan of the European Green Deal (EC, 2019), aimed at promoting the efficient use of resources to achieve climate neutrality by 2050, in accordance with what was signed at COP21 in 2015 in Paris. Moving from the first Circular Economy Action Plan launched by the Juncker Commission in 2015, the new plan focuses on the most innovative and sustainable ways of designing and producing so that the resources used can be kept in the Union's economy for as long as possible.

As part of the Green Deal, the European Commission is pursuing a conspicuous and dense policy of guidance and recommendations, including those with a technical character, which address, among other things, new prin-

ciples of circular recovery of material and energy resources, in the context of resource management of the existing building stock. Some of the most important reports recently published include Circular Economy Principles for Building Design (EC, 2020a), which aims to contribute to the reduction of the impacts of buildings through three key principles: durability, adaptability and waste reduction; principles that are based on the planning, on the one hand, and extension, on the other hand, of the useful life of buildings by facilitating the circular use of elements, components and construction parts, with the aim of starting a process of circularity and, at the same, time feeding the value chain. Equally significant is *A Renovation Wave for Europe* (EC, 2020b), which sets the goal of doubling, within ten years, the number of renovations on

existing buildings, ensuring adequate energy efficiency and supporting, at the same time, circular economies through the recovery and reuse of materials.

4.0, principale pilastro del *Recovery Fund* (*Next generation EU*), guarda con attenzione alla transizione ecologica, uno degli assi strategici insieme alla digitalizzazione, l'innovazione e l'inclusione sociale su cui poggia il complesso documento. Essa è ritenuta «la base del nuovo modello economico e sociale di sviluppo su scala globale» anche per il raggiungimento degli obiettivi di Sviluppo Sostenibile previsti dall'Agenda 2030 delle Nazioni Unite. Prevede in via prioritaria una drastica riduzione delle emissioni di gas climalteranti e, a seguire «un significativo miglioramento dell'efficienza energetica e nell'uso delle materie prime nelle filiere produttive, della qualità dell'aria nei centri urbani e delle acque interne e marine, attraverso una forte spinta alla innovazione, agli investimenti green, alla ricerca e sviluppo industriale».

Ancora una volta dunque, come successo in passato, l'industria delle costruzioni intravede una nuova grande opportunità di crescita. La transizione circolare in atto potrebbe consentirle infatti, anche grazie alle indicazioni ed i sostegni dello stesso PNRR, una ripresa basata su un diverso approccio, circolare e sostenibile, dove lo scarto, nell'accezione più ampia del termine, dovrà essere ridotto in modo significativo.

Le strategie di sviluppo che ne derivano richiedono tuttavia, come già detto in premessa, un ripensamento anche degli attuali statuti che sovrintendono il Progetto di Architettura per consentire la necessaria transizione da modelli (di produzione) lineari a circolari. Contestualmente, il contesto, complesso, diversificato e in divenire – sia a livello europeo che nazionale – e la sua analisi critica, pongono in evidenza la necessità, in termini di obiettivi generali, di estrapolare le principali dinamiche sistemiche di transizione che incidono sui progetti di trasformazione circolare dell'ambiente costruito. E come ampiamente ribadito dalla UE,

the near future in order to trigger virtuous circular processes.

Beyond the European condition, strongly oriented to provide indications and good practices in the circular economy processes, in our country, the current often discussed regulatory reference is the National Plan for Recovery and Resilience. The PNRR, in line with European directives and objectives and in accordance with the national industrial policy of the Transition 4.0 Plan, the main pillar of the Recovery Fund (Next Generation EU), looks carefully at the ecological transition, one of the strategic axes together with digitisation, innovation and social inclusion on which the complex document is based. It is considered “the basis of the new economic and social model of development on a global scale”, also for the achievement of the Sustainable Development Goals of the

- the renovation and upgrading of buildings;
- building materials' reuse and recycling infrastructure.

For both, there are technical and social challenges that the sector could face in



il ruolo del Progetto diventa un fattore chiave per rispondere ai tre principi fondanti l'economia circolare: progettare senza rifiuti e inquinamento (innovazione di prodotto, strategie di *Circular Design*, tecnologie abilitanti 4.0) mantenere materiali e prodotti in uso (innovazione di processo, estensione del ciclo di vita utile, *remanufacturing*, *upcycling*), rigenerare i sistemi naturali (innovazione urbana, uso efficiente e valorizzazione delle risorse materiali e immateriali) (MacArthur Foundation, 2013).

In quest'ottica, altrettanto significativi dovranno risultare i portati teorici che sostengono l'attuale transizione che, come ci ricorda Stefano Leoni nel suo contributo iniziale del Dossier, non possiede una definizione condivisa tra tutti gli attori coinvolti, ma corrisponde a un cambiamento del modello economico e sociale, con declinazioni in svariati settori interdipendenti (Bischoff, 2016).

La gestione della transizione combina infatti un approccio concettuale sulla complessità, la *governance* e il cambiamento sociale strutturale a lungo termine con un modello di crescita e sviluppo che guarda alla sostenibilità attraverso l'apprendimento, l'azione e il fare per apprendimento, in cui gli approcci esistenti risultano ancora affatto sufficienti (Loorbach, 2007).

In tale visione, appare opportuno richiamare un concetto Baumiano che evidenzia come «La guerra moderna alle paure umane, sia essa rivolta contro i disastri di origine naturale o artificiale, sembra avere come esito la redistribuzione sociale delle paure, anziché la loro riduzione quantitativa» (Baumann, 2009).

L'esigenza di ripensare e riconvertire gli attuali modelli economici e produttivi, non più sostenibili, in nuovi esempi di gestione efficiente delle risorse attraverso un loro impiego ottimale, trova dunque una tanto necessaria quanto inevitabile risposta nella transizione circolare e nella conseguente sollecitazione ad un

cambiamento dei modelli di sviluppo, da lineari a circolari.

Pur ritenuti temi recenti, il consumo di risorse ed energia, la produzione di rifiuti, le emissioni di gas climalteranti, con le relative conseguenze di ordine economico e sociale, già dagli anni '60, sono stati oggetto di riflessione e studio da parte di numerosi intellettuali e scienziati (Carson, 1962; Boulding, 1966; Commoner, 1971; Tiezzi and Marchettini, 1999; Braungart and McDonough, 2002), per citare i più noti, che hanno denunciato la limitatezza delle risorse mondiali e gli effetti di una produzione incontrollata di rifiuti, equiparando i processi naturali a quelli industriali e anticipando il background culturale e socio-economico che oggi indirizza verso le teorie dell'economia circolare divenuta determinante per attuare la transizione ecologica. Non più una economia lineare che genera spreco e che nel tempo si è dimostrata insostenibile ma una economia che guarda al ciclo di vita dei prodotti, ad una loro re-immissione nei processi produttivi come materie prime seconde, alla riduzione degli impatti sull'ambiente, generando allo stesso tempo nuove attività e sviluppo. Si tratta in sostanza di una «competizione basata sulla creazione di un valore aggiunto del servizio di un prodotto e non solo sul valore della sua vendita» (Ronchi, 2017).

Un assunto che riprende, in una certa misura, il concetto di *Performance Economy* – elaborato da Walter Stahel – che propone la visione di un'economia in loop e il suo impatto sulla creazione di nuova occupazione, sulla competitività economica, sul risparmio di risorse e sulla riduzione a monte della produzione di rifiuti (Stahel, 1981). La Performance Economy è il modello di business più sostenibile dell'Economia Circolare, sostiene ancora Stahel, in quanto internalizza la responsabilità dei costi di produzione, dei rischi e dei rifiuti, riducendo i costi di transazio-

United Nations 2030 Agenda. It foresees as a priority a drastic reduction of climate-changing gas emissions, followed by "a significant improvement in energy efficiency and in the use of raw materials in the production chains, in the quality of air in urban centres and inland and marine waters, through a strong push for innovation, green investments, research and industrial development".

Once again, therefore, as has happened in the past, the construction industry sees a great new opportunity for growth. The circular transition under way could, in fact, allow, also thanks to the indications and support of the PNRR, a recovery based on a different approach which is circular and sustainable, where waste, in the broadest sense of the term, must be significantly reduced.

As already mentioned in the introduc-

tion, the resulting development strategies, however, also require a rethinking of the current statutes that oversee the architectural design to allow the necessary transition from linear to circular (production) models. At the same time, the context, complex, diverse and dynamic – both at European and national level – and its critical analysis, highlights the need, in terms of general objectives, to summarise the main systemic dynamics of transition that affect projects of circular transformation of the built environment. And as widely reiterated by the EU, the role of the design becomes a key factor in responding to the three founding principles of the circular economy: design without waste and pollution (product innovation, circular design strategies, enabling technologies 4.0), keeping materials and products in use (process innovation, extension of the useful life

cycle, remanufacturing, upcycling), regenerating natural systems (urban innovation, efficient use and exploitation of tangible and intangible resources) (MacArthur Foundation, 2013).

From this point of view, the theoretical background supporting the current transition should be equally significant. As Stefano Leoni reminds us in his initial contribution to the dossier, this transition does not have a definition shared by all the stakeholders involved, but corresponds to a change in the economic and social model, with variations in various interdependent sectors (Bischoff, 2016).

Transition management, in fact, combines a conceptual approach on complexity, governance and long-term structural social change with a growth and development model that looks to sustainability through learning, action and doing for learning's sake, where

existing approaches are still far from sufficient (Loorbach, 2007). In such a vision, it seems appropriate to refer to a Baumian concept that highlights how "The modern war on human fears, whether directed against disasters of natural or artificial origin, seems to have as an outcome the social redistribution of fears, rather than their quantitative reduction" (Baumann, 2009).

The need to rethink and reconvert the current economic and production models, which are no longer sustainable, in new examples of efficient management of resources through their optimal use, is, therefore, a necessary and inevitable response in the concept of circular transition and the consequent call for a change in development models, from linear to circular.

Although considered recent topics, the consumption of resources and energy, the production of waste and the emis-

ne, aumentando le opportunità di profitto, traendo vantaggio da soluzioni di sufficienza, sistema ed efficienza.

Si profila per i prossimi anni un impegno senz'altro lungo e impegnativo ma non più eludibile considerando la grave situazione in cui versa il pianeta; gravità peraltro ancora una volta denunciata al G20 del 22 Aprile 2021 in occasione della Giornata della Terra il cui *slogan*, *Restore Our Earth*, riconduce alle già citate annose problematiche connesse ad una economia predatoria e con la massimizzazione dei profitti.

Sono queste le premesse specifiche, relativamente al settore delle costruzioni, e generali, relativamente al tema della transizione circolare in atto, che hanno ispirato la strutturazione di questo Dossier e, principalmente, il senso della scelta dei contributi in esso ospitati. L'approccio multidisciplinare e l'ibridazione dei saperi, ne costituiscono il *fil rouge* che li tiene insieme sul piano del metodo; il concetto di superamento della cultura dello scarto, e della logica usa e getta verso la cultura della transizione, ne costituiscono invece l'ispirazione teorica.

Concetti questi ultimi, efficacemente sintetizzati da Papa Francesco e che costituiscono un obiettivo ancora da perseguire. «Di fatto è una mancanza di cultura, un limite nella comprensione dei criteri di efficienza e dunque di convenienza. Ma questo limite non corrisponde al limite attuale della conoscenza. Non è un errore inevitabile. Mantenere il livello attuale di spreco [...] è una scelta funzionale agli interessi di una generazione industriale che cerca di ritardare l'evoluzione verso un approccio più maturo alla produzione» (Papa Francesco, 2020).

Passando allo specifico contributo dei diversi autori invitati ad esprimere le proprie riflessioni nel corpo del Dossier, si è già richiamato il saggio iniziale di Stefano Leoni che inquadra la questione

sion of greenhouse gases, with their economic and social consequences, have since the 1960s been the subject of reflection and study by many intellectuals and scientists (Carson, 1962; Boulding, 1966; Commoner, 1971; Tiezzi and Marchettini, 1999; Braungart and McDonough, 2002, to name the most famous), who have denounced the finite nature of the world's resources and the effects of uncontrolled waste production, equating natural processes with industrial ones and anticipating, together with many other scholars, the cultural and socio-economic background that today directs theories that are crucial to implement the ecological transition towards the circular economy.

It is no longer a linear economy that generates waste and that over time has proved unsustainable, but an economy that looks at the life cycle of products,

their reintroduction into production processes as secondary raw materials, and the reduction of environmental impacts, while generating new activities and development. It is essentially a "competition based on the creation of an added value of the service of a product and not only on the value of its sale" (Ronchi, 2017), an assumption that echoes, to some extent, the concept of performance economy – developed by Walter Stahel – which proposes the vision of a loop economy and its impact on new job creation, economic competitiveness, resource savings and upstream reduction of waste production (Stahel, 1981). The performance economy is the most sustainable business model in the circular economy, Stahel argues, because it internalises responsibility for production costs, risks and waste, reducing transaction costs, increasing profit opportunities

affrontando in termini definitivi la sfida della circolarità nel settore edilizio, declinandone i contesti disciplinari e normativi, senza tralasciare una approfondita e critica riflessione su suoi impatti.

Un contributo che non esclude la speranza, per un futuro ci auguriamo prossimo, di una profonda revisione del settore e la conseguente forte spinta contemporanea verso l'innovazione e lo sviluppo del mercato, facendo leva principalmente su di una sua ristrutturazione in senso circolare.

Di differente livello strategico, ma attraversato da un sentire comune, è invece la riflessione che sviluppa Roberto Morabito e che affronta la transizione verso l'economia circolare in aree e comunità urbane.

Il punto di vista è quello specifico dell'Enea – Agenzia nazionale per le nuove tecnologie l'energia e lo sviluppo economico sostenibile – e riguarda la gestione sostenibile dei rifiuti nelle piccole comunità e l'utilizzo di soluzioni basate sulla natura per le città circolari. Un esempio emblematico di quanto dialoghi *multistakeholder* e multidisciplinari, possano contribuire a supportare il processo di transizione circolare. Le città infatti rappresentano una sorta di "terra di mezzo" dove i moltissimi attori che vi operano, con diversi ruoli e competenze e con la partecipazione diretta della società civile, possono offrire un contributo in termini sperimentali e di indirizzo a livello strategico e politico. Ciò potrà avvenire tuttavia a patto che non venga tralasciato il contributo del comparto delle costruzioni nella sua interezza, declinato secondo le inclinazioni delle molteplici anime che vi convivono, ovvero di tutti quei protagonisti che, insieme, ne costituiscono l'esoscheletro e che a vario titolo partecipano ai processi ideativi e progettuali che dovranno istruire e indirizzare le trasformazioni dell'ambiente a tutte le scale. Ed è proprio il tema del progetto, in una sua visione tanto po-

and benefitting from sufficiency, system and efficiency solutions.

In the coming years, a long and onerous commitment will undoubtedly emerge, but it can no longer be avoided considering the serious situation in which the planet finds itself. This seriousness, moreover, was once again denounced at the G20 meeting on 22 April 2021, on the occasion of Earth Day, whose slogan, *Restore Our Earth*, leads back to the aforementioned age-old problems connected with a predatory economy and the maximisation of profits.

With regard to the building sector, these are the specific and general premises concerning the issue of the ongoing circular transition, which have inspired the structuring of this dossier and, mainly, the sense of the choice of the contributions introduced in it. The multidisciplinary approach

and the hybridisation of knowledge are the *fil rouge* that keeps them together on the method level; the concept of overcoming the culture of waste and the disposable logic towards the culture of transition are the theoretical inspiration.

These latter concepts, effectively summarised by Papa Francesco, constitute a goal yet to be pursued. "In fact, it is a lack of culture, a limitation in understanding the criteria of efficiency and therefore of convenience. But this limit does not correspond to the current limit of knowledge. It is not an inevitable mistake. Maintaining the current level of waste [...] is a functional choice for the interests of an industrial generation that seeks to delay the evolution towards a more mature approach to production" (Papa Francesco, 2020). Moving on to the specific contribution of the various authors invited to

etica quanto fortemente operativa e concreta che affronta Marco Navarra nel suo contributo. Un progetto radicato nel suolo, generato dal suolo e proprio per questa ragione da considerarsi circolare. Come egli sostiene «le forme dell'architettura, più che le semplici tecnologie, diventano una risposta alle questioni ambientali. Anche l'idea di circolarità viene piegata e reinterpretata all'interno di una cornice temporale in cui istante e lunga durata si intrecciano. L'Architettura è parte del processo di erosione e sedimentazione della crosta terrestre. I materiali che usiamo sono Montagne erose, Acqua, Luce». Si affermano in tal modo – o forse meglio, dovrebbero affermarsi – secondo Navarra, processi di antropizzazione dell'ambiente che altro non sono che una fase di breve durata, se posta in relazione ai fenomeni geologici, di un più ampio percorso che nasce dalla terra e alla terra ritorna, esattamente come, assecondando e parafrasando il principio più generale del *cradle to cradle*, avviene per i processi di riciclo di tipo rigenerativo delle parti costituenti i manufatti edilizi.

In questo senso l'idea di un'architettura geologica, che Navarra teorizza, non solo supera l'idea dell'opera autonoma dal contesto, ma nega l'esistenza di un confine tra sfondo e oggetto, tra natura e artificiale.

Nega al contempo, come afferma nel suo saggio Mauro Francesco Minervino, anche il confine tra prodotto, inteso nel senso più ampio del suo significato, e le scorie che ne derivano in maniera diretta e indotta.

L'inquinamento ambientale, afferma ancora lo stesso Minervino, rappresenta in questa prospettiva una pericolosa forma di violenza lenta – nell'accezione del suo significato che ne offre Rob Nixon (2011) – graduale, sempre più drammatica e pervasiva, e purtroppo paradossale. «Spesso il danno è così vistoso» aggiun-

express their thoughts in the text of the dossier, we have already mentioned the initial essay by Stefano Leoni, who frames the issue by addressing the challenge of circularity in the building sector in definitional terms, declining the disciplinary and regulatory contexts, without neglecting a thorough and critical reflection on its impacts.

It is a contribution that does not exclude the hope for a future we hope to be near, of a profound revision of the sector and the consequent strong contemporary push towards innovation and market development, leveraging mainly on its circular restructuring.

On a different strategic level, but connected by a common feeling, is instead the reflection which Roberto Morabito develops and which faces the transition towards the circular economy in urban areas and communities.

The point of view is that of ENEA –

National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development – and concerns the sustainable management of waste in small communities and the use of nature-based solutions for circular cities.

This is an emblematic example of how much multistakeholder and multidisciplinary dialogues can help support the process of circular transition. Cities, in fact, represent exactly that sort of “middle ground” where the many stakeholders operating in them, with different roles and skills and with the direct participation of civil society, can offer a contribution in terms of experimentation and direction at a strategic and political level. This can happen, however, provided that the contribution of the building sector in its entirety is not neglected, declined according to the inclinations of the many souls who live there, or all those players who

together constitute the exoskeleton and who in various ways participate in the processes of design and planning that will instruct and direct the transformation of the environment on all scales.

And it is precisely the theme of the design, in a vision as poetic as it is strongly operational and concrete, that Marco Navarra addresses in his contribution. A project rooted in the soil, generated by the soil and, for this reason, to be considered circular. As he argues, “the forms of architecture, more than mere technologies, become a response to environmental issues. Even the idea of circularity is bent and reinterpreted within a temporal framework in which instant and long duration are intertwined. Architecture is part of the process of erosion and sedimentation of the Earth's crust. The materials we use are

eroded mountains, water, light”. In this way, according to Navarra, processes of anthropisation of the environment are affirmed – or perhaps better, they should be affirmed – which are nothing but a short-lived phase, if placed in relation to geological phenomena, of a wider path that starts from the Earth and comes back to the Earth, exactly as it happens, following and paraphrasing the more general principle of *cradle to cradle*, for the recycling processes of regenerative types of the constituent parts of the buildings.

In this sense, Navarra's idea of a geological architecture not only overcomes the idea of the work as autonomous from the context, but denies the existence of a boundary between background and object, between nature and artificer. At the same time, as Mauro Francesco Minervino states in his essay, he also

se lo sarà – individuare tra le sue pieghe, i corretti approcci, gli strumenti adatti e le relative opportune metodiche per attribuire nuove centralità al progetto di Architettura nell'ambito delle dinamiche evolutive del rapporto tra habitat e processi trasformativi, tra processi produttivi e rifiuti, tra approcci lineari e approcci circolari, per l'affermazione di una nuova cultura dello scarto.

## REFERENCES

- Baumann, Y. (2009), *Paura liquida*, Laterza, Bari, Italia.
- Bischoff, O. (2016), "La transizione ecologica, accompagnare dinamiche di cittadinanza attiva e l'educazione ambientale per lo sviluppo sostenibile nel quadro del progetto ETRES", available at: <https://etreserasmus.eu/files/te-it.pdf>.
- Boulding, K.E. (1966), "The Economics of the Coming Spaceship Earth", available at: [http://arachnid.biosci.utexas.edu/courses/THOC/Readings/Boulding\\_SpaceshipEarth.pdf](http://arachnid.biosci.utexas.edu/courses/THOC/Readings/Boulding_SpaceshipEarth.pdf).
- Carson, R. (1962), *Silent Spring*, Houghton Mifflin Harcourt, Boston, USA.
- Commoner, B. (1971), *The Closing Circle - Nature, Man, and Technology*, Knopf, New York, USA.
- European Commission (2019), "The European Green Deal", available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52019DC0640&from=IT>.
- European Commission (2020a), "Circular Economy Principles for Building Design", available at: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/39984> (accessed 28 June 2021).
- European Commission (2020b), "A Renovation Wave for Europe – Greening our buildings, creating jobs, improving lives", available at: [eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0662](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0662).
- International Energy Agency and the United Nations Environment Programme (2018), "2018 Global Status Report: towards a zero-emission, effi-

denies the boundary between product, understood in the broadest sense of its meaning, and the waste that derives from it in a direct and induced way. Environmental pollution, as Minervino states, represents in this perspective a dangerous form of slow violence – in the sense of its meaning offered by Rob Nixon (2011) – gradual, increasingly dramatic and pervasive, and unfortunately paradoxical. "Often, the damage is so conspicuous", Minervino adds, "as to be underestimated as a threat to us near at hand, or still too far from the view of social groups and the media spotlight to become a global problem". Finally, with regard to waste, he also introduces another form of gaze: that of art and artists. And, it is precisely in this sense that the contribution that Velasco Vitali offers, closely connected to this dossier and in its continuity, appears under the section "Author photos".

In his installations, the waste and the refuse, become materials that shape the works – the pack – and, at the same time without change of register, the scene. They possess the same matrix and the same origin. As such, they carry out their own revolution in circular terms of the duration of an installation, made lasting by the photographs. A small great lesson, less distant than it might appear from the reflections contained in this issue, which, together with what can be read in extended form in the contributions that follow, reinforce the conviction that there are necessary and no longer elusive opportunities in the body of the transition we are experiencing. We are all well aware, however, that, in the words of Minervino again, "a zero-waste society is as utopian as a perfect society, as a life indefinitely prolonged and removed from the limits of mortality by super-sophis-



cient and resilient buildings and construction sector", available at: <https://www.worldgbc.org/news-media/2018-global-status-report-towards-zero-emission-efficient-and-resilient-buildings-and>.

- Kuhn, S.T. (1962), *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Piccola biblioteca Einaudi, Torino, Italia.
- Loorback, D. (2007), "Transition Management: new mode of governance for sustainable development", available at: <http://hdl.handle.net/1765/10200>.
- MacArthur Foundation E. (2013), *Towards the Circular Economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition Volume 1*, Ellen MacArthur Foundation, Cowes, UK.
- McDonough, W. (2003), *Dalla culla alla culla*, Blu edizioni, Torino, Italia.
- Nixon, R. (2011), *Slow Violence and the Environmentalism of the Poor*, Harvard University Press, London, UK.
- Papa Francesco (2020) *Laudato Si: Enciclica sulla cura della casa comune*, Associazione Amici del Papa.
- Ronchi, E. (2017), "Economia lineare ed economia circolare, quali le differenze", available at: <https://www.fondazionevilupposostenibile.org/economia-lineare-economia-circolare-quali-differenze/>.
- Stahel, W. (1981), *Jobs for Tomorrow: The Potential for Substituting Manpower for Energy*, Vantage Press, Business & Economics, New York, USA.
- Tiezzi, E. and Marchettini, N. (1999), *Che cos'è lo sviluppo sostenibile? Le basi scientifiche della sostenibilità e i guasti del pensiero unico*, Donzelli Editore, Roma, Italia.

ticated cures, bionic technologies and phony manipulations". The challenge that humanity will have to face in the coming years will then have to recognise itself in its ability to govern the reconversion of the production processes of waste and refuse ethically, in the perspective of a circular approach to the transformations of the environment. However, the issue that arises today and here concerns the role that the construction sector can, must or will play and, mainly, how it will be possible – if at all – to identify among its layers, the correct approaches, the appropriate tools and the related appropriate methods to give new centrality to the project of architecture, within the evolutionary dynamics of the relationship between habitat and transformative processes, between production processes and waste and between linear and circular approaches, for a new culture of waste.



Stefano Leoni,  
Fondazione per lo sviluppo sostenibile, Roma, Italia

leoni@susdef.it

Sebbene se ne discuta ormai da diversi decenni, solo di recente sono state intraprese iniziative decise per far virare il nostro modello di crescita verso la sostenibilità. Giungere a questo punto ha richiesto non poco tempo, e non c'è da stupirsi. È necessario stimolare infatti un'evoluzione tecnologica che non solo risolva i problemi del presente, ma anche quelli del futuro. Come tutti i cambiamenti radicali, anche questo ha avuto bisogno di passare attraverso eventi traumatici. La crisi economica del 2007, nata negli USA ed esportata nel resto del mondo negli anni successivi, quella finanziaria del 2012/13 e quella pandemica dal 2020 ci hanno costretto a prendere atto che i modelli di crescita finora adottati sono imperfetti, costringendoci a considerare uno sviluppo disaccoppiato dal consumo delle risorse. Quello che Aurelio Peccei (1982) definiva come un tentativo ambizioso andato male, un errore di fabbricazione (*l'homo sapiens*), sembra che abbia dunque finalmente cominciato a riprogrammarsi. D'altro canto, bisogna comprendere il suo scoramento a fronte dell'indolenza mostrata dai grandi della Terra a reagire di fronte alle proiezioni sullo sfruttamento delle risorse riportate dal rapporto del Club di Roma presentato circa 10 anni prima. Previsioni, peraltro, sostanzialmente confermate a distanza di 50 anni.

In questo contesto l'UNEP, *United Nations Environment Programme*, ha osservato che dal 1970 al 2017 l'estrazione di risorse è più che triplicata e che, in termini di peso, quasi la metà riguarda i materiali non metallici, ossia minerali destinati alle costruzioni (UNEP and IRP, 2019).

Inoltre delle 90 Mld/t estratte ne sono state commercializzate meno di 12 Mld/t, con un tasso di spreco del 87%, sostanzialmente identico a quello di 45 anni fa. In altri termini, l'avanzamento tecnologico mirato all'uso efficiente dei materiali non

riesce a crescere in misura maggiore dello sfruttamento e, senza correttivi significativi, nel 2060 l'estrazione complessiva sarà più che raddoppiata e più della metà di queste risorse riguarderà materiali non metallici.

Per completare il quadro bisogna ricordare che recentemente ancora l'UNEP ha lanciato un allarme sulla prossima scarsità della sabbia e della ghiaia – elementi fondamentali per il settore edile – il cui prelievo supera quello della sua rigenerazione naturale. Peraltro, che la nostra impronta ecologica sia insostenibile ce lo ricorda da tempo il *Global Footprint Network* che registra ogni anno l'*overshooting day*<sup>1</sup>, ossia il giorno in cui il mondo arriva a consumare una quantità di risorse equivalente a quella che i servizi ecosistemici della Terra rigenerano annualmente. In piena pandemia nel 2020 l'*overshooting day* è caduto il 22 agosto: per oltre 4 mesi abbiamo vissuto erodendo le nostre risorse! (Fig. 1). A fronte di tali numeri l'economia circolare è una delle risposte per guidare il cambiamento verso la sostenibilità. Il 7° programma europeo di azione ambientale la definisce «un'economia senza sprechi, in cui le risorse naturali sono gestite in modo sostenibile e la biodiversità è protetta, valorizzata e ripristinata in modo tale da rafforzare la resilienza della nostra società» (European Commission, 2013).

Impostazione ribadita dal Green Deal europeo (2019) che considera l'economia circolare parte integrante per attuare l'Agenda 2030 e gli obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite.

Il concetto di economia circolare è stato di recente ulteriormente definito come «quel sistema economico in cui il valore dei prodotti, dei materiali e delle altre risorse nell'economia è mantenuto il più a lungo possibile, migliorandone l'uso efficiente nella produzione e nel consumo, così da ridurre l'impatto ambientale del loro

## THE CHALLENGE OF CIRCULARITY IN THE CONSTRUCTION SECTOR

Although it has been discussed for several decades now, it is only in recent times that decisive steps have been taken to turn our growth model towards sustainability. It has taken quite some time to get to this point. And it is no wonder we need to stimulate technological change that will not only solve the problems of the present, but also those of the future.

Like all radical changes, this one, too, needed to go through traumatic events. The economic crises of 2007 – born in the USA and exported to the rest of the world in the following years – the financial crisis of 2012/13 and the pandemic crisis of 2020 have forced us to realise that the growth models adopted so far are imperfect and to rethink development decoupled from resource consumption.

What Aurelio Peccei (1982) described as an ambitious attempt gone wrong,

a manufacturing error (the *homo sapiens*), therefore seems to have finally begun to reprogramme itself. It must, moreover, understand his discouragement in front of the indolence shown by the Earth's leaders in reacting promptly to the projections on the exploitation of resources set out in the MIT report presented some 10 years earlier. Forecasts that, 50 years later, have been substantially confirmed.

In this context, The United Nations Environment Programme (UNEP) has noted that resource extraction has more than tripled between 1970 and 2017, and that almost half of this with regard to weight concerns non-metallic materials, i.e. minerals used in construction (UNEP and IRP, 2019). Moreover, out of more than 90 bn tonnes extracted, less than 12 bn tonnes were traded. This represents a waste rate of 87%, essentially identical

to that of 45 years ago. In other words, technological progress aimed at the efficient use of materials is failing to outpace exploitation and without significant corrections, by 2060 total extraction will have more than doubled and more than half of these resources will concern non-metallic materials. To complete the picture, we should recall that UNEP recently sounded the alarm about the impending scarcity of sand and gravel – key elements for the construction industry – whose extraction exceeds its natural regeneration. The Global Footprint Network<sup>1</sup> has long been reminding us that our ecological footprint is unsustainable. Every year, this organisation records the Overshooting Day, i.e. the day on which the world consumes a quantity of resources equivalent to that which the Earth's ecosystem services regenerate annually. In the midst of the pan-

uso, riducendo al minimo i rifiuti e il rilascio di sostanze pericolose in tutte le fasi del loro ciclo di vita, anche mediante l'applicazione della gerarchia dei rifiuti» (European Commission, 2020a). L'economia circolare rimarrebbe tuttavia un mero concetto, se non fosse tradotto in azioni e misure. E riguardo a ciò l'impostazione europea è marcatamente concreta. Con i due piani d'azione del 2015 e del 2020 sono stati definiti trasversalmente obiettivi, ambiti prioritari, misure e impegni che scardinano i comparti produttivi e di consumo, imponendo una valutazione olistica degli impatti.

Sarebbe, infatti, profondamente errato limitarsi a valutare gli impatti emissivi di una nuova costruzione e non considerare anche fattori come il consumo del suolo, l'utilizzo dei materiali, la prevenzione dello spreco, la tutela degli ecosistemi. La transizione verso l'economia circolare richiede, dunque, una rivisitazione delle metriche valutative circa la funzionalità delle costruzioni e di parametri come l'estetica e l'accettabilità.

Per ovviare alla complessità di una simile valutazione è necessario procedere ad una ripartizione dei compiti che spettano ai diversi attori. Ad esempio, la competizione tra le diverse destinazioni d'uso del suolo deve essere risolta a monte, in sede di pianificazione e programmazione. Così come la scelta tra le diverse tipologie di materiali utilizzabili deve essere agevolata attraverso l'introduzione di etichettature e certificazioni che indirizzino l'utilizzatore verso l'opzione circolare.

Lo sviluppo di una strategia sull'economia circolare richiede, quindi, l'analisi delle priorità, tenendo conto del fabbisogno attuale e futuro dei diversi flussi di materiale, nonché degli *stock* presenti nel mercato e del tasso del loro abbandono, un riordino/aggiornamento delle competenze, la definizione di traguardi

demic in 2020, overshooting day fell on 22 August: for more than 4 months we have lived by eroding our capital! (Fig. 1).

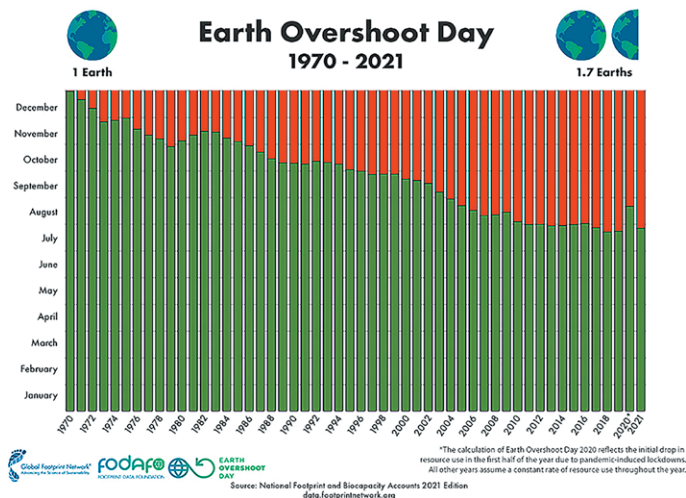
In the face of such numbers, the circular economy is the answer offered to drive change towards sustainability. The 7th European Environmental Action Programme defines it as "an economy where nothing is wasted and where natural resources are managed sustainably, and biodiversity is protected, valued and restored in ways that enhance our society's resilience. Our low-carbon growth has long been decoupled from resource use, setting the pace for a safe and sustainable global society" (European Commission, 2013).

This approach was then reaffirmed by the European Green Deal (2019) which, as an integral part of implementing the 2030 Agenda and the

UN Sustainable Development Goals, considers the circular economy as a cornerstone.

The concept of circular economy has recently been further defined as "an economic system whereby the value of products, materials and other resources in the economy is maintained for as long as possible, enhancing their efficient use in production and consumption, thereby reducing the environmental impact of their use, minimising waste and the release of hazardous substances at all stages of their life cycle, including through the application of the waste hierarchy" (European Commission, 2020a).

The circular economy would remain a mere concept if it is not translated into actions and measures. In this respect, the European approach is very concrete. With the two action plans of 2015 and 2020, objectives, priority ar-



progressivi, la ricognizione degli strumenti (normativi, tecnologici, economici e culturali) adottabili, la valutazione circa la loro efficacia e, non ultima, una stima sulla capacità di azione.

Tutto ciò dovrà, poi, tener conto di cinque grandi direttrici:

- prolungamento della durata di un bene;
- riduzione della perdita di materiali;
- reimpiego dei materiali e dei prodotti;
- prevenire il riciclaggio "a cascata", ossia il riciclo di bassa qualità e funzionalità rispetto alla materia prima;
- sostituire materiali ad alte emissioni di CO<sub>2</sub> con quelli a basse emissioni.

Queste, a loro volta, dovranno essere valutate in ogni fase di vita di un prodotto (estrazione della risorsa, lavorazione, generazione del prodotto, uso, manutenzione/ristrutturazione, rifiuto, riciclo e reimpiego del materiale riciclato).

### Gli impatti del settore edile

il 50% dell'estrazione complessiva dei materiali e il 35% dei rifiuti prodotti complessivamente. Inoltre, dall'estrazione dei mate-

Secondo l'Unione europea (European Commission, 2020)

l'ambiente edificato genera circa

reas, measures and commitments have been transversally defined that break down production and consumption sectors, imposing a holistic assessment of impacts.

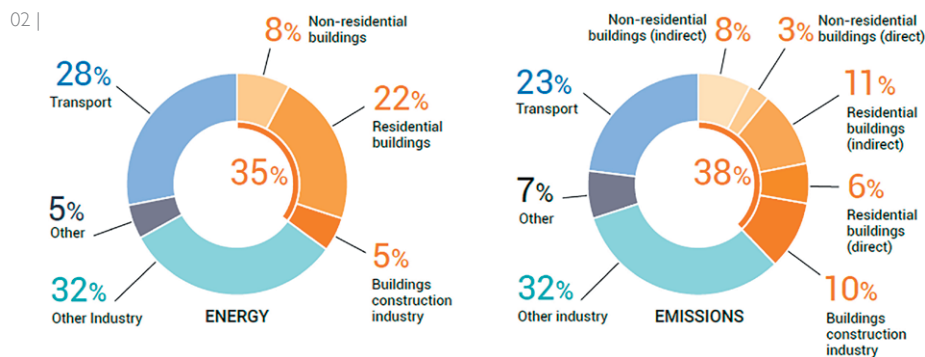
It would be a profound mistake to limit oneself to assessing the emission impacts of a new construction and not also consider factors such as land consumption, use of materials, prevention of waste and protection of ecosystems. The transition to a circular economy, therefore, requires a review of the metrics for assessing the functionality of buildings and parameters such as aesthetics and acceptability.

In order to overcome the complexity of such an evaluation, it is necessary to divide up the tasks of the various actors. For example, the competition between different land's uses must be resolved upstream of the design of a building, in the context of spatial plan-

ning and programming. Similarly, the choice between the different types of materials that can be used must be facilitated in advance through the introduction of labels and certifications that direct users towards the circular option.

The development of a circular economy strategy, therefore, requires an analysis of priorities, taking into account the current and future needs of the various material flows, as well as stocks on the market and their rate of abandonment, a reorganisation/upgrading of skills, the definition of progressive goals, the recognition of the tools (regulatory, technological, economic and cultural) that can be adopted and an assessment of their effectiveness and, last but not least, an estimate of the capacity for action.

All this must then take account of five main guidelines



riali, la fabbricazione di prodotti da costruzione, l'edificazione e dalle ristrutturazioni si stima che origini dal 5 al 12% delle emissioni di gas climalteranti. E puntando verso una maggiore efficienza dei materiali si riuscirebbe a ottenerne fino all'80% di riduzione.

A livello mondiale, l'UNEP denuncia che il settore edile, inclusa la fase dell'uso degli immobili, assorbe il 35% della domanda totale di energia e comporta il 38% delle emissioni totali di CO<sub>2</sub> (UNEP, 2020) (Fig. 2).

Volgendo l'attenzione all'impiego delle risorse, registriamo che l'Italia dal 2013 ha stabilizzato il proprio consumo interno di materiali non metallici intorno a 200 Mt/a, con una incidenza del 40% sul consumo complessivo, e per i prossimi anni, secondo il CRESME, è previsto un incremento del loro consumo.

Un altro dato rilevante è quello relativo al consumo del suolo. L'ultimo rapporto del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, SNPA, ci informa che non si registrano segnali di rallentamento del fenomeno e che nel 2019 la sua impermeabilizzazione è cresciuta, complessivamente, di 22,1 km<sup>2</sup> (Munafò, 2020).

Secondo l'ISPRA, i rifiuti da costruzione e demolizione (C&D) nel 2018 sono stati pari a circa 60 Mt e rappresentano il 45% dei rifiuti speciali non pericolosi complessivamente prodotti in Italia (134 Mt) (ISPRA and SNPA, 2020).

- extension of the life of an asset
- reducing the loss of materials
- reuse of materials and products
- preventing "cascading" recycling, i.e. recycling of low quality and functionality compared to the raw material;
- substituting high CO<sub>2</sub>-emitting materials with low-emitting ones.

These, in turn, will need to be assessed at each stage of a product's life (resource extraction, processing, product generation, use, maintenance/renovation, rejection, recycling and reuse of recycled material).

#### The impacts of the construction sector

According to the European Union (European Commission, 2020), the built environment generates about 50% of the total material extraction and 35% of the total waste produced.

In addition, the extraction of materials, manufacture of construction products, building and renovation are estimated to generate 5 to 12% of greenhouse gas emissions. And by aiming for greater material efficiency, a reduction of up to 80% could be achieved.

At global level, UNEP reports that the construction sector, including the usage phase of buildings, accounts for 35% of total energy demand and 38% of total CO<sub>2</sub> emissions (UNEP, 2020) (Fig. 2).

Turning our attention to the use of resources, we note that since 2013, Italy has stabilised its internal consumption of non-metallic materials at around 200 Mt/y, just over 40% of its DMC (Domestic Material Consumption). Given the latest trends, according to CRESME, an increase in their consumption is expected in the coming years. Another relevant figure is that

In realtà i dati sono sottostimati e ciò si può facilmente arguire dal confronto con Germania e Regno Unito dove la produzione pro-capite durante lo stesso anno è stata rispettivamente di 2,7 t/ab e 2,1 t/ab rispetto allo 0,9 t/ab dell'Italia (Fondazione per lo sviluppo sostenibile, 2020).

Per quanto riguarda il trattamento dei rifiuti, dalle statistiche sul recupero dei rifiuti da C&D elaborate da ISPRA emerge che, a fronte dell'obiettivo minimo del 70%, il nostro Paese ha raggiunto nel 2018 il 77,4%. Tuttavia, l'alta percentuale non deve ingannare: il valore non è riferito alla produzione totale di tale tipologia di rifiuti (59,8 Mt), bensì a causa del metodo di calcolo a soli 45 Mt, ossia circa il 25% dei rifiuti totali. Inoltre, rimangono molte perplessità circa l'effettiva qualità del recupero, in quanto la classificazione delle operazioni di trattamento dei rifiuti non permette di distinguere tra riciclaggio (sostituzione della materia prima) e recupero (utilizzo per scopi differenti da quelli originari).

Gli impatti di questo settore economico sull'ambiente sono, quindi, rilevanti. Tuttavia, adottando un atteggiamento positivo, è possibile individuare buone potenzialità.

Innanzitutto, da uno studio dell'European Environment Agency, EEA, emerge che immobilizziamo nel mercato la stessa quantità di materiali che estraiamo (EEA, 2019). Questo ci consente di poter considerare nel prossimo futuro il patrimonio edificato

of soil consumption. The latest SNPA report, Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, informs us that there are no signs of a slowdown in this phenomenon and that in 2019, soil sealing increased by a total of 22.1 km<sup>2</sup>, (Munafò, 2020).

According to ISPRA construction and demolition, (C&D) waste amounted to around 60 Mt in 2018 and accounted for 45% of the total non-hazardous special waste produced in Italy (134 Mt) (ISPRA and SNPA, 2020). In reality, the figures are underestimated. This can be easily deduced from the comparison with other European countries, which shows that in Germany and the United Kingdom, the per capita production during the same year was 2.7 t/inh and 2.1 t/inh respectively compared to 0.9 t/inh in Italy (Fondazione per lo sviluppo sostenibile, 2020).

As far as waste treatment is concerned, statistics on C&D waste recovery processed by ISPRA tell us that compared to the minimum target of 70%, our country reached 77.4% in 2018. However, the high percentage should not deceive us: the value does not refer to the total production of this type of waste (59.8 Mt), but, due to the calculation method, it refers to only 45 Mt, i.e. about 25% of total waste.

Furthermore, many doubts remain about the actual quality of recovery, as the classification of waste treatment operations does not allow us to distinguish between recycling (substitution of the raw material) and recovery (use for purposes other than the original one). The impacts of this economic sector on the environment are, therefore, significant. However, by adopting a positive attitude, we can identify good potential.

esistente come una miniera da cui prelevare risorse in sostituzione di quelle vergini. La stessa EEA evidenzia inoltre che interventi mirati entro il 2050 possono abbattere del 61% le emissioni complessive derivanti dal ciclo di vita del patrimonio edilizio. Mentre, solo attraverso la razionalizzazione dell'utilizzo dello spazio degli edifici esistenti si otterrebbe fino all'11% di riduzione delle emissioni (EEA, 2020).

Fra l'altro, le azioni di riqualificazione e efficientamento del patrimonio edilizio esistente aprono ad un'ampia operatività senza dover consumare ulteriore suolo. Basti pensare che nell'Ue più di 220 milioni di unità immobiliari, vale a dire l'85 % del suo parco immobiliare, sono state costruite prima del 2001, e l'85-95 % degli edifici odierni sarà ancora in uso nel 2050. Applicando i principi dell'economia circolare sarà possibile ridurre entro il 2030 le emissioni di gas serra del 60%, il consumo energetico finale del 14% e di quello utilizzato per il riscaldamento del 18%, nonché a contribuire al raggiungimento degli obiettivi climatici europei per il 2050 (European Commission, 2020b) (Fig. 3).

**Un quadro di riferimento normativo in continua evoluzione**

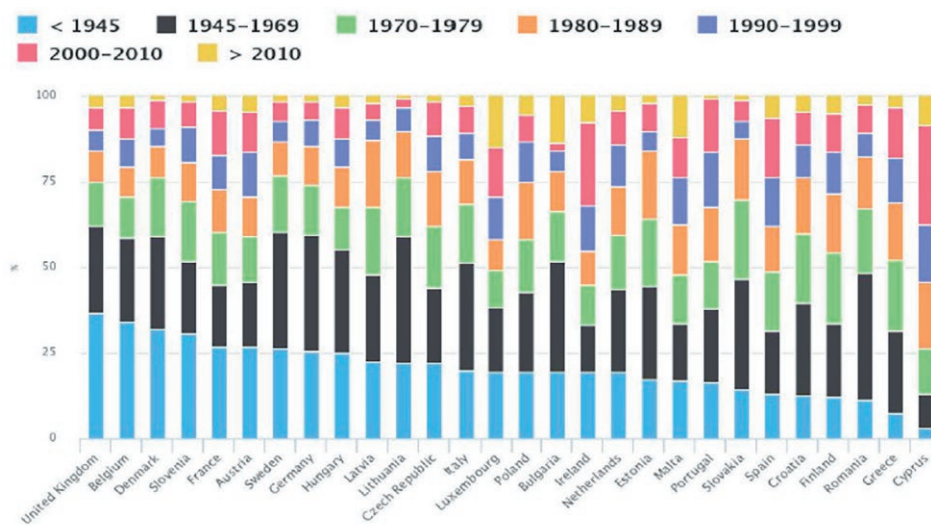
La strategia europea per lo sviluppo dell'economia circolare nel settore edile ha previsto diverse azioni, alcune programmatiche, altre normative:

- adozione di un protocollo volontario in materia di gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione (European Commission, 2016);
- sviluppo di un sistema di indicatori chiave di performance – LEVEL(S) – per misurare e valutare gli edifici sostenibili in tutta Europa<sup>2</sup>;

- obbligo di definire protocolli per la demolizione selettiva;
- obbligo di cernita dei rifiuti da costruzione e demolizione per diversi materiali;
- introduzione di strategie mirate alla gestione sostenibile dei rifiuti (Direttiva 2018/851).

Sempre nel settore delle costruzioni il nuovo piano di azione europeo sull'economia circolare (European Commission, 2020c) si propone, inoltre, di:

- pubblicare una nuova strategia per un ambiente edificato sostenibile, integrando in maniera coerente i diversi settori strategici interessati, quali il clima, l'efficienza energetica e delle risorse, la gestione dei rifiuti di costruzione e demolizione, l'accessibilità, la digitalizzazione e le competenze, promuovendo i principi di circolarità lungo l'intero ciclo di vita degli edifici;
- affrontare il tema delle prestazioni di sostenibilità dei prodotti da costruzione nel contesto della revisione del regolamento 305/2011 sui prodotti da costruzione;
- introdurre requisiti in materia di contenuto riciclato per alcuni prodotti da costruzione;
- promuovere misure volte a migliorare la durabilità e l'adattabilità dei beni edificati in linea con i principi dell'economia circolare per la progettazione degli edifici (UE, 2020d);
- predisporre i registri digitali per gli edifici;
- utilizzare il quadro pilota di comunicazione volontaria, Level(s), per integrare la valutazione del ciclo di vita negli appalti pubblici;
- valutare l'opportunità di stabilire degli obiettivi di riduzione delle emissioni di carbonio e il potenziale dello stoccaggio del carbonio;



Source: Building Stock Observatory<sup>240</sup>.



- esaminare la possibilità di rivedere gli obiettivi di recupero dei materiali fissati per i rifiuti da costruzione e demolizione e le relative frazioni di materiale specifico;
- promuovere iniziative per ridurre l'impermeabilizzazione del suolo, riabilitare i siti dismessi abbandonati o contaminati e aumentare l'uso sicuro, sostenibile e circolare dei terreni da scavo.

Il piano d'azione, inoltre, dà un grande risalto alla digitalizzazione alla quale riconosce un ruolo rilevante per applicare principi di ecoprogettazione, per efficientare i processi costruttivi e di produzione dei materiali, migliorare le performance ambientali, per conservare le informazioni su componenti e materiali al fine di agevolare decostruzione e/o ammodernamento degli edifici.

Dal canto suo, l'Italia non ha ancora avviato una volenterosa politica di sviluppo dell'economia circolare e ciò si riscontra anche nel settore edile. Ad esempio, tardano ad essere emanati i decreti sulla cessazione della qualifica di rifiuto *End of Waste*, *EoW*, riferiti agli aggregati, la cui pubblicazione darebbe slancio ad un loro maggior riciclo. Non è mai stata intrapresa una seria lotta all'abusivismo edilizio e al lavoro in nero, fattori che spingono all'abbandono incontrollato dei rifiuti edili e ad un elevato consumo di suolo. Sarebbe, inoltre, utile cominciare a discutere di responsabilità estesa del produttore anche in questo settore, introducendo obiettivi minimi di prevenzione e di riciclaggio dei rifiuti. Infine, nonostante che in Italia vengano da anni Criteri Ambientali Minimi (CAM) e che la legge sugli appalti renda obbligatoria la loro applicazione, in realtà non sappiamo se e quanto questi vengano rispettati.

Il quadro, tuttavia, non è così negativo e qualche falla è stata colmata dalle strutture tecniche.

First of all, some studies conducted by the European Environmental Agency tell us that we are stocking the same number of materials in the market as we extract (EEA, 2019). This allows us to consider in the near future the existing built heritage as a mine from which to extract resources to replace virgin ones. The same EEA shows that targeted interventions by 2050 can reduce total life-cycle emissions from the building stock by 61%, while rationalising the use of space in existing buildings alone could achieve a reduction in emissions of up to 11% (EEA, 2020).

Among other things, there is plenty of scope for action without having to consume additional land, simply by renovating and improving the efficiency of the existing building stock. Suffice it to say that in the EU, more than 220 million building units, i.e. 85 % of the EU building stock, were built before 2001,

and 85-95 % of today's buildings will still be in use in 2050 (European Commission, 2020b) (Fig. 3).

#### **An evolving regulatory framework**

The European strategy for the development of the circular economy in the construction sector has included several actions: some programmatic, others regulatory:

- a voluntary sector-wide protocol on construction and demolition waste management (European Commission, 2016);
- the development of a system of key performance indicators – LEVEL(S) – to measure and evaluate sustainable buildings across Europe<sup>2</sup>;
- the obligation to define protocols for selective demolition;
- the obligation to sort construction and demolition waste for different materials;

Nel settore della gestione dei rifiuti da cantiere nel 2016 il sistema agenziale (SNPA) ha condiviso al suo interno dei criteri finalizzati ad un recupero di qualità dei rifiuti inerti che consente, peraltro, di uniformare quanto più possibile le eventuali prescrizioni da apporre ai permessi rilasciati dalle amministrazioni pubbliche. Ma sicuramente i due interventi più significativi degli ultimi anni sono costituiti dallo strumento transizione 4.0 e dall'incentivo superbonus. Entrambi forniscono incentivi economici, il primo per migliorare i processi produttivi inclusa una maggiore efficienza delle risorse impiegate. Questo è un incentivo trasversale che riguarda tutti i comparti economici. Lo strumento trova applicazione anche per sostenere investimenti in ricerca e sperimentazione di materiali innovativi che impiegano scarti derivanti da altre produzioni, il reimpiego di componenti usati o di prodotti edili derivanti da materiali rinnovabili. Il secondo, invece, riguarda solo il settore edilizio, però limitatamente a interventi di efficientamento energetico. Tema che comunque rientra, almeno in parte, nel concetto di economia circolare. Quindi, sarebbe auspicabile che il beneficio del bonus fosse esteso anche nel caso di impiego di materiali riciclati o rigenerabili. Tirando le somme, nel prossimo futuro il settore delle costruzioni subirà una forte spinta verso l'innovazione e lo sviluppo del mercato per una ristrutturazione "circolare". Molti degli scenari attesi sono stati già delineati, ma sono attese ulteriori indicazioni. Queste verranno soprattutto dall'Unione europea e solo in parte dall'Italia.

#### NOTE

<sup>1</sup> Fonte: <https://www.overshootday.org/>

<sup>2</sup> Fonte: [https://ec.europa.eu/environment/topics/circular-economy/levels\\_en](https://ec.europa.eu/environment/topics/circular-economy/levels_en)

- the introduction of a definition of backfilling aimed at avoiding alternative practices to the disposal of C&D waste (Directive 2018/851).

Additionally in the construction sector, the new European Action Plan on the Circular Economy (European Commission, 2020c) also aims to:

- publish a new strategy for a sustainable built environment – expected by the end of this year – coherently integrating the different policy areas involved, such as climate, energy and resource efficiency, construction and demolition waste management, accessibility, digitisation and skills, and promoting circularity principles throughout the life cycle of buildings;
- address the sustainability performance of construction products in the context of the revision of the Construction Products Regulation (Reg 305/2011);

- introduce recycled content requirements for certain construction products;
- promote measures to improve the durability and adaptability of built assets in line with circular economy principles for the design of buildings (UE, 2020d);
- set up digital registers for buildings;
- use the voluntary communication pilot framework, Level(s), to integrate life-cycle assessment into public procurement;
- consider setting carbon reduction targets and the potential of carbon storage;
- examine the possibility of revising the material recovery targets set for construction and demolition waste and its specific material fractions;
- promote initiatives to reduce soil sealing, rehabilitate abandoned or contaminated brownfield sites and

## REFERENCES

EU (2013), “Decisione n. 1386/2013/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 20.11.2013 – Vivere bene entro i limiti del nostro pianeta”, available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013D1386&from=IT>.

EU (2018), “Direttiva (UE) 2018/851 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 30.05.2018 che modifica la direttiva 2008/98/CE relativa ai rifiuti”, available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/it/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0851&from=EN>.

European Commission (2016b), “Protocollo UE per la gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione”, available at: <https://europa.eu/>.

European Commission (2019), “Il Green Deal europeo, 640 final”, available at: [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en).

European Commission (2020a), “Un nuovo piano d’azione per l’economia circolare per un’Europa più pulita e più competitiva, 98 final”, available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0098>.

European Commission (2020b), “A Renovation Wave for Europe – Greening our buildings, creating jobs, improving lives. 662 final”, available at: [eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0662](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0662).

European Commission (2020c), “Un nuovo piano d’azione per l’economia circolare. Per un’Europa più pulita e più competitiva, 98 final”, available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0098>.

European Commission (2020d), “Circular Economy – Principles for Building Design”, available at: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/39984>.

European Environment Agency – EEA (2020), “Cutting greenhouse gas emissions through circular economy in the buildings sector”, available at:

<https://www.eea.europa.eu/publications/cutting-greenhouse-gas-emissions-through>.

European Environment Agency, EEA (2019), “Paving the way for a circular economy: insights on status and potentials report 11/2019”, available at: <https://www.eea.europa.eu/publications/circular-economy-in-europe-insights>.

Fondazione per lo sviluppo sostenibile (2020), “L’Italia del riciclo 2020”, available at: [https://www.fondazionevilupposostenibile.org/wp-content/uploads/dlm\\_uploads/Italia-del-riciclo-2020-Rapporto.pdf](https://www.fondazionevilupposostenibile.org/wp-content/uploads/dlm_uploads/Italia-del-riciclo-2020-Rapporto.pdf).

ISPRA and SNPA (2020), “Rapporto rifiuti speciali”, available at: [https://www.isprambiente.gov.it/files/2020/pubblicazioni/rapporti/rapportorifiutispeciali\\_ed-2020\\_n-321\\_versioneintegrale\\_agg02\\_10\\_2020.pdf](https://www.isprambiente.gov.it/files/2020/pubblicazioni/rapporti/rapportorifiutispeciali_ed-2020_n-321_versioneintegrale_agg02_10_2020.pdf).

Munafò, M. (Ed.) (2020), “Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2020. Report SNPA 15/20a”, available at: [https://www.snpambiente.it/wp-content/uploads/2020/07/Rapporto\\_consumo\\_di\\_suolo\\_2020\\_31luglio.pdf](https://www.snpambiente.it/wp-content/uploads/2020/07/Rapporto_consumo_di_suolo_2020_31luglio.pdf).

Peccei, A. (1982), *Cento pagine per l’avvenire*, Mondadori, Milano, Italia.

UE (2020), “Regolamento 2020/852 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 18.06.2020 relativo all’istituzione di un quadro che favorisce gli investimenti sostenibili e recante modifica del regolamento (UE) 2019/2088”, available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A32020R0852>.

UNEP and Global Alliance for Buildings and Construction (2020), “Global status report for buildings and construction. Towards a zero-emissions, efficient and resilient buildings”, available at: [https://globalabc.org/sites/default/files/inline-files/2020%20Buildings%20GSR\\_FULL%20REPORT.pdf](https://globalabc.org/sites/default/files/inline-files/2020%20Buildings%20GSR_FULL%20REPORT.pdf).

UNEP and IRP (2019), “Global Resources Outlook. Natural resources for the future we want”, available at: <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/27517>.

increase the safe, sustainable and circular use of excavated land.

The action plan also places great emphasis on digitisation in the construction sector, to which it gives a relevant role in developing eco-design in construction, in making material and construction production processes more efficient, in improving the environmental performance of buildings and in gathering and storing useful information on components and materials, as well as on their characteristics, in order to facilitate ways of deconstructing and/or modernising buildings, with a view to facilitating their reuse and recycling. For its part, Italy has not yet launched a willing policy to develop the circular economy and this is also seen in the construction sector. For example, the decrees on the end-of-waste (EoW) status of aggregates, the publication of which would give an impetus to greater

recycling of these materials, have been slow to be issued. There has never been a serious fight against illegal building and undeclared work, which lead to the uncontrolled abandonment of construction waste and high land consumption. It would also be useful to start discussing the introduction of a system of extended producer responsibility in this sector too, introducing minimum waste prevention and recycling targets. Finally, despite the fact that minimum environmental criteria (MEC) for construction have been in force in Italy for years and that the law on procurement makes the application of MEC binding, in reality we do not know if and how much they are respected. In fact, there is no obligation to report them, nor is there a structure to collect the data.

However, the picture is not so bleak and some gaps have been filled by technical structures. In the field of construc-

tion site waste management, in 2016 the agency system (SNPA) shared criteria within itself aimed at the quality recovery of inert waste, which also makes it possible to standardise as much as possible any requirements to be attached to permits issued by public administrations.

But, certainly the two most significant interventions in recent years are the Transition 4.0 tool and the *superbonus* incentive. Both provide economic incentives, the first to improve production processes including greater efficiency of the resources used. This is a transversal incentive that concerns all economic sectors. The instrument also applies to investments in research and experimentation, an area of interest to those who want to promote the use of innovative materials using waste from other production, the reuse of used components or building products derived from renewable materials.

The second concerns only the building sector but is limited to energy efficiency measures. However, this issue falls, at least in part, under the concept of circular economy. It would, therefore, be desirable for the bonus to be extended to include the use of recycled or regenerable materials.

To summarise, in the near future, the construction sector will undergo a strong push towards innovation and market development for “circular” renovation. Many of the expected scenarios have already been outlined, but further indications are expected. These will come mainly from the European Union and only partly from Italy.

## NOTES

<sup>1</sup> Source: <https://www.overshootday.org/>

<sup>2</sup> Source: [https://ec.europa.eu/environment/topics/circular-economy/levels\\_en](https://ec.europa.eu/environment/topics/circular-economy/levels_en)

Roberto Morabito\*,

Dipartimento di Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, ENEA – Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile, Roma, Italia

\* Con/with Claudia Brunori, Grazia Barberio, Carolina Innella, Mario Jorizzo, Flavio Scrucca, Chiara Cardenia, Elisabetta Salvatori, Marco Tammaro

roberto.morabito@enea.it

Il *Green Deal* Europeo pone al centro della ripresa la transizione digitale e la decarbonizzazione (European Commission, 2019a). Parte integrante di questa strategia è il nuovo piano di azione per l'economia circolare, strumento chiave per la resilienza e la rigenerazione che si rivolge principalmente alle città e alle regioni, i maggiori produttori di impronte ambientali e, pertanto, con un alto potenziale di sviluppo sostenibile globale (European Commission, 2019b).

Secondo il Programma delle Nazioni Unite per l'ambiente, le città svolgono un ruolo di primo piano nell'attuazione di un *Green New Deal* poiché ad oggi sono responsabili di circa il 75% delle emissioni mondiali di gas ad effetto serra, GHG.

Passare a un'economia circolare significa pensare non solo alla dimensione fisica delle risorse ma anche ai comportamenti umani che favoriscono approcci e modalità circolari. Tutto ciò può essere supportato e concretamente realizzato solo creando comunità urbane resilienti attraverso la condivisione, la proprietà e la co-gestione delle risorse urbane e territoriali. Questo approccio si basa necessariamente su un cambiamento sistemico che necessita di dinamiche integrate e innovative per poter raggiungere un ciclo trasformativo di autosufficienza su scala di medio termine. Le città sono il luogo principale di questa trasformazione, in cui la circolarità deve essere parte non solo dell'economia ma della società stessa e del sistema cittadino nel suo complesso, coinvolgendo i cittadini e le loro pratiche.

Il Dipartimento di Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali (SSPT) di ENEA si occupa da molti anni di economia circo-

lare e di sviluppo urbano e territoriale sostenibile. Ha sviluppato progetti, tecnologie, strumenti e approcci sistemici e transdisciplinari per innescare e accompagnare questo processo di transizione. Approcci con cui è stata elaborata la nuova *Strategic Research and Innovation Agenda*, SRIA, per l'economia circolare, nell'ambito della quale le aree urbane rappresentano una delle sfide principali (Cicerone, 2020).

Questi stessi approcci, attraverso un dialogo *multi-stakeholder*, sono alla base dell'*Italian Circular Economy Stakeholder Platform*, ICESP<sup>1</sup>, creata quale interfaccia nazionale della analoga piattaforma europea ECESP, che opera con l'obiettivo di supportare il processo di transizione circolare e rappresenta il punto di convergenza nazionale su iniziative, esperienze, criticità e prospettive che l'Italia vuole e può rappresentare in Europa.

La realtà delle aree metropolitane è pronta per realizzare processi di innovazione, ma anche su aree più piccole è importante dare indicazioni che siano replicabili. In questo contesto il contributo presenta esempi di innovazione a bassa intensità tecnologica implementabili su piccole comunità, seguendo un approccio integrato e soprattutto collaborativo, attraverso il coinvolgimento sul territorio. Si tratta di alcune esperienze progettuali che pongono in particolare evidenza il dialogo *multi-stakeholder* e la partecipazione della società civile, condizione necessaria per poter affrontare il processo di transizione e raggiungere gli obiettivi di neutralità climatica.

In conclusione si propone una breve riflessione sul grande potenziale delle *Nature-based Solutions* (Nbs) nei processi di ri-

## THE CIRCULAR ECONOMY TRANSITION IN URBAN AREAS AND COMMUNITIES: ENEA'S APPROACH

### Introduction

The European Green Deal puts the digital transition and decarbonisation at the heart of the Covid-19 recovery (European Commission, 2019a).

An integral part of this strategy is the New Circular Economy Action Plan, a key instrument for resilience and regeneration that primarily targets cities and regions, being the main producers of environmental footprints, with a high potential to evolve global sustainable development (European Commission, 2019b).

According to the United Nations Environment Programme, cities play a leading role in implementing a Green New Deal as today they account for about 75% of the world's GHG emissions.

Moving to a circular economy would mean considering not only the physical dimension of waste and resources,

but also behaviours that foster circular practices.

In principle, the circular economy aims to close loops, extend the life cycle of goods and implement business models for a circular and climate-neutral consumption. However, all this can be supported by creating resilient communities through sharing, co-owning and managing cities' resources.

This approach is based on a systemic change that implements self-sustaining dynamics to reach a mid-term scale transformative cycle.

Cities will be the main target for this transformation, in which circularity can be not only be part of the economy but also of society and of the city system as a whole, involving its citizens and their practices.

ENEA's Department for Sustainability has been dealing with the circular economy and territorial sustainable

development for a long time, having implemented projects, technologies, tools and systemic and transdisciplinary approaches triggering and accompanying the transition process.

The same approach is the background of the new SRIA for a circular economy (CICERONE, 2020), in which urban areas are one of the main challenges, and also of the Italian Circular Economy Stakeholder Platform, ICESP<sup>1</sup>, the mirror platform of the European ECESP, which aims to foster the Italian approach to the circular economy.

ICESP was founded as a forum bringing together initiatives, experiences, criticalities and perspectives that Italy represents in Europe, fostering circularity in Italy with specific actions.

Metropolitan areas are ready to carry out innovation processes, but also in smaller areas it is important to give indications that can be replicated. In this

generazione urbana, su cui ENEA sta lavorando in termini di nuova progettualità.

### **Progetto NETWAP: gestione sostenibile dei rifiuti nelle piccole comunità**

Le piccole realtà territoriali devono generalmente affrontare le stesse sfide nella gestione dei rifiuti, sfide legate alla presenza ridotta o alla totale assenza di impianti di trattamento e alla conseguente necessità di trasporto (spesso a grande distanza) degli stessi, con relativi maggiori costi ed impatti ambientali. Il progetto NETWAP, *NETwork of small in situ WASTE Prevention and management initiatives*<sup>2</sup>, è finalizzato all'individuazione di soluzioni per una gestione sostenibile dei rifiuti in tali contesti, focalizzando l'attenzione anche su piccole comunità in aree di interesse turistico e/o costiere, per le quali sono presenti ulteriori criticità comuni, fluttuazioni stagionali di quantità prodotte (dovute ai flussi turistici) e presenza di particolari categorie merceologiche al loro interno non propriamente trattate, come la frazione organica e i rifiuti marini. Le soluzioni proposte ai fini di una gestione sostenibile e "collaborativa" (coinvolgimento diretto dei vari *stakeholder* territoriali) dei rifiuti nelle piccole comunità di riferimento sono costituite dal compostaggio su piccola scala e dalla messa a punto di procedure specifiche funzionali al recupero/riciclo delle plastiche contenute nei rifiuti spiaggiati. Nell'ambito del compostaggio su piccola scala, sono individuate tre soluzioni di gestione caratterizzate da differenti modalità di funzionamento e coinvolgimento diretto crescente degli *stakeholder*:

- il compostaggio locale, molto simile ad una gestione convenzionale in cui i cittadini conferiscono ad un impianto

context, the purpose of this paper is to propose low-intensity tech-innovation examples that can be implemented in small communities through an integrated and collaborative approach, and with local involvement.

The following paragraphs describe some of ENEA's projects in this regard, highlighting the multi-stakeholder dialogue and the involvement of the civil society as the main factors to face the transition process and to achieve climate neutrality objectives.

In the last paragraph, there is a brief description about the great potential of Nature-based Solutions (NBS) in urban regeneration processes, for which ENEA is developing new activities and projects.

#### **NETWAP project: sustainable waste management in small communities**

In general, small communities have

to face common challenges in waste management which are related to the lack of infrastructure (limited or missing treatment plants) and to the consequent long-distance shipping/transportation of waste, with higher costs and environmental impacts. The NETWAP project<sup>2</sup> is focused on local solutions for sustainable waste collection/treatment, also for those territories (tourist/coastal areas, islands) characterised by other relevant issues, such as seasonal fluctuation in waste generation (due to tourist flows) with the presence of specific waste categories not properly treated, e.g. bio-waste and marine litter.

The proposed solutions for sustainable waste collection/treatment with the active engagement of relevant stakeholders of the reference territory regard small-scale composting and specific recovery procedures of marine plastic waste.

gestito da terzi (amministrazione, municipalizzata, ecc.), senza un coinvolgimento diretto vero e proprio nella gestione del rifiuto (con le sole differenze di trattamento a livello locale e di quantità trattate);

- il compostaggio di comunità, in cui i produttori del rifiuto (più utenze domestiche e non) sono anche gestori (più soggetti, non necessariamente tutti, organizzati in un consorzio o associazione) e utilizzatori del *compost* prodotto, con un livello di coinvolgimento maggiore;
- l'auto-compostaggio, effettuato da utenze domestiche o assimilabili (ristoranti, alberghi, campeggi, ecc.) ai fini dell'utilizzo in sito del *compost*, che prevede quindi una gestione diretta e consapevole da parte del soggetto coinvolto.

Per quanto riguarda invece le azioni funzionali al recupero e riciclaggio dei rifiuti plastici spiaggiati, la proposta progettuale riguarda la messa a punto di un opportuno schema di gestione (raccolta, lavaggio, selezione e trattamento per recupero di materia/energia) che coinvolga direttamente i diversi *stakeholder* locali (amministrazione, associazioni, cittadini, ecc.) e consente di evitarne lo smaltimento come rifiuto indifferenziato (Fig. 1).

Ad oggi, sono stati sviluppati tutti i documenti tecnici necessari alle amministrazioni e agli altri *stakeholder* per implementare il compostaggio su piccola scala. Le relative infrastrutture sono in fase di completamento o avviamento. Allo stesso tempo, sono stati sperimentati i processi di lavaggio e trattamento (estrusione filamenti) per il riciclo di specifiche plastiche (reti per mitilicoltura e molluschi) derivanti dai rifiuti spiaggiati, nonché l'utilizzo di un mix di plastiche non selezionate per la produzione di olio combustibile (attraverso pirolisi).

Per quanto le attività progettuali siano attualmente in corso e,

In the framework of small-scale composting, three management solutions characterised by different modes of operation and by an increasing direct involvement of stakeholders are identified:

- Local composting, very similar to a conventional management system (with the exceptions of the treatment at local level and the treated quantities) in which citizens deliver to a composting plant managed by other parties (administration, municipality, etc.), without a real direct involvement in waste management;
- Community composting, i.e. a composting-at-source technique so that bio-waste generated by several subjects (individuals, families or other generators) is jointly treated in a single module within a common purpose-set area and the compost is used directly by the (or some of

the) producers (associated under a common organisation);

- Auto-composting, i.e. compost production from the treatment of bio-waste generated by individual subjects (restaurants, campsites, hotels, etc. or households) and its use in their own backyards, with all the know-how for its management.

Regarding plastic marine litter, the project proposal concerns the development of an appropriate management scheme (collection, washing, selection and treatment for material/energy recovery) that directly involves the various local stakeholders (administration, associations, citizens, etc.) and allows the disposal of the plastics as unsorted waste to be avoided (Fig. 1).

The present project status is that all the technical documents necessary for administrations and other stakeholders to implement small-scale composting



quindi, le evidenze sull'effettiva sostenibilità di un sistema di gestione locale e collaborativo dei rifiuti nelle piccole comunità solo parziali, la rilevanza ai fini della transizione verso la circolarità di un approccio integrato che coinvolga direttamente i diversi attori del territorio al fine di rendere i rifiuti una risorsa quanto più possibile gestita e sfruttata localmente, appare evidente già dai primi risultati ottenuti.

### Progetto INNOWEE

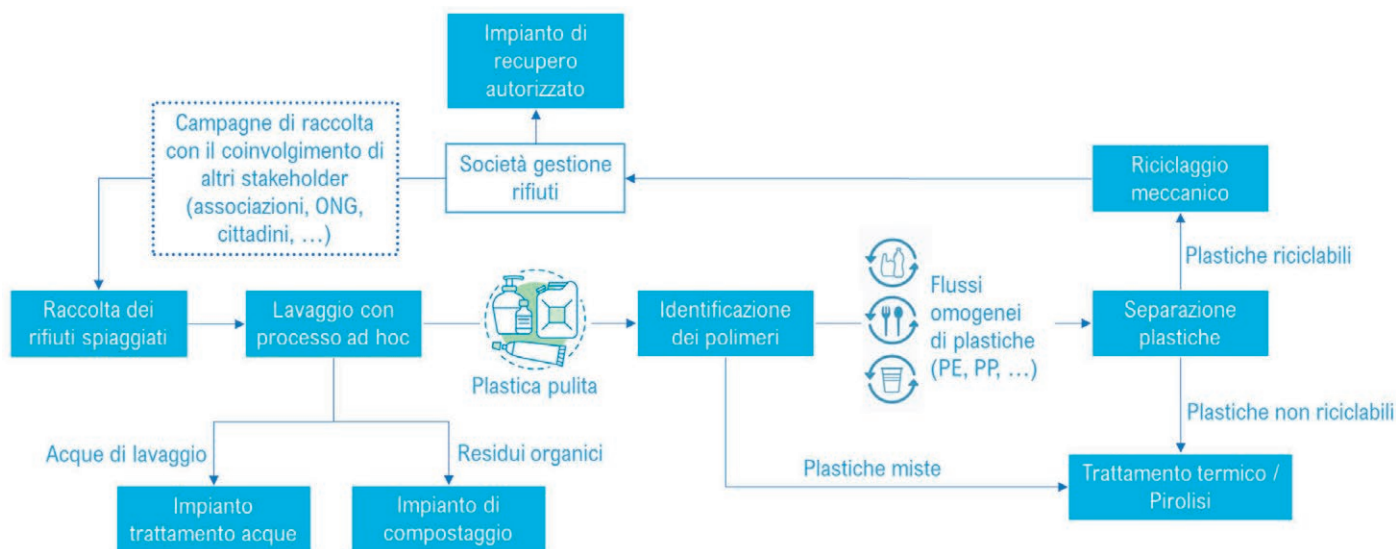
Il progetto InnoWEEE, *Innovative WEEE traceability and collection system and geo-interoperability of WEEE data*<sup>3</sup>, finanziato da EIT, *European Institute of Innovation and Technology, Climate-KIC, Knowledge Innovation Community*, a partire dal 2018, si propone di creare un modello innovativo e replicabile per la gestione della raccolta dei Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche, RAEE, e per incentivarne recupero, riuso e riciclaggio, in linea con i principi dell'economia circolare. Oltre ad ENEA, sono coinvolti Dedagroup Public Services, ERION, Fondazione Bruno Kessler e Betterpoints. Il progetto ha visto lo sviluppo di tre pilota in tre diverse città: Rovereto, Cava de' Tirreni e Bath (UK). In ognuna si sono implementate diverse attività per raggiungere quelli che erano gli obiettivi del progetto. Per InnoWEEE ENEA ha progettato lo *Smart Bin*, (Fig. 2), un contenitore *smart* per la raccolta intelligente dei RAEE, alimentato a batteria, di dimensioni di circa 170 x 50 x 60 cm, dunque di facile collocazione e svuotamento. Lo *smart bin* ha un sistema di riconoscimento tale che si apre al conferimento, solo se l'utente si fa riconoscere tramite tessera sanitaria ed è dotato di sensori di riempimento che, collegati alla piattaforma web, forniscono in tempo reale e in autonomia informazioni su quantità

e tipo di RAEE raccolti. Lo *smart bin*, inoltre, è in grado di rilasciare uno scontrino "ecologico" che, in base al rifiuto conferito, fornisce al cittadino informazioni sulle emissioni di CO<sub>2</sub> evitate grazie al corretto smaltimento e che gli consente di rientrare in un programma di premialità per ottenere sconti presso esercizi commerciali convenzionati. Oltre alla realizzazione, ENEA ha gestito anche la fase di sperimentazione degli *smart bin*, attualmente in corso nell'area pilota del Comune di Cava de' Tirreni (SA), con l'installazione di 4 *smart bin* sul territorio cittadino in punti strategici, quali il centro commerciale, il municipio, l'isola ecologica e 3 scuole superiori a rotazione. Attraverso una diffusa campagna di sensibilizzazione della cittadinanza, ENEA ha contribuito ad aumentare la raccolta dei RAEE, avviandoli verso una catena di valorizzazione. Inoltre nell'ambito dello stesso progetto pilota si è provveduto a implementare un sistema di raccolta delle apparecchiature elettriche ed elettroniche, AEE, ancora funzionanti ma non più utilizzati dai propri proprietari, per dargli una seconda vita ed allontanare il momento in cui diventano RAEE.

### Progetto ES-PA Pon Governance: Matera e Lampedusa

L'ENEA, nell'ambito del progetto ES-PA PON Governance 2014-20, sta sviluppando una serie di attività con lo scopo di avviare alcune traiettorie di sviluppo sostenibile energetico-ambientale, quali la rigenerazione urbana, l'uso efficiente delle risorse, il turismo sostenibile e di aumentare le capacità progettuali e realizzative delle Regioni ed in particolare degli Enti Locali nell'affrontare problematiche territoriali sui temi dello sviluppo economico, ambientale e sociale.

01 |



Le strategie di transizione verso un'economia e una società a basse emissioni di carbonio hanno messo in evidenza la stretta interdipendenza tra la sostenibilità energetica e quella ambientale. L'esempio più evidente è quello dell'economia circolare quale modello integrato di azioni come, tra le altre, quelle per l'uso efficiente delle risorse energetiche e materiali. Tali azioni interessano non solo le filiere produttive ma anche i processi di consumo, le relazioni tra i diversi soggetti (imprese, consumatori, famiglie, istituzioni) e quindi la *governance* territoriale.

Gli interventi che si stanno realizzando riguardano due aree significative e rappresentative di tipologie territoriali diverse:

- l'area territoriale di Matera, rappresentativa di aree rilevanti di periferia interna;
- l'isola di Lampedusa, rappresentativa di aree remote e di isole minori.

Per la sua ubicazione, la sua cultura e il suo sviluppo, Matera è un sito di particolare interesse.

Il progetto prevede la realizzazione di attività in grado di attuare linee di sviluppo sostenibile coerenti con la storia del territorio e, al contempo, replicabili.

Tali iniziative, insieme al coinvolgimento della P.A. e degli *stakeholder* locali, vogliono essere un passo significativo "verso il futuro", per rendere Matera un polo dell'innovazione urbana sostenibile da un punto di vista energetico-ambientale, una sorta di "Paradigma Urbano" per la sostenibilità ambientale nell'Area Mediterranea.

Le azioni sino ad ora individuate, di concerto con i principali *stakeholder* locali, mirano ad attuare iniziative esemplari ad alto indice di replicabilità per soluzioni innovative di agricoltura urbana ad alta efficienza dell'uso di risorse, per la preservazione di

have been developed and the related infrastructures are in the completion or start-up phase. The project activities are currently ongoing and, therefore, results regarding the effective sustainability of a local and collaborative waste management system in small communities are only partial. At the same time, washing and treatment processes (filament extrusion) were tested for the recycling of specific plastics (mussel nets and shellfish) derived from beached waste, as well as the use of a mix of unselected plastics for the production of fuel oil (through pyrolysis). In any case, in view of the transition towards circularity, the relevance of an integrated approach directly involving the various actors of the territory in order to make waste a locally managed and exploited resource is evident from the preliminary project results.

#### INNOWEEE project

The InnoWEEE project, Innovative WEEE traceability and collection system and geo-interoperability of WEEE data<sup>3</sup>, funded by EIT (European Institute of Innovation and Technology) and Climate-KIC (Knowledge Innovation Community) in 2018, aims to develop and implement an innovative and replicable model for the collection of WEEE (Waste from Electrical and Electronic Equipment) and their recovery, reuse and recycling, according to the principles of the circular economy. In addition to ENEA, Dedagroup Public Services, ERION, Fondazione Bruno Kessler and Betterpoints are also involved. The InnoWEEE project is structured around three pilot areas, namely Bath (UK), Rovereto (Northern Italy) and Cava de' Tirreni (Southern Italy), where different activities have been



beni artistici e architettonici con tecniche innovative e naturali e per l'implementazione dei principi dell'economia circolare a livello urbano.

In particolare, quest'ultima azione, nata da pregresse e positive esperienze progettuali (Cappellaro *et al.*, 2018; Cappellaro *et al.*,

proposed to achieve the goal of the project.

In the framework of this project, a smart bin was designed by ENEA for the smart collection of WEEE. The smart bin (Fig. 2) is battery powered and its size (170 x 50 x 60 cm) is suitable for easy positioning and emptying. Equipped with management software and an array of sensors, the smart bin is capable of collecting WEEE if it recognises the citizen who is disposing of his/her WEEE by means of their health card, as well as sensing the quality and quantity of the deposited waste, transmitting real-time data to a web platform. Furthermore, for each delivery event, the smart bin emits an "ecological" receipt, providing information about the CO<sub>2</sub> emissions that are avoided thanks to the correct disposal of the WEEE. By means of this receipt, each smart citizen can join a rewarding

system and obtain a discount voucher in affiliated shops.

ENEA is in charge not only of the realisation of the smart bin, but also of the implementation of the project in the pilot area in Cava de' Tirreni (SA), where 4 smart bins are located as collection points in key sites throughout the town, namely the municipality, the mall, the main curbside drop-off and three different secondary schools in rotation. Through a widespread awareness-raising campaign, ENEA is contributing to increase the amount of collected WEEE and to put into practice resource-efficient processes for the collected devices. Within the pilot area, a collection system for used EEE (Electrical and Electronic Equipment) is also available for implementing environmentally friendly supply chains through refurbishment and remanufacturing processes.

2019), si inserisce nella Linea di intervento 3.2 “Progetto Integrato Territoriale” in cui è stato creato un *Living Lab* sull’economia circolare che vede coinvolti gli studenti dell’Istituto di Istruzione Secondaria Pitagora nella città di Policoro (MT), attività organizzata in 3 annualità scolastiche (dal 2019 al 2022). L’obiettivo principale è quello di creare uno spazio temporaneo, aperto e creativo per affrontare problemi pratici e per sperimentare idee e le soluzioni innovative, migliorando i processi di impegno sociale ed *empowerment*. Le idee possono, quindi, essere testate e valutate in un contesto di vita reale a livello micro (scuola), per poter poi innescare processi di transizione anche a livello macro (città/quartiere). Il percorso è iniziato con un ciclo di seminari di tipo informativo-formativo rivolto alla comunità di studenti e docenti costruendo un primo nucleo di comunità sensibilizzata alle tematiche ambientali e di economia circolare (*Community School* sull’Economia Circolare).

La *Community School* evolve poi in un *Living Lab* sull’economia circolare, con l’obiettivo di co-progettare e realizzare alcuni modelli di economia circolare in ambito scolastico e presentarli alla comunità urbana del territorio, per coinvolgerla e per innescare processi di transizione su scala più ampia. La scuola diventa così fulcro e promotrice di processi di cultura sostenibile e di sviluppo verso l’innovazione tecnologica di rivalorizzazione ambientale. Lampedusa rappresenta un esempio di isole minori mediterranee e di aree isolate, è sede dell’Area Marina Protetta “Isole Pelagie”. A partire dall’Osservatorio Climatico ENEA, operativo sull’isola dal 1997, il progetto ha lo scopo di coinvolgere funzionari della Pubblica Amministrazione ed un ampio pubblico sui temi ambientali ed in particolare sul cambiamento climatico e sulla valorizzazione del capitale naturale.

#### ES-PA PON Governance project: Matera and Lampedusa

ENEA, as part of the PON Governance 2014-20 ES-PA project, is implementing different projects with two main goals: to implement some trajectories of sustainable energy-environmental development, such as urban regeneration, efficient use of resources and sustainable tourism, and to increase the planning and implementation capacities of the local public administration in addressing territorial problems on issues of economic, environmental and social development.

Transition strategies towards a low-carbon society and economy have highlighted the close interdependence between energy and environmental sustainability. The most obvious example is the integrated model of a circular economy which includes the efficient use of energy and material resources.

These actions affect not only the production chains but also the consumption processes, the relationships between the various actors (businesses, consumers, families, institutions) and, therefore, the territorial administration and governance process.

The interventions that are being carried out concern two significant and representative areas of different territorial typologies:

- The territorial area of Matera, representative of significant areas of the internal periphery;
- The island of Lampedusa, representative of remote areas and smaller islands.

Due to its location, its culture and its history, Matera is an extremely interesting site.

The project involves the creation of activities capable of implementing sustainable development trajectories that

Inoltre, si intende valorizzare ulteriormente l’infrastruttura ENEA e favorirne l’accesso anche nell’ambito di *Summer School* dedicate all’alta formazione (diretta a giovani ricercatori) e all’aggiornamento professionale tecnico/scientifico, sull’esempio delle *Large Scale Facilities*.

Le esperienze di formazione (es. dirette a funzionari, insegnanti, addetti Aree Protette, oltre che ai ricercatori) e di divulgazione scientifica consentiranno lo sviluppo di forme di turismo alternativo e destagionalizzato che, favorendo una maggiore consapevolezza ambientale, potranno essere replicate in altri contesti geografici.

Il progetto integrato quindi caratterizzerà fortemente Lampedusa, portando alla creazione di un “*brand*” ambientale e promuovendo l’isola quale punto di riferimento mediterraneo ed internazionale per un turismo scientifico.

#### Soluzioni Basate sulla Natura per le città circolari

Nei processi di transizione circolare delle città, un ruolo fondamentale è svolto dall’utilizzo delle *Nature-based Solutions*, NbS, definite dalla commissione europea come soluzioni ispirate alla natura e da essa supportate, che siano convenienti, forniscano al contempo benefici ambientali, sociali ed economici e contribuiscano a creare resilienza (European Commission, 2021). Le NbS sono elementi naturali multifunzionali, che garantiscono la fornitura di servizi ecosistemici, aumentando il benessere e la rigenerazione delle aree urbane e favorendo l’adattamento al cambiamento climatico. Esse forniscono inoltre co-benefici ricreativi e culturali, contribuiscono a ridurre i consumi energetici degli edifici e possono integrare le tecnologie tradizionali, anche nei processi di transizione

are consistent with the history of the territory and, at the same time, replicable.

These initiatives, together with the involvement of the P.A. and local stakeholders, want to be a significant step “towards the future”, to make Matera a “case study” of sustainable urban innovation from an energy-environmental point of view, a sort of “urban paradigm” for environmental sustainability in the Mediterranean Area.

The actions identified so far, in concert with the main local stakeholders, aim to implement exemplary initiatives with a high replicability index for innovative urban agriculture solutions with high efficiency in the use of resources, for the preservation of artistic and architectural heritage with innovative and natural techniques, and for the implementation of the principles of the circular economy at the urban level.

In particular, this last action, emerging from previous and positive design experiences (Cappellaro *et al.*, 2018; Cappellaro *et al.*, 2019), is part of the line of intervention 3.2 “Integrated Territorial Project”. The core of the project is the creation of a circular economy Living Lab (LL) which involves the students of the secondary education institute “Pitagora”, in the city of Policoro in the province of Matera, with different activities organised during three school terms (from 2019 to 2022). The main goal of the LL is to create a temporary, open and creative space to face practical problems and to test innovative ideas and solutions, improving the processes of social engagement and empowerment. Therefore, the ideas can be tested and evaluated in a real-life context at the micro level (school), in order to then also trigger transition processes

circolare. Ne sono esempio le soluzioni integrate per il recupero e il riciclo delle acque a scala di edificio (es. coperture e pareti verdi) e di quartiere (aree ad allagamento controllato, fasce filtro, pavimentazioni e aree permeabili), sperimentate da ENEA nel progetto GST4Water<sup>4</sup>.

Al contempo, le NbS supportano la biodiversità urbana, aumentando la connettività ecologica sia all'interno della città che con le aree naturali ed agricole circostanti, come evidenziato dalle ricerche ENEA nell'ambito del progetto MaGICLandscapes<sup>5</sup>. È fondamentale a tal proposito l'utilizzo di criteri ecologici per la realizzazione delle NbS: nel progetto ES-PA, ENEA ha prodotto Linee guida e un *tool* operativo<sup>6</sup> per realizzare e gestire in modo sostenibile le Infrastrutture Verdi urbane, utilizzando specie della Flora d'Italia.

Infine, NbS innovative sono sempre più spesso applicate per il restauro sostenibile dei beni culturali, come sperimentato a Matera in ES-PA, oltre che per il controllo della qualità dell'aria indoor in ambienti museali (Salvatori *et al.*, 2020).

Le NbS svolgono pertanto un ruolo chiave nel garantire la sostenibilità urbana in uno scenario di cambiamento globale, come auspicato dall'SDG 11 dell'Agenda 2030. La creazione di un ambiente urbano sano è ormai diventata una priorità, come evidenziato in maniera drammatica dalla pandemia da COVID-19, e le NbS rappresentano uno strumento innovativo per rispondere alle principali sfide della società in questo senso. Tuttavia, è necessario rendere operativo il concetto di NbS, integrandolo nei quadri politici esistenti, nonché con gli altri strumenti della transizione circolare. Le attività progettuali future dovranno prevedere il coinvolgimento attivo di *stakeholder* e cittadini tramite processi decisionali partecipativi, attraverso cui evidenziare

at the meso and macro level (neighbourhood and city). The path started with a cycle of informative training seminars directed at the community of students and teachers, to build a first nucleus of a community sensitised to environmental issues and the circular economy (community school on circular economy). Then, the community school evolves into a circular economy LL, with the aim to co-design and implement different models of a circular economy in the school environment and to present them to the urban community of the territory, and finally, to involve the urban community and to trigger transition processes on a larger scale. The school thus becomes the fulcrum and promoter of sustainable culture and development processes towards technological innovation of environmental enhancement.

Lampedusa represents an example of smaller Mediterranean islands and isolated areas, which is home to the "Pelagie Islands" Marine Protected Area. Thanks to the ENEA Climatic Observatory, which has been operating on the island since 1997, the project aims to involve public administration officials and a wide audience on environmental issues and, in particular, on climate change and the enhancement of natural capital.

In addition, it is intended to further enhance the ENEA infrastructure and facilitate access in the context of summer schools dedicated to higher education (aimed at young researchers) and professional technical/scientific updates, following the example of the large-scale Facilities.

The training experiences (e.g. directed to public officials, teachers, protected area employees, as well as to research-

benefici, costi, incertezze e compromessi delle NbS in contesti specifici. Ciò rappresenta un presupposto essenziale per la loro implementazione in città e territori, a sostegno di un'economia circolare efficiente e competitiva.

#### NOTE

<sup>1</sup> ICESP website: [www.icesp.it](http://www.icesp.it)

<sup>2</sup> Fonte: <https://www.italy-croatia.eu/web/netwap>

<sup>3</sup> Fonte: <http://www.innowee.eu/it>

<sup>4</sup> Fonte: <https://www.gst4water.it/index.php/il-progetto-offcanvas-new>

<sup>5</sup> Fonte: <https://www.interreg-central.eu/Content.Node/MaGICLandscapes.html>

<sup>6</sup> Fonte: <https://anthosart.florintesa.it/>

#### REFERENCES

Cappellaro, F., Cutaia, L., Innella, C., Meloni, C., Pentassuglia, R. and Porretto, V. (2019), "Investigating circular economy urban practices in Centocelle, Rome district", *Environmental Engineering and Management Journal*, Vol. 18, n. 10, pp. 2145-2153.

Cappellaro, F., Cutaia, L., Innella, C., Pentassuglia, R. and Porretto, V. (2018), "Co-design of circular economy model adopting Urban Living Lab approach", *Book of Papers of the 24th International Sustainable Development Research Society Conference. Action for a Sustainable World: from theory to practice*, Messina, Italy, June 13-15, pp 776-786.

Cicerone (2020), "Strategic research and innovation agenda on circular economy", available at: <https://cicerone-h2020.eu/wp-content/uploads/2021/03/CICERONE-SRIA-2021.pdf>.

European Commission (2019a), "Il Green Deal europeo, 640 final", available at: [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en).

ers) and scientific dissemination will allow the development of alternative and seasonally adjusted forms of tourism which, favouring greater environmental awareness, can be replicated in other contexts.

The integrated project will, therefore, strongly characterise Lampedusa, leading to the creation of an environmental "brand" and promoting the island as a Mediterranean and international reference point for scientific tourism.

#### Nature-based Solutions for circular cities

In cities' circular transition, a fundamental role is played by *Nature-based Solutions*, NbS, defined by the European commission as solutions which are inspired and supported by nature and are cost-effective, simultaneously provide environmental, social and economic benefits and help build resili-

ence (European Commission, 2021). NbS are natural, multifunctional elements that provide ecosystem services, thus supporting human wellbeing, favouring the regeneration of urban areas as well as climate change adaptation. They also provide recreational and cultural benefits, help reduce the energy consumption of buildings, and can also integrate traditional "grey" technologies in circular transition processes. Examples are the integrated solutions for water recovery and recycling at the building (e.g. green roofs and walls) and neighbourhood (controlled flooding areas, filter strips, permeable paving) scale, tested by ENEA within the GST4Water project<sup>4</sup>.

At the same time, NbS support urban biodiversity, increasing ecological connectivity both within the city and with the surrounding natural and agricultural areas, as highlighted by



European Commission (2019b), “Relazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni sull’attuazione del piano d’azione per l’economia circolare, 190 final”, available at: <https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/>.

European Commission (2021), “Nature-Based Solutions”, available at: [https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/environment/nature-based-solutions\\_en](https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/environment/nature-based-solutions_en).

Salvatori, E., Gentile, C., Altieri, A., Aramini, F and Manes, F. (2020), “Nature-Based Solution for reducing CO<sub>2</sub> levels in museum environments: a phytoremediation study for the Leonardo da Vinci’s “Last Supper””, *Sustainability*, Vol. 12, pp. 565.

the ENEA research project MaGIC-Landscapes<sup>5</sup>. In this regard, the use of ecological criteria for the implementation of NbS is fundamental: as a result of the ES-PA project, ENEA has produced guidelines and an operational tool<sup>6</sup> to create and manage urban green infrastructures in a sustainable way by using native plant species.

Finally, innovative NbS are increasingly applied for the sustainable restoration of cultural heritage, as tested in Matera within the ES-PA Project, as well as for the control of indoor air quality in museum environments (Salvatori *et al.*, 2020).

NbS, therefore, play a key role in ensuring urban sustainability in a global change scenario, as advocated by the SDG 11. The creation of a healthy urban environment has become a priority, as dramatically highlighted by the COVID-19 pandemic, and NbS represent an

innovative tool to address societal challenges in this regard. However, in order to fully realise this potential, it is necessary to operationalise the NbS concept by integrating it into existing policy frameworks as well as with other circular transition tools. In this regard, future project activities should include the active involvement of stakeholders and citizens through participatory decision-making processes, in order to highlight NbS benefits, costs, uncertainties and trade-offs in specific contexts. This represents an essential prerequisite for the implementation of NbS in cities and territories, in support of an efficient and competitive circular economy.

#### NOTES

<sup>1</sup> ICESP website: [www.icesp.it](http://www.icesp.it)

<sup>2</sup> Source: <https://www.italy-croatia.eu/web/netwap>

<sup>3</sup> Source: <http://www.innoweee.eu/it>

<sup>4</sup> Source: <https://www.gst4water.it/index.php/il-progetto-offcanvas-new>

<sup>5</sup> Source: <https://www.interreg-central.eu/Content.Node/MaGICLandscapes.html>

<sup>6</sup> Source: <https://anthosart.florintesa.it/>

Marco Navarra,

Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura, Università degli Studi di Catania, Italia

marco.navarra@unicit.it

«Nature is the maker. It is the giver of presences. You can have a thought, but a thought has no presence until you call on nature to exercise its powers of order to make it manifest [...] Material is spent light, you're spent light, the trees are spent light, the atmosphere is spent light, water is spent light. All material is spent light.» (Louis I. Kahn, 1986).

**Nelle pieghe del paesaggio** Le rapide trasformazioni, che in questi tempi stanno piegando i destini degli uomini e delle terra, reclamano la messa a punto di strumenti di lettura e descrizione rigorosi e rinnovati per interpretare e misurare le nuove configurazioni che appaiono e si susseguono rapidamente. Occorre interrogare e intrecciare vecchi e nuovi strumenti che muovano l'osservazione e la rappresentazione verso l'immaginazione e la prefigurazione.

In questa direzione mi pare di grande utilità indagare esempi del passato spesso dimenticati che ad uno sguardo attento possono riservare inaspettate sorprese e impensate potenzialità.

Nel 1963 Aldo Sestini cura per il Touring Club Italiano il libro "Il paesaggio" che costituisce il settimo volume della collana "Conosci l'Italia" (Sestini, 1963).

Si tratta di un viaggio attraverso l'Italia, da Nord a Sud, che presenta la varietà dei paesaggi mostrando e spiegando le differenze, i caratteri e le ragioni, spesso invisibili, delle forme apparenti. Il libro descrive i paesaggi geografici italiani intesi come «elementi oggettivi manifesti all'osservazione diretta, in sé e nei reciproci rapporti spaziali» (Sestini, 1963). Nell'introduzione l'autore chiarisce che «alla base del paesaggio sta [...] la superficie terrestre, non nell'insieme, ma nei suoi singoli tratti» ed esplora quel sottile confine che, nella parola paesaggio, intreccia tra loro ve-

dute reali e vedute possibili, percezione e dati oggettivi. In questo modo il concetto di paesaggio si libera dall'idea di una veduta determinata e diventa «complessa combinazione di oggetti e fenomeni legati tra loro da mutui rapporti funzionali (oltre che di posizione) si da costituire un'unità organica» (Sestini, 1963). Il testo è accompagnato da foto a colori e in bianco e nero, da disegni analitici e illustrativi e da mappe. La loro sequenza e il loro accostamento si compone con la scrittura, precisando le descrizioni e illuminando le parole con immagini chiare e incisive. Le illustrazioni, variegata e didascaliche, si compongono di disegni che vanno dalle vedute analitiche agli schemi evolutivi mostrati in sequenza, dalle sezioni con viste prospettiche alle sezioni geologiche con mantello vegetale, dalle rappresentazioni morfologiche (delineate attraverso i profili più rappresentativi) agli spaccati assonometrici con stratigrafie geologiche.

I disegni appaiono come piccole miniature dai tratti sottili con un altissimo livello di definizione e precisione. Le mappe sono una rielaborazione di quelle dell'Istituto Geografico Militare e mostrano l'evidenziazione delle parti più importanti attraverso la sovrapposizione di colori e campiture. Il libro è costruito dall'intreccio e dall'accostamento di scrittura, foto, illustrazioni schematiche, sezioni, assonometrie. Spesso le foto vengono affiancate ai disegni o alle mappe in modo da rendere immediatamente comprensibile gli aspetti sensibili attraverso una spiegazione illustrata analitica. Lo spazio tra foto, mappe e disegni restituisce l'atmosfera, il fitto scambio di energia che costruisce i paesaggi e l'architettura.

Tra le rappresentazioni grafiche appaiono significativi e originali gli spaccati assonometrici. Si tratta di frammenti di crosta terrestre allo stato puro che mostrano con chiarezza come

## GEOLOGIC ARCHITECTURE. CIRCULAR TRAJECTORIES IN THE ANTHROPOCENE

«Nature is the maker. It is the giver of presences. You can have a thought, but a thought has no presence until you call on nature to exercise its powers of order to make it manifest [...] Material is spent light, you're spent light, the trees are spent light, the atmosphere is spent light, water is spent light. All material is spent light.» (Louis I. Kahn, 1986).

### In the landscape folds

The rapid transformations that are currently shaping the destinies of humankind and the Earth call for the development of rigorous and renewed tools for reading and describing. These tools are fundamental in order to interpret and measure the new configurations that are rapidly appearing and following one another. It is necessary to question and interweave old and new tools that would be able to move observation

and representation towards imagination and prefiguration. In this respect, I think it is very useful to investigate examples from the past that are often forgotten, but which, if we look closely, could offer unexpected surprises and unexpected potential.

In 1963, Aldo Sestini edited the book "Il paesaggio" (The Landscape) for the Italian Touring Club, the seventh volume in the series "Conosci l'Italia" (Sestini, 1963). It is a journey through Italy from north to south, presenting the variety of landscapes and showing and explaining differences, characters and reasons, often invisible, of the apparent forms. The volume describes Italy's geographical landscapes as «objective elements manifest to direct observation, in themselves and in their reciprocal spatial relationships» (Sestini, 1963). The author clarifies in the foreword that «the Earth's surface

lies at the basis of the landscape [...], not as a whole, but in its individual features» (Sestini, 1963) and explores the subtle boundary that, in the word landscape, weaves together "real views" and possible views, perception and objective data. In this way, the landscape concept is unbound by the idea of a specific view and becomes «a complex combination of objects and phenomena linked together by mutual functional relationships (as well as position) so as to constitute an organic unity» (Sestini, 1963). The text is accompanied by both colour and black and white photographs and analytical and illustrative drawings and maps. Their sequence and juxtaposition are composed with the writing, clarifying descriptions and illuminating words through clear and incisive images. The varied and didactic illustrations consist of drawings ranging from ana-

forti relazioni leghino il visibile e l'invisibile, gli eventi attuali e quelli antichissimi. Si capisce, con molta evidenza, come le attività sulla superficie della crosta terrestre risentano sia degli strati geologici che dei movimenti nell'atmosfera. Dall'interno della crosta terrestre si comprende la natura e la consistenza della materia rocciosa (attraverso lente sedimentazioni), mentre le erosioni e i movimenti della superficie sensibile manifestano le azioni dell'atmosfera. Spesso, per rendere ancora più chiaro il processo, gli spaccati assonometrici sono messi in sequenza, come quadri di una narrazione figurata, per descrivere e raccontare le lente modificazioni che si compiono in tempi lunghissimi. Questi disegni sono un'invenzione: l'assonometria isometrica con due sezioni geologiche sui lati è un espediente per tenere insieme lo spessore della crosta terrestre e la sua forma superficiale, le relazioni tra i processi geologici e gli elementi visibili che riusciamo a percepire in un paesaggio. La forma di queste zolle assonometriche suggerisce ai nostri occhi anche l'invisibile. Osservandole, è infatti facile immaginare la sezione di cielo che agisce su queste superfici modellandole. Nella loro sequenza, accanto alle foto e al testo, ci mostrano la dinamica geologica e ci fanno immaginare altro. «Gli strati geologici si sono formati attraverso (almeno) due operazioni distinte. A un'osservazione ravvicinata colpisce il fatto che ogni strato di roccia ne contenga altri, e che ciascuno di questi sia composto di ciottoli pressoché omogenei per dimensioni, forma e composizione chimica. Poiché in natura i ciottoli non hanno tutti la stessa forma e dimensione, allora deve esistere un meccanismo di cernita [...]. I geologi hanno identificato un simile meccanismo nei fiumi, che funzionano da computer idraulici (o almeno da macchine ordinatrici). [...] Quando i materiali grezzi sono

stati ordinati in raggruppamenti più o meno omogenei sul fondo del mare (ovvero quando sono sedimentati), per trasformare queste libere raccolte di ciottoli in un'entità di scala superiore, la roccia sedimentaria, è necessaria una seconda operazione che consiste nel cementare le componenti selezionate in qualcosa di nuovo, con caratteristiche proprie, come la forza complessiva o la permeabilità che non si possono attribuire alla somma delle singole parti» (De Landa, 2003).

La descrizione di Manuel De Landa potrebbe essere ben illustrata dai disegni di Sestini, non solo per l'aspetto geologico, ma anche per quello teorico. Le architetture e i paesaggi si compongono per articolazioni che permettono non solo la formazione di configurazioni ben definite, ma anche il passaggio di scala. Assemblaggi e sedimentazioni si compongono lentamente dopo operazioni di selezione e accumulazione e si compiono con l'innesto di altre materie. Il palinsesto degli strati sovrapposti, successivamente rotto e corrugato da altre forze, genera nuove conformazioni.

Come si passa da uno strato ad un altro? Come si lavora con le interfacce che definiscono quella sottile superficie di transizione tra materie diverse dove si compiono i movimenti, gli slittamenti e le pieghe?

I disegni di Sestini non sono semplicemente illustrativi e didascalici ma suggeriscono un metodo di lavoro che usa il disegno per tenere insieme, componendoli, mondi diversi.

La prima indicazione utile è quella che mostra come costruire un disegno utilizzando tecniche diverse di rappresentazione: ad esempio l'assonometria con le sezioni geologiche e le raffigurazioni qualitative e espressive degli elementi che occupano la superficie (dal mantello vegetale alla morfologia orografica e idro-

lytical views to evolutionary schemes shown in sequence, from sections with perspective views to geological sections with vegetal cover, from morphological representations (outlined through the most representative profiles) to axonometric cutaways with geological stratifications. The drawings appear as small miniatures with fine lines and a very high level of definition and precision. The maps are a reworking of those of the Istituto Geografico Militare and show the highlighting of the most important parts through the superimposition of colours and backgrounds. The book is formed by interweaving and juxtaposing writing, photos, schematic illustrations, sections and axonometric drawings. Often, the photos are juxtaposed with drawings or maps in order to make the sensitive aspects immediately comprehensible through an analytical illustrated explanation.

The space between photos, maps and drawings conveys the atmosphere, the dense exchange of energy that builds landscapes and architecture.

Among the graphic representations, the axonometric cross-sections are significant and original. These are fragments of the Earth's surface in a pure state that clearly show how strong relationships link the visible and the invisible, current events and those of ancient times. It is very clear how activities on the surface of the Earth's crust are affected by both geological layers and movements in the atmosphere. From the interior of the Earth's crust, the nature and consistency of the rocky matter can be understood (through slow sedimentation), while erosions and movements on the sensitive surface manifest the actions of the atmosphere. Often, to make the process even clearer, the axonometric

cutaways are placed in sequence, like pictures in a figurative narrative, to describe and narrate the slow changes that take place over very long periods of time. These drawings are an invention; the isometric axonometric projection, with two geological sections on the sides, is an expedient to keep together the thickness of the terrestrial surface and its shape. We can immediately read the relationships between geological processes and the visible elements we can see in a landscape. The shape of these axonometric clods also suggests the invisible to our eyes. In fact, looking at them, it is easy to imagine the section of sky that acts on these surfaces, modelling them. In their sequence, alongside the photos and the text, they show us the geological dynamics and make us imagine something else.

«Geological strata have been formed

through (at least) two distinct operations. On close observation, it is striking that each layer of rock contains others, and that each of these is composed of pebbles almost homogeneous in size, shape and chemical composition. Since pebbles do not all have the same shape and size in nature, there must be a sorting mechanism [...]. Geologists identified a similar mechanism in rivers, which function as hydraulic computers (or at least as sorting machines). [...] When the raw materials have been sorted into more or less homogeneous groupings on the sea floor (i.e. when they have settled), in order to transform these free collections of pebbles into a higher scale entity, the sedimentary rock, a second operation is required, which consists of cementing the selected components into something new with its own characteristics, such as overall strength

grafica, dai segni antropici alle tracce degli eventi). Scopriamo uno strumento che riesce a dare una visione sintetica con rappresentazioni che nello stesso tempo sono rigorose e misurabili. Tenendo insieme tempi differenti, ci permette, attraverso la ripetizione e la giustapposizione di quadri narrativi, di raccontare e descrivere le variazioni cicliche e quelle sui tempi lunghi. Il ruolo della sezione è centrale sia come tecnica che, vivisezionando il corpo vivo del paesaggio, mostra le invisibili relazioni tra interno ed esterno, tra visibile ed invisibile, tra comprensibile e misterioso, sia come strumento di indagine capace di interrogare i frammenti e gli indizi permettendo di scoprire caratteri insospettabili. Il taglio permette di assemblare in un'unica configurazione elementi che giacciono su piani (*layer*) diversi. La sezione è un andare contromano, controtempo, per rivelare la complessità. Muovendosi in direzione opposta alle stratificazioni la dissezione scopre e mette in tensione materiali e nature diverse, tempi e storie differenti. Le assonometrie si presentano come architetture composte di piani sovrapposti non necessariamente orizzontali con tagli trasversali che li collegano mettendoli in relazione con la superficie in un'articolazione complessa. Questi disegni suggeriscono un'idea di architettura come tensore, anello che unisce, come salto che traspone e trasfigura una materia in una forma aperta attraverso la metamorfosi verso altre configurazioni.

Come gli strati sedimentati sono rotti in faglie e corrugati in pieghe da lenti processi di orogenesi, così il disegno di progetto, come un bisturi, scompone e assembla materie e mondi diversi. La sezione spinge il progetto a crescere e conformarsi "dall'interno" dei luoghi e delle materie che entrano in gioco nel processo evolutivo di trasformazione.

or permeability, which cannot be attributed to the sum of the individual parts» (De Landa, 2003).

Manuel De Landa's descriptions could be well illustrated by Sestini's drawings, not only for the geological aspect, but also for the theoretical one. Architectures and landscapes are composed by articulations that allow not only the formation of well-defined configurations, but also the passage of scale. Assemblages and sedimentations are slowly composed after operations of selection and accumulation and are completed with the grafting of other matters. The palimpsest of superimposed layers, subsequently broken up and corrupted by other forces, generates new conformations.

How do you move from one layer to another? How do you work with the interfaces that define that thin surface of transition between different materi-

als where movements, slippages and folds take place?

Sestini's drawings are not simply illustrative and didactic but suggest a working method that uses drawing to hold different worlds together by composing them. The first useful indication is that which shows how to construct a drawing using different techniques of representation: for example, axonometric projection with geological sections and qualitative and expressive representations of the elements that occupy the surface (from the vegetal mantle to orographic and hydrographic morphology, from anthropic signs to traces of events). We discover a tool that succeeds in giving a synthetic vision with representations that are at the same time rigorous and measurable. Holding different times together, it allows us, through the repetition and juxtaposition of narrative frames, to recount

## Sul campo. Alcune esperienze

Il Parco rafforza le incisioni della ex-ferrovia intensificando il movimento di vivisezione della terra, in modo da far affiorare tutte le faglie e le discontinuità dei paesaggi. Le frane, i dissesti e le manomissioni di questi anni hanno prodotto deformazioni, aggiustamenti, nuove configurazioni, suggerendo la possibilità che il progetto non costruisca oggetti chiusi in se stessi, ma forme capaci di definirsi e adattarsi alle dinamiche successive. Il progetto, interpretando l'infrastruttura come innesto e taglio dentro un paesaggio, ha utilizzato questi caratteri per organizzare e disegnare i movimenti e le visioni lungo una linea che ha definito un campo dove si dispiegano le figure generate dai vettori energetici in tensione tra loro (Fig. 1).

### 1998. Giardino-arena al Tempio

Una discarica bonificata ha assunto la forma di una zolla di paesaggio sollevata che si confonde con i campi in fondo alla valle e sulle colline di fronte. Una nuova linea d'orizzonte sospesa ritaglia oggetti vicini, come la torre idrica, mescolandoli con presenze lontane. Questo nuovo oggetto nel paesaggio appare dunque come la pietrificazione di un movimento tellurico che ha scompaginato la linea continua del declivio. Il rivestimento-pelle in pietra di Nicosia racconta i passaggi di una metamorfosi geologica fissandone l'esito ultimo. Le superfici lapidee, partendo da terra, seguono un ordinamento isodomo, ma, ad un certo punto, succede qualcosa: un'energia interna viene fuori scompaginando la partitura originaria, producendo così una lacerazione, che disarticola la sequenza ordinata di piani orizzontali e la piega lungo imprevedibili diagonali.

### 1994. Parco Lineare tra Caltagirone e Piazza Armerina (Navarra, 2012)

cuts that connect them, relating them to the surface in a complex articulation. These drawings suggest an idea of architecture as a tensor, a ring that unites, as a leap that transposes and transfigures a material into an open form through metamorphosis towards other configurations. Just as sedimented layers are broken into faults and wrinkled into folds by slow processes of orogenesis, so the design, like a scalpel, breaks down and reassembles different materials and worlds. The section pushes the project to grow and conform "from within" the places and materials that come into play in the evolutionary process of transformation.

### In the field. Some experiences

1994, *Linear park between Caltagirone and Piazza Armerina (Navarra, 2012)* The park reinforces the incisions of the former railway line by intensifying



Il Giardino-arena è una zolla di terra sollevata da lenti movimenti lungo una faglia che separa e unisce tempi, paesaggi e architetture. Le sue superfici intercettano semi e raccolgono acque piovane, selezionano visioni e ritagliano frammenti dagli oggetti presenti rimontandoli in una nuova configurazione, che si impasta con gli eventi umani. Il Giardino-arena traspone in una nuova forma geografica le frane di spazzatura sedimentate dall'abbandono e dall'incuria (Fig. 2).

### 2010. Giampilieri. (Navarra, 2017)

I progetti di ricostruzione, elaborati dopo l'alluvione dell'Ottobre 2009, interessando tutte le aste dei torrenti da monte a mare, hanno dovuto modulare strumenti adeguati a diversi contesti, da quello paesaggistico a quello urbano, ricercando nel loro sviluppo anche una coerenza interna.

Gli strati geologici sono prodotti da un processo di taglio tomografico che genera faglie e cesure dove si incrociano densità, direzioni e inclinazioni diverse. La dissezione rilegge nuovi livelli di movimento nello spazio in cui i segni di tempi ed eventi distanti tra loro riaffiorano sulla stessa superficie. Le sovrapposizioni producono scarti e dilatazioni. La rilettura dei caratteri e delle specificità di questi territori attraverso la sezione apre nuove possibilità di investigazione dall'interno nelle parti più interstiziali e nascoste.

Il primo progetto del canale fagatore in zona Vallone Puntale, elaborato dal Genio civile di Messina, si basava su alcune scelte rigide che offrivano minimi margini d'intervento per la mitigazione dell'impatto dell'opera, ridotte all'interramento della scatola in cemento armato e al rivestimento in pietra locale delle pareti laterali. La variante proposta dal nostro gruppo "Riparare Fiumare"

the vivisection of the land, in order to bring to the surface all the faults and discontinuities of the landscape. The landslides, upheavals and tampering of recent years have produced deformations, adjustments and new configurations, suggesting the possibility that the project does not build closed objects, but forms in such a way that it is capable of defining itself and adapting to subsequent dynamics. The project, interpreting the infrastructure as a graft and cut within a landscape, has used these features to organise and design movements and visions along a line that has defined a field where figures generated by the energy vectors in tension with each other unfold (Fig. 1).

### 1998, Garden arena at Tempio

A reclaimed landfill has taken on the form of a raised landscape clod that blends in with the fields at the bottom

of the valley and on the opposite hills. A new suspended horizon line cuts out nearby objects, such as the water tower, mixing them with distant presences. This new object in the landscape thus appears as the petrification of a telluric movement that has disrupted the continuous line of the slope. The Nicosia stone skin-cladding recounts the passages of a geological metamorphosis, fixing its final outcome. The stone surfaces, starting from the ground, follow an isodomic order, but something happens at a certain point: an internal energy comes out, disrupting the original score, producing a laceration, which disarticulates the ordered sequence of horizontal planes and bends it along unpredictable diagonals.

The Garden Arena is a clod of soil raised by slow movements along a fault line that separates and unites times, landscapes and architecture.



mare" ha ripensato in modo radicale la soluzione esclusivamente tecnica del problema proponendo un progetto urbano complesso attento ai luoghi e a quelle relazioni di comunità a esso intrecciate, che l'ipotesi precedente avrebbe lacerato irrimediabilmente. La particolarità degli interventi lungo le fiumare ha richiesto l'affinamento di alcuni strumenti di progetto come la sezione e i modelli topografici. In particolare le sequenze ostinate di Sezioni Tomografiche (ST), hanno consentito di gestire il rapporto tra l'inserimento degli interventi nel paesaggio e il singolo dettaglio legato alle contingenze micro fisiche del luogo. Così le sezioni diventano uno strumento ambivalente in grado di astrarre le forme fisiche reali, trasformandole in profili elementari, per semplificare la lettura del territorio e connettere il progetto alla storia geologica dei luoghi. Allo stesso tempo, danno la possibilità di generare

Its surfaces intercept seeds and collect rainwater, select visions and cut out fragments from present objects, reassembling them in a new configuration, which is mixed with human events. The Garden Arena transposes the landslides of rubbish sedimented by abandonment and carelessness into a new geographical form (Fig. 2).

### 2010, Giampilieri (Navarra, 2017)

The reconstruction projects drawn up after the 1 October 2009 flood had to modulate instruments adapted to different contexts from the landscape to the urban context, as they were involving all the river courses from upstream to downstream.

The geological layers are produced by a process of tomographic cutting that generates faults and breaks where different densities, directions and inclinations intersect. The dissection reinter-

prets new levels of movement in space in which the signs of distant times and events resurface on the same surface. The overlaps produce waste and dilations. The reinterpretation through the section of these territories' characters and specificities opens up new possibilities of investigation from the inside into the most interstitial and hidden parts.

The first project for the hydraulic canal in the Vallone Puntale area, drawn up by the civil engineers of Messina, was based on a number of rigid choices that offered minimal margins of intervention to mitigate the impact of the work, reduced to burying the reinforced concrete box and covering the side walls with local stone. The alternative suggested by the "Riparare Fiumare" group radically reconsidered the purely technical solution to the problem, proposing a complex urban

profili astratti dagli elementi legati alla posizione – orografia, idrografia, clima, materia, storia, vissuto – in modo da rendere unici gli oggetti individuati, e favorire un progetto site-specific (Fig. 3). Anche le opere idrauliche sono studiate attraverso Sezioni Tomografiche che vengono ricontestualizzate all'interno delle sezioni territoriali più ampie considerando la loro posizione originaria lungo l'asta fluviale.

Lo strumento delle Sezioni Tomografiche offre la possibilità di generare invenzioni e spostamenti a partire dalla manipolazione di dati oggettivi. Attraverso l'uso della singola sezione, seguendo il metodo geologico delle stratificazioni, si isolano alcuni elementi, così da trasformare la sequenza in narrazione per descrivere e controllare lo spazio delle linee di movimento. La tomografia è uno strumento cognitivo in grado di descrivere e narrare le superfici dell'attraversamento, diventando occasione di inaspettate letture del territorio.

L'esercizio ossessivo della ripetizione e della sovrapposizione apre la possibilità di riconsiderare lo spazio in chiave nomade concentrandosi sulle tracce che si cancellano e si spostano con il tragitto, ma anche su quei frammenti archeologici che affiorano, come permanenze, dopo un evento traumatico (Fig. 4).

#### **Conclusioni. Per un'architettura geologica**

che, componendosi per stratificazione, sovrapposizione di materie e tagli, non solo supera l'idea dell'opera autonoma dal contesto, ma anche la perdita di confine tra sfondo e oggetto.

L'idea di un'architettura geologica, sperimentata in queste occasioni, suggerisce un procedere

Ogni trasformazione è un nodo che mette in relazione materie e livelli diversi, stratificazioni di crosta terrestre con comunità umane, lunghe durate con tempi brevi, ciclicità con eventi unici e irripetibili. Viene meno la contrapposizione tra natura e artificio e compare una nuova materia ibrida in cui non sono più identificabili i confini e si è immersi in un ambiente ipernaturale. Le forme dell'architettura, più che le semplici tecnologie, diventano una risposta alle questioni ambientali. Anche l'idea di circolarità viene piegata e reinterpretata all'interno di una cornice temporale in cui istante e lunga durata si intrecciano.

L'Architettura è parte del processo di erosione e sedimentazione della crosta terrestre. I materiali che usiamo sono Montagne erose, Acqua, Luce. La crosta terrestre è la pietrificazione millenaria di una lenta e violenta battaglia. L'architetto partecipa alla costruzione della crosta terrestre, egli usa i materiali di questa battaglia. Se adopera una breccia o un granito lavora o con la millenaria erosione e sedimentazione o con la violenza di una brusca solidificazione, il trauma di un repentino salto di temperatura. Lavoriamo sulla sedimentazione ed erosione di visioni, di movimenti, di sensazioni. Ci muoviamo sulle faglie che si aprono facendo spazio all'atmosfera, l'aria che ispiriamo ed espiriamo definisce il ritmo del nostro partecipare al mondo. Le rocce sedimentarie ci raccontano instancabilmente come i frammenti possano ricomporsi in formazioni ancora più meravigliose delle precedenti. L'architettura ricompon e inventa percetti e affetti.

Molte città hanno modificato il loro suolo urbano trasformando i ruderi del passato o l'accumulazione di scarti e detriti in nuove





configurazioni topografiche su cui erigere nuove architetture e nuovi spazi (Rodolico, 1976).

«L'antichità ci offre il più curioso rilievo artificiale che mai sia stato inserito in un paesaggio urbano: il Testaccio (Mons Testaceus) a Roma [...]. Testaccio perché formato dai cocci (testa) delle anfore per lo più vinarie od olearie che per oltre un millennio venivano scaricate in questo sito dalle navi onerarie che avevano risalito il fiume fino all'Emporium [...] Esempio d'eccezione, questo del Testaccio; di norma i rilievi artificiali presenti nelle città derivano dall'accumulo di sterri o di macerie, rimaste magari sul posto dopo il crollo degli edifici» (Lugli, 1951).

Roma rappresenta l'esempio emblematico delle modificazioni geologiche compiute dall'architettura in un lento processo di stratificazioni, tagli, erosioni, scavi, che ha intessuto senza sosta il palinsesto della città (Brocchi, 1820; Lanciani, 1897).

È ancora questa materia dimenticata che bisognerebbe mettere al centro dei progetti sulle città e i territori contemporanei. Una materia da considerare non come inerte ma come cosa viva solo temporaneamente sopita e rimossa.

Le stratificazioni più recenti spesso hanno cancellato e rimosso gli elementi naturali considerati per secoli principi fondativi delle città. All'Architettura geologica spetta il compito di riscoprirli disseppezzandoli per riconnetterli alla vita contemporanea.

L'Architettura geologica attiva un processo di corrispondenza: non l'imposizione di una forma a una sostanza materiale grezza, a un territorio inerte, ma il dare realizzazione al potenziale immanente in un mondo in divenire. "Dall'interno" si scorge e si scopre la vita nel materiale – nei territori – consentendogli di collaborare. All'interno di questo paradigma il progetto deve "vedere", attraverso il disegno, quello che il materiale – il territorio, i luoghi – può fare.

project attentive to the places and to the community relations intertwined with it, which the previous hypothesis would have irreparably torn apart.

The particularity of the interventions along the rivers (fiumare) required the refinement of some project tools such as the section and topographic models. In particular, the obstinate sequences of tomographic sections (TS) allowed the management of the relationship between the interventions' insertion in the landscape and the single detail linked to the micro-physical contingencies of the place. Thus, the sections become an ambivalent tool, able to abstract the real physical forms, transforming them into elementary profiles, to simplify the reading of the territory and connect the project to the geological history of the places. At the same time, they provide the opportunity to gener-

ate abstract profiles from the elements linked to the location – orography, hydrography, climate, matter, history, experience – so as to make the objects identified unique and encourage a site-specific project (Fig. 3). Hydraulic works are also studied by means of tomographic sections that are then contextualised differently within the larger territorial sections considering their original position along the river. The tomographic sections tool offers the opportunity to generate inventions and displacements starting from the manipulation of objective data. Through the use of the single section, following the geological method of stratifications, some elements are isolated, so as to transform the sequence into a narrative to describe and control the space of the movement lines. Tomography is a cognitive tool able to describe and tell the crossing surfaces,



## REFERENCES

- Brocchi, G.B. (1820), *Dello stato fisico del suolo di Roma*, Stamperia De Romanis, Roma, Italia.
- Carobbi, G. and Rodolico F. (1976), *I minerali della Toscana: saggio di mineralogia regionale*, Olschki, Firenze, Italia.
- De Landa, M. (2003), *Mille anni di storia nonlineare. Rocce, germi e parole*, Instar libri, Torino, Italia.
- Lanciani, R. (1897), *The Ruins and Excavations of Ancient Rome: a Companion Book for Students and Travelers*, Houghton, Mifflin and Company, Boston, New York, USA.
- Lugli, F. (1951), "Come si è trasformato il suolo di Roma" in *Rendiconti Lincei – Classe di Scienze morali*, pp. 477.
- Navarra, M. (2012), *In Walk About City 2.0. Architettura geologiche e faglie del tempo*, Lettera Ventidue, Siracusa, Italia.
- Navarra, M. and Adamo L. (Eds.), *Terre Fragili. Architettura e catastrofe*, Lettera Ventidue, Siracusa, Italia.
- Sestini, A. (1963), *Il Paesaggio*, Touring club, Milano, Italia.
- Wurman, R.S. (1986), *What Will Be Has Always Been. The Words of Louis I. Kahn*, Access and Rizzoli, New York, USA.

becoming an opportunity for unexpected readings of the territory.

The obsessive exercise of repetition and superimposition opens up the possibility of reconsidering space in a nomadic key, concentrating on the traces erasing and moving along the way, but also on those archaeological fragments that emerge like permanences after a traumatic event (Fig. 4).

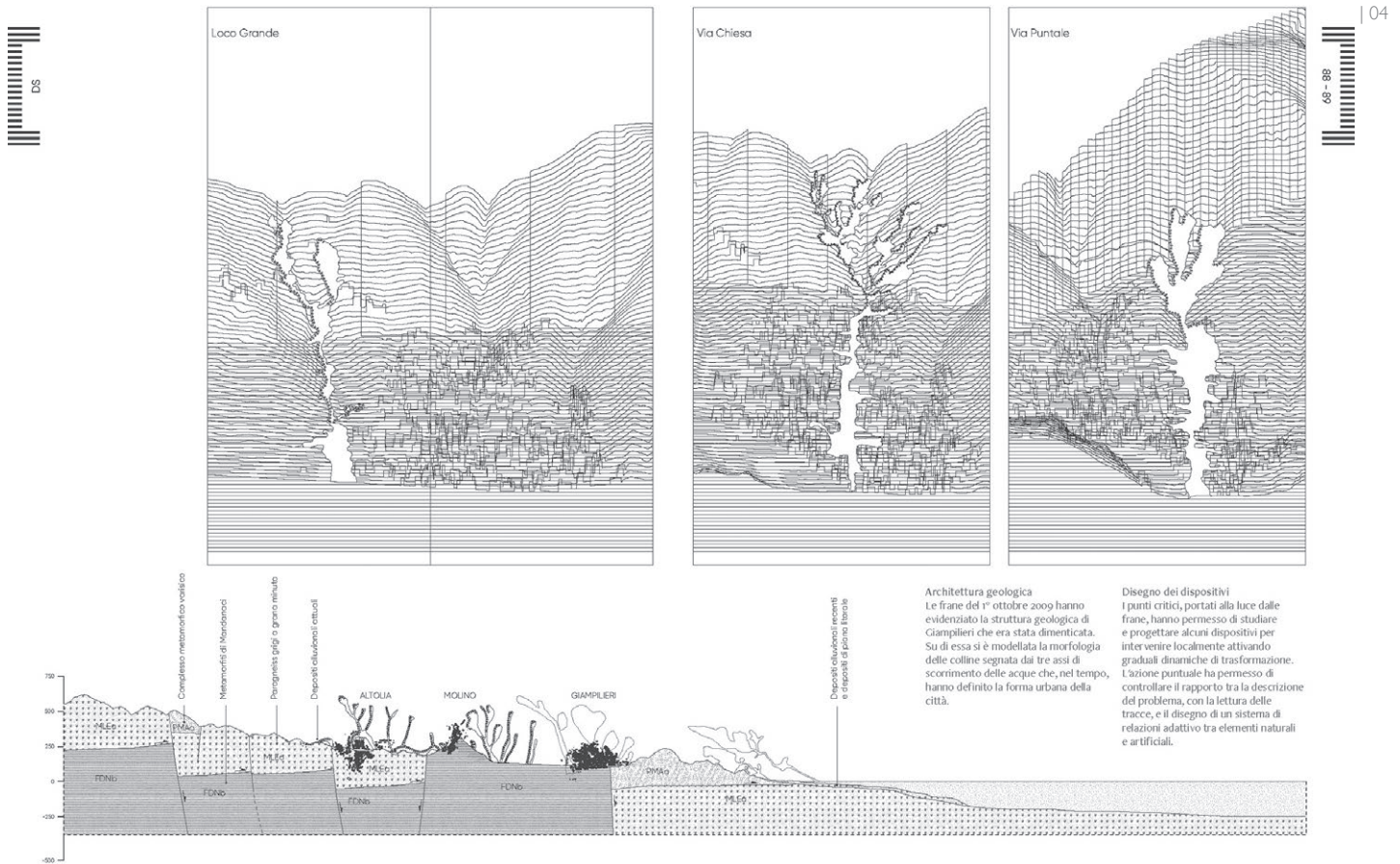
## Conclusions. For a geologic architecture

The idea of a geologic architecture, experimented with in these instances, suggests a procedure composing itself by stratification, overlapping materials and cuts. This process not only overcomes the idea of the work as autonomous from the context, but also the loss of boundary between background and object. Each transformation is a knot connecting different materials

and levels, stratifications of the Earth's crust with human communities, long durations with short times, cyclicity with unique and unrepeatable events. The opposition between nature and artifice disappears and a new hybrid matter appears in which boundaries are no longer identifiable and we are immersed in a hyper-natural environment. The forms of architecture, rather than mere technologies, become a response to environmental issues. Even the idea of circularity is bent and re-interpreted within a temporal framework in which instant and long duration are intertwined.

Architecture is part of the erosion and sedimentation process of the Earth's crust. The materials we use are eroded mountains, water, light. The Earth's crust is the millennial petrification of a slow and violent battle. The architect participates in the construction of the





Earth's crust, he uses the materials of this battle. If he/she uses a stone or granite, he/she works either with millennial erosion and sedimentation or with the violence of an abrupt solidification, the trauma of a sudden jump in temperature.

We work on the sedimentation and erosion of visions, movements and sensations. We move on the faults that open up, making space for the atmosphere, the air that we inspire and exhale defines the rhythm of our participation in the world. Sedimentary rocks tirelessly tell us how fragments can recompose themselves into even more wonderful formations than before. Architecture recomposes and invents perceptions and affects.

Many cities have modified their urban terrain by transforming the ruins of the past or the accumulation of waste and debris into new topographical

configurations on which to erect new architecture and new spaces (Rodolico, 1976).

«Antiquity offers us the most curious artificial relief that has ever been inserted into an urban landscape: Testaccio (Mons Testaceus) in Rome [...]. Testaccio because it was formed from the shards (testa) of amphorae, mostly wine or oil, which for over a millennium were unloaded on this site by the cargo ships that had sailed up the river to Emporium [...]. This is an exceptional example of Testaccio; generally, the artificial reliefs present in the cities derive from the accumulation of earthworks or rubble, perhaps left in place after the collapse of buildings» (Lugli, 1951). Rome is an emblematic example of the geological modifications made by architecture in a slow process of stratification, cutting, erosion and excavation, which has ceaselessly wo-

ven the palimpsest of the city (Brocchi, 1820; Lanciani, 1897).

It is still this forgotten material that should be placed at the centre of projects for contemporary cities and territories. This material should not be considered as inert, but as something alive, only temporarily dormant and removed.

The most recent stratifications have often erased and removed the natural elements that for centuries were considered the founding principles of cities. Geological architecture has the task of rediscovering them, digging them up and reconnecting them to contemporary life.

The geologic architecture activates a process of correspondence: not the imposed form by a preconceived strategy on a raw material substance, an inert territory, but the drawing out or giving realisation to the potential immanent

in a becoming world. "From within", life is glimpsed and discovered in the material – in the territories – allowing it to collaborate. Within this paradigm, the project must "see", through design, what the matter – the territory, the places – can do.

Mauro Francesco Minervino,  
Accademia di Belle Arti di Catanzaro, Italia

maurofrancesco.minervino@gmail.com

Uno dei caratteri fondamentali del contemporaneo sta oggi nella sua illimitata e incontrollata esorbitanza. Ovvero in quell'irrisolto accumulo di scorie e prodotti secondari caratterizzanti sia gli eccessi dello sviluppo materiale che le eccedenze e le aporie simboliche – dalla comunicazione alla convergenza dei nuovi media, dalla pubblicità ai conflitti culturali e religiosi – che sempre più contraddistinguono la dimensione della vita quotidiana nel nostro tempo scandito dall'espansione capitalistica e dall'invasione delle cosmo-tecnologie (Augè, 2004a; 2004b).

Una sovrabbondanza di resti, avanzi e scorie eterogenee a cui corrisponde però un progressivo quanto allarmante ritiro della ragione critica e il fallimento dei sistemi complessi; un pieno contro vuoto che va dalla politica alla scienza, dall'economia all'estetica. Ci si pone di fronte un'interrogazione critica generale che ha sinora mancato di affrontare la questione cruciale dei limiti reali delle capacità di carico di ambienti naturali, assetti sociali e l'insieme di tutte quelle scelte che investono il dilemma generale della sostenibilità, dello sviluppo e dell'avanzamento della civiltà su scala planetaria.

In tale ambito problematico ci ritroviamo così ad affrontare un tema in se stesso carico di significati – e, diremo, di figure – quale è quello dei rifiuti; un catalogo che va dagli oggetti distrutti e superati nella loro funzione tecnica e materiale, alle cose, alle persone espulse o abbandonate dai cicli produttivi, ai luoghi degradati e inquinati dall'uomo, agli ambienti divenuti obsoleti e deprivati di natura e vita sociale. Siamo dunque già ben oltre il tema delle rovine che, un tempo prediletto dagli artisti, si trasformano nella nostra complicata e irrisolta contemporaneità in macerie che oggi precipitano sempre più velocemente verso l'apocalissi ambientale-sociale (Augè, 2004c).

## WHAT'S LEFT. GLOBALISED “CRAP”

One of the fundamental characteristics of contemporary life today lies in its unlimited and uncontrolled exorbitance. That is to say, in that unresolved accumulation of waste and secondary products characterising both the excesses of material development and the symbolic excesses and aporias – from communication to the convergence of new media, from advertising to cultural and religious conflicts – that increasingly characterise the dimension of daily life in our time marked by capitalist expansion and the intrusiveness of cosmo-technologies (Augè, 2004a; 2004b).

A superabundance of remains, leftovers and heterogeneous waste to which corresponds, however, a progressive and alarming withdrawal of critical reason and the failure of complex systems; a full against empty that goes from politics to science, from econom-

ics to aesthetics. We are faced with a general critical question that has so far failed to address the crucial issue of the real limits of the carrying capacity of natural environments, social arrangements and the set of all those choices that affect the general dilemma of sustainability, development and advancement of civilisation on a planetary scale.

In this problematic context, we are faced with a theme in itself full of meanings – and, we will say, of figures – such as that of waste – a catalogue that ranges from objects destroyed and surpassed in their technical and material function, to things, to people expelled or abandoned from productive cycles, to places degraded and polluted by humans, to environments that have become obsolete and deprived of nature and social life. We are, therefore, already well beyond the theme of the

Il crescente disagio collettivo patito da grandi masse umane prive di status, sino alle minacce di autodistruzione globale del pianeta, oramai oberato da rifiuti e discariche e da plurime e colpevoli mostrificazioni prodotte dalle modificazioni del capitalismo industriale e post-industriale, fanno apparire la nostra come la prima società della storia umana incapace di affrontare l'esorbitanza e la pervasività del degrado sociale, delle sue aree disabilite e dei suoi scarti; ovvero di dare statuto, significato ed elaborazione culturale ai suoi avanzi, alle sue infinite monnezzate, oramai globalizzate.

È passato ormai quasi un secolo da quando Walter Benjamin scriveva della metropoli moderna quale luogo privilegiato dei frammenti, cioè di quei residui prodotti di scarto del quotidiano che, pur essendo considerate scorie della società dei consumi, erano per lui anche indubbie promesse di futuro (Benjamin, 1963).

Questo suo atteggiamento propositivo nei confronti degli oggetti-spazzatura trova conferma nella celebre metafora dello storico materialista come straccivendolo – chiffonnier – (Compagnon, 2017) e, in particolare, in una significativa citazione inserita nel *Passagenwerk* (1927-1940) che il filosofo tedesco riprende da Baudelaire: «Ecco un uomo incaricato di raccattare i rifiuti di una giornata della capitale. Tutto ciò che la grande città ha rigettato, tutto ciò che ha perduto, tutto ciò che ha disdegnato, tutto ciò che ha fatto a pezzi, lui lo cataloga, lui lo colleziona. [...] Fa una cernita, una scelta intelligente; raccatta, come un avaro un tesoro, le immondizie che, rimasticate dalla divinità dell'Industria, diventeranno oggetti utili o piacevoli» (Baudelaire, 1996).

La metafora dello chiffonnier accomuna il filosofo (Benjamin) e il poeta (Baudelaire) che, dopo lo sgretolamento della tota-

ruins, once a favourite of artists, which, in our complicated and unresolved contemporary world, are transformed into rubble that today is falling faster and faster towards an environmental-social apocalypse (Augè, 2004c).

The growing collective discomfort suffered by large masses of people without status, up to the threats of global self-destruction of the planet, now overburdened by waste and landfills and multiple and guilty monstrosities produced by the changes of industrial and post-industrial capitalism, make ours appear as the first society in human history unable to address the exorbitance and pervasiveness of social degradation, its disabled areas and its waste; that is, to give status, meaning and cultural elaboration to its leftovers, to its infinite rubbish, now globalised. Almost a century has passed since Walter Benjamin wrote about the

lità – già annunciato dal pensiero romantico e da Nietzsche – e della temporalità univoca, intuisce che è ancora possibile rappresentare la realtà soltanto attraverso l'appropriazione e il montaggio significativo delle sue scorie e dei suoi frantumi più inutili e desueti. Persino l'uomo contemporaneo, per Benjamin, «è toccato dalla confusione, dalla frammentarietà in cui versano le cose di questo mondo»; in ognuno degli oggetti eteroclitici che possiamo raccogliere tra gli scarti che ci lasciamo dietro «è presente il mondo in forma sistematica e ordinata, fino a formare un'intera enciclopedia magica, un ordine universale» (Iovino, 2017).

Con l'avvento delle cosiddette emergenze climatiche e con la crescita dell'inquinamento incontrollato proveniente dai residui non smaltiti delle produzioni industriali, insieme all'accumulo dei resti del consumo, anche nel nostro paese si pone da tempo l'irrisolta questione di come affrontare più efficacemente i temi della sostenibilità ambientale e le reazioni di risposta civile ai numerosi processi di inquinamento e di degrado ambientale. Essi stessi causa ed effetto anche di rilevanti ricadute in fenomeni di rilievo antropologico e di vasti mutamenti nei comportamenti sociali e di costume.

Alcuni si configurano anche nella dimensione di una crescente sensibilità critica dell'opinione pubblica e di vasti settori della società civile. Non è inutile ricordare che il benessere del territorio e dei suoi abitanti è connesso strettamente al grado di benessere degli ecosistemi, di tutte le forme viventi e dei suoi dimoranti, umani e non (Westphal, 2009).

Il crescente inquinamento ambientale rappresenta in questa prospettiva una pericolosa forma di violenza lenta, graduale, ma sempre più drammatica e pervasiva, e purtroppo paradossale.

modern metropolis as a privileged place of fragments, that is, of those residual products of everyday waste which, although considered as waste products of the consumer society, were for him also undoubted promises of the future (Benjamin, 1963).

This proactive attitude towards junk objects is confirmed in the famous metaphor of the materialist historian as a ragman – chiffonnier – (Compagnon, 2017) and, in particular, in a significant quote included in Passagenwerk (1927-1940) that the German philosopher takes from Baudelaire: «Here is a man in charge of collecting the waste of a day in the capital. All that the great city has rejected, all that it has lost, all that it has disdained, all that it has torn to pieces, he catalogues, he collects. [...] He makes a selection, an intelligent choice; he collects, like a miser a treasure, the rubbish that,

remixed by the divinity of industry, will become useful or pleasant objects» (Baudelaire, 1996).

The metaphor of the chiffonnier unites the philosopher (Benjamin) and the poet (Baudelaire) who, after the crumbling of totality – already announced by romantic thought and Nietzsche – and of univocal temporality, realises that it is still possible to represent reality only through the appropriation and meaningful assembly of its most useless and obsolete waste and shards. Even contemporary humankind, for Benjamin, «is touched by the confusion, by the fragmentariness in which the things of this world pour»; in each of the heteroclitic objects that we can collect among the discards we leave behind «the world is present in a systematic and ordered form, until it forms an entire magical encyclopedia, a universal order» (Iovino, 2017).

Spesso il danno è così vistoso da essere sottovalutato come minaccia a noi prossima, o ancora troppo lontano dalla vista dei gruppi sociali e dai riflettori dei media per diventare un problema globale.

Rob Nixon argomenta così sugli effetti dannosi del concetto e della prassi di “violenza lenta” inflitta agli equilibri naturali dell'ambiente: «By slow violence I mean a violence that occurs gradually and out of sight, a violence of delayed destruction that is dispersed across time and space, an attritional violence that is typically not viewed as violence at all» (Nixon, 2011).

Di fatto accade sempre più spesso che per incuria, ignoranza o peggio «per interessi economici, l'essere umano contamina persino il territorio sul quale vive e dei cui frutti si nutre, ignaro del fatto che tra le innumerevoli forme di sopraffazione [...] il dominio della natura è quello le cui conseguenze ricadono in maniera più distruttiva su chi lo esercita» (Iovino, 2004).

«Noi – noialtri, noi Occidente – non possiamo continuare a vivere com'eravamo abituati, spingendo il pattume (materiale e spirituale) sotto il tappeto [...]» continuando a rifiutare perciò «di ammettere che andiamo incontro all'estinzione come specie» (Wu Ming, 2009).

L'accento viene posto così sugli attraversamenti di quello stato di soglia che intercorre tra il naturale e l'artificiale. Nel nostro caso, possiamo dire, tra il *locus amoenus* di un tempo la discarica di oggi.

Persino la pratica ecologica, passando per le mode “verdi” e “bio” sino alla classica contemplazione della natura dal vivo entro i parchi e le aree protette o, diversamente, nelle forme d'arte dell'estetica contemporanea e nelle opere letterarie, risentono oggi del confinamento di queste forme comuni di godimento

With the advent of the so-called climate emergencies and the growth of uncontrolled pollution from the undisposed residues of industrial production, along with the accumulation of the remains of consumption, even in our country there has long been the unresolved question of how to deal more effectively with the issues of environmental sustainability and civil response reactions to the numerous processes of pollution and environmental degradation. These processes are also the cause and effect of significant repercussions on anthropological phenomena and vast changes in social behaviour and customs.

Some of them are also configured in the dimension of a growing critical awareness of public opinion and large sectors of civil society. It is not useless to remember that the wellbeing of the territory and its inhabitants is closely

linked to the degree of wellbeing of ecosystems, of all living forms and its inhabitants, human and non-human (Westphal, 2009).

In this perspective, growing environmental pollution represents a dangerous form of violence that is slow and gradual, but increasingly dramatic and pervasive, and unfortunately paradoxical. Often, the damage is so conspicuous as to be underestimated as a threat to us near at hand, or still too far from the view of social groups and the media spotlight to become a global problem.

Rob Nixon argues on the harmful effects of the concept and practice of “slow violence” inflicted on the natural balance of the environment: «By slow violence, I mean a violence that occurs gradually and out of sight, a violence of delayed destruction that is dispersed across time and space, an attritional

degli ambiti naturali tipiche del mondo capitalistico e delle società consumistiche avanzate, all'interno di un pericoloso "stato di latenza" sociale.

Lo studio ravvicinato delle condizioni, generali e particolari, che rendono possibile una determinata gamma di fenomeni di danno, nonché di quelle prassi che oggi alterano o sfruttano in modo esasperato l'equilibrio della vita sul pianeta, hanno viceversa a che fare con l'esplicitazione, ovvero con uno stato di vigilanza attiva e consapevole, e dunque con una prassi della critica sociale e della condivisione politica, che resta a tutt'oggi lacunosa e manchevole. Nel primo caso, tende a prevalere un principio di non-oggettività, o di "ecotipicità", oggi molto presente e ben caratterizzato soprattutto nelle forme più avanzate della rappresentazione artistica e letteraria. Nel secondo, il meccanismo dell'esplicitazione quando si manifesta, mantiene un'attinenza più stretta con il contesto di realtà, o "realema", senza peraltro che ciò impedisca la promozione semantica di discorsi orientati e di contenuti ambigui, tutti sorti e affermatasi nella scia della crisi ecologica attuale.

Che l'alterata relazione vitale con la natura messa in atto nel mondo contemporaneo, fosse destinata a diventare sempre più contraddistinta da un'idea dell'ambiente e dei sistemi naturali come apparati instabili e perciò 'correggibili' e manipolabili dall'azione illimitata della tecnica per mano dell'uomo, Italo Calvino l'aveva intuito abbastanza tempestivamente, immaginando già negli ultimi decenni del secolo scorso la sua bizzarra geografia letteraria delle metamorfosi del mondo a venire. Tra le sue cinquantacinque Babele fantastiche, raffigurava Leonia, una brulicante e terrificante metropoli apocalittica destinata come per una specie di contrappasso dantesco a una sorta di atroce apocatastasi, con il

suo ininterrotto riformarsi e ripetersi, in tutti i suoi particolari, dato che Leonia rifà se stessa tutti i giorni, producendo così un'enorme massa di pattume e rifiuti (Calvino, 1972).

Accade poi così per una intrinseca eterogeneità dei fini che contraddistingue l'agire umano, la natura ferita re-istaura catastroficamente le sue regole, del tutto indifferenti e sovrastanti rispetto alle pretese umane. L'infinita complessità del sistema sfugge a ogni pretesa di controllo. Siamo così distanti dall'ordine della natura e dai suoi segreti poteri di dominio e di controllo sugli elementi tipici delle nostre società ipertecnologiche, che per noi moderni in realtà si riducano ancora oggi «a valutare le immagini della natura e i suoi fenomeni secondo il gusto personale» (Sloterdijk, 2006).

Pura superstizione, tutto sommato.

Nei confronti dei rifiuti può essere qui riportata anche un'altra forma di sguardo, che può essere definito epistemologico. I rifiuti rappresenterebbero, in questo caso, una via altra e parallela per comprendere la realtà e lo stato in cui versa il mondo che ci circonda, una sorta di strumento conoscitivo nei confronti della società esistente. L'approccio epistemologico è particolarmente interessante nel caso del packaging, scatole, involucri, quasi sempre difficilmente smaltibili e costituiti prevalentemente da materiale plastico: tra le funzioni del packaging "attivo" (prima, cioè, della sua scomparsa nel gorgo anonimo dei rifiuti) ve n'è infatti una importante, di tipo indiziario e informativo. Ora questa funzione non si esaurisce del tutto con la "morte" del packaging: le confezioni conservano, anche una volta finite nei sacchi della micidiale plastica e poi nei bidoni della spazzatura e nelle discariche, questa potenzialità rivelativa e informativa. Basti pensare al ruolo strategico che questo tipo di investigazione riveste

violence that is typically not viewed as violence at all» (Nixon, 2011).

In fact, it happens more and more often that due to neglect, ignorance or worse «for economic interests, the human being contaminates even the territory on which it lives and whose fruits it feeds on, unaware that among the many forms of abuse [...] the domination of nature is the one whose consequences fall most destructively on those who exercise it» (Iovino, 2004). According to the Wu Ming writing collective, «we – the rest of us, we the West – cannot continue to live as we are accustomed to, pushing the (material and spiritual) garbage under the carpet [...]», thus continuing to refuse «to admit that we are facing extinction as a species» (Wu Ming, 2009).

The emphasis is thus placed on the crossing of the threshold between the natural and the artificial. In our case,

we can say, between the locus amoenus of the past and the dump of today.

Even ecological practice, passing through green and organic fashions up to the classic contemplation of nature living in parks and protected areas or, differently, in the art forms of contemporary aesthetics and literary works, today suffers from the confinement of these common forms of enjoyment of natural environments typical of the capitalist world and advanced consumerist societies, within a dangerous social "state of latency".

The close study of the general and particular conditions that make possible a certain range of phenomena of damage, as well as those practices that today alter or exploit in an exasperated way the balance of life on the planet, are, on the contrary, to do with explicitation, that is, with a state of active and conscious vigilance, and, therefore,

with a practice of social criticism and political sharing which is still lacking. In the first case, a principle of non-objectivity, or "eco-typicality" tends to prevail, which is very present and well characterised today, especially in the most advanced forms of artistic and literary representation. In the second case, the mechanism of explicitation, when it is manifested, maintains a closer connection with the context of reality, without, however, preventing the semantic promotion of oriented discourses and ambiguous contents, all of which have arisen and established themselves in the wake of the current ecological crisis.

Italo Calvino sensed quite early on that the altered vital relationship with nature enacted in the contemporary world was destined to become increasingly marked by an idea of the environment and natural systems as

unstable apparatuses and therefore "correctable" and manipulable by the unlimited action of technology at the hands of humans, imagining already in the last decades of the last century his bizarre literary geography of the metamorphosis of the world to come. Among his fifty-five fantastic Babel, he depicted Leonia, a teeming and terrifying apocalyptic metropolis destined, as if by a sort of Dantesque contrappasso, to a kind of atrocious apocatastasis, with its uninterrupted reforming and repetition, in all its details, since Leonia remakes itself every day, thus producing an enormous mass of rubbish and waste (Calvino, 1972).

It thus happens for an intrinsic heterogeneity of purposes that distinguishes human action; the wounded nature catastrophically reinstates its rules, completely indifferent and overpowering compared to human claims.



in un'indagine criminale, o per una spia, militare o industriale. Sovente la decifrazione di questi resti è simile alla decifrazione indiziaria di una comunicazione o di un codice frammentario. Materiali eteroclitici che costituiscono una sorta di archivio sciolto, un palinsesto generale dei residui della attività umane che riconducono tessera dopo tessera a una specie di "storia" documentale (richiamando Foucault e il suo precetto genealogico fondativo della sua archeologia del sapere, significativamente basato sulla dialettica "documento-monumento") di chi in precedenza ha variamente utilizzato le merci e gli oggetti ridotti ora "monnezzè", a scarto e relitto inutilizzabile.

Ciò è accaduto e accade, non prima però di aver impresso su queste tracce alterate delle attività del consumo segni e frammenti di vita non labili, che sempre danno forma e riconducono il portato del waste a tentativi e modalità di decifrazione di significati ulteriori che restano iscritti sia nel valore d'uso di un prodotto o di una merce che nel valore di scambio inserito.

Dal punto di vista materiale lo stesso Marx considerava l'accumulare oggetti una caratteristica significativa dell'antropologia umana del capitalismo, e dello stesso avviso sarebbe stato, qualche anno più tardi, Jean Baudrillard, che attribuiva l'alienazione del nostro tempo alla riduzione dell'essere umano a consumatore di merci. Significativamente anche un teorico dell'architettura come Rem Koolhaas ha affermato che è proprio lo spazio spazzatura del paesaggio urbano contemporaneo a sostituire «la gerarchia con l'accumulo, la composizione con l'addizione», calandoci sempre più nella dimensione estetica e ambientale del "more is more" (Koolhaas, 2001).

Oggi sappiamo che la mania di contornarsi di oggetti-spazzatura può degenerare in patologia, un profondo malessere, già con-

sciuto come sindrome dei fratelli Collyer oppure, in termini clinici, disposofobia.

Una società a rifiuti zero è utopica quanto una società perfetta, quanto una vita indefinitamente prolungata e sottratta ai limiti della mortalità da cure supersofisticata, tecnologie bioniche e manipolazioni falstaffiane. Gli uomini sin dall'antichità hanno continuato a inumare i resti dei loro consumi materiali, dando loro significato ben oltre le necessità contingenti. C'è insomma una sorta di moralità delle cose che passa anche dagli scarti. Sarebbe in realtà più giusto parlare di "contro-monumenti", perché anche gli scarti più eterogenei formano accumuli significativi, sono luoghi del ricordo fragili e precari, la cui funzione culturale e morale si apparenta a quella di antichi pozzi rituali, sono simulacri materiali della nostra religione delle cose, e perciò elevabili ad altari grotteschi, stracolmi delle nostre monnezzè piene di disdette memorabilia.

In realtà trasformando in altro i rifiuti e reimmettendoli *ab infinitum* nel ciclo dei consumi, è come se oggi negassimo loro una funzione rappresentativa, sottraendoli ad un ordine umano classico che tende a ipostatizzarli nel loro senso ultimo di documento/monumento (Le Goff, 1978).

Il tema particolarmente complesso ed eterodosso è giunto tuttavia in vario modo anche alla riflessione contemporanea e a forme di percezione estese alle culture di massa. Uno dei protagonisti di Amore e spazzatura, afferma «la spazzatura è come la morte, non scompare mai» (Klima, 1991).

Nell'enfasi estetica del post-moderno la spazzatura ha conquistato un suo posto, com'è noto, anche nell'arte del secondo Novecento con artisti come Daniel Spoerri e Fernandez Arman (Figg. 1, 2).

The infinite complexity of the system eludes any claim to control. We are so distant from the order of nature and its secret powers that the Nietzschean philosopher Peter Sloterdijk observes how the claimed ability to dominate and control the elements, typical of our hyper-technological societies, for us moderns is still reduced to «evaluating the images of nature and its phenomena according to personal taste» (Sloterdijk, 2006). Pure superstition, all things considered.

With regard to waste, another point of view can also be reported here, which can be defined as epistemological. The waste would represent, in this case, another and parallel way to understand the reality and the state of the world around us, a sort of cognitive tool towards the existing society. The epistemological approach is particularly

interesting in the case of packaging, boxes and wrappings, almost always difficult to dispose of and consisting mainly of plastic material: among the functions of "active" packaging (before, that is, its disappearance into the anonymous whirlpool of waste) there is in fact an important one, circumstantial and informative. Now, this function does not end with the "death" of packaging: even once the packaging ends up in the bags of deadly plastic and then in the rubbish bins and landfills, it retains this revelatory and informative potential. Just think of the strategic role that this type of investigation plays in a criminal investigation, or for a spy, military or industrial. Often, the deciphering of these remains is similar to the circumstantial deciphering of a communication or a fragmentary code. Heteroclitic materials that constitute a sort of loose archive, a general palimpsest

of the residues of human activities that lead back, tile by tile, to a sort of documentary "history" (reminding Foucault and his genealogical precept founding his archaeology of knowledge, significantly based on the dialectic "document-monument") of those who previously used the goods and objects that are now "rubbish", waste and unusable wreckage.

This has happened and continues to happen, but not before imprinting on these altered traces of the activities of consumption, signs and fragments of life that are not ephemeral, and that always give form and lead the waste back to attempts and ways of deciphering further meanings that remain inscribed both in the value of use of a product or a commodity and in the value of exchange inserted.

From a material point of view, Marx himself considered the accumulation of

objects to be a significant characteristic of the human anthropology of capitalism, and of the same opinion would be, a few years later, Jean Baudrillard, who attributed the alienation of our time to the reduction of the human being to a consumer of goods. Significantly, even an architectural theorist like Rem Koolhaas has affirmed that it is precisely the junk space of the contemporary urban landscape that replaces "hierarchy with accumulation, composition with addition", bringing us more and more into the aesthetic and environmental dimension of "more is more" (Koolhaas, 2001).

Today, we know that the mania to surround ourselves with junk objects can degenerate into a pathology, a deep malaise, already known as the Collyer brothers' syndrome or, in clinical terms, disposofobia.

A zero-waste society is as utopian as



01 |



Christian Boltanski, per esempio, raccoglie oggetti-simbolo della memoria. La sua ricerca è incentrata sul tema della morte e sul senso di perdita di significato dell'esistenza, con particolare riferimento alla Shoah e all'infanzia. Da più di quarant'anni, l'artista colleziona tracce del quotidiano, come abiti-stracci, scarpe e altri effetti personali. Strappati dal contesto originario, isolati, messi in scena con drammaticità, gli oggetti appaiono come relitti di una civiltà già scomparsa.

Negli anni '60 un giovane americano, Alan Jules Webermann, si inventò il mestiere di indagatore di spazzatura e cominciò a tuffarsi nella spazzatura di personaggi famosi dello *show biz*, come rock star e attori, per ricavarne indizi e curiosità sulla loro vita

a perfect society, as a life indefinitely prolonged and subtracted from the limits of mortality by super-sophisticated treatments, bionic technologies and fake manipulations. Since ancient times, humankind has continued to bury the remains of its material consumption, giving it meaning far beyond the contingent needs. In short, there is a sort of morality of things that also passes through the waste. It would actually be more correct to speak of "anti-monuments", because even the most heterogeneous waste forms significant accumulations; they are fragile and precarious places of remembrance, whose cultural and moral function is similar to that of ancient ritual wells, they are material simulacra of our religion of things, and, therefore, elevated to grotesque altars, overflowing with our rubbish full of disdainful memorabilia.

In reality, by transforming waste into something else and reintroducing it ab infinitum into the cycle of consumption, it is as if today we were denying them a representative function, removing them from a classical human order that tends to hypostatise them in their ultimate sense of document/monument, according to what the historian Jacques Le Goff assumes of Foucauldian theory (Le Goff, 1978).

The theme is particularly complex and heterodox, however, and has led in various ways to contemporary reflection and forms of perception extended to mass cultures. One of the protagonists of Love and Garbage, states «garbage is like death, it never disappears» (Klima, 1991).

In the aesthetic emphasis of post-modernism, rubbish has also gained its place, as is well known, in the art of the second half of the twentieth century



| 02

with artists such as Daniel Spoerri and Fernandez Arman (Figs. 1, 2).

Christian Boltanski, for example, collects objects-symbols of memory. His research focuses on the theme of death and the sense of loss of meaning in existence, with particular reference to the Shoah and childhood. For more than forty years, the artist has been collecting traces of everyday life, such as clothing rags, shoes and other personal effects. Torn from their original context, isolated and dramatically staged, the objects appear as relics of a civilization that has already disappeared.

In the 1960s, a young American, Alan Jules Webermann, invented the profes-

sion of trash investigator and began to dive into the trash of famous showbiz personalities, such as rock stars and actors, to find clues and curiosities about their private lives. Before that, in the 1950s, in America, at the time of McCarthyism, the analysis of the contents of junk had already been used by FBI investigations to discover spies and conspirators.

Aleida Assmann, in the great palimpsest of inquiry into how humans preserve their past, includes junk among the acts of remembering, as significant forms and changes in our cultural memory. He argues for the close correlation between memory, the archive

privata. Prima ancora negli anni '50, in America, all'epoca del Maccartismo l'analisi dei contenuti della spazzatura erano già serviti alle indagini dell'FBI per scoprire spie e cospiratori.

Aleida Assmann, nel grande palinsesto di indagine su come l'uomo conserva il suo passato, include le spazzature tra gli atti del ricordare, in quanto forme e mutamenti significativi della nostra memoria culturale. Sostiene la stretta correlazione che intercorre tra memoria, archivio e rifiuto. La sua analisi si iscrive nella scia foucaultiana dell'indagine sul significato degli oggetti e dei sistemi presenti sulla scena delle società nel contemporaneo (Assmann, 2002).

A questo stesso proposito lo storico polacco Krzysztof Pomian osserva come quasi mai anche nelle moderne società dei consumi e della riproducibilità tecnologica l'essere scartato non rappresenta necessariamente l'ultimo gradino nella carriera di un oggetto.

La trasformazione in rifiuto tipica delle nuove tendenze del riuso rappresenta semplicemente una fase di defunzionalizzazione nella quale un oggetto perde il suo primario valore d'uso e acquisisce forme latenti in attesa di destinazione. Successivamente a questa neutralizzazione esso può riacquistare valore o, più precisamente, può assurgere a simbolo di un valore.

Anche se una prospettiva storica o artistica può riuscire a mutare la prosa del residuo nella poesia del ricordo, tuttavia rimane sempre moltissimo che non si vuole o non si riesce a riacquistare e redimere sia sul piano delle evidenze materiali che su quello dei significati simbolici. Il residuo è ciò che rimane a disposizione, e con ciò si può intendere la sua disponibilità a significare sia per l'archivio sia per la spazzatura. I residui però non si possono mai recuperare integralmente. Alla fine restano le monnezzze, il

and rejection. His analysis is in the Foucauldian vein of investigating the meaning of objects and systems present on the scene of societies in the contemporary (Assmann, 2002).

In this same regard, the Polish historian Krzysztof Pomian observes how, even in modern societies of consumption and technological reproducibility, being discarded does not necessarily represent the last step in the career of an object.

The transformation into waste typical of the new reuse trends simply represents a phase of defunctionalisation in which an object loses its primary use value and acquires latent forms waiting for a destination. After this neutralisation, it can regain value or, more precisely, it can become a symbol of value. Even if a historical or artistic perspective can succeed in changing the prose of the remnant into the poetry of

memory, there is still a great deal that is unwilling or unable to be reacquired and redeemed both in terms of material evidence and symbolic meanings. The residue is what remains available, and by this we can mean its availability to mean both the archive and the rubbish. However, residue can never be recovered in its entirety. In the end, what remains is the junk, its degree of invincible evidence, encumbrance, toxicity, insolubility and irreducibility. And cultural humans, from the time of the caves until today, have not been able to do better than bury them, to bury the waste of life in some way, as they do with the remains of their own dead, in a ceremonial way and more or less consciously handed down. For our attempts at meaningful understanding and for present and future practices of archiving, waste is and remains as structurally important as oblivion

loro grado di invincibile evidenza, ingombro, tossicità, insolubilità e irriducibilità. E l'uomo culturale dai tempi delle caverne ad oggi non è riuscito a fare di meglio che seppellirle, a inumare in qualche modo le scorie della vita, come fa con le spoglie dei propri morti, in modo cerimoniale e più o meno consapevolmente tramandato.

Per i nostri tentativi di comprensione significativa e per le pratiche presenti e future di archiviazione, i rifiuti sono e restano strutturalmente importanti tanto quanto l'oblio per la memoria. Un terreno di confine che si situa a metà strada tra fisica e metafisica, tra significato e insignificanza, su cui è utile proseguire l'interrogazione in modo eretico e paradossale. Ancora Calvino illustra questo dilemma che rappresenta in iperbole il limite di umanizzazione dei conflitti tra uomini e cose, tra soggettività umana e annichimento della vita: «Dove portino ogni giorno il loro carico gli spazzaturai nessuno se lo chiede: fuori della città, certo; ma ogni anno la città s'espande, e gli immondezzai devono arretrare più lontano; l'imponenza del gettito aumenta e le cataste s'innalzano, si stratificano, si dispiegano su un perimetro più vasto. [...] È una fortezza di rimasugli indistruttibili che circonda Leonia, la sovrasta da ogni lato come un acrocorno di montagne» (Calvino, 1972).

Questo è quanto oggi portano alla coscienza i racconti, le pratiche più avanzate del riciclo, le opere d'arte di plastica ed i racconti paradossali, o fantastici, che tentano tutti insieme l'esperimento mnemonico di una redenzione culturale e di un'archiviazione globale della spazzatura.

Intanto la monnezza, come nel racconto di Calvino, cresce intorno a noi e minaccia di sommergerci. In attesa di farne buon uso.

for memory. A borderland that lies somewhere between physics and metaphysics, between meaning and insignificance, on which it is useful to pursue the questioning in a heretical and paradoxical way. Calvino again illustrates this dilemma that represents in hyperbole the limit of humanisation of the conflicts between humankind and things, between human subjectivity and the annihilation of life: «Where do the refuse workers take their load every day, no one asks: outside the city, of course; but every year the city expands, and the refuse workers have to move further back; the impressiveness of the revenue increases and the piles rise, stratify, unfold on a wider perimeter. [...] It is a fortress of indestructible remnants that surrounds Leonia, overhanging it on all sides like an acrocornus of mountains» (Calvino, 1972).

This is what today's stories, the most

advanced recycling practices, the plastic works of art and the paradoxical or fantastic tales that all together attempt the mnemonic experiment of a cultural redemption and a global archiving of rubbish. Meanwhile the rubbish, as in Calvino's book, grows around us and threatens to overwhelm us, waiting for us to make good use of it.

#### NOTES

<sup>1</sup> Mauro Francesco Minervino, anthropologist and writer, is Full Professor of Cultural Anthropology, Ethnology at A.BB.AA Catanzaro, Miur Afam.

## NOTE

<sup>1</sup>Mauro Francesco Minervino, antropologo e scrittore, è professore Ordinario di Antropologia Culturale - Etnologia presso A.BB.AA Catanzaro - Miur Afam

## REFERENCES

- Assmann, A. (2002), *Ricordare. Forme e mutamenti della memoria culturale*, Il Mulino, Bologna, Italia.
- Augé, M. (2004a), *Le forme dell'oblio*, Saggiatore, Milano, Italia.
- Augé, M. (2004b), *Perché viviamo*, Biblioteca Meltemi, Roma, Italia.
- Augé, M. (2004c), *Rovine e macerie*, Bollati Boringhieri, Torino, Italia.
- Baudelaire, C. (1996), *Opere*, Arnoldo Mondadori, Milano, Italia.
- Benjamin, W. (1963), *Städtebilder*, Suhrkamp, Berlino, Italia.
- Calvino, I. (1972), *Le città invisibili*, prima ed., Einaudi, Torino, Italia.
- Compagnon, A. (2017), *Les Chiffonniers de Paris*, Gallimard, Parigi, Francia.
- Iovino, S. (2004), "Rifiuti tossici? Non nel mio cortile (nel loro sì, però). Un'analisi del razzismo ambientale", *Kainos*, Vol. 4, pp. 113-138.
- Iovino, S. (2017), *Ecocriticism and Italy: Ecology, Resistance, and Liberation*, Bloomsbury Publishing PLC, London, United Kingdom.
- Klíma, I. (1991), *Amore e Spazzatura*, Mondadori, Milano, Italia.
- Koolhaas, R. (2001), *Junkspace. Per un ripensamento radicale dello spazio urbano*, Mastrigli, G. (Ed.), Quodlibet, Roma, Italia.
- Le Goff, J. (1978), "Documento/Monumento", in *Enciclopedia Einaudi*, Vol. 5., Torino, Italia.
- Nixon, R. (2011), *Slow Violence and the Environmentalism of the Poor*, Harvard University Press, London, United Kingdom.
- Sloterdijk, P. (2006), *Terrore dell'aria*, Meltemi, Roma, Italia.
- Westphal, B. (2009), *La Géocritique. Réel, fiction, espace*, Di Guglielmi, M. (Ed.) *Geocritica. Reale Finzione Spazio*, Armando, Roma, Italia.
- Wu Ming (2009), *New Italian epic. Letteratura, sguardo obliquo, ritorno al futuro*, Einaudi, Torino, Italia.



Velasco Vitali

«Da un certo punto della mia vita ho considerato il mestiere o l'arte come una descrizione delle cose e di noi stessi» (Aldo Rossi).

Se guardo al mio percorso non riesco mai a vedere le cose come sganciate dalla vita e quando penso all'arte o al mio mestiere li vedo sempre legati a fatti reali.

Per descrivere da dove nasce il *branco*, per esempio, c'è un aneddoto che non posso fare a meno di raccontare: è notte, sono in casa e fuori sento dei cani ringhiare, sono certamente dei gruppi di randagi che provengono dai campi lì intorno per cercare cibo, ma non trovano niente e dopo un po' se ne vanno.

Passata la paura di quel momento a me resta però impressa quella visione, forte, fortissima: è l'immagine di gruppo di animali che attraversa la Sicilia in una campagna bruciata e desolata. È solo dopo quell'apparizione notturna che continuo a rivedere quei cani come dei fantasmi, pronti ad incutere paura, a impossessarsi di un luogo, a occuparlo e poi abbandonarlo.

Al di là dell'aspetto "terrificante", mi domando dunque se quelle ombre notturne non assomiglino forse invece a quelle di persone reali: come quelle di uomini e donne che cercano il modo di mettersi in salvo, individui che come dei nomadi si muovono fra mondi diversi e si distinguono tra loro solo per differenza di razza, lingua o abitudini e anche se sono molto uniti tra loro, resistono e si muovono in nome di un unico scopo: saper sopravvivere alla fame.

È su questo precario equilibrio di relazione interna che si regge il branco, il branco dei cani randagi è una struttura autonoma anche se animata da tensioni che si traducono spesso in gesti di forza e sguardi di rispetto, un legame che tra gli animali è condizionato anche dalla capacità che hanno di rapportarsi al capobranco e anche questa in fondo non è nient'altro che una terribile metafora che tante volte ci è toccato rivedere nella storia, presente e passata.

È la dinamica di una regola politica eterna e ripetitiva che spinge l'animale o l'uomo che sia, indifferentemente, ad aggregarsi con gli altri, per stare meglio, per difendersi, per condividere e trovare il proprio *habitat* nel nome di un equilibrio comune, equo e democratico.

Per i cani questi luoghi di difesa e aggregazione sono spazi semplici e sempre improvvisati, come il sagrato

di una chiesa o tra le sterpaglie di un campo abbandonato oppure ancora un capannone in disuso in una qualsiasi periferia urbana; purtroppo non sono rari i casi in cui anche per l'uomo è così e questi rifugi si tramutano per necessità in vere e proprie dimore. È il racconto della vita ai margini. È il racconto della vita ai margini, con un percorso che si snoda fra avanzi e macerie di città, in luoghi di transizioni come le grandi città di porto del mediterraneo che sono le vere protagoniste di queste narrazioni, le stesse che ho dipinto quando ho cominciato a realizzare le prime sculture dei cani. Le città che avevo rappresentato in quel periodo e per tutti gli anni novanta, sono state anche uno dei temi che ho approfondito maggiormente, a cominciare proprio da quelle portuali. Nelle città di porto la stratificazione architettonica lascia tracce chiare di un passato storico complesso e diversificato, le pietre e gli edifici sono infatti le testimonianze concrete di una modifica connessa alle esigenze e alla natura di quel luogo, dovute a necessità di tipo commerciali, economiche e sociali. Si pensi per esempio in che modo e quanto cambia uno spazio urbano allo sbarco di un nave traghetto che riversa in poche ore migliaia di persone sul suolo di una città che l'accoglie, il tutto si sviluppa e cresce intorno al porto in un continuo cambiamento e si trasforma in poche ore fino a modificarne la struttura. Una "invasione" che nel tempo determina un nuovo assetto culturale. Da questa osservazione nasce il bisogno di dipingere e rappresentare quei luoghi e la scultura ne è la diretta conseguenza, nient'altro che lo sviluppo in tre dimensioni dello stesso pensiero dipinto: è un'immagine che diventa materia.

Anzi, la materia fragile e friabile della scultura potrebbe essere addirittura la stessa della quale sono fatte le case abusive. Forse è per questo che sono attratto da luoghi come Gela, un'antica colonia greca, dove, ora, l'abusivismo edilizio ha sviluppato il peggio di sé e l'ha replicato in modo seriale fino alla nausea.

Ma allora? se queste case nascono in una notte, alla rinfusa e in modo totalmente anarchico perché anche la scultura non potrebbe crearsi abusivamente, rompendo quei divieti accademici che da sempre la vincolano se stessa? Ecco.

Da questa domanda è nato il *branco*. Da una vera spaccatura col mio pas-

## DIALOGUE ABOUT BRANCO

«From a certain point in my life I considered the craft or art as a description of things and of ourselves» (Aldo Rossi).

When I look at my journey, I never see things as detached from life and when I think of art or my profession, I always see everything linked to real facts.

There is a real-life story that can help describe where *branco* comes from. It was night and I was at home when I heard a bunch of dogs growling outside, I knew they were groups of stray dogs that came from the fields surrounding the house. They had come around to look for food, but they found nothing and after a while they left.

Soon I got over the initial fear, but a vision endured strongly, very strongly: it is the image of a group of animals crossing a burnt and desolate Sicilian countryside.

Ever since that nocturnal apparition I have kept seeing those dogs over and over again like ghosts, ready to strike fear, to take possession of a place, to occupy it and then abandon it.

Apart from contemplating the "terrifying" aspect, I wonder if those nocturnal shadows do not perhaps resemble those of real people: like those of men and women who are looking for a way to get to safety; individuals who, like nomads, move between different worlds, and characteristics that distinguish them from each other are race, language or habits. Being close to each other allows them to resist and to move towards a single purpose: winning the battle against hunger.

A herd is based on a precarious balance of internal relations.

A pack of stray dogs is an autonomous structure even if animated by tensions that often translate into gestures of strength and respectful looks, a bond that between animals is conditioned by the ability they have to relate to their leader and this is a mere metaphor for some horrifying events we witnessed in human history.

It is the dynamics of an eternal and repetitive political rule that pushes both men and animals equally to aggregate with others in order to get better, to defend themselves, to find and share their habitat in the name of a balanced, fair and democratic equilibrium.

For dogs, the places of defence and aggregation are simple and improvised, like a churchyard, scrubs of an abandoned field or even a disused shed in an urban suburb. This can be the case for humans too, when by necessity these refuges are transformed into real abodes.

It is a story of life on the margins of society, with a path that winds through the remains and rubble of cities, especially in places of transitions such as large port cities of the Mediterranean that are the real protagonists of these narratives, the same ones I painted when I started making the first dog sculptures.

The cities which I had been portraying in that period and throughout the nineties were in fact one of the themes I have explored in more depth, first of all the port ones. Architectural composition of a port city clearly indicates their complex and diversified past.

The stones and buildings are in fact a concrete evidence of change linked to needs and nature of that place, which revolve around economic and social requisites. Consider, for example, how much and in what way an urban space changes after a disembarking of a ferry ship from which thousands of people disembark in only few hours. Everything around the port grows and develops in a continuous process of transformation until its structure is permanently modified. An "invasion" that over time determines a new cultural order.

From this very observation arises the need to paint and represent those places and sculpture is the direct consequence of that practice, nothing more than an evolution of the same thought into three-dimensionality: it is an image that becomes a matter.

Indeed, the fragile and crumbly substance of the sculpture matches the one the illegal houses are made of. Perhaps this is why I am attracted to places like Gela, an ancient Greek colony, where illegal building has manifested its worst face and has replicated itself perpetually.

But then? if these houses are born overnight, in bulk and in a totally anarchic way, why can't sculpture be created illegally, breaking those academic prohibitions that have always binded it to itself? Here it is.

*Branco* was born from this question. From a real rift with my past, rebuilt with the same building materials as illegal buildings: cement, sand, tar, lead, sheet metal, wire mesh and con-

sato, ricostruito con gli stessi materiali dell'abusivismo edilizio: cemento, sabbia, catrame, piombo, lamiera, rete metallica e tondino da cantiere, tutto per farne una scultura abusiva. Il soggetto dei cani è stato nient'altro che una conseguenza di queste riflessioni sul significato abusivo e randagio della mia scultura e, allo stesso tempo, mi è sembrata la perfetta metafora della rappresentazione di una società multietnica, in continuo dialogo e movimento. Un'immagine simbolica di un mondo con relazioni più o meno complicate, tra i singoli e il gruppo, un dialogo serrato fra passato e presente dove il campo d'azione è sempre e comunque il bacino del Mediterraneo, luogo germinale della nostra cultura. Una riflessione anche e quindi sulle

nostre comuni radici dove l'animale è l'inconsapevole e innocente testimone di un innato bisogno di contatto con gli altri, il cui istinto fondante è la fiducia nelle relazioni sociali. Così per certificare questa intenzione progettuale a ognuno di questi cani ho affidato un titolo, che è il nome di una città fantasma, un luogo realmente esistito e poi abbandonato. Un modo per assegnare agli animali o meglio alle sculture il ruolo di testimoni della più complessa idea utopistica dell'uomo: la città (ovvero un luogo dove vivere e sopravvivere nel migliore dei modi possibili) già esistito e poi abbandonato come Kolmaskop, Hashima, Animas Forks, Africo Bannack, Belchite, Pripjat, Suakin, Kalapana, San Zhi, Mologa, Varosha, Tarcoon, Patton, Mary Murphy, Bradburn, Silverdale, ecc.

struction rod, all to make it an illegal sculpture. The subject of dogs was nothing more than a consequence of these reflections on the abusive and stray meaning of my sculpture and, at the same time, it seemed to me the perfect metaphor for the representation of a multi-ethnic society, in continuous dialogue and movement. A symbolic image of a world with more or less complicated relationships between individuals and groups, a close dialogue between past and present where the field of action is always the Mediterranean basin, the germinal place of our culture. A reflection on our common roots where the animal is an unconscious and innocent proof of an innate need for contact with others and who is

inclined by basic instincts to trust in social relationships. So to validate this contemplation I entrusted each of these dogs a title, which is a name of a ghost town, a place that had really existed and then was abandoned. By doing that, I assigned the roles of witnesses of the most complex utopian idea of a man to animals, or rather to sculptures: the city (i.e. a place to live and survive in the best possible way) which had existed and then was abandoned as Kolmaskop, Hashima, Animas Forks, Africo Bannack, Belchite, Pripjat, Suakin, Kalapana, San Zhi, Mologa, Varosha, Tarcoon, Patton, Mary Murphy, Bradburn, Silverdale, etc.

01 |



01 | Sabauda Torino, 2013  
Sabauda Torino, 2013

| 02



02 | Extramoenia Palermo, 2004  
Extramoenia Palermo, 2004





|03

03 | Sabauda Torino, 2013  
*Sabauda Torino, 2013*



|04

04 | Extramoenia Palermo, 2004  
*Extramoenia Palermo, 2004*



05 |



05 | Argine, 2007  
Argine, 2007

06 |



06 | Aula Bunker Palermo, 2021  
Aula Bunker Palermo, 2021



| 07

07 | Aula Bunker Palermo, 2021  
Aula Bunker Palermo, 2021



| 08

08 | Bellano Cottonificio, 2021  
Bellano Cottonificio, 2021



09 |



09 | Mediteraneo  
Mediteraneo

10 |



10 | Studio officina  
Studio officina

Emilio Antonioli, Margherita Ferrari,  
Dipartimento Culture del Progetto, Università Iuav di Venezia, Italia

antoniolemilio@iuav.it  
margheritaf@iuav.it

**Abstract.** Contesti di crisi come l'area MENA permettono di prefigurare scenari efficaci di sviluppo sostenibile, basati su sistemi di produzione locale supportati dall'innovazione digitale. Il costante scambio di *know how* tra l'area MENA e il continente europeo si pone come uno strumento fondamentale in cui i processi di trasferimento tecnologico contribuiscono ad accelerare e rendere più efficaci i processi di trasformazione in atto. Il contributo indaga l'efficacia dell'utilizzo di risorse locali per la produzione di componenti edili attraverso l'impiego di tecnologie innovative inserite in processi di economia circolare. Obiettivo di tale analisi è valutare le possibilità di trasferimento di tecnologie abilitanti dal contesto italiano a quello MENA quale strumento per la riattivazione economica in un'ottica di circolarità.

**Parole chiave:** MENA region; Ricostruzione; Economia circolare; Trasferimento tecnologico; Tecnologie abilitanti.

## Le Afriche e la transizione circolare

Negli ultimi anni, l'interesse di ricerca verso "le Afriche" (Albrecht, 2014) si è intensificato,

non solo in riferimento al recupero di tecniche costruttive tradizionali ma, in contesti come quello nordafricano e del Medio Oriente (MENA – *Middle East and North Africa*), anche per le frequenti crisi socio-politiche che hanno causato la distruzione di patrimoni architettonici e produttivi facendo emergere la necessità di individuare soluzioni più sostenibili ed efficienti per la ricostruzione (Felwine, 2018; Albrecht, 2019).

Nei contesti di crisi si possono infatti prefigurare scenari di sviluppo particolarmente efficaci basati su sistemi di produzione locale e circolare, e supportati dall'innovazione tecnologica offerta dalle tecnologie dell'industria 4.0. Da questo punto di vista il costante scambio di *know how* tra l'area MENA e il continente europeo si pone come un necessario volano di crescita per entrambi i contesti offrendo possibilità di sviluppo economico e

aprendo nuovi scenari di mercato per le imprese. Se in ambito MENA sono numerose le ricerche di innovazione della produzione edilizia secondo modelli di economia circolare, volti soprattutto al recupero di rifiuti o al riutilizzo di scarti di origine vegetale per la realizzazione di materiali edili (Antonioli, 2021), a livello europeo l'interesse per queste regioni è progressivamente cresciuto nell'ottica di costruire strategie condivise per lo sviluppo futuro.

Nel 2014 la mostra *Big Change Big Chance* portò alla Triennale di Milano una riflessione sull'architettura africana e sul suo impatto internazionale, raccogliendo esperienze e progetti su diversa scala, dai piccoli centri abitati alle infrastrutture territoriali, a testimoniare una continua evoluzione nelle soluzioni progettuali, ma anche una costante attenzione alle mutate condizioni climatiche (Albrecht, 2014). Lo scenario descritto dalla mostra si confronta anche con una tecnologia in evoluzione, presentata mediante "cataste" realizzate con materiali e prodotti innovativi per l'edilizia, come i profili in acciaio sagomato a freddo o quelli pultrusi in fibra di vetro (Ferrari, 2014). Un'evoluzione tecnologica che si muove verso una sempre più diffusa digitalizzazione, accrescendo la capacità di adattamento delle tecniche costruttive tradizionali e aprendo contestualmente nuovi filoni di sperimentazione, specialmente in contesti di crisi (Gramazio and Kohler, 2014).

Nel 2019 la ricerca "Esportare la ricostruzione, componentistica innovativa e nuovi mercati per il sistema produttivo veneto. Tecnologie costruttive sostenibili per la ricostruzione postbellica nei paesi MENA"<sup>1</sup> ha svolto un'ulteriore indagine riferita agli scenari di sviluppo sostenibile in cui tecnologie innovative di matrice europea e tecniche costruttive locali dell'area MENA fossero in-

From crisis to a sustainable future. Processes of technology transfer from Europe to the MENA region

**Abstract.** Crisis contexts such as the MENA region allow us to envision effective scenarios of sustainable development based on local production systems supported by digital innovation. The constant exchange of *know-how* between the MENA area and the European continent represents a fundamental tool in which processes of technology transfer help to accelerate the transformation processes currently underway and make them more effective. This paper investigates the effectiveness of using local resources for producing building components by means of innovative technologies based on circular economy processes. The objective of this analysis is to evaluate the possibilities of transferring enabling technologies from the Italian context to that of MENA as a tool for economic reactivation directed towards circularity.

**Keywords:** MENA region; Reconstruction; Circular economy; Technology transfer; Enabling technologies.

## The Africas and the circular transition

In recent years, research interest in the "Africas" (Albrecht, 2014) has intensified, not only in reference to the recovery of traditional construction techniques but, in contexts such as Middle East and North Africa (MENA), also because of the frequent socio-political crises that have caused the destruction of architectural and productive heritage, highlighting the need to identify more sustainable and efficient solutions for reconstruction (Felwine, 2018; Albrecht, 2019).

In crisis contexts, in fact, particularly effective development scenarios can be envisaged based on local and circular production systems, which can also be supported by the technological innovation offered by the technologies of industry 4.0. From this point of view, the constant exchange of *know-how*

between the MENA area and the European continent is a necessary driver of growth for both contexts, offering opportunities for economic development and opening up new market scenarios for companies. While in the MENA region a lot of research is being carried out into innovation in building production according to circular economy models, aimed above all at recovering waste or reusing plant-based leftovers for the construction of building materials (Antonioli, 2021), at European level the interest in these regions has progressively grown with a view to building shared strategies for future development.

In 2014, the *Big Change Big Chance* exhibition brought a reflection on African architecture and its international impact to the Milan Triennale, gathering experiences and projects on different scales, from small towns to



tegrate in processi produttivi circolari. In particolare, la ricerca ha condotto un'analisi su sistemi costruttivi sviluppati in Italia e applicabili nei processi di ricostruzione dei paesi MENA colpiti dalla guerra. Lo studio ha individuato tecnologie costruttive volte a rispondere a specifiche esigenze del contesto geografico di riferimento, come la scarsità di risorse o il collasso del sistema produttivo, partendo da alcune esigenze strategiche per lo sviluppo di plausibili scenari di ricostruzione. Tra questi particolare rilievo hanno assunto l'uso efficiente e sostenibile delle risorse locali, specie quelle di scarto, in un'ottica di economia circolare, e l'attivazione di processi di produzione sostenibili mediante il trasferimento di tecnologie abilitanti dal contesto europeo a quello MENA.

### **Le nuove tecnologie nei processi di ricostruzione**

Una tra le principali sfide che ci attendono nel prossimo futuro è quella di ripensare i modelli di produzione per attivare processi più sostenibili e circolari in cui il consumo di risorse e la produzione di rifiuti siano minimizzate. Se a livello europeo azioni di transizione verso questi processi sono sostenute da strategie come quella del *Green Deal* Europeo e da programmi di ricerca come *Horizon 2021-2027*, in ambiti come l'area MENA tali azioni trovano meno supporto. Tuttavia proprio in contesti di crisi, dove la disponibilità di mezzi e risorse sono limitati, tale transizione risulta fondamentale e necessaria per la riattivazione di un tessuto socio-economico fragile e instabile. Il contributo intende per questo indagare l'efficacia dell'uso di risorse locali per la produzione di componenti edili attraverso l'impiego di processi di economia circolare e di tecnologie innovative: tale indagine è elaborata negli scenari plausibili per la

territorial infrastructures, to shed light on a continuous evolution in design solutions, while also paying constant attention to changing climatic conditions (Albrecht, 2014). The scenario described by the exhibition is also confronted with evolving technology, presented through "stacks" made with innovative building materials and products, such as cold-formed steel profiles or pultruded fibreglass profiles (Ferrari, 2014). This technological evolution moves towards an increasingly widespread digitisation, improving the adaptability of traditional construction techniques and simultaneously opening up new lines of experimentation, especially in crisis contexts (Gramazio and Kohler, 2014). In 2019, the research "Exporting reconstruction, innovative components and new markets for the Veneto production system. Sustainable construc-

tion technologies for post-war reconstruction in MENA countries"<sup>1</sup> carried out a further investigation by referring to sustainable development scenarios in which innovative technologies of European origin and local construction techniques from the MENA area were integrated within circular production processes. In particular, the research conducted an analysis on construction systems developed in Italy and applicable to the reconstruction processes of the MENA countries affected by war. The study identified construction technologies aimed at responding to the specific needs of the geographical context of reference, such as a scarcity of resources or the collapse of the production system, starting from various strategic needs for the development of plausible reconstruction scenarios. Among these, particular importance was given to the

ricostruzione dei centri urbani dell'area MENA caratterizzata negli ultimi decenni da ripetuti conflitti che hanno provocato ingenti danni alle città e ai territori della regione. La ricostruzione diviene in tali ambiti condizione in cui riformulare il valore stesso della sostenibilità (Albrecht, 2019), ridefinendo anche quello di "tecnologia 4.0" e i processi di trasferimento tecnologico in relazione a sistemi costruttivi e materiali delle tradizioni locali. Il carattere flessibile rende queste tecnologie adattabili al contesto specifico, consentendo di valorizzare le risorse disponibili.

Testimonianza di questo approccio, che integra nuove tecnologie, progettazione parametrica e tecniche tradizionali, è il progetto *African Fabbers School* a cura di Paolo Cascone e CODESIGN-LAB, tra i più consolidati in questo contesto. Nato nei primi anni del Duemila come progetto formativo itinerante, toccando vari Paesi dell'Africa come Senegal e Marocco, dal 2018 ha sede a Douala in Camerun. Nei laboratori della scuola trovano spazio varie stampanti 3D FDM e una macchina a controllo numerico, oltre ad altre macchine utensili. Nel 2019, ad esempio, proprio in questi spazi hanno preso forma le parti edilizie che compongono la *African Fabbers House*, realizzata con un telaio strutturale ligneo, pannelli fresati con macchine a controllo numerico ed elementi in argilla stampati e lavorati a mano. La scuola, che accoglie studenti e artigiani del luogo, affianca alla progettazione parametrica la valorizzazione della cultura vernacolare, comprendente i materiali e le tecniche costruttive tipiche del territorio, ponendo le basi per sviluppare un modello economico e produttivo differente, capace di valorizzare le risorse, sia umane che materiali<sup>2</sup> (Fig. 1).

In senso più ampio i processi di trasferimento tecnologico, sia tra settori e ambiti differenti che tra contesti socio-economici diversi, risultano uno strumento fondamentale per accelerare

efficient and sustainable use of local resources, especially waste, from the perspective of a circular economy, and the activation of sustainable production processes through the transfer of enabling technologies from the European context to that of MENA.

### **New technologies in reconstruction processes**

One of the main challenges facing us in the near future is to rethink production models in order to activate more sustainable and circular processes that minimise the consumption of resources and the production of waste. While transition actions towards these processes are supported at European level by strategies such as that of the European Green Deal and by research programmes such as *Horizon 2021-2027*, in areas such as the MENA region these kinds of actions find less

support. However, this transition is especially fundamental and necessary for the reactivation of a fragile and unstable socio-economic fabric in the context of crises, where the availability of means and resources are limited.

To this end, this article intends to investigate the effectiveness of using local resources for the production of building components through circular economy processes and innovative technologies. This investigation is elaborated through plausible scenarios for the reconstruction of urban centres in the MENA area that have been characterised by repeated conflicts in recent decades that have caused extensive damage to the region's cities and territories. In these areas, reconstruction becomes a condition in which the very value of sustainability can be reformulated (Albrecht, 2019), while also redefining that of "technology 4.0"

01 | All'interno della scuola a Douala, Camerun, si realizzano gli elementi che compongono la Fabbers House, alcuni fatti a mano altri con strumenti digitali, come la lavorazione sui pannelli lignei fresati con una CNC. Paolo Cascone

*Inside the school in Douala, Cameroon, the elements that make up the Fabbers House are created, some hand-made, others with digital tools, such as processing on wooden panels milled with a CNC. Paolo Cascone*

e rendere più efficaci le ricadute di nuovi sistemi o metodi di produzione (Sinopoli, 2002). Tali processi rientrano nella sfera più ampia dell'innovazione tecnologica e sono strettamente connessi all'impiego efficiente delle risorse. Le tecnologie contemporanee possono essere distinte in due macrocategorie connesse l'una con l'altra: da un lato la tecnologia informatica costituita da dati, dall'altro quella strumentale caratterizzata da mezzi di lavorazione sempre più sofisticati. Senza la digitalizzazione queste tecnologie innovative non sarebbero tali, ma soprattutto non potrebbero integrarsi l'una con l'altra. L'innovazione si manifesta quindi dall'integrazione di queste due componenti e consente oggi di adattare gli strumenti di lavoro allo specifico campo d'impiego e della destinazione d'uso. Infine, questa adattabilità rende possibile trasferire tecnologie in diversi contesti geografici, andando incontro alle criticità specifiche di un luogo o alle peculiari esigenze dei processi di ricostruzione.

### Il trasferimento tecnologico per la ricostruzione. Il caso dell'area MENA

Partendo dalle riflessioni sviluppate dalla già citata ricerca "Esportare la ricostruzione" il contributo intende analizzare alcune strategie per la ricostruzione basate su processi di tipo circolare e su sistemi di produzione innovativa derivante dalle nuove tecnologie 4.0. Obiettivo di tale analisi è valutare le possibilità di trasferimento di tecnologie abilitanti da contesti come quello europeo – e in particolare quello italiano – a quello MENA. Tale processo non si pone come semplice trasferimento fine a sé stesso ma come strumento per la riattivazione di economie locali in un'ottica di innovazione e circolarità.

and processes of technology transfer in relation to construction and material systems from local traditions. Their flexible nature makes these technologies adaptable to a specific context, allowing the available resources to be fully exploited.

This approach, which integrates new technologies, parametric design and traditional techniques, is demonstrated by the *African Fabbers School* project overseen by Paolo Cascone and CODESIGNLAB, which is one of the most well-established in this context. Created in the early 2000s as an itinerant training project involving various African countries such as Senegal and Morocco, it has been based in Douala in Cameroon since 2018. The school workshops contain various FDM 3D printers and a CNC machine, as well as other machine tools. In 2019, for example, the building parts that make up

the African Fabbers House took shape in these spaces, made with a wooden structural frame, panels milled with CNC machines and moulded, hand-worked clay elements. The school, which welcomes both students and local artisans, combines parametric design with the enhancement of vernacular culture, including the materials and construction techniques typical of the area, laying the foundations for the development of a different economic and production model that is capable of enhancing both human and material resources<sup>2</sup> (Fig. 1).

In a broader sense, both the processes of technology transfer between different sectors and spheres and those between different socio-economic contexts are a fundamental tool for accelerating new production systems or methods and making their outcomes more effective (Sinopoli, 2002).



Prima di procedere con la definizione delle strategie è necessario delineare le principali esigenze che caratterizzano il settore della ricostruzione nell'area MENA, al fine di tracciare soluzioni costruttive efficaci, che possano portare a una progressiva transizione circolare dei processi di ricostruzione. Le principali esigenze individuate sono:

1. Uso efficiente delle risorse locali, in particolare l'uso di materie prime riciclate o il riuso di materie prime seconde in un'ottica di economia circolare (Bompan and Brambilla, 2016). La capacità di usare risorse locali, poco costose, di recupero o di scarto consente di massimizzare il beneficio economico della ricostruzione attivando filiere parallele che generano occupazione e ricchezza sul territorio (Carra *et al.*, 2016).
2. Attivazione di processi di produzione dal ridotto impatto energetico eseguibili *in situ* o in impianti produttivi *off-grid*, autoalimentati e con caratteristiche di flessibilità tali da consentire il loro spostamento e adattamento alle specifiche esigenze del progetto (Antoniol and Villani, 2019).
3. La valorizzazione del capitale umano, attraverso l'attivazione di processi di ricostruzione *bottom-up*, privilegiando soluzioni costruttive tradizionali e l'impiego di manodopera

These processes fall within the broader sphere of technological innovation and are closely related to the efficient use of resources. Contemporary technologies can be divided into two macro-categories that are connected to each other: on the one hand, information technology consisting of data, and on the other, instrumental technology characterised by increasingly sophisticated means of production. Without digitisation, these innovative technologies would not be innovative, and most significantly, they would not be able to integrate with each other. Innovation is, therefore, manifested by the integration of these two components and thus makes it possible to adapt the work tools to the specific area of application and intended use. Finally, this adaptability makes it possible to transfer technologies to different geographical contexts, meeting the specific critical

issues of a place or the particular needs of the reconstruction processes.

### Technology transfer for reconstruction. The case of the MENA region

Starting from the reflections developed by the aforementioned research "Exporting reconstruction", this paper intends to analyse various strategies for reconstruction based on circular processes and innovative production systems which derive from new 4.0 technologies.

The objective of this analysis is to evaluate the possibilities of transferring enabling technologies from contexts such as that of Europe – and in particular that of Italy – to that of MENA. This process is not a simple transfer intended as an end in itself but rather as a tool for the reactivation of local economies with a view to innovation and circularity.

02 | Le macerie degli edifici distrutti dalla guerra costituiscono una risorsa economica per contesti di crisi. Il loro utilizzo in processi circolari di produzione di nuovi componenti edilizi costituisce una soluzione allo smaltimento delle macerie e permette di riattivare filiere produttive e generare occupazione

*The rubble of the buildings destroyed by the war constitute an economic resource for crisis contexts. Their use in circular production processes of new building components constitutes a solution to the disposal of rubble and allows the reactivation of the production chains and the generation of employment*

locale, per incentivare l'occupazione e la riattivazione economica.

4. L'attivazione di processi di digitalizzazione dei sistemi produttivi. La crescente accessibilità alle nuove tecnologie, sia informatiche che meccaniche, consente di integrare sistemi di monitoraggio e automazione ai processi di produzione, sfruttandone al meglio le potenzialità e riducendo al minimo la dispersione di risorse. Si tratta per lo più di strumenti volti a integrare processi già in atto, la cui flessibilità consente un rapido adattamento a contesti differenti e la cui accessibilità, in termini di configurazione e gestione, ne permette un impiego versatile (Carpo, 2014).

All'interno del quadro di esigenze appena definito il contributo propone in particolare due strategie volte a favorire la transizione circolare nei processi di ricostruzione grazie al supporto di tecnologie 4.0. Per farlo vengono presentate alcune *best practice* sviluppando un confronto critico tra tecnologie innovative sviluppate in ambito italiano e loro possibili applicazioni in area MENA al fine di verificare la possibile trasferibilità di conoscenze, competenze e strumenti tra i due contesti di indagine.

### Risorse locali per strategie globali

Una prima strategia individua nello sfruttamento delle "risorse locali" il principale focus di intervento. Per risorse locali si intendono sia materiali tipici del processo edilizio che sottoprodotti derivanti da altre lavorazioni che possono essere introdotti nelle filiere della produzione edilizia. In particolare, la strategia prevede lo sfruttamento di una materia prima seconda quasi sempre presente nei contesti di crisi e ottenuta dalla demolizione degli edifici esistenti semidistrut-

ti: le macerie. Tale risorsa si presenta come una "naturale" conseguenza di eventi di crisi e offre la possibilità di riutilizzare un materiale che andrebbe altrimenti smaltito. Triturando e ricompattando le macerie si possono ottenere mattoni e blocchi dall'elevata resistenza meccanica, impiegabili direttamente *in loco* per la ricostruzione, riducendo l'uso di nuovi prodotti. La produzione può avvenire *in situ* mediante la pressatura a freddo di una miscela di macerie tritate e leganti cementizi, polimerici o di origine organica (Fig. 2).

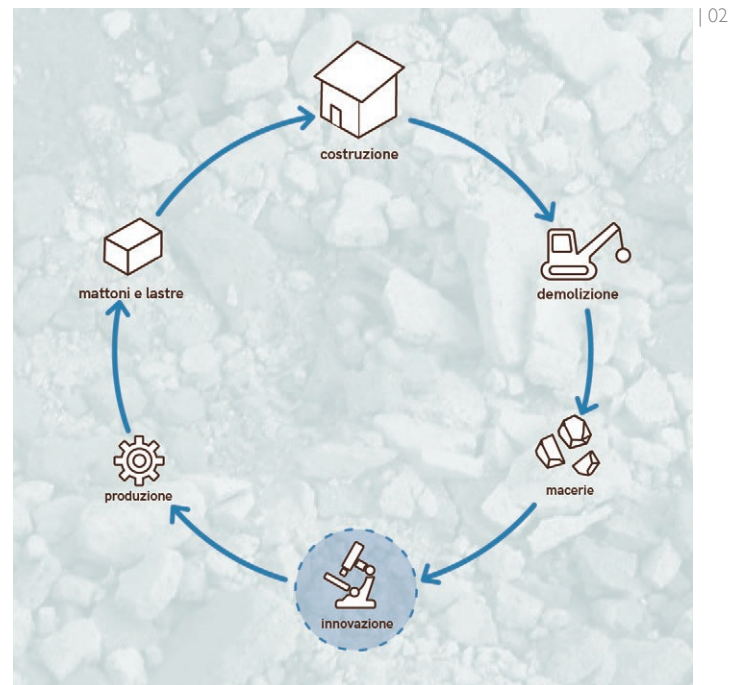
Before going on to define the strategies, it is necessary to highlight the main needs which characterise the reconstruction sector in the MENA area, in order to outline effective construction solutions that can lead to a progressive circular transition of reconstruction processes. The main needs identified are:

1. Efficient use of local resources, in particular the use of recycled raw materials or the reuse of secondary raw materials with a view to a circular economy (Bompan and Brambilla, 2016). The ability to use local, inexpensive, recovered or waste resources makes it possible to maximise the economic benefit of reconstruction by activating parallel supply chains that generate employment and wealth in the area (Carra *et al.*, 2016).
2. Activation of production processes with a reduced energy impact that can

be carried out *on site* or in *off-grid* production plants that are self-powered and have flexible characteristics, allowing them to be moved and adapted to the specific needs of the project (Antoniol and Villani, 2019).

3. The enhancement of human capital through the activation of *bottom-up* reconstruction processes, favouring traditional construction solutions and the use of local labour, to encourage employment and economic reactivation.

4. The activation of digitisation processes for production systems. The increasing accessibility of new technologies, both computer-based and mechanical, allows monitoring and automation systems to be integrated into production processes, making the most of their potential and minimising the wastage of resources. These are mostly tools aimed at integrating pro-



cesses that are already in place, whose flexibility allows rapid adaptation to different contexts and whose accessibility, in terms of configuration and management, allows for versatile usage (Carpo, 2014).

Within the framework of the needs defined above, this paper proposes two strategies in particular aimed at fostering a circular transition in reconstruction processes thanks to the support of 4.0 technologies. To do this, some *best practices* are presented by developing a critical comparison between innovative technologies developed in Italy and their possible applications in the MENA area, in order to verify the potential transferability of knowledge, skills and tools between the two contexts under consideration.

Lo scenario proposto dalla prima strategia trova già alcune interessanti applicazioni sia in area MENA che a livello nazionale. In Italia la start-up fiorentina Catalyst, propone una tecnologia innovativa per l'impiego delle macerie ottenute da processi di demolizione per la produzione *in loco* di nuovi blocchi. Pensato per la ricostruzione di città colpite dal sisma, il mattone Ri-Block

focus of intervention as the exploitation of "local resources". The term "local resources" refers to both materials typical of the building process and by-products derived from other processes that can be introduced into the building production chains. In particular, the strategy envisages the exploitation of a secondary raw material that is almost always present in crisis contexts and is obtained by demolishing existing semi-destroyed buildings: rubble. This resource appears as a "natural" consequence of crisis events and offers the possibility of reusing a material that would otherwise be disposed of. By shredding and recompacting rubble, bricks and blocks with high mechanical strength can be obtained, which can be used directly *on site* for reconstruction, reducing the use of new products. Production can take place *in situ* by cold pressing a mixture

**Local resources for global strategies**  
A first strategy identifies the main fo-



di Catalyst è ottenuto tritutando e compattando a freddo con presse automatizzate – quindi senza l'utilizzo di forni – macerie da demolizione preventivamente selezionate. Il mattone rettificato è pensato per la posa con colla, contiene il 75-80% di riciclato ed è riciclabile al 100%.

Si tratta di un processo circolare in cui le macerie, a fine vita di un edificio, costituiscono la risorsa principale per la fabbricazione di nuovi prodotti da re-inserire nella filiera edilizia mediante processi di innovazione che riguardano sia le modalità di produzione che quelle di posa in opera, e trasferibili anche in altri contesti come quello MENA.

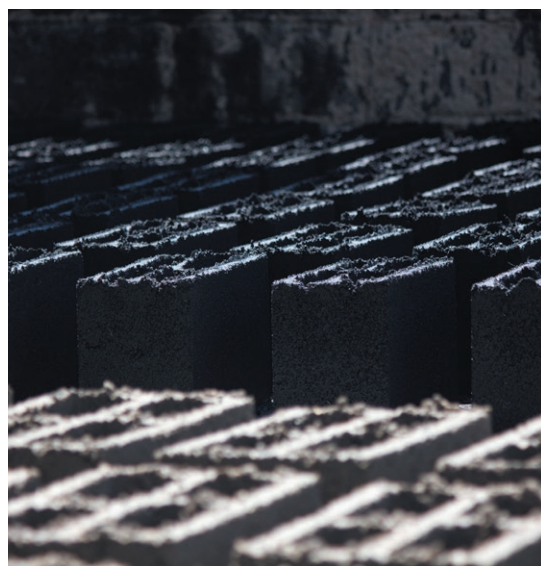
In quest'area è significativa l'esperienza di Green Cake, start-up palestinese che produce blocchi impiegando le macerie derivate dagli incendi dovuti ai bombardamenti sulla città di Gaza. Sviluppati dall'ingegnere edile Majd Mashharawi, i blocchi sono costituiti da una ridotta quantità di cemento per legare tra loro macerie di calcestruzzo e cenere derivanti dalla demolizione degli edifici distrutti dalla guerra, attivando un processo di riuso circolare e sostenibile. Più leggeri e più economici dei tradizionali blocchi in calcestruzzo, sono prodotti con un impiego ridotto di materie prime e con la manodopera locale, in particolare femminile, bisognosa di occupazione, attraverso semplici presse manuali o a movimento meccanico (Figg. 3, 4). La combinazione di queste pratiche produttive locali con nuove tecnologie trasferite dal contesto europeo può quindi innescare in questi contesti processi di innovazione basati sui principi della transizione circolare.

La seconda strategia individua nell'introduzione di tecnologie avanzate un acceleratore di sviluppo dei processi circolari, sia nella gestione di informazioni, che nella lavorazione materiale.

Tecnologie come droni per il rilevamento o macchine per la manifattura additiva come la stampante 3D costituiscono ambiti di elevata applicabilità in contesti come quello MENA caratterizzati da una scarsità di infrastrutture produttive e di trasporto. In questo scenario l'innovazione di processo che si manifesta mediante l'uso di tecniche avanzate non si configura solo come un miglioramento del sistema produttivo ma anche come una possibilità per l'ottimizzazione dello stesso, rendendo più efficiente l'uso delle risorse. In particolare, la strategia analizzata prevede lo sfruttamento di una materia prima quasi sempre presente nei contesti di studio: l'argilla.

Sono infatti numerose le architetture realizzate negli ultimi anni in Africa con sistemi in argilla o terra cruda (Firrone, 2008) che evidenziano come questa tecnica tradizionale sia ancora fortemente diffusa. Opere quali la scuola a Gando (2001) di Diébédo Francis Kéré in Burkina Faso, la Community School (2011) di Emilio Caravatti in Mali (Caravatti, 2013) o il più recente Ospedale chirurgico pediatrico di Entebbe in Uganda completato nel 2020 da RPBW (TAMassociati, 2020) sono la dimostrazione di come le tecnologie tradizionali in terra cruda abbiano ritrovato un notevole interesse nelle costruzioni contemporanee in Africa. Le motivazioni di tale "riscoperta" possono essere rintracciate proprio nelle caratteristiche di sostenibilità di queste tecnologie, dove non ci si riferisce solo a un uso efficiente delle risorse locali ma anche ad aspetti di sostenibilità sociale ed economica, mediante il coinvolgimento delle comunità locali.

A partire da queste tecniche costruttive tradizionali è possibile delineare un ulteriore scenario di sviluppo sostenibile per queste aree attraverso l'applicazione di strumenti di innovazione tecnologica, come ad esempio la stampa tridimensionale (Fig. 5).

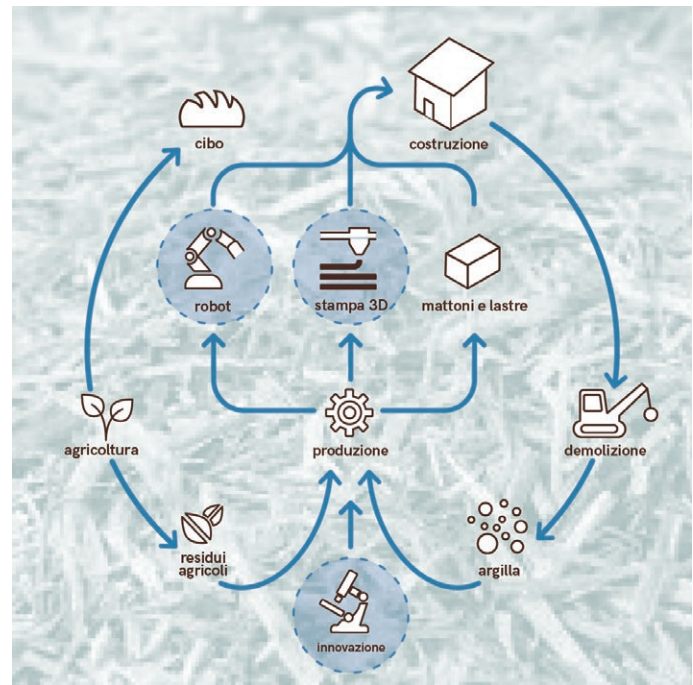




05 | Materiali del luogo, come l'argilla, combinati con altri materiali di scarto del settore agricolo consentono di ottenere impasti utili per la realizzazione di prodotti finiti o la sperimentazione con nuove tecnologie in ambito edilizio. Questo processo, supportato dalle tecnologie 4.0, offre nuove possibilità per la ricostruzione basata su un uso sostenibile delle risorse

*Local materials, such as clay, combined with other waste materials from the agricultural sector make it possible to obtain mixtures useful for the creation of finished products or experimentation with new technologies in the construction sector. This process, supported by 4.0 technologies, offers new possibilities for reconstruction based on the sustainable use of resources*

Questa tecnologia assume un ruolo rilevante, in particolar modo il *Liquid Deposition Modeling* (LDM) che consiste nell'estrusione di materia in uno stato semifluido attraverso un ugello mosso da bracci meccanici. Questa tipologia di stampa apre a un ampio spettro di applicazioni, legato alla variabilità degli ugelli impiegabili e alle differenti miscele stampabili definite in funzione delle destinazioni d'uso del processo. La stampa LDM trova infatti impiego a diverse scale e una delle frontiere di sperimentazione è la stampa di interi edifici. Proprio in questo ambito una delle realtà più interessanti è l'azienda italiana WASP che da diversi anni ha attivato un filone di ricerca dedicato alla stampa di manufatti architettonici con l'ausilio di stampanti che raggiungono fino a 4 m di altezza (Crane WASP). Questa tecnologia è stata sviluppata con l'intento di sfruttare le risorse locali, più precisamente l'argilla del luogo e alcuni scarti agricoli fibrosi da unire alla miscela da stampare. La ricerca di WASP si basa su un processo circolare a km0, dove vengono impiegati materiali reperibili sul sito di progetto e reintroducibili nell'ecosistema a fine vita dell'edificio, riducendo al minimo l'uso del cemento. Sulla base di questa strategia nel 2018 WASP presenta Gaia, il primo modulo architettonico stampato in 3D, con struttura portante e copertura piana in legno, realizzato usando direttamente il terreno argilloso di Massa Lombarda – sede dell'azienda – in miscela con fibre vegetali derivanti dalla filiera del riso. Gaia rappresenta un caso studio esemplare a livello mondiale, fondamentale per comprendere le potenzialità offerte dall'*additive manufacturing* nel settore delle costruzioni e nel 2020, WASP propone un ulteriore avanzamento tecnologico grazie a Tecla, una casa in terra cruda stampata in 3D e autoportante, compresa la copertura a volta. Il progetto, sviluppato in collaborazione con Mario Cucinella Architects, è



stato realizzato impiegando simultaneamente due stampanti collaborative Crane WASP a dimostrazione di come la tecnologia di stampa architettonica sia in grado di realizzare edifici ottimizzando il processo costruttivo e minimizzando l'impiego di risorse umane ed energetiche grazie all'adozione di tecnologie avanzate. Per la struttura a doppia cupola il progetto si è avvalso della collaborazione dello studio Milan Ingegneria mentre per lo sviluppo e l'ingegnerizzazione della miscela di argilla, fibre vegetali e additivi stabilizzanti è stata avviata una collaborazione con Mapei (Figg. 6, 7).

Il risultato di queste due strategie, anche combinate tra loro, è lo sviluppo di "prototipi circolari", innovativi sia in termini di prodotto che di processo: modelli replicabili in diversi contesti quali, ad esempio, abitazioni realizzate con materiali riciclabili, recuperati dal contesto locale, a zero emissioni e adattabili a di-

of crushed rubble and cement-based, polymeric or organic binders (Fig. 2). The scenario proposed by the first strategy is already adopted in some interesting applications both in the MENA area and within Italy. The Florentine start-up Catalyst proposes an innovative technology for using rubble obtained from demolition processes to produce new blocks *on site*. Designed for the reconstruction of cities hit by earthquakes, Catalyst's Ri-Block brick is obtained by grinding and cold compacting previously selected demolition rubble with automated presses, which therefore does not require the use of kilns. The rectified brick is designed to be installed with glue, contains 75-80% recycled content and is 100% recyclable.

It is a circular process in which, at the end of a building's life, rubble constitutes the main resource for the manu-

facture of new products to be re-introduced into the building chain through innovation processes which relate to both the production and installation methods, and which are also transferable to other contexts such as MENA. In this area, one significant experience is that of Green Cake, a Palestinian start-up that produces blocks using the rubble resulting from the fires caused by the bombing of the city of Gaza. Developed by construction engineer Majd Mashharawi, the blocks are made of a reduced quantity of cement to bind concrete rubble and ash produced by the demolition of buildings destroyed by war, activating a circular and sustainable reuse process. Lighter and cheaper than traditional concrete blocks, they are produced with a reduced use of raw materials and with local labour forces, especially women, who are in need of employment,

through simple manual or mechanical movement presses (Figs. 3, 4). The combination of these local production practices with new technologies transferred from the European context can therefore trigger innovation processes based on the principles of circular transition in these contexts.

The second strategy identifies the introduction of advanced technologies as an accelerator for the development of circular processes, both in terms of the management of information and material processing. Technologies such as drones for detection or machines for additive manufacturing such as 3D printers are fields that are highly applicable in contexts such as MENA, which is characterised by a scarcity of production and transport infrastructures. In this scenario, the innovation process manifested through the use of advanced techniques is not

only configured as an improvement of the production system, but also as a possibility for its optimisation, by making the use of resources more efficient. In particular, the strategy analysed involves the exploitation of a raw material that is almost always present in the contexts studied: clay.

In fact, there are numerous instances of architectural works built in Africa in recent years with raw earth systems (Firrone, 2008), which highlight how widespread this traditional technique still is. Works such as the school in Gando (2001) by Diébédo Francis Kéré in Burkina Faso, the Community School (2011) by Emilio Caravatti in Mali (Caravatti, 2013) or the more recent paediatric surgical hospital in Entebbe in Uganda completed in 2020 by RPBW (TAMassociati, 2020) demonstrate how traditional raw earth technologies have aroused considera-

06,07 | Costruzione di Tecla con l'uso della stampante Crane WASP: lo strumento consente di depositare una miscela di argilla, fibre vegetali e additivi stabilizzanti, senza l'impiego di altre strutture a supporto. Vista dall'alto, durante la realizzazione della copertura, anch'essa stampata 3D, e dettaglio della muratura, la cui stratigrafia e spessore complessivo si riducono in altezza. WASP

*Tecla construction with the use of the Crane WASP printer: the instrument allows a mixture of clay, vegetable fibres and stabilising additives to be deposited, without the use of other supporting structures. The view from above, during the construction of the roof by 3D printed, and the detail of the masonry, whose stratigraphy and overall thickness taper upwards. WASP*



verse fasce climatiche. Allo stesso modo anche il processo produttivo è flessibile e scalabile, dal livello di edificio a quello di quartiere fino a quello di città, e applicabile quindi in aree dove fattori di crisi abbiano danneggiato e reso inefficienti le infrastrutture produttive e di trasporto.

## Conclusioni

Gli esempi riportati dimostrano come vi sia possibilità di trasferire tecnologie abilitanti, come quelle proposte da Catalyst e WASP, dal contesto europeo a quello MENA. Il successo di tale trasferimento è legato alla capacità di mettere a sistema tecnologie digitali, innovative e flessibili, con la cultura materiale tipica

ble interest in contemporary constructions in Africa. The reasons for this “rediscovery” can be traced precisely to the sustainability features of these technologies, which do not only entail an efficient use of local resources but also aspects of social and economic sustainability through the involvement of local communities.

Starting from these traditional raw earth construction techniques, it is possible to outline a further scenario of sustainable development for these areas through the application of technological innovation tools, such as 3D printing (Fig. 5).

This technology plays an important role, especially *Liquid Deposition Modelling* (LDM) which consists of extruding matter in a semi-fluid state through a nozzle moved by mechanical arms. This type of printing opens up a wide spectrum of applications

thanks to the variability of the nozzles that can be used and the different printable mixtures, which are defined according to the intended use of the process. LDM printing is in fact used at different scales and one of the frontiers of experimentation with it is the printing of entire buildings. One of the most interesting organisations in this context is the Italian WASP company, which for several years now has had a line of research dedicated to printing architectural artefacts with the aid of printers that reach up to 4 m in height (Crane WASP). This technology has been developed with the intention of exploiting local resources, more precisely local clay and fibrous agricultural waste, which is then combined with the mixture to be printed. WASP's research is based on a km0 circular process using materials which are available on the project site and which can

della tradizione del luogo, e quindi con la capacità di sfruttare in modo consapevole le risorse locali, sia materiali che immateriali. Il paper ha individuato nei temi dello sviluppo di processi circolari e tecnologicamente efficienti due dei cardini attorno cui ruotano le possibili visioni future delle città. Se in ambito Europeo queste possono richiedere molti anni per essere attuate, contesti come l'area MENA rappresentano opportunità di ricerca per uno sviluppo accelerato, offrendo la possibilità di concepire una totale rivalutazione del sistema economico, e mettendo al centro dello sviluppo delle città temi come la neutralità climatica e l'uso sostenibile delle risorse. In questo modo le tecnologie 4.0 e le informazioni digitali potranno non solo contribuire a ridefinire

be reintroduced into the ecosystem at the end of the building's life, minimising the use of cement. Based on this strategy, in 2018 WASP presented Gaia, the first 3D printed architectural module, with a load-bearing structure and flat wooden roof made directly using the clayey soil of Massa Lombarda – the company's headquarters – mixed with vegetable fibres derived from the rice supply chain. Gaia represents an exemplary case study worldwide, and is fundamental for understanding the potential offered by *additive manufacturing* in the construction sector and, in 2020, WASP put forward a further technological advance thanks to Tecla, a 3D printed and self-supporting clay house, including a vaulted roof. Developed in collaboration with Mario Cucinella Architects, the project was carried out using two Crane WASP collaborative printers simultaneously,

demonstrating how architectural printing technology is able to create buildings by optimising construction processes and minimising the use of human and energy resources thanks to the adoption of advanced technologies. For the double dome structure, the project involved the collaboration of the Milan Ingegneria studio, while a collaboration with Mapei was initiated for the development and engineering of the mixture of clay, vegetable fibres and stabilising additives (Figs. 6, 7).

The result of these two strategies, also when they are combined with each other, is the development of “circular prototypes”, which are innovative both in terms of product and process: models that can be replicated in different contexts such as homes built with recyclable materials, those recovered from the local context, zero emissions and adaptability to different climatic



processi di produzione, ma anche valorizzare quelli già esistenti in chiave di maggiore efficacia e verso una transizione circolare completa in cui l'uso efficiente delle risorse e l'eliminazione dei rifiuti siano azioni connaturate in ogni progetto.

## NOTE

<sup>1</sup> Il progetto di ricerca è stato condotto all'interno dell'*Urbicide Task Force* dell'Università Iuav di Venezia, coordinato dal prof. Benno Albrecht. Il progetto ha visto la partecipazione di differenti realtà aziendali e partner internazionali quali la *World Bank* e *UN ESCWA*, per la definizione di un programma di trasferimento tecnologico di competenze e *know-how* tra il Veneto e la regione MENA, nonché degli autori nella veste di assegnista e borsista di ricerca.

<sup>2</sup> Per approfondire le attività di *African Fabbers School* e del progetto *Fabbers House* si veda la pagina web dedicata CODESIGNLAB <http://www.codesignlab.org/it/2014-02-09-22-48-47/90-homepage/260-african-fabbers-school.html> (ultima consultazione febbraio 2021), e l'intervista pubblicata su *Domusweb* nel dicembre 2018 a cura di Salvatore Peluso, disponibile su <https://www.domusweb.it/it/design/2018/12/26/il-primo-laboratorio-di-fabbricazione-digitale-per-larchitettura-ed-il-design-in-africa.html> (ultima consultazione febbraio 2021).

## REFERENCES

Albrecht, B. (2014), *Africa - Big change, big chance*, Editrice Compositori, Bologna, Italia.

Albrecht, B. (2019), "Reconstruction as a sustainable scenario", in Albrecht, B. and Galli, J. (Eds.), *Urbicide Mosul - Triggers for Reconstruction*, Anteferma Edizioni, Conegliano, Italia, pp. 7-19.

Antonoli, E. (2021), "Nuove economie dagli scarti. Processi circolari per la ricostruzione e lo sviluppo socio-economico in Africa e Medio Oriente", *OFFICINA\**, Vol. 33, pp. 68-71.

zones. In the same way, the production process is also flexible and scalable, from the level of building to that of a neighbourhood, up to that of the city. As such, it can be applied in areas where crisis factors have damaged production and transport infrastructures, rendering them inefficient.

## Conclusions

The examples given show that there is a possibility to transfer enabling technologies, such as those proposed by Catalyst and WASP, from the European context to that of MENA. The success of this transfer is linked to the ability to systematise digital, innovative and flexible technologies with the material culture typical of the local tradition, and therefore with the ability to consciously exploit local resources, both tangible and intangible.

This paper has identified two of the

cornerstones around which the possible future visions of cities revolve in the themes of the development of circular and technologically efficient processes. While these can take many years to be implemented in the European context, contexts such as the MENA area represent research opportunities for accelerated development, offering the possibility of conceiving a total re-evaluation of the economic system, and focussing on issues such as climate neutrality and the sustainable use of resources. In this way, 4.0 technologies and digital information will not only help redefine production processes, they will also enhance those already existing by striving for greater effectiveness and a complete circular transition, in which the efficient use of resources and the elimination of waste are actions inherent to every project.

Antonoli, E. and Villani, R. (2019), *Esportare la Ricostruzione - Innovazione e nuovi materiali per la ricostruzione post bellica nella MENA region*, Anteferma Edizioni, Conegliano, Italia.

Bompan, E. and Brambilla, I.N. (2016), *Che cosa è l'economia circolare*, Edizioni Ambiente, Milano, Italia.

Caravatti, E. and Caravatti, M. (2013), "Community School", *Area*, Vol. 128, pp. 28-39.

Carpo, M. (2014), *The Second Digital Turn - Design Beyond Intelligence*, The MIT Press, Cambridge, UK.

Carra, G., Iardi, S., Perkins, C. and Acharya, D. (2016), "The Urban Bio-loop - Growing, Making and Regenerating", ARUP, available at: [www.arup.com/perspectives/publications/research/section/the-urban-bio-loop](http://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/the-urban-bio-loop) (accessed 20 September 2020).

Felwine, S. (2018), *Afrotopia*, Edizioni Dell'Asino, Roma, Italia.

Ferrari, M. (2014), "Cataste d'Africa. Il progetto di un processo circolare", *OFFICINA\**, Vol. 3, pp. 64-69.

Firrone, T. (2008), "Nuove forme ed espressioni dell'architettura in terra cruda", in Germanà, M.L. and Panvini, R. (Eds.), *La terra cruda nelle costruzioni. Dalle testimonianze archeologiche all'architettura sostenibile*, Nuova Ipsa, Palermo, Italia, pp. 193-206.

Gramazio, F., Kohler, M. and Willmann, J. (2014), *Robotic Touch - How robots change architecture*, Park Books, Zurich, Switzerland.

Sinopoli, N. (2002), "Cinquant'anni di innovazioni tra domanda e mercato", in Sinopoli, N. and Tatano, V. (Eds.), *Sulle tracce dell'innovazione*, Franco-Angeli, Milano, Italia.

TAMassociati (2020), "L'Africa di TAMassociati", in Montini Zimolo, P. (Eds.), *Laboratorio Africa. Nuovi paesaggi urbani*, Anteferma, Conegliano, Italia, pp. 11-16.

## NOTES

<sup>1</sup> The research project was conducted as part of the *Urbicide Task Force* of the Università Iuav di Venezia, coordinated by Prof. Benno Albrecht. The project saw the participation of different companies and international partners such as the World Bank and UN ESCWA, for the definition of a technology transfer programme of skills and know-how between the Veneto area and the MENA region, as well as the authors in the capacity of research fellows and research fellow.

<sup>2</sup> To learn more about the activities of African Fabbers School and the Fabbers House project, see the dedicated CODESIGNLAB web page <http://www.codesignlab.org/it/2014-02-09-22-48-47/90-homepage/260-african-fabbers-school.html> (accessed on February 2021), and the interview published on *Domusweb* in Decem-

ber 2018 by Salvatore Peluso, available at <https://www.domusweb.it/it/design/2018/12/26/the-first-digital-manufacturing-laboratory-for-architecture-and-design-in-africa.html> (accessed on February 2021).

# Catalogo ragionato dei prodotti biogenici in Europa. Una visione anticipatoria tra potenzialità tecniche e disponibilità

SAGGI E PUNTI  
DI VISTA/  
ESSAYS AND  
VIEWPOINT

Olga Beatrice Carcassi, Ingrid Paoletti, Laura Elisabetta Malighetti,

Dipartimento di Architettura Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, Italia

olgabeatrice.carcassi@polimi.it

ingrid.paoletti@polimi.it

laura.malighetti@polimi.it

**Abstract.** I materiali biogenici hanno ricevuto l'attenzione globale per il fatto di provenire da materie prime capaci di autorigenerarsi, localmente disponibili e teoricamente biodegradabili, oltre che per la loro naturale capacità di stoccare l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) all'interno della biomassa. In un'ottica di economia circolare e di diffusione delle informazioni, questo catalogo ragionato mette a confronto le loro proprietà tecniche e ambientali assieme alla disponibilità all'interno del territorio europeo, per supportare i portatori di interesse verso una scelta consapevole dei prodotti e, durante la fase d'innovazione di processo, rispetto alla scelta delle materie prime per confezionare nuovi materiali/componenti edilizi da inserire in un mercato "circolare".

**Parole chiave:** Materiali biogenici; Scarto; Economia circolare; Industria 4.0; Innovazione di prodotto.

## Introduzione

Il *Green Deal* Europeo (2019) spinge a costruire e rinnovare gli edifici esistenti in modo efficiente riducendo il consumo energetico e lo spreco delle risorse. Per decenni il focus è stato sull'efficienza energetica durante la vita degli edifici, e solo ultimamente il ruolo dell'energia incorporata ha ricevuto attenzione globale. Il motivo è legato al fatto che più gli edifici diventano ad energia quasi zero (NZEB), più le emissioni incorporate aumentano (Röck *et al.*, 2020). Una strategia efficiente per ridurle è lavorare a scala di materiale sostituendo i materiali convenzionali con quelli biogenici, con il beneficio ulteriore di stoccare il carbonio all'interno degli edifici stessi (Pittau *et al.*, 2018). Al contempo, il ritorno verso i materiali biogenici (come la paglia, e il legno) risponde anche al secondo obiettivo della direttiva europea, quello di spingere l'attuale modello del settore delle costruzioni verso un'economia circolare. Data la limitatezza delle risorse naturali e la produzione incontrollata di rifiuti, il fatto di scegliere materie prime capaci di autorigenerarsi e che sono scarti di altri processi, localmente disponibili e teoricamente biodegra-

dabili, contribuisce a sostenere un'economia senza rifiuti condividendo informazioni, realizzando *feedback* virtuosi tra processi di produzioni diverse e *upgrading* qualitativi nell'uso delle risorse. Ciò implica che la transizione verso tecnologie biogeniche sia supportata da una consapevolezza della effettiva disponibilità delle materie prime stesse.

Pertanto, l'obiettivo di questo saggio è di fornire, in una visione inedita, una base di partenza per sostenere questa trasformazione nel contesto europeo. Nello specifico, in una prima fase lo studio identifica le principali biomasse utilizzate come materiali da costruzione e le loro caratteristiche tecniche (derivate da un'attenta catalogazione dei prodotti presenti sul mercato e nella letteratura scientifica) per aiutare i portatori di interesse a capire l'attuale maturità e l'uso. Nella seconda fase, lo studio caratterizza le quantità di biomassa disponibili, secondo informazioni statistiche delle banche dati ufficiali, per capire le potenzialità di diffusione del loro uso in edilizia a scala industriale qualora le disponibilità risultassero significative.

## Materiali biogenici per l'architettura in Europa

Il termine 'biogenico', significa derivato da biomasse (European Committee for Standardization, 2014); mentre un 'prodotto biogenico' è definito come 'completamente o parzialmente derivato da biomassa'. È essenziale caratterizzarne la quantità di biomassa ivi contenuta e al contempo quantificare la percentuale di carbonio biogenico (European Committee for Standardization, 2015), che permette il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> stoccate nella loro biomassa e, quindi, non emesse. L'attributo fondamentale di questi prodotto è

Reasoned catalogue of biogenic products in Europe. An anticipatory vision between technical potentials and availability

**Abstract.** Bio-based materials gained momentum in recent years due to their origin from raw materials capable of self-regeneration, locally available and theoretically biodegradable, as well as for their natural ability to store carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) within the biomass. In a circular economy and within the perspective of the diffusion of information, this reasoned catalogue compares their technical and environmental properties together with their availability within the European territory. The aim is to support stakeholders towards a conscious choice of products and, during the process innovation phase, to help them choose the raw materials for the composition of new building materials/components to be included in a "circular" market.

**Keywords:** Bio-based materials; Residues; Circular economy; Industry 4.0; Product innovation.

## Introduction

The European Green Deal (2019) pushes to build and renovate existing buildings efficiently while reducing energy consumption and resource waste. For decades, the focus has been on energy efficiency during the use-phase of buildings, and only recently the role of embodied emissions has received global attention. The reason is related to the fact that the closer to zero energy buildings (NZEB) become, the more embodied emissions increase (Röck *et al.*, 2020). An efficient strategy to reduce them is to work at the material level, by replacing conventional materials with bio-based ones, with the additional benefit of storing carbon within the buildings' skins (Pittau *et al.*, 2018). At the same time, the return to bio-based materials (such as straw and wood) wants to respond to the second objective of the European

directive, which is to push the construction sector towards a more circular economy model. In a world where there is a joint action between finite resources and uncontrolled production of waste, choosing raw materials which are capable of self-regeneration and which are 'waste' from other processes, locally available and theoretically biodegradable, contributes to sustaining an economy without waste by sharing information, creating virtuous feedback between different production processes and qualitative 'upgrades' in the use of resources. This implies that the transition to biogenic technologies is supported by an awareness of the actual raw materials' availability.

Therefore, the aim of this essay is to provide, in a novel vision, a starting point to support this transformation in the European context. Specifically, in a first phase, the study identifies the



difatti la percentuale di materiale rinnovabile effettivamente contenuta al suo interno. Non è necessariamente vero che un prodotto *bio-based* è interamente costituito da biomassa. Questo fatto comporta delle problematiche poiché, se il resto della composizione materica non è di origine biogenica, è più difficile definire un progetto chiaro di riciclabilità o biodegradabilità per il fine vita dei prodotti presi in esame.

#### *Analisi del mercato e della letteratura scientifica*

Dall'analisi dei prodotti attualmente disponibili sul mercato europeo e dalla letteratura scientifica è stato possibile apprezzare la varietà di applicazioni per assolvere varie funzioni e comprendere appieno il livello di avanzamento tecnologico raggiunto.

Poiché la scelta delle finiture risponde principalmente a scelte estetiche del progettista e degli utenti finali (oltre al fatto che le prestazioni tecniche, la durabilità e gli anni di esercizio richiesti sono significativamente minori), si è scelto di escluderle dalla analisi e di concentrare l'attenzione sulle applicazioni come materiale isolante e strutturale. I risultati più interessanti dell'analisi sono raccolti e sintetizzati in tabella 1, dove è possibile apprezzare anche la varietà di biomasse utilizzate in ambito edilizio e le loro prestazioni tecniche e ambientali. Nello specifico le biomasse indagate sono: legno, grano, riso, erba, canapa, lana di pecora, cellulosa, sughero, posidonia oceanica e canne. Tutte, sono ottenute partendo dalla logica del 'rifiuto che diventa scarto' ad esclusione della canapa. Quest'ultima però ha la capacità di biorisanare il suolo, nonostante tale finalità non venga esplicitata dalle aziende produttrici qui analizzate. Un'ulteriore eccezione è relativa all'uso del legno strutturale e del sughero che hanno già una consolidata filiera 'circolare' nel mondo delle costruzioni.

main biomasses used as building materials and their technical characteristics (derived from a careful cataloguing of products on the market and in the scientific literature) to help stakeholders understand their current advancement and use. In the second phase, the study characterises the quantities of biomass available, according to statistical information from official databases, in order to understand the potential of diffusion of their use in construction on an industrial scale if the availability is significant.

#### **Bio-based materials for European architecture**

The term 'bio-based' means derived from biomass (European Committee for Standardisation, 2014); while a 'bio-based product' is defined as 'fully or partially derived from biomass'. It is, therefore, essential to characterise the

amount of biomass contained therein and, at the same time, the percentage of biogenic carbon (European Committee for Standardisation, 2015) to allow the calculation of CO<sub>2</sub> emissions stored in their biomass and, therefore, not emitted. As a matter of fact, the fundamental attribute of these products is the percentage of renewable material actually contained within it. At the same time, it is not necessarily true that a bio-based product is entirely composed of biomass, and if the rest of the material composition is not biogenic, it is more difficult to define a clear project of recyclability or biodegradability for the end-of-life phase.

#### *Market and literature review*

From the analysis of the products currently available on the European market and from the scientific literature review, it was possible to appreciate

Rispetto alla funzione strutturale, la biomassa ad oggi più utilizzata è il legno, il quale, oltre, alla sua tradizione millenaria, entra all'interno delle logiche costruttive contemporanee grazie l'avvento di miglioramenti tecnologici che permettono di superare i limiti dimensionali o di luce coperta, come per esempio accade con il legno lamellare (*CLT* e *Glulam*). Il mondo della ricerca sta cercando di sviluppare nuove formulazioni di calcestruzzo fibro-rinforzato aggiungendo fibre vegetali nella miscela, per migliorare da una parte la resistenza alla trazione e, al contempo, limitare le emissioni fossili per la riduzione dell'uso del cemento Portland come legante (Caldas *et al.*, 2020).

L'uso ai fini dell'isolamento termico risulta essere l'applicazione più diffusa. In particolare, i valori per la conducibilità termica  $l$  (tra 0,036-0,129 W/mK), di capacità termica specifica  $C$  (tra 1810 e 2500 J/kgK) e di resistenza alla diffusione del vapore acqueo  $m$  (tra 1-15), validano le proprietà di isolamento termico che si dimostrano un'ottima scelta da applicare a tutte le componenti dell'involucro. La porosità naturale è la chiave per il loro potenziale igrotermico. Con valori di  $m$  bassi, essi sono aperti alla diffusione dato che i pori, che prima permettevano il passaggio di acqua e sostanze nutritive all'interno della pianta, consentono nella configurazione di materiale da costruzione il passaggio dell'umidità evitando problematiche di condensa e cattiva qualità dell'aria all'interno dell'edificio. La capacità termica specifica di alcuni materiali biogenici è superiore al 50% rispetto ai materiali isolanti più diffusi (es. 2500 J/(kg K) della posidonia oceanica in comparazione agli 800 J/(kg K) del vetro cellulare). Questo e la densità relativamente alta (fino a 700 kg/m<sup>3</sup> per la lolla di riso) offrono un'eccellente protezione contro il surriscaldamento estivo, per via della capacità di immagazzina-

the variety of building applications in order to fully understand the level of technological maturity achieved.

Since the choice of finishes mainly responds to aesthetic choices of the designer and end users (in addition to the fact that the technical performance, durability and years of operation required are significantly lower), it was decided to exclude them from the analysis and to focus attention on applications such as insulating and structural material.

The most relevant results of the analysis are collected and summarised in Table 1, where it is also possible to appreciate the variety of biomass used in buildings and their technical and environmental performance. Specifically, the biomass investigated are: wood, wheat, rice, grass, hemp, sheep wool, cellulose, cork, oceanic Posidonia and reeds. All of them are obtained starting
















from the logic of 'waste that becomes residue', except for hemp. The latter, however, has the capacity to bioremediate the soil, although this purpose is not explicitly stated by the producers analysed here. A further exception is the use of structural wood and cork, which already have a well-established 'circular' supply chain in the construction world.

For the structural function, the most widely used biomass today is wood, which, in addition to its ancient tradition, enters into the contemporary construction logic thanks to the advent of technological improvements that allow the size or length limits to be overcome, as, for example, with laminated timber (cross-laminated timber (CLT) and glued laminated timber (GLT)). The world of research is also trying to develop new formulations of fibre-reinforced concrete by adding plant

Tab. 01 | Catalogazione delle biomasse usate in edilizia rispetto a proprietà tecniche e parametri ambientali presenti nel mercato e nella letteratura scientifica Europea. Fonte: autore dell'articolo

Biomass Catalogue used in the construction sector showing the technical properties and environmental parameters found in the European market and scientific literature review. Source: author's scheme

Tab. 01

Biomass	In Building	Technical Properties						Environmental parameter		REFERENCES
		f <sub>t</sub> or f <sub>c</sub>	λ	ρ	C	μ	Fire Resistance	Biomass Content (BC) [%]	Carbon Content (CC) [%]	
Symbol										
Unit		[N/mm <sup>2</sup> ]	[W/m/K]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[J/(kg K)]	[-]	Class (EN 13501-1)			
<b>WOOD</b>										
CLT		f <sub>t</sub> = 338 f <sub>c</sub> = 338	0,12	420	1600	20+ 50	D, d0	98	50	(Rubner Holding AG - S.p.A., 2018b) (Thomas and Martin, 2012)
Glulam		f <sub>t</sub> = 19,2 f <sub>c</sub> = 24	0,12	445	1600	20+ 50	D, d0	98		(Rubner Holding AG - S.p.A., 2018a)
Fibre		/	0,038	52 ÷ 157	2100	2 + 5	E	80		(CELENIT Isolanti naturali, 2021; GUTEX 2021; STEICO, 2021)
Wool		/	0,065	15	1810	1,5	B-s1, d0	38		
<b>WHEAT</b>										
Straw			0,048	110+ 379	2100	/	B-s1,d0	98	44,8	(EcoCocon, 2020) (de Ramos e Paula et al., 2011)
<b>RICE</b>										
Husk			0,036- 0,129	130 + 700	/	6,6+ 12,3	B-s1, d0	100	39	(Ricehouse, 2018) (de Ramos e Paula et al., 2011)
Straw			0,039	120	1900	3,1	REI 120 (EN 1365-1)	100		
<b>GRASS</b>										
Fibre			0,04	40	1850	1,5	E	70	42	(Gramitherm, 2020) (Adamovics et al., 2018)
<b>HEMP</b>										
Fibre			0,041	37,5	2300	1,5	E	85-90	45	(Isohemp, 2020; Pittau et al., 2018; THERMO Natur, 2017)
Shives				175 ÷ 424	1500- 1800	2,8+ 15	A1 e A2	80		
<b>SHEEP</b>										
Wool			0,035- 0,04	18 ÷ 37,5	1630+18 00	1+ 3	E e D-s2, d0	100	50	(Ekoplus, 2020; Nordtex, 2020; Thermafleece, 2020) (The Woolmark Company, 2019)
<b>CELLULOSE</b>										
Fibre			0,039	28 ÷ 65	2100	1	B-s2,d0	95	44,4	(ISOLARE 2021) (Bengtsson et al., 2020)
<b>CORK</b>										
Solid			0,043- 0,047	180	2100	7+ 10	E	100	64,6	(Edizero, 2020) (Gil et al., 2011)
<b>SEAGRASS</b>										
Oceanic Posidonia			0,037	/	2500	/	B2	100	41	(NeptuGmbH, 2021) (Pergent-Martini et al., 2021)
<b>REED</b>										
Solid			0,055	155	/	2	B2	98	47	(Reet, 2017) (Bumane et al., 2015)

Legend :  Insulation ;  Structure

re il calore per un tempo tale, in genere maggiore di 12 ore, da avere uno sfasamento ottimale della temperatura tra esterno ed interno durante il giorno.

Il comportamento al fuoco si dimostra interessante. Nel caso del materiale calce-canapa, dove si fa uso del canapulo (la parte legnosa della canapa) è possibile ottenere per esempio dei prodotti incombustibili in classe A, ossia con prestazioni analoghe a materiali convenzionali, come la lana di roccia. La posidonia e la lolla di riso, si collocano in classe B come materiali combustibili non infiammabili, mentre la maggior parte ricade in classe E ed D, come materiali combustibili non facilmente infiammabili. La prestazione acustica è invece una tematica non approfondita per questo genere di materiali, sebbene ricca di potenzialità.

I parametri ambientali, in relazione alla definizione di prodotto biogenico, riportano nella prima colonna la percentuale di biomassa (BC) contenuta; nella seconda il contenuto di carbonio (CC) che serve per quantificare quanto carbonio e, di conseguenza, CO<sub>2</sub> è catturata all'interno del prodotto invece di essere rilasciata in atmosfera. Nello specifico la quantità di carbonio stoccato è calcolato secondo l'equazione di seguito riportata (1):

$$\text{Stoccaggio di carbonio} = r \cdot CC \cdot BC \cdot 3,67 \quad (1)$$

Dove  $r$  è la densità del prodotto e 3,68 è il peso molecolare dell'anidride carbonica rispetto al carbonio.

La questione delle 'emissioni evitate' è al centro di molti dibattiti scientifici (Hoxha *et al.*, 2020) ed i dati qui riportati facilitano l'approfondimento di questa tematica ad oggi molto discussa.

Oltre alla comprensione dei possibili impieghi architettonici e

fibres in the mixture, to improve both the tensile strength and, at the same time, limit fossil emissions by reducing the use of Portland cement as a binder (Caldas *et al.*, 2020).

The use for insulation appears to be the most common application given the biomass natural porous structure. In particular, the values for thermal conductivity (between 0.036-0.129 W/mK), specific heat capacity  $C$  (between 1810 and 2500 J/kgK) and resistance to water vapour diffusion  $m$  (between 1-15), validate the thermal insulation properties to be applied to all envelope components. Natural porosity is the key to their hygrothermal potential. With low  $m$  values, they are open to diffusion since in the configuration of building material, the pores, which previously allowed the passage of water and nutrients inside the plant, allow the passage of moisture, preventing

problems of condensation and poor indoor air quality. The specific thermal capacity of some biogenic materials is 50% higher than the most common insulating materials (e.g. 2500 J/(kg K) of oceanic Posidonia versus 800 J/(kg K) of cellular glass). This and the relatively high density (up to 700 kg/m<sup>3</sup> for rice husk) offer excellent protection against overheating during summer due to the ability to store heat, typically lasting more than 12 hours, and create an optimal temperature offset between outside and inside during the day.

The data collected regarding fire resistance show that for the lime-hemp material, where hemp's woody part is used, it is possible to obtain class A fire retardant products, hence with a performance similar to conventional materials, such as rock wool. Others, such as oceanic Posidonia and rice husk, are in class B as non-flammable materi-

delle prestazioni tecniche dei materiali biogenici, è fondamentale indagare la disponibilità di queste materie prime rinnovabili, in particolare degli eventuali scarti non già utilizzati come *bio-fuel* e cibo.

#### Disponibilità europea

Considerando la domanda di biomassa in aumento in tutto il mondo, la necessità di un approccio equilibrato, globale e scientificamente solido delle fonti e degli usi della biomassa, il *Joint Research Center* (JRC) dalla Comunità Europea ha ricevuto mandato di fornire dati, modelli e analisi sull'offerta e la domanda di biomassa a livello europeo. La ricerca, che è partita nel 2015, copre tutte le fonti di biomassa. In questo contesto, il JRC ha sviluppato uno strumento interattivo *opensource EU Biomass Flows*, spiegato nel report di Gurría *et al.* (Gurría *et al.*, 2020). Questo *tool* fornisce una metodologia per la quantificazione della domanda e offerta di biomassa. Sebbene l'analisi comprensiva sia attesa per il 2022, il report intermedio propone un breve riassunto ed una spiegazione di come questi dati sono stati calcolati e una panoramica dello strumento stesso.

Partendo da questa analisi, è stato possibile apprezzare le informazioni esistenti in materia, e evidenziare le incertezze e le lacune che invece sono necessarie per completare il quadro attuale, quando è adottato un approccio *top-down*.

Difatti, rispetto alle biomasse sopra individuate, ad oggi solo per il grano ed il riso è stato possibile rifarsi a questo strumento. Per ovviare alla penuria d'informazioni, per le altre biomasse, altre banche dati di riferimento o report sono stati presi in considerazione (*Values Reference* in tabella 2).

La frammentarietà e inesattezza delle informazioni, ha messo in

als, while most are in class E and D, as combustible materials that are not easily flammable. Their acoustic performance has not yet been systematically analysed. The environmental parameters, in relation to the definition of biogenic product, show the percentage of biomass (BC) contained in each material in the first column; while in the second column, the carbon content (CC), which is used to quantify how much carbon and, consequently, CO<sub>2</sub> has been captured within the product instead of being released into the atmosphere. Specifically, the amount of carbon stored is calculated according to the following equation (1):

$$\text{Carbon storage} = r \cdot CC \cdot BC \cdot 3,67 \quad (1)$$

Where,  $r$  is the product density and 3.68 is the molecular weight of carbon dioxide relative to carbon. The issue of

the 'avoided emissions' is at the centre of many scientific debates (Hoxha *et al.*, 2020) and the data reported here facilitate the deepening of them.

In addition to the possible architectural uses and technical performance of bio-based materials, to further push their entry into a conscious and competitive market, it is essential to understand the availability of these renewable raw materials, especially any residue that is not already used as biofuel and food.

#### European availability

Considering the increasing demand for biomass worldwide and the need for a balanced, comprehensive and scientific approach to biomass sources and uses, the European Community mandated the Joint Research Centre (JRC) to provide data, models and analysis on biomass supply and demand at European level. The research,

evidenza la limitatezza di un approccio di questo tipo, oltre ad aver dimostrato che per spingere la nascita di economie circolari è più efficace partire dalle caratteristiche peculiari di un luogo e dai suoi relativi residui. Ossia, un approccio *bottom-up*.

Dai riferimenti statistici è comunque possibile estrapolare le informazioni sul rendimento di una certa biomassa rispetto al terreno di crescita e anche le proporzioni, o *ratio*, per stimare i relativi residui inutilizzati e che non servono per la rigenerazione delle sostanze del suolo.

Se il paragrafo precedente ha permesso di comprendere le possibili potenzialità tecniche dei materiali biogenici, in questo, si sono voluti fornire i dati per capire le potenzialità di impiego in rapporto alle quantità in gioco concentrandosi sui dati numerici relativi agli scarti ottenibili da un certo territorio e da una certa biomassa. In tabella 2 sono stati inseriti i valori per le diverse biomasse analizzate assieme al tipo di residuo ottenibile, per anno di riferimento.

Se si tratta di biomasse agricole, i dati riportati sono quelli dell'area coltivata, della quantità prodotta di una certa biomassa, del rendimento del suolo specifico, delle proporzioni tra prodotto e scarto e, infine, degli scarti ad oggi non utilizzati. Il tasso di rimozione sostenibile per diverse colture è tra il 40-50% dei residui totali. In via conservativa, per le biomasse da coltivazione quali il riso, la paglia, la canapa e il canneto è stato usato il 40% per lasciare circa il 60% nei campi e favorire la rigenerazione delle sostanze nutritive nel suolo (Iqbal *et al.*, 2016). L'equazione (2) mostra come si è ottenuto il valore degli scarti disponibili da usare in altre filiere:

$$\text{scarti disponibili} = \text{produzione} \cdot \text{ratio tra prodotto e scarto} \cdot 40\% \quad (2)$$

Per la lana il dato interessante è la *ratio* tra pecora e lana prodotta, la quale è tutta considerata come uno scarto, ma si dovrebbe approfondire le quantità utilizzate nel mondo tessile.

La cellulosa da costruzione deriva dal riciclo della carta. Un dato interessante rilevato è l'eccesso di offerta di carta riciclata. Parte della carta europea recuperata, solitamente spedita verso il mercato cinese, non ha oggi un mercato di riferimento a causa dei divieti dello stesso stato cinese d'importare diverse categorie di 'rifiuti solidi', tra i quali la carta.

Il sughero è utilizzato per creare tappi delle bottiglie, ma solo il 30% soddisfa gli standard di qualità per fabbricare tappi di sughero naturale, mentre il resto è macinato e trasformato in granuli, e ritorna nel processo di produzione per fare tappi tecnici e sughero espanso, il quale è un ottimo candidato per dare origine a prodotti termoacustici.

La posidonia copre un'area nota di 1.224.707 ettari nel mar Mediterraneo. La sua presenza sulla costa è la testimonianza di un mare pulito e protegge le coste dall'erosione. Tuttavia, la pesca eccessiva praticata lungo le zone costiere può danneggiare l'ecosistema dei mari con una regressione stimata di queste praterie acquatiche pari al 34% negli ultimi 50 anni che provoca una presenza eccessiva dell'alga nelle spiagge. In virtù di questo, i comuni sono costretti a gestire la situazione e a smaltire, a proprie spese, la posidonia che è diventata pertanto un "rifiuto" generato da una dannosa azione umana. I dati sulle quantità sono troppo puntuali e pertanto non è stato possibile quantificare la poten-

which started in 2015, covers all biomass sources. In this context, the JRC has developed an interactive open-source tool called 'EU Biomass Flows', proposed by Gurría *et al.* (Gurría *et al.*, 2020). This tool provides a methodology for quantifying biomass supply and demand. Even if the comprehensive analysis is scheduled for 2022, the current report offers a brief summary and explanation of how this data was calculated and an overview of the tool itself.

Building on this analysis, it has been possible to appreciate the existing information on the subject while highlighting the uncertainties and information gaps that must be filled to have a complete picture of the current situation when a 'top-down' approach is taken. In fact, among the biomass previously identified, to date only the wheat and rice are inserted in this tool. To over-

Biomass	Year	Harvested Area	Production	Yield	Product to residue ratio	Available residues	Values Reference
Unit	[-]	[1000 ha] (year)	according to the biomass	[100 T dry matter/ha]	[-]	[1000 T dry matter]	
Wheat	2014	26550,53	137791 x 1000 T dry matter	5,2	1 : 1,31 (Ronzon, Piotrowski, and Carus 2015)	72202,627	(Ronzon <i>et al.</i> , 2015)
Rice	2014	431,06	2527 x 1000 T dry matter	5,9	rice grain/rice husk/rice straw = 1 : 0,25 : 1,25 (Zhang, Ghaly, and Li 2013)	husk = 631,80128 straw = 1263,60256	(Ronzon <i>et al.</i> , 2015)
Grass	2007	90000	31470 x 1000 T dry matter	0,35	1:1	31470	(Iqbal <i>et al.</i> , 2016)
Hemp	2013	15,7	85 x 1000 T dry matter	5,4	shives : fibres = 1,7 : 1 (Michael Carus 2017)	shives = 10 fibre = 17,2	(Carus, 2017)
Sheep wool	2015	/	85480 x 1000 heads (animals)	/	2.3–3.6 kg of raw wool can be derived from one sheep annually (Alyousef <i>et al.</i> 2020)	252,166	(Eurostat, 2021)
Cellulose	2018	/	57 x 1000 T dry matter	/	reused paper : oversupply of reused paper = 1 : 0,14 (EuRIC 2018)	8	(EuRIC, 2018)
Cork	2021	2200	340 x 1000 T dry matter	0,15	1 : 0,3 (Amorin Cork 2021)	102	(Amorin Cork, 2021)
Oceanic Posidonia	2015	1224	/	/	/	/	(Telesca <i>et al.</i> , 2015)
Reed	2013	4000	20000 x 1000 T dry matter	5	1 : 1	8000	(Köbbing <i>et al.</i> , 2013)

Tab. 02



zialità verso un ipotetico mercato delle costruzioni.

Rispetto all'uso del canneto, la letteratura sull'argomento dimostra che la regolare raccolta aumenta la vitalità della piantagione stessa ed è quindi raccomandabile.

Il legno non è stato inserito nell'analisi perché il suo flusso complessivo (Cazzaniga *et al.*, 2019) è caratterizzato già da un'elevata circolarità del settore rispetto agli usi a cascata dei singoli prodotti. In considerazione del fatto che la biomassa forestale è già largamente usata come materiale da costruzione e l'incremento dell'uso di questa biomassa potrebbe aumentare il carico ambientale sulle foreste, una strategia vincente potrebbe essere quella di fare un uso più efficiente dei suoi residui (come rami, foglie, corteccia e altre porzioni di legno), le cui rimozioni però non sono documentate.

## Conclusioni

Con questo catalogo ragionato, è possibile supportare i portatori di interesse della filiera edilizia nella scelta dei prodotti e, durante la fase d'innovazione di processo, rispetto alla selezione delle materie prime per confezionare i nuovi materiali/componenti edilizi verso un mercato senza sprechi e circolare (Fig. 1). Guardando alla prima analisi, è possibile notare che i materiali biogenici non presentano per lo più capacità adeguate agli impieghi strutturali. Le applicazioni dei materiali *biobased* come isolanti sono invece oggetto di interesse per molte ricerche scientifiche e ambito di ricerca e sviluppo di aziende produttrici di componenti edilizi, grazie alla loro naturale struttura porosa e alle buone proprietà tecniche (Tab. 1). L'analisi delle disponibilità evidenzia l'importanza di migliorare l'accessibilità e la qualità dei dati dei flussi di biomasse nelle banche dati ufficiali, e, al con-

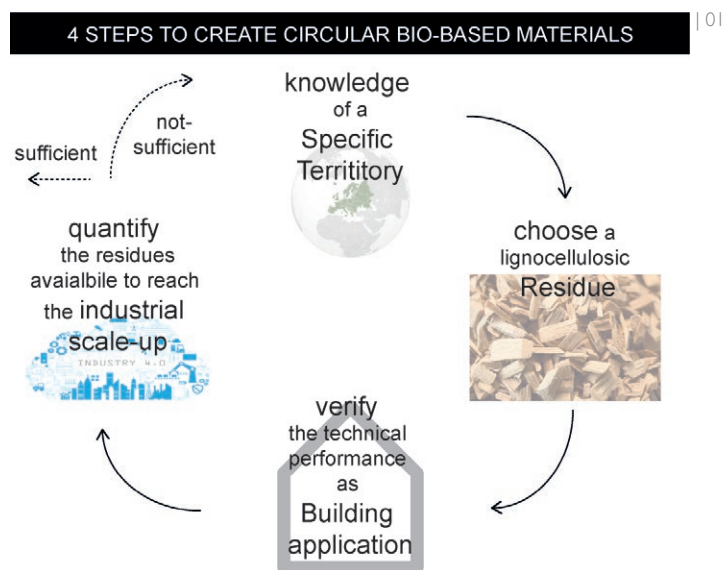
come this lack of information, other databases or reports have been taken into consideration for the other biomass ("Values Reference" in Table 2).

The fragmentary and inexact nature of the information has highlighted the limitations of an approach of this kind, and has also demonstrated that to push the creation of circular economies, it is more effective to start from the particular characteristics of a territory and to identify the residues according to a deep knowledge of its functioning. In other words, a 'bottom-up' approach. However, from the statistical references, it is possible to extrapolate information on the 'yield' of a certain biomass according to 'harvested area' and also the 'product to residue ratio' in order to estimate the relative unused residues that are not needed for the soil regeneration.

If the previous paragraph allowed us

to understand the possible technical potentials of bio-based materials, at this stage, the data to understand the potential use in relation to the quantities involved are provided by focusing on numerical data relating to waste obtainable from a certain territory and a certain biomass. In Table 2, the values for the different biomass highlighted were included along with the type of residue available by reference year.

For agricultural biomass, the data reported are those of the area cultivated, the quantity produced of a certain biomass, the specific soil yield, the proportions between product and residue and, finally, the remaining residue available. The sustainable removal rate for several crops is between 40-50% of total residues. Anyhow, conservatively, for crop biomass such as rice, straw, hemp and reed, the 40% were used to leave about 60% of total residues in



tempo, considerando la quota crescente in questo settore, promuovere un uso sostenibile e resiliente delle risorse. Seppure con le tecnologie emergenti di *remote sensing* si provi a diminuire il numero di passaggi e a rendere le informazioni più immediate, ad oggi i dati reperibili spesso sono incompleti ed incongruenti, a causa della difficoltà di misurare e quantificare tutti gli usi effettivi e le perdite.

Il limite rispetto agli strumenti ad oggi disponibili genera la necessità di sviluppare sistemi *bottom-up*. Essi partono da una conoscenza profonda di un territorio, la sua storia e le sue caratteristiche climatiche e di biodiversità, originando nuovi materiali per l'edilizia di origine *biobased* che siano economicamente e tecnicamente competitivi con i materiali convenzionali.

In questa direzione in un immediato futuro, le tecnologie 4.0, come lo *smart manufacturing* e la *block chain*, possono ulteriormente aiutare il loro ingresso nel mercato, ossia spingendo verso un'accettazione da parte dei professionisti, enti certificatori e dalla opinione pubblica, inserendoli all'interno nelle banche date

the fields and promote nutrient regeneration in the soil (Iqbal *et al.*, 2016). Equation (2) shows how the value of available residues to be used in other supply chains was obtained:

$$\text{available residues} = \text{production product to residue ratio } 40\% \quad (2)$$

The interesting data for the wool is the ratio between sheep and produced wool, all of which is considered waste, even if the quantity entering the textile world should be further investigated. The cellulose comes from recycled paper. An interesting finding is the oversupply of recycled paper. Some of this recovered European paper used to be shipped to the Chinese market. Nowadays, this quantity does not have a market due to the Chinese state's prohibitions on importing various categories of 'solid waste', including paper.

Cork is used to make bottle stoppers, but only 30% meets the quality standards to make natural cork stoppers, while the rest is turned into granules and goes back into the production process to make technical stoppers, expanded cork or composite cork which are excellent candidates for thermo-acoustic products.

The Posidonia covers an estimated area of 1,224,707 hectares in the Mediterranean Sea. Its presence on the coast is testimony of a clean sea and protects the coasts from erosion. Nonetheless, the overfishing practised along coastal areas can damage the ecosystem of the sea with an estimated regression of these aquatic meadows of 34% in the last 50 years causing an excessive presence of seaweeds on the beaches. To solve this, municipalities are forced to manage the situation and to dispose of the Posidonia at their own expense,

BIM come prodotti utilizzabili e noti, come si è iniziato a fare nel catalogo proposto in questo studio.

## REFERENCES

Adamovics, A., Platace, R., Gulbe, I. and Ivanovs, S. (2018), "The Content of Carbon and Hydrogen in Grass Biomass and Its Influence on Heating Value", *Engineering for Rural Development*, Vol. 17, n. 1, pp.1277-1281.

Alyousef, R., Alabduljabbar, H., Mohammadhosseini, H., Mustafa Mohamed, A., Siddika, A., Alrshoudi, F. and Alaskar A. (2020), "Utilization of Sheep Wool as Potential Fibrous Materials in the Production of Concrete Composites", *Journal of Building Engineering*, Vol. 30, pp. 101216.

Amorin Cork (2021), "Recycling: A New Beginning", available at: <https://www.amorincork.com/en/sustainability/recycling/> (accessed 28 February 2021).

Bengtsson, A., Hecht, P., Sommertune, J., Ek, M., Sedin, M. and Sjö, E., (2020), "Carbon Fibers from Lignin-Cellulose Precursors: Effect of Carbonization Conditions", *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, Vol. 8, pp. 6826-6833.

Bumane, S., Poisa, L., Cubars, E. and Platace, R. (2015), "The Analysis of Carbon Content in Different Energy Crops", Nordic View to Sustainable Rural Development, *Proceedings of the 25thNJF congress*, Riga, Latvia, June 16-18, 2013, pp. 156-160.

Caldas, L.R., Da Gloria, M.Y.R., Pitta, F., Andreola, V.M., Habert, G. and Toledo Filho, R. (2020), "Environmental Impact Assessment of Wood Bio-Concretes: Evaluation of the Influence of Different Supplementary Cementitious Materials", *Construction and Building Materials*, Vol. 268, pp. 121146.

Carus, M. and Sarmento, L. (2017), *European Hemp Industry: Cultivation, Processing and Applications for Fibres, Shivs, Seeds and Flowers*, European Industrial Hemp Association (EIHA), Brussels, Belgium.

Cazzaniga, N.E., Jonsson, R., Pilli, R. and Camia, A. (2019), *Wood Resource Balances of EU-28 and Member States*, EC Joint Research Centre, Publications Office of the European Union, Luxembourg, Luxembourg.

which has therefore become a "waste" generated by a human action that has damaged the balance of an ecosystem. Data on quantities are too punctual and, therefore, it has not been possible to calculate the biomass that could potentially enter in a hypothetical construction market.

With respect to reed use, literature on the subject shows that regular harvesting increases the vitality of the plantation itself and is therefore recommended.

Wood was not included in the analysis because its overall flow (Cazzaniga *et al.*, 2019) is already characterised by a high degree of circularity in the construction sector compared to the cascading uses of individual products. Given that forest biomass is already widely used as a building material and an increased use of it could cause an environmental burden on the forests, a

winning strategy could be to promote a more efficient use of its residues (namely branches, leaves, bark and other portions of wood), which are however not documented.

### Conclusions

The intention of this reasoned catalogue is to support the stakeholders of the construction industry in their choice of products and, during the process innovation phase, in the selection of raw materials to produce new building materials/components to be included in a waste-free and circular market (Fig. 1).

Looking at the first analysis, it is possible to notice that, apart from the components that make use of wood or wood fibres in the concrete mix, bio-based materials mostly do not present adequate capabilities for structural uses. On the contrary, applications such

CELENIT Isolanti naturali (2021), "BUILDING|CONSTRUCTION", available at: <https://www.celenit.com/it/elenco-prodotti-edilizia.php> (accessed 1 January 2021).

de Ramos Paula, L.E., Trugilho, P.F., Napoli, A. and Bianchi, M.L. (2011), "Characterization of Residues from Plant Biomass for Use in Energy Generation", *CERNE*, Vol. 11, pp.17-20.

EcoCocon (2020), "The Panel", available at: <https://ecococon.eu/gb/the-panel> (accessed January 1 2021).

Edizero (2020), "EDISUGHERO Italian Cork", available at: <http://www.edisughero.com/it/> (accessed 1 January 2021).

Ekoplus (2020), "DAEMWOOL", available at: [http://ekoplus.nl/nl/\\_51north/product/documenten/DAEMWOOL\\_DSW\\_schapenwol\\_isolatiedeken.pdf](http://ekoplus.nl/nl/_51north/product/documenten/DAEMWOOL_DSW_schapenwol_isolatiedeken.pdf) (accessed 1 January 2021).

EuRIC (2018), "EuRIC Statement on Paper Recycling Latest Developments - Tackling International Trade Issues to Move towards a More Circular Economy", available at: [https://www.euric-aisbl.eu/images/PDF/ERPA\\_Statement\\_June2018.pdf](https://www.euric-aisbl.eu/images/PDF/ERPA_Statement_June2018.pdf) (accessed 1 January 2021).

European Committee for Standardization (2014), *EN 16575: Bio-based products - Vocabulary*.

European Committee for Standardization (2015), *EN 16760: Bio-Based Products-Life Cycle Assessment*.

Eurostat (2021), "Number of Sheep, Online Data Code: TAG00017", available at: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tag00017/default/table?lang=en> (accessed 1 January 2021).

Gil, L., Marreiros, N. and Silva, P. (2011), "Insulation Corkboard Carbon Content and CO2 Equivalent", *Ciência & Tecnologia dos Materiais*, Vol. 23, pp. 42-43.

Gramitherm (2020), "products", available at: <https://gramitherm.ch/products/> (accessed 1 February 2021).

Gurría, P., González, H., Ronzon, T., Tamosiunas, S., López, R., García Condado, S., Ronchetti, G., Guillén, J., Banja, M., Fiore, G. and M'Barek,

as insulation materials are the object of interest for many scientific researches and the field of research and development of companies producing building components. This interest is due to their natural porous structure and good technical properties (summarised in Table 1). The availability analysis highlights the importance of improving the accessibility and quality of biomass flow data in official databases and, considering the increasing share in this sector, promotes a sustainable and resilient use of resources. While emerging *remote sensing* technologies are trying to decrease the number of steps and make information more immediate, to date, the data available are often incomplete and inconsistent, due to the difficulty of measuring and quantifying all actual uses and losses.

The limitation of the tools available to date generates the need to develop

bottom-up systems. They start from a deep knowledge of a territory, its history and its climatic and biodiversity characteristics. This can be done by designing new building materials/components with a bio-based origin that are economically and technically competitive with conventional ones.

In this direction, in the near future, the 4.0 technologies, such as *smart manufacturing* and *block chain* can further help their entry into the market, pushing towards acceptance by professionals, certification bodies and the public, by including them in the BIM databases as usable and known products, which the present catalogue already tried to begin creating with this study.

- R. (2020), *Biomass Flows in the European Union*, EC Joint Research Centre, Publications Office of the European Union, Luxembourg, Luxembourg.
- GUTEX (2021), "GUTEX Thermofibre", available at: [https://gutex.de/fileadmin/uploads/Downloads/Technische\\_Merkblaetter/GUTEX\\_EN\\_TD\\_Thermofibre\\_2020-12.pdf](https://gutex.de/fileadmin/uploads/Downloads/Technische_Merkblaetter/GUTEX_EN_TD_Thermofibre_2020-12.pdf) (accessed 1 February 2021).
- Hiss Reet (2017), "Hiss Reet Platte - Die Ökologische Dämmung", available at: [https://www.hiss-reet.de/fileadmin/user\\_upload/nachhaltiges-bauen/hiss-reet-platte.pdf](https://www.hiss-reet.de/fileadmin/user_upload/nachhaltiges-bauen/hiss-reet-platte.pdf) (accessed 1 January 2021).
- Hoxha, E., Passer, A., Ruschi Mendes Saade, M., Trigaux, D., Shuttleworth, A., Pittau, F., Allacker, K. and Habert, G. (2020), "Biogenic Carbon in Buildings: A Critical Overview of LCA Methods", *Buildings and Cities*, Vol. 1, pp. 504–24.
- Iqbal, Y., Lewandowski, I., Weinreich, A., Wippel, B., Pforte, B., Hadai, O., Tryboi, O., Spottle, M. and Peters, D. (2016), *Maximising the Yield of Biomass from Residues of Agricultural Crops and Biomass from Forestry*, Ecofys Germany GmbH, Berlin, Germany.
- Isohemp (2020), "our products and services", available at: <https://www.iso hemp.com/en/hemp-blocks-naturally-efficient-masonry> (accessed 1 January 2021).
- ISOLARE (2021), "fibra di cellulosa: caratteristiche tecniche termiche", available at: <https://www.isolare.it/it/isolamento/fibra-di-cellulosa-caratteristiche-tecniche-term> (accessed 1 January 2021)
- Köbbing, J. F., Thevs, N. and Zerbe, S. (2013), "The Utilisation of Reed (*Phragmites Australis*): A Review", *Mires and Peat*, Vol. 13, pp. 1-14.
- NeptuGmbH (2021), "NeptuTherm", available at: <https://neptugmbh.de/> (accessed 1 January 2021).
- Nordtex (2020), "Prodotti", available at: <https://www.nordtex.it/> (accessed 1 January 2021).
- Pergent-Martini, C., Pergent, G., Monnier, B., Boudouresque, C.F., Mori, C. and Valette-Sansevin, A. (2021), "Contribution of *Posidonia Oceanica* Meadows in the Context of Climate Change Mitigation in the Mediterranean Sea", *Marine Environmental Research*, Vol.165, pp.105236.
- Pittau, F., Krause, F., Lumia, G. and Habert, G. (2018), "Fast-Growing Bio-Based Materials as an Opportunity for Storing Carbon in Exterior Walls", *Building and Environment*, Vol. 129, pp. 117-29.
- Ricehouse (2018), "I PRODOTTI RICEHOUSE", available at: <https://www.ricehouse.it/prodotti> (accessed 1 January 2021).
- Röck, M., Ruschi Mendes Saade, M., Balouktsi, M., Nygaard Rasmussen, F., Birgisdottir, H., Frischknecht, R., Habert, G., Lützkendorf, T. and Passer, A. (2020), "Embodied GHG Emissions of Buildings – The Hidden Challenge for Effective Climate Change Mitigation", *Applied Energy*, Vol. 258, pp. 114107.
- Ronzon, T., Piotrowski, S. and Carus, M. (2015), "Biomass Estimates. European Commission, Joint Research Centre (JRC) [Dataset]", available at: <http://data.europa.eu/89h/jrc-datam-biomass-estimates> (accessed 25 January 2021).
- Ronzon, T., Piotrowski, S. and Carus, M. (2015), *DataM - Biomass Estimates (v3): A New Database to Quantify Biomass Availability in the European Union*, EC Joint Research Centre, JRC Technical Report, Luxembourg, Luxembourg.
- Rubner Holding AG S.p.A. (2018a), "Glued Laminated Timber – Brettschichtholz", available at: [https://www.rubner.com/fileadmin/marken/rhi/Downloads/Zertifizierungen/ENVIRONMENTAL\\_PRODUCT\\_DECLARATION/Environmental\\_Product\\_Declaration.pdf](https://www.rubner.com/fileadmin/marken/rhi/Downloads/Zertifizierungen/ENVIRONMENTAL_PRODUCT_DECLARATION/Environmental_Product_Declaration.pdf) (accessed 1 January 2021).
- Rubner Holding AG S.p.A. (2018b), "Rubner XLAM-Cross Laminated Timber-Brettsperrholz", available at: [https://www.rubner.com/fileadmin/marken/holzbau/About/Certification/Bressanone/ENG\\_EPD\\_Cross\\_laminated\\_timber.pdf](https://www.rubner.com/fileadmin/marken/holzbau/About/Certification/Bressanone/ENG_EPD_Cross_laminated_timber.pdf) (accessed 1 January 2021).
- STEICO (2021), "Wood Fibre Insulation", available at: <https://www.steico.com/en/products/wood-fibre-insulation/> (accessed 1 January 2021)
- Telesca, L., Belluscio, A., Criscoli, A., Ardizzone, G., Apostolaki, E. T., Frascetti, S., Gristina, M., Knittweis, L., Martin, C.S., Pergent, G., Alagna, A., Badalamenti, F., Garofalo, G., Gerakaris, V., Pace, M.L., Pergent-Martini, C. and Salomidi, M. (2015), "Seagrass Meadows (*Posidonia Oceanica*) Distribution and Trajectories of Change", *Scientific Reports*, Vol. 5, pp.1-14.
- The Woolmark Company (2019), "Wool and The Carbon Cycle", available at: [https://www.woolmark.com/globalassets/\\_06-new-woolmark/\\_industry/research/factsheets/gd2405-where-does-carbon-come-from\\_122.pdf](https://www.woolmark.com/globalassets/_06-new-woolmark/_industry/research/factsheets/gd2405-where-does-carbon-come-from_122.pdf) (accessed 1 January 2021).
- Thermafleece (2020), "Thermafleece-Cozy Wool", available at: <https://www.thermafleece.com/product/thermafleece-cosywool-sheep-s-wool-flexible-slab> (accessed 1 January 2021).
- THERMO Natur (2017), "THERMO HANF PREMIUM", available at: [https://www.hempflax.de/wp-content/uploads/170511\\_TDB\\_THERMO\\_HANF\\_PREMIUM.pdf](https://www.hempflax.de/wp-content/uploads/170511_TDB_THERMO_HANF_PREMIUM.pdf) (accessed 1 January 2021).
- Thomas, S. C. and Martin, A. R. (2012), "Carbon Content of Tree Tissues: A Synthesis", *Forests*, Vol. 3, pp. 332-52.
- Zhang, Y., Ghaly, A.E. and Li, B. (2013) "Physical Properties of Rice Residues as Affected by Variety and Climatic and Cultivation Conditions in Three Continents", *American Journal of Applied Sciences*, Vol. 9, pp. 1757-68.



Cinzia Talamo, Monica Lavagna, Carol Monticelli, Alessandra Zanelli, Andrea Campioli,  
Dipartimento di Architettura, ambiente costruito e ingegneria delle costruzioni, Politecnico di Milano, Italia

cinzia.talamo@polimi.it  
monica.lavagna@polimi.it  
carol.monticelli@polimi.it  
alessandra.zanelli@polimi.it  
andrea.campioli@polimi.it

**Abstract.** Questo saggio approfondisce il tema del riuso e del *remanufacturing* quali strategie di circolarità e mantenimento del valore, basate sul prolungamento della vita dei manufatti attraverso cicli ripetuti di utilizzo. Si indagano le barriere che ostacolano la diffusione delle logiche del riuso e del *remanufacturing* nel settore delle costruzioni e vengono individuate le leve determinanti per la loro affermazione. L'attenzione è concentrata sui componenti provenienti da interventi di rinnovo di edifici del terziario (uffici, accoglienza, spazi espositivi, negozi), caratterizzati da cicli brevi di uso, ritenuti tra i più adatti a innovative sperimentazioni di *remanufacturing* in quanto spesso caratterizzati da alto valore economico ed elevate prestazioni residue in fase di sostituzione.

**Parole chiave:** Economia circolare rigenerativa; Settore delle costruzioni; *Remanufacturing*; riuso; Gestione del ciclo di vita; Terziario.

## Verso un'economia circolare

La transizione del settore delle costruzioni verso un'economia circolare offre oggi l'opportunità

di ripensare i processi di trasformazione dell'ambiente costruito, con implicazioni di carattere sociale, economico e ambientale, quali la creazione di nuovi e più qualificati posti di lavoro, il contenimento dei costi economici e ambientali correlati all'estrazione di materie prime sempre più rare, ai consumi energetici e alle emissioni nell'ambiente.

Vari studi e ricerche (Ghaffar *et al.*, 2020; Giorgi *et al.*, 2017) evidenziano come la strategia circolare più diffusa nel settore delle costruzioni sia ancora il riciclo applicato a materiali e prodotti secondo le logiche del down-cycling in quanto, a differenza di altri settori industriali, la gran parte dei componenti edilizi posseggono a fine vita prestazioni e valore economico residuali piuttosto contenuti.

Il presente saggio pone l'attenzione sulla necessità di sperimentare percorsi virtuosi di circolarità delle costruzioni attraverso

Remanufacturing:  
strategies to enhance  
the life extension of  
short-cycle building  
products

**Abstract.** This essay explores the issues of reuse and remanufacturing in the construction sector, considered to be key strategies for circularity and value conservation, based on the extension of product life through multiple use cycles. The main levers for boosting the logic of reuse and remanufacturing are investigated, as well as the major barriers that hinder their spread. In particular, the focus is on the components coming from the renovation of tertiary buildings (offices, accommodation, exhibitions, retail), characterised by short use cycles. These components are the most suitable for innovative remanufacturing experiments, since they are distinguished by high economic value and high residual performance after the replacement process.

**Keywords:** Regenerative circular economy; Construction sector; Remanufacturing; Reuse; Life cycle management; Tertiary.

il *remanufacturing* e il riuso, che si configurano come strategie vincenti e a basso impatto ambientale per lo sviluppo di una economia circolare rigenerativa. Tipicamente tali strategie trovano applicazione in settori connotati da cicli di vita brevi, ma appaiono promettenti anche per l'edilizia per il terziario (uffici, strutture per l'accoglienza, spazi espositivi, negozi) e in particolare ogniqualvolta emergano cicli d'uso degli artefatti molto brevi, in cui l'obsolescenza è per la maggior parte estetica o funzionale, rimanendo invece ancora elevati le prestazioni tecniche e il valore economico dei componenti. Nell'edilizia per il terziario, infatti, nonostante l'edificio sia pur sempre connotato dal carattere di "unicità" tipica dei processi edilizi che si confrontano con un contesto geografico, economico e culturale specifico, gli elementi tecnologici presentano un maggior livello di omologazione rispetto ad altri ambiti di impiego, delineando pertanto un campo di sperimentazione privilegiato per l'applicazione delle logiche di sostituzione e riuso.

## Remanufacturing e riuso: dai settori industriali avanzati al settore delle costruzioni

Tra le possibili strategie attuabili in una prospettiva di economia circolare il *remanufacturing*, specie se si considera il settore edilizio, è più di altri l'ambito che necessita ancora di approfondimenti interpretativi e d'indagini tese a comprendere i più promettenti modelli organizzativi e di business e a focalizzare barriere e leve per la diffusione delle sue pratiche.

## Towards circular economy

The transition of the construction sector towards the circular economy currently represents an opportunity to rethink the processes of transformation of the built environment. This entails social, economic and environmental implications, such as the creation of new and more skilled jobs, the reduction of economic and environmental costs related to the extraction of increasingly rare raw materials, energy consumptions and emissions into the environment. Various research (Ghaffar *et al.*, 2020; Giorgi *et al.*, 2017) highlights that the downcycling of materials and products is the most widespread circular strategy within the construction sector. This is largely due to the fact that, unlike other industrial sectors, most of the building elements have relatively low performance levels and residual economic value at the end-of-life stage.

The present essay focuses on the need to experiment virtuous circular paths for building elements through remanufacturing and reuse, considered to be winning and low environmental impact strategies in the perspective of a regenerative circular economy. Typically, these strategies are applied to industrial assets which connote a short life and high residual value. Transferring this logic to the building sector, these strategies appear particularly applicable and promising for tertiary building (offices, reception facilities, exhibition areas, commercial spaces, temporary shops) and, in general, whenever there is the presence of artefacts characterised by rapid obsolescence (basically aesthetic and/or functional) after short periods of use with the permanence of both technical performances and economic value. Tertiary real estate appears to be a privileged field of experimentation for

01 | Ciclo di vita del prodotto (BS 8887:2009) (il livello di garanzia confrontato con il prodotto originario è riportato in parentesi), rielaborazione degli autori  
*Product life cycle (BS 8887 2: 2009) (the warranty level compared with the original product is reported in brackets), reworked by the authors*

02 | Re-azioni e prolungamento del ciclo di vita dei prodotti, rielaborazione degli autori  
*Re-actions and extension of the life cycle of products, picture reworked by the authors*

Rispetto a molteplici contributi di letteratura, che esprimono posizioni diverse rispetto alla relazione tra riuso e *remanufacturing* (Seitz and Wells, 2006; Parkinson and Thompson, 2003; Gharfalkar *et al.*, 2016), la norma ISO 8887-2:2009 fornisce una visione sinottica e una descrizione, valide per tutti gli ambiti produttivi, delle tre “re-azioni” che è possibile adottare: *remanufacturing*, *ricondizionamento*, *riuso* (Fig. 1).

Tali strategie possono interessare prodotti e sistemi più o meno complessi, i quali, grazie a operazioni su alcune o tutte le loro parti componenti, possono vedere il prolungamento della loro vita utile (Fig. 2) attraverso molteplici cicli di utilizzo, a fronte di limitati impieghi di materiale, di energia e minima produzione di rifiuti.

Confrontando le definizioni che la norma propone (Tab. 1), è possibile individuare una gerarchia che vede all’apice il *remanufacturing* e che si articola nella comparazione, in relazione al livello delle prestazioni fornite e al tipo di garanzie offerte, tra il prodotto, sottoposto alle possibili “re-azioni”, e il prodotto originario. Alle tre “re-azioni”, che riguardano l’allungamento del ciclo di vita di un prodotto, che non muta la sua funzione iniziale, si aggiunge la *rifunzionalizzazione*, che vede il cambiamento di funzione dell’intero sistema o di alcune sue componenti.

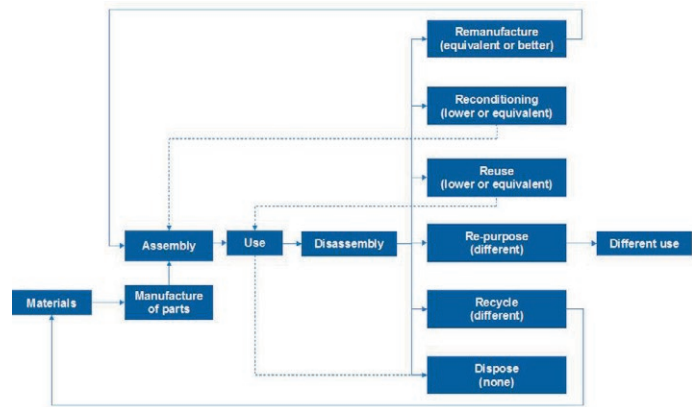
Condizioni diverse (natura del prodotto, campi di utilizzo, mercato, filiere produttive e commerciali, propensioni dei consumatori, ecc.) possono far propendere per una piuttosto che per le altre, tuttavia queste strategie dovrebbero essere considerate unitariamente entro una generale finalità di allungamento della vita e di mantenimento del valore dei prodotti. In questo senso è interessante il concetto olistico di *Resource Conservative Manufacturing* (ResCoM), introdotto da alcuni autori (Asif *et al.*, 2012),

the application of the logic of substitution and reuse. In fact, although the tertiary buildings are characterised by the “uniqueness” typical of the building assets - related to the specificity of the specific geographical, economic and cultural context - the technological elements have a higher level of homologation than other construction sectors.

**Remanufacturing and reuse: from advanced industrial fields to the construction sector**

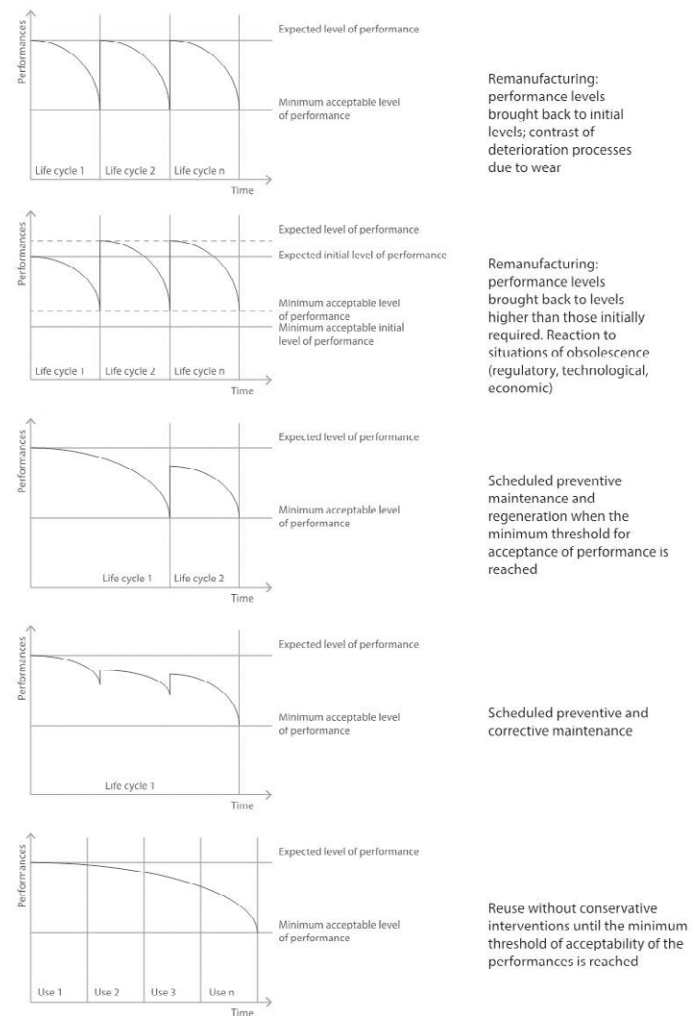
With regard to the construction sector, among the possible strategies that can be implemented in a circular economy perspective, *remanufacturing* is the area that, more than others, still needs interpretative insights and investigations in order to define the most promising organisational solutions and business models and to identify barriers and levers for its spread.

By comparing multiple contributions of literature, it is possible to highlight different points of view about the relationship between reuse and *remanufacturing* (Seitz and Wells, 2006; Parkinson and Thompson, 2003; Gharfalkar *et al.*, 2016). The ISO 8887-2:2009 standard provides a synoptic vision and a description, valid for all productive fields, of the three “re-actions” that it is possible to adopt: *remanufacturing*, *reconditioning*, *reuse* (Fig. 1). Such strategies may be applied to more or less complex products and systems, whose useful life can be extended (Fig. 2) through operations on some or all of their parts. These operations allow multiple cycles of use, with limited consumption of material and energy and minimal waste generation. The standard proposes (Tab. 1) a hierarchy of possible “re-actions”, defined according to the comparison, in relation to the level of the performances



che rimanda alla conservazione delle risorse attraverso molteplici cicli di vita dei prodotti definiti rispetto a diversi possibili modelli di relazioni tra i soggetti della produzione, della manutenzione, del *remanufacturing*, della commercializzazione e dell’uso.

Le pratiche del ResCoM, sono da qualche tempo diffuse in molteplici settori industriali (aerospazio, navale, automobilistico, ferroviario, elettronica, medicale, arredo, attrezzature pesanti e macchinari) (Butzer and Schötz, 2016). L’industria del *remanufacturing* rappresenta oggi circa il 2% of settore



Tab. 01 | Le azioni per l'estensione del ciclo di vita di prodotti secondo la norma BS 88872:2009, rielaborazione degli autori  
 The actions for the extension of the product life cycle according to the BS 8887-2:2009 standard, table reworked by the authors

manifatturiero europeo con un fatturato di circa 30 bilioni di euro (con una preponderanza dei settori aerospaziale al 42% e dell'automobilistico al 25%), con una previsione di crescita del 50% entro il 2030 (Parker *et al.*, 2015). La rete *European Remanufacturing Network* (ERN), finanziata dal programma europeo H2020, e la via via più corposa letteratura scientifica sul tema testimoniano il crescente interesse dei tradizionali settori manifatturieri ed evidenziano come il *remanufacturing* stia sempre di più acquisendo connotati distintivi e autonomi con lo sviluppo di specifici approcci organizzativi e commerciali e la sperimentazione di modelli originali di *Closed-Loop Supply Chain* (CLSC), intesi come processi di progettazione e controllo di un sistema finalizzati a massimizzare la creazione di valore lungo il ciclo di vita di un prodotto, con recupero dinamico di valore, da diverse tipologie e volumi di ritorno (Tonissi Moroni-Cutovoi, 2021).

**Remanufacturing e riuso quali driver di innovazione negli interventi di rinnovo del terziario**

La progressiva maturazione delle esperienze di *remanufacturing*, che si sono innestate con successo in alcuni settori manifatturieri, è sicuramente dovuta

a condizioni insite nella natura di alcuni beni di provenienza industriale, quale l'elevato valore economico dei prodotti, una progettazione condotta secondo principi di modularità e disassemblabilità, processi produttivi standardizzati, profili di utilizzo chiaramente definiti, previsioni attendibili di durabilità e di affidabilità dei sistemi e delle loro componenti, filiere produttive e commerciali identificate, pratiche di manutenzione programmata consolidate e presenza di fornitori di servizi manutentivi nella

provided and the type of guarantees offered, between the original product and the one subjected to operations. Remanufacture (equivalent or better) is at the top of the hierarchy, followed by recondition (lower or equivalent) and reuse (lower or equivalent). These three "re-actions" deal with the extension of the life cycle of a product whose original function does not change. Besides these three "re-actions", the hierarchy also includes repurpose as an action dealing with products whose function may be completely or partially changed. These strategies should be considered jointly in relation to the general purpose of extending the life-span and maintaining the value of products, although different conditions (characteristics of the product, fields of use, market, productive and commercial aspects, consumer propensities, etc.) may lead to one rather than the other.

In this sense, it is interesting to consider the holistic concept of Resource Conservative Manufacturing (ResCoM) introduced by some authors (Asif *et al.*, 2012), which refers to the conservation of resources through multiple life cycles of products, obtained through the application of various models of relationship between manufacturing, maintenance and use operators. ResCoM practices are increasingly widespread in many industrial sectors (aerospace, naval, automotive, railway, electronics, medical, furniture, heavy equipment and machinery) (Butzer and Schötz, 2016). The remanufacturing industry today represents about 2% of the European manufacturing sector with a revenue of about 30 billion euros (with a preponderance of aerospace at 42% and automotive at 25%), with a growth forecast of 50% by 2030 (Parker *et al.*, 2015).

<b>Remanufacturing</b>	<p><b>To return a used product to at least its original performance with a warranty equivalent or better than the one of the newly manufactured product.</b></p> <p><i>NOTE</i>                  From a customer viewpoint, the remanufactured product can be considered to be the same as the new product.                  With respect to remanufacture:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- manufacturing effort involves dismantling the product, the restoration and replacement of components and testing of the individual parts and whole product to ensure that it is within its original design specifications;</li> <li>- performance after remanufacture is expected to be at least to the original performance specification; and any subsequent warranty is generally at least equal to that of new product.</li> </ul>
<b>Recondition</b>	<p><b>To return a used product to a satisfactory working condition by rebuilding or repairing major components closed to failure, even where there are no reported or apparent faults in those components.</b></p> <p><i>NOTE</i>                  With respect to reconditioning:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- manufacturing effort involves the replacement of worn or broken parts, generally less extensive than required to remanufacture, but more than necessary for repair;</li> <li>- performance after reconditioning is expected to perform its intended role but the overall performance is likely to be inferior to that of the original model; and any subsequent warranty is generally less than new or a remanufactured product but the warranty is likely to cover the whole product (unlike repair);</li> <li>- reconditioned products do not require a warranty equivalent to that of a newly manufactured equivalent.</li> </ul>
<b>Reuse</b>	<p><b>Operation by which a product or its components at the end-of-life are put back into use for the same purpose.</b></p>
<b>Repurpose</b>	<p><b>To use a product or its components with a role that it was not originally designed to perform.</b></p> <p><i>NOTE</i>                  This action deals specifically with products and assemblies and not materials, which falls under recycling. Augmentation of the product may be required to fulfil its new role.</p>

The European Remanufacturing Network (ERN), funded by the European H2020 programme, and the more and more extensive scientific literature on this subject demonstrate the growing interest of traditional manufacturing sectors and highlight that remanufacturing is increasingly acquiring distinctive and autonomous features connected to the development of specific organisational and commercial approaches. In parallel, these approaches are supported by original models of Closed-Loop Supply Chain (CLSC), understood as processes of planning and control of a system finalised to maximise the creation of value along the life cycle of a product, with the dynamic recovery of value from various types and volumes (Tonissi Moroni-Cutovoi, 2021).

**Remanufacturing and reuse as innovation drivers in the renewal of the tertiary sector**

The progressive development of remanufacturing experiences, which have been successfully inserted into some manufacturing sectors, is certainly due to conditions inherent in the nature of some industrial goods, such as the high economic value of the products, a design conducted according to modularity principles and disassembly, standardised production processes, clearly defined usage profiles, reliable forecasts of durability and reliability of systems and their components, identified production and commercial chains, consolidated scheduled maintenance practices and presence of maintenance service providers in the



supply chain, consolidata esperienza nella gestione del rapporto prodotto-servizio, ecc.

Tutte le esperienze di *remanufacturing* negli altri settori si applicano a prodotti caratterizzati da cicli di vita brevi, che consentono di organizzare una catena di relazioni tra gli operatori dell'intero processo di produzione-uso-rigenerazione (Atta *et al.*, 2020).

Nel settore edilizio, l'ambito di applicazione che più si avvicina a questo tipo di caratteristiche è il settore terziario (uffici pubblici e privati, strutture per l'accoglienza, strutture commerciali, spazi espositivi, negozi), caratterizzato dalla forte presenza di componenti edilizi di provenienza industriale e di impianti ad alto valore economico e prestazionale, spesso soggetti a sostituzioni dopo cicli di utilizzo brevi (10-15 anni) (Peters *et al.*, 2017), a causa del frequente rinnovo del *fit-out* (per motivi funzionali, di layout spaziale o anche solo di immagine), tipicamente attuato in tali contesti.

I frequenti rinnovi sono anche conseguenza di recenti cambiamenti nei modelli d'uso che portano alla fruizione degli edifici in termini di servizio (*hoteling*, *temporary shops*, *coworking* e diverse declinazioni di *sharing*) determinando un alto grado di temporaneità di utilizzo degli spazi. A questo si affianca l'abbreviazione dei contratti di locazione, la trasformazione del mercato immobiliare e dei modelli di commercio e non da ultima la necessità di trasformazioni per riasseti organizzativi e spaziali all'uscita dall'emergenza pandemica.

Questi interventi di rinnovo comportano nella prassi attuale la demolizione e lo smaltimento in discarica di componenti (finiture, partizioni interne, pavimentazioni, controsoffitti, allestimenti, impianti e arredi) ancora in buono stato, che potrebbero

invece essere oggetto di riuso o di *remanufacturing*. Si tratta di componenti caratterizzati da modalità di assemblaggio tra le parti che ne garantiscono l'integrità in fase di smontaggio e da una durabilità superiore al ciclo di uso, con prestazioni residue in genere elevate al momento della dismissione.

Per innescare un'effettiva transizione verso la circolarità dei flussi occorre un cambiamento nei rapporti di filiera e nelle relazioni tra operatori, attivabile non solo tramite la leva costituita dalla sensibilizzazione verso i problemi ambientali, ma, soprattutto in questo momento, tramite la leva economica. È necessario dotare gli operatori di strumenti e riferimenti capaci di dimostrare come i vantaggi ambientali di riduzione dei consumi di risorse si possano trasformare in vantaggi economici in una logica *win-win* per i diversi soggetti coinvolti in possibili filiere e reti di *remanufacturing* (utenti, produttori, rilavoratori, ecc.).

Per poter avviare la creazione di filiere di *remanufacturing* e riuso occorre mettere in rete, creando un filo rosso legato all'intero ciclo di vita del componente, soggetti che attualmente gestiscono in modo separato segmenti di processo (*take-make-dispose*). I modelli organizzativi possono essere diversi: lo stesso produttore può rimanere regista di filiera, creando un business parallelo sui suoi componenti; altri operatori possono attivare una nuova filiera instaurando una relazione stabile con il produttore originario; altri ancora possono gestire una sorta di "affitto" dei componenti edilizi che poi, se correttamente smontati, possono essere riutilizzati in altri edifici. In generale, se i componenti, attraverso azioni di *remanufacturing*, riescono a mantenere una qualità analoga o superiore a quella del prodotto originario, si può ipotizzare un loro uso nello stesso mercato di partenza (con un mantenimento del valore); se, applicando azioni di ricon-

supply chain, consolidated experience in managing the "product-service" relationship, etc.

All remanufacturing experiences in other sectors apply to products characterised by short life cycles, which make it possible to organise a chain of relationships between the operators of the entire production-use-regeneration process (Atta *et al.*, 2020).

In the construction sector, the field of application that comes closest to this type of characteristic is the tertiary sector (public and private offices, accommodation facilities, commercial structures, exhibition spaces, shops), characterised by the strong presence of building components of industrial origin and of plants with high economic and performance value, often subject to replacements after short cycles of use (10-15 years) (Peters *et al.*, 2017) due to the frequent renewal of the fit-out (for functional reasons, spatial

layout or corporate image) typically implemented in such contexts.

Frequent renewals are also a consequence of recent changes in use models that lead to the use of buildings in terms of service (*hotelling*, temporary shops, co-working and various forms of sharing) resulting in a high degree of temporary use of the spaces. This is accompanied by the abbreviation of leases, the transformation of the real estate market and business models and, last but not least, the need for transformations for organisational and spatial rearrangement upon exiting the pandemic emergency.

In current practice, these renovations involve the demolition and disposal in landfills of components (finishes, internal partitions, flooring, false ceilings, fittings, systems and furnishings) which are still in good condition and which could instead be subject to reuse or remanufacturing. These are compo-

nents characterised by methods of assembly between the parts that guarantee their integrity during disassembly and a durability greater than the cycle of use, with generally high residual performance upon disposal.

To trigger an effective transition towards the circularity of flows, a change in the supply chain relationships and in the relationships between operators is needed, which can be activated not only through the lever constituted by raising awareness of environmental problems, but, especially at this time, through the economic lever. It is necessary to equip operators with tools and references capable of demonstrating how the environmental advantages of reducing the consumption of resources can be transformed into economic advantages in a win-win logic for the various subjects involved in possible supply chains and remanufacturing networks (users, producers, reworkers, etc.).

In order to start the creation of remanufacturing and reuse chains, it is necessary to network, creating a red thread linked to the entire life cycle of the component and to the subjects that currently manage process segments separately (*take-make-dispose*). Organisational models can be of different types: the same producer can remain the director of the supply chain, creating a parallel business for his/her components; other operators can activate a new supply chain by establishing a stable relationship with the original producer; other operators can manage a sort of "renting" of building components which, if properly disassembled, can then be reused in other buildings. In general, if, through remanufacturing actions, the components are managed in order to maintain a quality similar or superior to that of the original product, it can be assumed that they will be used in the same start-

dizionamento (Fig. 1) subiscono un *downgrade* prestazionale e di valore, possono essere avviati a mercati secondari. Al fine di allungare la vita utile dei materiali e dei componenti edilizi sui componenti edilizi è possibile applicare, in relazione alle diverse situazioni di contesto, un mix di re-azioni (Fig. 2).

### Edifici terziari come “banche” di componenti

Molti studi e ricerche sull'applicazione delle logiche della *Circular Economy* al settore delle costruzioni pongono al centro l'insieme delle azioni e delle tecnologie volte al recupero di materiali ed energia da qualsiasi tipo di stock antropogenico immagazzinato negli oggetti, negli edifici e nelle strutture: il cosiddetto *Urban Mining*. Questo tema assume connotati particolari quando l'obiettivo dell'azione non è quello di ricavare dallo stock edilizio esistente materie prime seconde, ma piuttosto componenti, prolungandone la vita attraverso un processo di *remanufacturing* e riuso. In questa prospettiva gli edifici possono essere visti come “banche” di componenti, oltre che di materiali, come proposto dal progetto europeo *Building as Material Bank* (Peters *et al.*, 2017), che identifica nuove strategie e modelli di business per il prolungamento della vita utile dei componenti edilizi, mantenendone il valore nel tempo.

Seguendo tale approccio, emerge con evidenza il vantaggio ambientale del *remanufacturing* inteso come possibilità di estrarre componenti integri dagli edifici in trasformazione, soprattutto in quelle applicazioni di breve vita, alla cui conclusione i componenti edilizi sono caratterizzati da un consistente valore economico e prestazionale residuo.

Per veicolare il valore dei componenti dello stock edilizio sono nate iniziative di “censimento”, come la piattaforma Madaster,

ing market (with the maintenance of value); if by applying remanufacturing actions (Fig. 1) they suffer a performance and value downgrade, they can be sent to secondary markets. In order to extend the useful life of the building materials and components, a mix of reactions can be applied on the building components in relation to the different context situations (Fig. 2).

### Tertiary buildings as component “banks”

Many studies on the application of circular economy principles to the construction sector deal with actions and technologies aimed at recovering materials and energy from any type of anthropogenic stock stored in products, structures and buildings: the so-called urban mining. This topic turns out to be of particular interest when the action aims to obtain from the existing building stock not secondary raw

materials, but building components extending their life through remanufacturing and reuse processes. In this perspective, buildings can be seen as “banks” of components and materials, as proposed by the European project Building as Material Bank (Peters *et al.*, 2017), which identifies new strategies and business models for extending the service life of building components, maintaining their value over time.

The environmental advantage of remanufacturing emerges especially for short-term buildings, in which the components coming from the dismantling activities are characterised by high residual economic and functional value.

Some survey initiatives, such as the Madaster platform conceived by Turntoo (Rau, 2019), have been developed with the aim of creating an inventory of materials and components available within buildings, whose eco-

ideata da Turntoo (Rau, 2019), una sorta di catasto dei materiali e dei componenti presenti negli edifici, il cui valore economico viene aggiornato in relazione al mercato. Azioni simili contribuiscono ad aumentare la consapevolezza nei confronti del valore dei componenti dell'edificio nel tempo e dell'utilità, anche economica, di gestirne il fine vita nel senso di un loro reimpiego.

Nel caso specifico del settore terziario, la gestione degli edifici è in genere in capo a fornitori di servizi integrati (*facility management*). Tali operatori, gestendo grandi patrimoni immobiliari e dunque grandi quantità di componenti che devono essere riparati o dismessi in caso di rinnovo degli edifici, possono costituire un soggetto importante per l'attivazione di reti di *remanufacturing*, per esempio pensando a un potenziale smontaggio-*remanufacturing*-rimontaggio in altro contesto d'uso dei componenti. Per l'attivazione del processo vi sono alcune condizioni necessarie ancorché non sufficienti. Innanzitutto i sistemi costruttivi e i componenti devono poter essere smontati e separati senza essere danneggiati, per cui occorre applicare nella loro progettazione logiche di assemblaggio a secco e reversibilità costruttiva, che ne permettano il recupero delle parti. Secondariamente le informazioni tecniche relative ai componenti devono essere conservate nel tempo in modo da accompagnare il componente con le sue caratteristiche (*material passport*) comprensive anche degli eventuali interventi di manutenzione (per questo strumenti come il BIM possono essere utili quale base di raccolta e gestione delle informazioni nel tempo). Infine deve essere chiara la proprietà del componente, e dunque la responsabilità di chi se ne occupa nel tempo, possibilmente slegandola dall'utente finale e lasciandola in capo agli operatori della filiera produttiva

nomie value is updated in relation to the market. These initiatives contribute to increasing awareness of the value of building components over time and of the benefits (also economic) from the management of their end-of-life towards reuse.

In the case of tertiary sector, generally suppliers of integrated services (facility management) carry out the management of buildings. These operators manage large real estate assets and therefore huge quantities of components that must be repaired or disposed of in the event of building renovation. In this way, they can play a crucial role in activating remanufacturing networks, for example, by accounting potential disassembly-remanufacturing-reassembly of components in other application contexts.

However, it is worth mentioning that there are some necessary but insufficient conditions for activating the pro-

cess. First of all, the set of construction systems and components have to be disassembled and separated without being damaged, by designing them in the logic of dry assembly and constructive reversibility to enable the recovery of parts. Secondly, the technical information of components needs to be sustained over time in order to provide component specifications (material passport) including any maintenance operations (for such purposes, tools like BIM can be exploited for collecting and managing information over time). Finally, the ownership and thus responsibility of components must be clear, if necessary, releasing the property from the end users and leaving it to the operators of the production chain (extended producer responsibility, take-back), triggering new contractual forms between manufacturer, remanufacturer and user (product-service).

(*extended producer responsibility, take-back*), innescando nuove formule di relazione contrattuale tra produttore, remanufacturer e utente (prodotto-servizio).

### Barriere e leve

Nel settore delle costruzioni le esperienze di *remanufacturing* non hanno ancora assunto i connotati di una vera e propria filiera e si presentano come pratiche parziali, spesso concentrate in ambiti molto specifici (arredi e attrezzature per allestimenti), oppure come sperimentazioni o progetti-pilota (come per esempio il *Circl Pavilion* ad Amsterdam, nel quale alcuni componenti sono stati oggetti di tracciamento della provenienza e di riuso/*remanufacturing*).

Nonostante la diffusione delle strategie di economia circolare stia suscitando un crescente interesse degli operatori per il riuso e il *remanufacturing* dei componenti edilizi numerosi sono gli aspetti tecnici e organizzativi che stanno ritardando l'affermazione di queste azioni rispetto alla più semplice pratica del riciclo. Il principale ostacolo al riuso e al *remanufacturing* è la garanzia prestazionale che il "ri-lavoratore" deve ridare a un prodotto di cui non conosce il livello di degrado subito in uso; ri-caratterizzarne le prestazioni è un processo troppo costoso rispetto a produrre un nuovo componente (riciclato) che esce da un processo industriale di produzione controllato. Per superare quest'aspetto è importante, anche se non sempre sufficiente, la tracciabilità (*material passport*) delle caratteristiche del prodotto e delle azioni manutentive operate nel tempo.

Una seconda barriera è costituita dalla quantità non costante dei flussi di componenti da rigenerare, che ostacola l'attivazione di una filiera stabile, soprattutto per i componenti già in uso negli

### Barriers and levers

In the construction sector, remanufacturing experiences have not yet assumed the connotations of a real supply chain and are presented as partial practices, often concentrated in very specific areas (furnishings and equipment for setting up), or as experiments or pilot projects (such as, for example, the *Circl Pavilion* in Amsterdam, where some components have been traced about the origin and the reuse / remanufacturing).

Although the diffusion of circular economy strategies is arousing growing interest among operators for the reuse and remanufacturing of building components, there are many technical and organisational aspects which are delaying the market loyalty strategy of these actions compared to the simpler practice of recycling.

The main obstacle to reuse and remanufacturing is the performance

guarantee that the "reworker" must recertify a product about which he/she does not know the level of degradation suffered during use; re-defining and testing its performance is too expensive as a process compared to producing a new (recycled) component made from a controlled industrial production process. To overcome this aspect, the traceability (*material passport*) of the characteristics of the product and of the maintenance actions, carried out over time, is important, although not always sufficient.

A second barrier consists of a non-constant number of flows of components to be regenerated, which hinders the activation of a stable supply chain, especially for components already in use in buildings (which are not designed for disassembly and reuse). In this case, the flows are too different for the types of products and just as fragmented in relation to the individual re-

edifici (peraltro non progettati per il disassemblaggio e riuso). In questo caso i flussi sono troppo differenti per tipologie di prodotti e altrettanto frammentati in relazione ai singoli interventi di rinnovo. La conseguenza è operare sui componenti caso per caso non riuscendo in questo modo ad attivare vere e proprie filiere. L'attivazione di vere e proprie filiere industriali può trovare utili leve sia nella produzione di componenti progettati per essere smontati e rimanifatturati, sia nello sviluppo di nuovi modelli di business (prodotti-servizio) che prevedano il coinvolgimento del soggetto produttore/distributore del prodotto.

Nella direzione dei modelli innovativi di business il *leasing* di prodotti (rigenerati) si sta affermando in alcuni ambiti come modello vincente poiché capace di sgravare soprattutto i clienti aziendali da investimenti di capitale, soprattutto nel caso di beni a breve durata d'uso.

In ambito edilizio nuovi modelli di business, basati sui prodotti-servizio e sul *leasing* anziché sulla vendita dei prodotti, sono ancora poco applicati a causa di alcuni nodi critici riguardanti sia le relazioni di "responsabilità" tra soggetti produttori-installatori-utilizzatori-manutentori-smontatori, sia dell'apparato normativo che risulta ancora carente rispetto ai temi della certificazione dei prodotti, delle garanzie, della cessione della proprietà tra soggetti della possibile rete di *remanufacturing*.

Una terza barriera è di tipo tecnico, legata all'effettiva reversibilità delle soluzioni costruttive: pur essendo in atto processi di prefabbricazione spinta e di assemblaggio a secco, l'attenzione appare ancora concentrata maggiormente sull'assemblabilità al fine della riduzione dei tempi e dei costi di costruzione, piuttosto che sulla successiva possibilità di facile disassemblaggio dei componenti. Dare responsabilità ai produttori rispetto alla vita

newal interventions. The consequence is to operate the components case by case, thus failing to activate real supply chains. The activation of real industrial supply chains can find useful levers, both in the production of components designed to be disassembled and remade, and in the development of new business models (products-services) that envisage the involvement of the producer / distributor of the product.

In the pursuit of innovative business models, the leasing of (remanufactured) products is establishing itself in some areas as a winning model as it is capable of relieving corporate customers from capital investments, especially in the case of short-term assets.

In the construction sector, new business models, based on product-service and leasing rather than on the sale of products, are still rarely applied due to some critical issues concerning both the relationship of "responsibility"

between producers-installers-users-maintainers- dismantlers and the regulatory system which is still lacking with respect to the issues of product certification, guarantees and the transfer of ownership between subjects of the possible remanufacturing network. A third barrier is of a technical nature, linked to the effective reversibility of the construction solutions: despite the fact that processes of prefabrication and dry assembly are under way, attention still appears to be concentrated more on assembly in order to reduce the time and cost of construction, rather than on the subsequent possibility of easy disassembly of the components. Giving responsibility to producers with respect to the life of the product (*extended producer responsibility*) is certainly a way to induce a greater in-depth study of the issues and practices of design for disassembly. A further barrier to the affirmation of



del prodotto (*extended producer responsibility*) è sicuramente un modo per indurre un maggiore approfondimento delle tematiche e delle pratiche della progettazione per il disassemblaggio. Un'ulteriore barriera all'affermazione del *remanufacturing* in ambito edilizio è costituita dalla difficoltà attuale di individuare figure intermedie capaci di agire da tramite tra gli operatori che si occupano del disassemblaggio di parti dell'edificio e il mercato potenziale di prodotti rimanufatturati: una delle condizioni per la creazione di possibili nuove reti di *remanufacturing* è sicuramente la formazione di nuove figure di interfaccia tra i molti soggetti del processo circolare (operatori della produzione, dell'utilizzo, della dismissione, della rimanifattura, del mercato dei prodotti revisionati).

Esiste infine una barriera culturale: la domanda di mercato del prodotto di seconda mano è molto variabile e sicuramente il potenziale mercato richiede azioni di sensibilizzazione, basati su alcuni punti chiave, come per esempio:

- per l'offerta, la riduzione dei costi di produzione attraverso il riutilizzo o la rigenerazione di materiali e prodotti, le nuove opportunità di business legati al noleggio anziché alla vendita;
- per la domanda, la riduzione di costi legati all'"usa e getta" di componenti edilizi, grazie all'accesso temporaneo (*leasing*) a *fit-out* personalizzabili.

### Progettazione del prodotto: *design for re-manufacturing*

La concezione del prodotto gioca un ruolo estremamente importante nella possibilità di attivare filiere di *remanufacturing*.

Occorre modificare l'approccio al progetto del componente e del relativo sistema edilizio. Mentre il *Design for Manufacturing and*

*remanufacturing* in the building sector is the current difficulty in identifying intermediate figures capable of acting as an intermediary between the operators who deal with the disassembly of parts of the building and the potential market for remanufactured products: one of the conditions for the creation of possible new remanufacturing networks is certainly the formation of new interface figures between the many subjects of the circular process (operators in the production, use, disposal, remanufacturing, market of overhauled products).

Finally, there is a cultural barrier: the market demand for second-hand products is highly variable and the potential market certainly requires awareness-raising actions, based on some key points, such as:

- for the offer: the reduction of production costs through the reuse or regeneration of materials and prod-

ucts, new business opportunities related to rental rather than sale;

- for the demand: the reduction of costs related to the "disposable" building components, thanks to temporary access (*leasing*) to customisable fit-outs.

#### Product design: *design for remanufacturing*

The conception of the product plays an extremely important role in the possible activation of remanufacturing chains. It is necessary to change the approach to the design of the component and the related building system. While *Design for Manufacturing and Assembly* (DfMA) (Wasim *et al.*, 2020), recently adopted by construction companies for off-site prefabrication of building components, focuses on ease of manufacture and efficiency of assembly, the *Design for Remanufacturing* (DfRem) is a multiscalar and multidisciplinary approach to design

*Assembly* (DfMA) (Wasim *et al.*, 2020), recentemente adottato dalle imprese edili per la prefabbricazione off-site di componenti da costruzione, si concentra sulla facilità di produzione e sull'efficienza dell'assemblaggio, il *Design for Re-manufacturing* (DfRem) è un approccio, multiscalar e multidisciplinare alla progettazione che pone questioni nuove relativamente ai metodi e agli strumenti per una corretta configurazione dei prodotti industriali in vista del potenziale disassemblaggio, risistemazione e futuro riutilizzo (Yang *et al.*, 2014).

Per applicare il DfRem nella progettazione edilizia è necessario sviluppare anche approfondite conoscenze delle casistiche e dei tassi di guasto, la previsione delle durate di vita dei componenti edilizi e delle loro parti costitutive, l'assunzione dei requisiti di manutenibilità, isolabilità, reversibilità e intercambiabilità. Le pratiche del riuso e del *remanufacturing* implicano innanzitutto che l'azione di disassemblaggio preservi l'integrità del componente, e più a monte, che la progettazione si ispiri a principi di modularità e mono-materialità per quanto possibile, e infine che la definizione degli agganci tra le parti d'opera sia orientata a privilegiare l'uso di dispositivi meccanici e di sigillatura per pressione e, in generale, tecniche costruttive a secco (Vezzoli and Manzini, 2008). Un avanzamento significativo in questa direzione è costituito dalla emanazione della norma *Sustainability in buildings and civil engineering works - Design for disassembly and adaptability - Principles, requirements and guidance* che inquadra il *Design for Disassembly* come pratica virtuosa per la sostenibilità della filiera delle costruzioni (ISO 20887:2020) aprendo, a monte dei processi realizzativi, a nuove reti di relazioni tra progettisti, produttori, fornitori di servizi di *facility management* integrati, operatori specializzati nel *remanufacturing*.

that poses new questions regarding the methods and tools for the correct configuration of industrial products in view of the potential disassembly, rearrangement and future reuse (Yang *et al.*, 2014).

To apply DfRem in building design, it is also necessary to develop in-depth knowledge of the cases and failure rates, the prediction of the lifespans of building components and their constituent parts, the assumption of maintainability, isolation, reversibility and interchange ability requirements. The practices of reuse and remanufacturing imply first of all that the disassembly action preserves the integrity of the component, and further upstream, that the design is inspired by the principles of modularity and mono-materiality as much as possible, and finally that the definition of the connections between the parts of the work is oriented towards favouring the use of mechanical

and pressure-sealing devices and, in general, dry construction techniques (Vezzoli, Manzini, 2008). A significant advance in this direction is constituted by the issue of the *Sustainability in buildings and civil engineering works - Design for disassembly and adaptability - Principles, requirements and guidance* standard which frames Design for Disassembly as a virtuous practice for the sustainability of the construction supply chain (ISO 20887: 2020) opening up, upstream of the construction processes, to new networks of relationships between designers, manufacturers, suppliers of integrated facility management services and operators specialised in remanufacturing.

#### Conclusions

The articulated requirement framework outlined by the recent building renovation policies (renovation wave) and by the affirmation of the logic of

## Conclusioni

L'articolato quadro esigenziale delineato dalle recenti politiche di riqualificazione del costruito (*renovation wave*) e dall'affermazione delle logiche dell'economia circolare impongono al settore delle costruzioni l'aggiornamento dei propri assetti organizzativi, delle strategie, dei metodi e degli strumenti: il riferimento a soluzioni costruttive industrializzate evolute e la pervasività delle tecnologie di comunicazione e informazione (industria 4.0) finalizzate al controllo dei processi di progettazione e gestione (BIM) e al monitoraggio e automazione degli edifici (IoT) costituiscono uno scenario ineludibile.

All'interno di questo quadro si rende necessario un ripensamento del costruito e del costruire, che prelude a rinnovati modelli di gestione della fase d'uso e di fine vita legati all'aggiornabilità delle parti dell'edificio e ai processi di *remanufacturing* per il riuso dei componenti.

Occorre altresì assicurarsi che i percorsi di circolarità basati sul *remanufacturing* delle parti d'opera a ciclo di vita breve siano realmente sostenibili per l'ambiente e non determinino piuttosto una più rapida obsolescenza funzionale degli edifici, assecondando ancora una volta una logica consumistica che, per quanto garantisca la circolarità dei flussi materici, rischia di accrescere i consumi energetici e le emissioni nell'ambiente. Al fine di una visione completa delle effettive implicazioni dei processi circolari i nuovi approcci orientati al riuso e al *remanufacturing* dovranno quindi essere accompagnati dalla verifica degli effetti ambientali nel ciclo di vita tramite valutazioni *Life Cycle* (LCA, LCC, SLCA).

the circular economy requires the construction sector to update its organisational structures, strategies, methods and tools: reference to advanced industrialised construction solutions and the pervasiveness of communication and information technologies (industry 4.0) aimed at controlling design and management processes (BIM) and the monitoring and automation of buildings (IoT) constitute an unavoidable scenario.

Within this framework, a rethinking of buildings and construction is necessary, which is a prelude to renewed management models of the use and end-of-life phases linked to the upgradeability of the building parts and to the remanufacturing processes for reuse of the components.

It is also necessary to ensure that the circularity paths based on the remanufacturing of short-life work parts are truly sustainable for the environment

and do not rather lead to a more rapid functional obsolescence of buildings, once again supporting a consumerist logic which, for the extent to which the circularity of material flows guarantees, risks increasing energy consumption and emissions into the environment. In order to have a complete view of the effective implications of circular processes, the new approaches oriented to reuse and remanufacturing must, therefore, be accompanied by the verification of the environmental effects in the life cycle through Life Cycle assessments (LCA, LCC, SLCA).

## REFERENCES

- Asif, F.M., Bianchi, C., Rashid, A. and Nicolescu, C. M. (2012), "Performance analysis of the closed loop supply chain", *Journal of Remanufacturing*, Vol. 2, n. 1, pp. 1-21.
- Atta, N., Dalla, Valle A. et al. (2020), "Re-manufacturing best practices and transferable criteria for the construction sector", in *International Conference on Challenges for Remanufacturing ICCR*, Barcelona, Spain, June 11-12, 2020, Vol. 7, pp. 1112-1121.
- Butzer, S., and Schötz, S. (2016). "Map of remanufacturing processes landscape", European Remanufacturing Network, available at [https://www.remanufacturing.eu/assets/pdfs/ERN\\_DeliverableReport\\_WP3\\_Processes\\_final\\_for\\_upload-1.pdf](https://www.remanufacturing.eu/assets/pdfs/ERN_DeliverableReport_WP3_Processes_final_for_upload-1.pdf) (accessed 8 February 2021).
- Circl (2017). Circl Pavilion Amsterdam website, available at: <https://circl.nl/themakingof/en/> (accessed 8 February 2021).
- Ghaffar, S.H., Burman, M. and Braimah, N. (2020), "Pathways to circular construction: An integrated management of construction and demolition waste for resource recovery", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 244, n. 1, pp. 118710.
- Gharfalkar, M., Ali, Z. and Hillier, G. (2016), "Clarifying the disagreements on various reuse options: Repair, recondition, refurbish and remanufacture", *Waste Management & Research*, Vol. 34, n. 10, pp. 995-1005.
- Giorgi, S., Lavagna, M. and Campioli, A. (2017), "Guidelines for effective and sustainable recycling of construction and demolition waste", in Benedetto E., Gericke K. and Guiton M. (Eds.), *Designing Sustainable Technologies, products and Policies - From Science to Innovation*, Springer, pp. 211-221.
- ISO 20887:2020 *Sustainability in buildings and civil engineering works. Design for disassembly and adaptability. Principles, requirements and guidance*.
- ISO 8887-2:2009 *Design for manufacture, assembly, disassembly and end-of-life processing (MADE). Terms and definitions*.
- Parker, D., Riley, K., Robinson, S., Symington, H., Tewson, J., Jansson, K. and Peck, D. (2015), "Remanufacturing market study. European Remanufacturing Network", available at: <https://www.remanufacturing.eu/assets/pdfs/remanufacturing-market-study.pdf> (accessed 8 February 2021).
- Parkinson H.J. and Thompson, G. (2003), "Analysis and taxonomy of remanufacturing industry practice", *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering*, Vol. 217, n. 3, pp. 243-256.
- Peters, M., Ribeiro, A., Oseyran, J. and Wang, K. (2017), *Buildings as material banks and the need for innovative business models, extract is from an internal BAMB report*.
- Rau, T. and Oberhuber, S. (2019), *Material matters. L'importanza della materia*, Edizioni Ambiente, Milano, Italia.
- Seitz M.A. and Wells P.E. (2006), "Challenging the implementation of corporate sustainability: The case of automotive engine remanufacturing", *Business Process Management Journal*, Vol. 12, n. 6, pp. 822-836.
- Tonissi Moroni-Cutovoi, I. (2021), "An examination of competitive strategy in buyer-supplier relationships for remanufacturing", *Journal of Remanufacturing*, Vol. 1, pp. 1-29.
- Vezzoli, C. and Manzini, E. (2008), *Design for Environmental Sustainability*, Springer.
- Wasim, M., Vaz Serra, P. and Duc Ngo, T. (2020), "Design for manufacturing and assembly for sustainable, quick and cost-effective prefabricated construction - a review", *International Journal of Construction Management*, pp. 1837720.

Giancarlo Paganin,

Dipartimento di Architettura e Studi Urbani, Politecnico di Milano, Italia

giancarlo.paganin@polimi.it

**Abstract.** La possibilità di attivare una crescita sostenibile dipende fortemente dalla capacità del capitale pubblico e privato di investire in progetti capaci di raggiungere obiettivi di sostenibilità declinati nelle tre componenti economica, ambientale e sociale. Il sistema finanziario internazionale ha definito criteri per valutare la sostenibilità degli investimenti, applicabili anche nel settore delle costruzioni, ma tali criteri non sempre appaiono integrabili con i sistemi di valutazione della sostenibilità sviluppati dall'industria AEC (*Architecture, Engineering and Construction*). L'articolo propone alcune riflessioni sui rapporti tra gli indicatori di sostenibilità della finanza sostenibile e quelli tipici della progettazione nell'industria AEC con l'obiettivo di individuare le ricadute sulle discipline che concorrono al progetto.

**Parole chiave:** Finanza sostenibile; Criteri di sostenibilità; *Triple Bottom Line*; Uso circolare delle risorse; ESG.

## Introduzione

L'adozione degli accordi di Parigi sui cambiamenti climatici e la contestuale definizione della Agenda UN 2030 e dei *Sustainable Development Goals* (SDGs), hanno indirizzato lo sviluppo sostenibile del pianeta e della sua economia nei prossimi anni. Per rendere attuabili le politiche per i cambiamenti climatici e per lo sviluppo sostenibile è fondamentale il ruolo del sistema finanziario per fornire le risorse necessarie al raggiungimento degli obiettivi: si stima che gli investimenti necessari siano 6,9 trilioni di dollari all'anno fino al 2030, ovvero il doppio degli attuali livelli di investimento (OECD, 2017; OECD, 2020).

La comunità internazionale ha evidenziato la necessità di coinvolgere i capitali privati, ai quali viene chiesto di contribuire agli SDGs attraverso le loro attività e le loro decisioni di investimento (PRI, 2017). Centrale in questo senso è il ruolo del binomio *accounting/reporting* per misurare e comunicare efficacemente le prestazioni in tema di sostenibilità di progetti e organizzazioni. Dalla metà degli anni '90 il tema delle comunicazioni delle pre-

stazioni ambientali ha introdotto il concetto della *Triple Bottom Line* – TBL (Elkington, 1998) e si è evoluto fino a inquadrare il concetto di *governance* e declinando i fattori di sostenibilità nelle 4P “*People, Planet, Prosperity and Principles of governance*” (Budsaratragoon *et al.*, 2019).

Questi fattori dovranno sempre essere più riconoscibili nei progetti che intendono accedere alle risorse finanziarie distribuite in relazione ai principi di sostenibilità; anche l'industria delle costruzioni, verso la quale è diretta una gran parte degli investimenti di capitale, deve di conseguenza essere in grado di interpretare tali criteri, tradurli e renderli verificabili nel contesto del progetto.

## Risorse per la sostenibilità: il ruolo della finanza e degli investimenti sostenibili

La capacità di distinguere in maniera oggettiva le direzioni di investimento per contribuire agli obiettivi di sostenibilità a scala globale, appare complicata dalla molteplicità di punti di vista su cosa si debba intendere per finanza sostenibile. Il tema della finanza sostenibile, o “finanza per la sostenibilità”, è caratterizzato da una sovrabbondanza di concetti, definizioni e politiche non sempre coerenti tra loro (Fig.1). La mancanza di una definizione universalmente accettata per il concetto di finanza sostenibile ha portato le istituzioni finanziarie e organizzazioni internazionali a strutturare definizioni diverse rendendo, a volte, difficile inquadrare correttamente il tema degli investimenti in sostenibilità (Migliorelli, 2021; Höchstädter *et al.*, 2015).

## Sustainable finance and the construction industry: new paradigms for design development

**Abstract.** Enabling sustainable growth is highly dependent on the ability of private capital to invest in projects capable of achieving sustainability objectives divided into the three economic, environmental and social components. The international financial system has defined criteria for assessing the sustainability of investments, also applicable in the construction sector. Still, these criteria do not always appear integrated with the sustainability assessment systems developed by the AEC (architecture, engineering and construction) industry. This article proposes reflections on the relationships between the sustainability indicators of sustainable finance and those typically used in the AEC industry with the purpose of identifying possible impacts on the disciplines involved in the design process.

**Keywords:** Sustainable finance; Sustainability criteria; Triple bottom line; Circular use of resources; ESG.

## Introduction

The adoption of the Paris agreements on climate change and the contextual definition of the UN 2030 Agenda and its Sustainable Development Goals (SDGs) will influence the sustainable development of the planet and its economy in the coming years. The role of the financial system is fundamental to provide the resources necessary to achieve the objectives defined by the policies for climate change and sustainable development: the required investments are valued at 6.9 trillion dollars per year until 2030, i.e. double the current investment level (OECD, 2020; OECD, 2017).

The international community has highlighted the need to involve private capital, which is required to contribute to the SDGs through their activities and investment decisions (PRI, 2017). Vital to this is the role of binomial *accounting/reporting*, related to the

possibility of effectively measuring and communicating the sustainability performance of processes, projects and organisations. Since the mid-90s, the issue of environmental performance communications has introduced the concept of the Triple Bottom Line – TBL (Elkington, 1998) and has evolved to include *governance* and decline the sustainability factors in the 4Ps “*People, Planet, Prosperity and Principles of Governance*” (Budsaratragoon *et al.*, 2019).

These factors will have to be increasingly recognisable in economic activities and in projects intended to access the financial resources distributed according to sustainability principles. The construction industry, which receives a large part of the capital investments, must consequently be able to interpret these criteria, translate them and make them verifiable in the context of each project.



Un'analisi su un campione di investitori con un portafoglio di circa 30 trilioni di dollari, ha evidenziato due dati: oltre l'85% degli intervistati ha dichiarato di tenere in considerazione gli aspetti ESG nelle decisioni di investimento; circa la metà degli intervistati ha evidenziato che risulta difficile integrare le informazioni ESG nelle decisioni di investimento a causa della eterogeneità delle comunicazioni (Amel-Zadeh *et al.*, 2018). La divulgazione delle informazioni ESG (*disclosure*) è quindi sempre più importante in tutto il mondo e l'Europa ha deciso di rendere tali comunicazioni obbligatorie: la Direttiva 2014/95/EU evidenzia «l'importanza che le imprese divulghino informazioni sulla sostenibilità come fattori sociali e ambientali, al fine di identificare i rischi per la sostenibilità e aumentare la fiducia di investitori e consumatori». La Direttiva individua le aree che le comunicazioni di sostenibilità devono comprendere ma non fornisce criteri dettagliati per redigere i rapporti; le organizzazioni possono quindi ricorrere a numerose differenti metriche per la misurazione e per la rendicontazione delle proprie prestazioni di sostenibilità (Antonini and Larrinaga, 2017). L'iniziativa UN *Sustainable Stock Exchanges* ha analizzato le linee guida pubblicate da 56 borse valori, evidenziando i diversi modelli di reporting (Fig. 2) e la frequenza con la quale tali modelli sono proposti dalle linee guida.

I sistemi di reporting nell'ambito della *ESG disclosure*, sono sviluppati per comunicare a chi investe in società quotate le loro prestazioni di sostenibilità; la chiarezza e l'efficacia di tale comunicazione è quindi importante anche per chi deve reperire sul mercato finanziario i capitali per realizzare progetti di edifici o infrastrutture. Alcuni sistemi di reporting hanno sviluppato schemi settoriali ai quali fare riferimento per far conoscere le

#### Resources for sustainability: the role of finance and sustainable investments

The ability to distinguish investment directions objectively in order to contribute to sustainability objectives on a global scale appears complicated from the different points of view on sustainable finance. The theme of sustainable finance, or "finance for sustainability", is characterised by an overabundance of concepts, definitions and policies (Fig. 1). The lack of a universally accepted meaning for the concept of sustainable finance has led financial institutions and international organisations to structure different definitions based on their specific points of view, sometimes making it difficult to correctly frame the topic of investments in sustainability (Migliorelli, 2021; Höchstädter *et al.*, 2015).

The analysis carried out on a sample of investors, with a portfolio of around 30

trillion dollars, highlighted two issues: over 85% of respondents said they consider ESG aspects in investment decisions; about half of the respondents highlighted that it is difficult to integrate ESG information into investment decisions due to the multiplicity of approaches to ESG communication which makes it difficult to compare different companies and projects (Amel-Zadeh *et al.*, 2018).

The disclosure of ESG information is therefore becoming increasingly important around the world. Europe has decided to make such communications mandatory: Directive 2014/95/EU highlights "the importance of companies disclosing information on sustainability as social and environmental factors, to identify the risks to sustainability and increase the confidence of investors and consumers". The Directive identifies the areas that sustainability disclosures must include,

IMPACT INVESTING approach where investments are made with the intention to generate positive, measurable social and environmental impact alongside a financial return. (Global Impact Investing Network e British Standards Institution PAS 7340:2020)

SUSTAINABLE FINANCE: Sustainable finance refers to the process of taking environmental, social and governance (ESG) considerations into account when making investment decisions in the financial sector, leading to more long-term investments in sustainable economic activities and projects. (EUROPEAN UNION)

POSITIVE IMPACT FINANCE: that which serves to deliver a positive contribution to one or more of the three pillars of sustainable development (economic, environmental and social), once any potential negative impacts to any of the pillars have been duly identified and mitigated. (UNEP Finance Initiative)

CLIMATE FINANCE local, national or transnational financing – drawn from public, private and alternative sources of financing – that seeks to support reduction in greenhouse gas emissions and other mitigation and adaptation actions that address climate change (e British Standards Institution PAS 7340:2020)

SUSTAINABLE INVESTMENT: investment in an economic activity that contributes to an environmental objective, to a social objective or an investment in human capital or economically or socially disadvantaged communities, provided that such investments do not significantly harm any of those objectives and that the investee companies follow good governance practices, in particular with respect to sound management structures, employee relations, remuneration of staff and tax compliance (REGULATION (EU) 2019/2088)

RESPONSIBLE INVESTMENT: strategy and practice to incorporate environmental, social and governance (ESG) factors in investment decisions and active ownership (UN Principles for Responsible Investments).

SUSTAINABLE FINANCE: application of financial services to achieve the goal of Sustainability. Sustainable finance includes integration of ESG practices into business or investment decisions and addresses the financing and investment activities needed to support the SDGs. (BSI PAS 7341:2020 Responsible and sustainable investment management – Specification)

proprie prestazioni ambientali e anche per chi investe in costruzioni sono disponibili sistemi di reporting ESG adatti alle proprie caratteristiche; tali sistemi sono sviluppati sia come integrazione di sistemi generali – come il GRI<sup>1</sup> *Construction and Real Estate Sector Supplement* – sia come sistemi appositamente pensati per l'industria delle costruzioni come il GRESB<sup>2</sup>. Quest'attenzione al settore delle costruzioni, e la volontà di individuare strumenti di comunicazione ESG specifici, deriva anche dalla quantità di capitale destinato ai progetti di costruzione (in UE mediamente quasi il 50% degli investimenti fissi lordi di capitale sono destinati a edifici o infrastrutture) (Fig. 3).

Nello sviluppo dei vari sistemi di reporting ESG emerge il rischio di frammentazione dei criteri assunti, con la difficoltà da parte del sistema finanziario di interpretare correttamente le informazioni. In questa direzione si pone una comunicazione di ESMA (*European Securities and Markets Authority*)<sup>3</sup> che ha evidenziato come i numerosi sistemi di rating ESG presentino alcune criticità interpretative per una reale espansione della finanza sostenibile. Per rispondere a questa frammentazione e per agevolare lo sviluppo di un sistema finanziario a reale supporto degli obiettivi

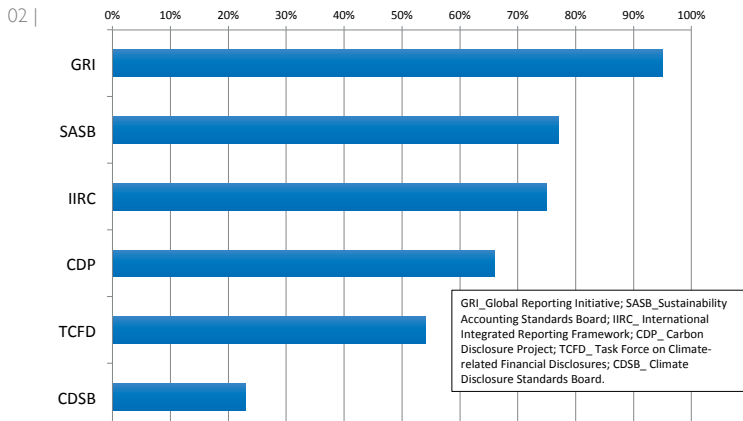
but does not provide detailed criteria for preparing the reports. Companies can use different metrics to measure and report their sustainability performance, and there are numerous tools available for this purpose (Antonini and Larrinaga, 2017). The UN Sustainable Stock Exchanges initiative analysed the guidelines published by 56 stock exchanges, highlighting the different reporting models suggested (Fig. 2) and the frequency with which these models are proposed from the guidelines.

The reporting systems, used as part of ESG disclosure, have been developed to communicate the sustainability performance to those who invest in listed companies; the clarity and effectiveness of this communication are therefore crucial for those who intend to find capital on the financial markets for the construction of building or infrastructure projects. Some report-

ing systems have developed sectoral schemes to which organisations can refer to make known their sustainability performance. Additionally, for investors in construction, specific ESG reporting systems are available to consider the peculiarities of the real estate and construction industry. These reporting systems are developed both as an integration of general models - such as the GRI<sup>1</sup> *Construction and Real Estate Sector Supplement* - and specifically designed for the construction industry, such as GRESB<sup>2</sup>. This attention to the construction sector, and the consequent willingness to identify ESG communication tools suited to its specificities, is also a consequence of the amount of capital allocated to construction projects. In the EU, on average, almost 50% of gross fixed capital investments are allocated to buildings or infrastructures (Fig. 3).

In developing the various ESG report-

02 | Sustainability reporting systems richiamati nei documenti guida delle borse valori: percentuale delle linee guida che richiama lo schema di riferimento, available at: [www.sseinitiative.org](http://www.sseinitiative.org) (accessed February 2021)  
Sustainability reporting systems referred to in the guidance documents of the stock exchanges: percentage of the guidelines that refer to the reference scheme available at: [www.sseinitiative.org](http://www.sseinitiative.org) (accessed February 2021)



di crescita sostenibile, la Commissione Europea ha definito raccomandazioni per una strategia globale dell'UE nell'ambito del mercato comune dei capitali (Tripathy *et al.*, 2020). L'esito di tale lavoro è confluito nel Regolamento EU/2020/852 che propone una tassonomia della sostenibilità intesa come «strumento per aiutare investitori, società, emittenti e promotori di progetti a navigare nella transizione verso un'economia a basse emissioni di carbonio, resiliente ed efficiente sotto il profilo delle risorse». La EU Taxonomy definisce criteri per valutare la sostenibilità delle attività economiche e dei progetti che, per essere considerati sostenibili, devono rispettare tre condizioni:

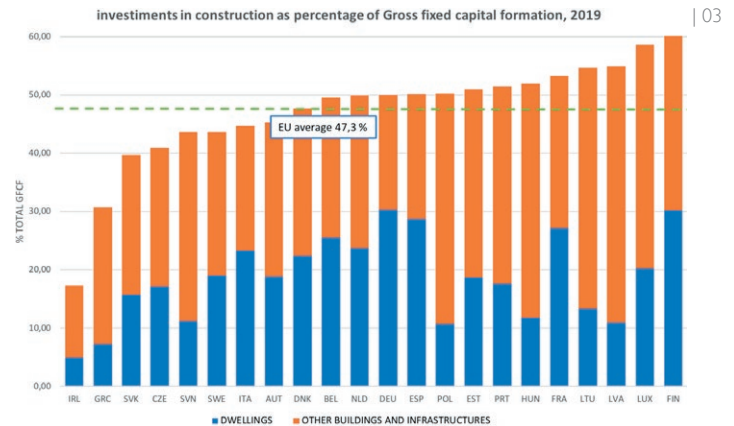
1. fornire un contributo sostanziale a uno dei sei obiettivi ambientali:
  - Mitigazione del cambiamento climatico
  - Adattamento ai cambiamenti climatici
  - Uso sostenibile e protezione dell'acqua e delle risorse marine

ing systems, however, there appears to be a risk of excessive fragmentation of the criteria adopted with a consequent difficulty for the financial system to interpret the disclosed information correctly. A communication from The European Securities and Markets Authority<sup>3</sup> highlighted how the numerous ESG rating systems present some critical interpretation issues for a real expansion of sustainable finance. To respond to this issue and to facilitate the development of a financial system that truly supports the sustainable growth objectives, the European Commission has defined recommendations for a comprehensive EU strategy in the context of the capital markets (Capital Markets Union – CMU) (Tripathy *et al.*, 2020). The outcome of this work has merged into Regulation (EU) 2020/852, which proposes a taxonomy of sustainability intended as a “tool to help investors, companies, issuers and

project promoters to navigate the transition to a low-carbon economy, resilient and resource-efficient”. The EU Taxonomy defines criteria to assess the sustainability of economic activities and projects which, to be considered sustainable, shall comply with three conditions:

1. make a substantive contribution to one of six environmental objectives:
  - climate change mitigation;
  - climate change adaptation;
  - the sustainable use and protection of water and marine resources;
  - the transition to a circular economy;
  - pollution prevention and control;
  - the protection and restoration of biodiversity and ecosystems;
2. to not significantly harm (DNSH) any of the environmental objectives;
3. satisfy some minimum guarantees related to the social and govern-

03 | Investimenti di capitale fissi lordi in UE: valori assoluti e incidenza degli investimenti in costruzione sul totale, available at: [www.data.oecd.org](http://www.data.oecd.org) (accessed February 2021)  
Gross fixed capital investments in the EU: absolute values and incidence of investments in construction on the total, available at: [www.data.oecd.org](http://www.data.oecd.org) (accessed February 2021)



- Transizione verso un'economia circolare
  - Prevenzione e controllo dell'inquinamento
  - Protezione e ripristino della biodiversità e degli ecosistemi
2. non arrecare danni significativi (*Do No Significant Harm – DNSH*) agli altri cinque obiettivi;
  3. soddisfare garanzie minime relative agli aspetti sociali e di governance (ad esempio i principi guida delle Nazioni Unite su imprese e diritti umani).

Rispetto a questi parametri, la EU Taxonomy individua il settore dell'edilizia come settore che fornisce un contributo sostanziale a diversi obiettivi e definisce criteri che i progetti dovranno necessariamente considerare per attrarre capitali. Sono definite per gli edifici delle “condizioni di ammissibilità” – ovvero requisiti minimi – e le condizioni perché sia verificato il DNSH. Tali prescrizioni diventeranno un riferimento essenziale per i

ance aspects of sustainability (for example, the guiding principles of the United Nations on business and human rights). Concerning these parameters, the EU Taxonomy identifies the construction sector as a sector that provides a substantial contribution to both climate change mitigation and climate change adaptation and defines some criteria that projects must necessarily consider to attract capital. The EU Taxonomy defines “eligibility conditions” for buildings and the conditions for the DNSH to be verified. These requirements will become an essential reference for architects and engineers when clients want to access funding that converges on the European Sustainable Platform. Therefore, the EU Taxonomy relates directly to the scope of the project, and it seems appropriate to question whether the current tools for assess-

ing the sustainability of buildings are consistent, and to what extent, with the framework proposed by the taxonomy. **Measuring the sustainability of the built environment: Green Building Rating (GBR) and sustainability indicators** The construction sector interacts with the environment by generating impacts during all stages of the life cycle. In the last 30 years, several systems have been developed to assess the environmental performance of buildings – from now on, GBR (Green Building Rating) – and their number has increased significantly<sup>4</sup>. At the beginning of their dissemination, GBRs were focused on strictly environmental issues. The evolution of the concept of sustainability and “green building” (Fig. 4) has expanded the content of the GBR, adding the other two pillars to the environmental pillar of sustain-

progettisti quando i committenti vorranno accedere a forme di finanziamento che convergono sulla *European Sustainable Platform*. La *EU Taxonomy* si relaziona quindi in maniera diretta con l'ambito del progetto e appare opportuno interrogarsi se gli attuali strumenti di valutazione di sostenibilità degli edifici siano coerenti, e in quale misura, con il quadro proposto dalla tassonomia.

### Misurare la sostenibilità dell'ambiente costruito: Green Building Rating (GBR) e indicatori di sostenibilità

Il settore delle costruzioni interagisce con l'ambiente generando impatti durante tutte le fasi del ciclo di vita. Negli ultimi 30 anni sono stati messi a punto numerosi sistemi per la valutazione delle prestazioni ambientali degli edifici – nel seguito GBR Green Building Rating – e il loro numero è aumentato in maniera significativa<sup>4</sup>. Se all'inizio della loro diffusione i GBR erano prevalentemente focalizzati sulle questioni strettamente ambientali, all'evolvere del concetto di sostenibilità e di “green building” (Fig. 4) il contenuto degli strumenti di valutazione si è ampliato affiancando al pilastro ambientale della sostenibilità gli altri due pilastri e cioè gli aspetti economici e quelli sociali. Numerose indagini sono state effettuate sul tema dei GBR assumendo normalmente un duplice punto di vista:

- confronto tra diversi GBR per determinarne le peculiarità che li differenziano reciprocamente (Andrade *et al.*, 2016; Doan *et al.*, 2017; Lia *et al.*, 2017);
- analisi nel tempo delle caratteristiche dei GBR per seguirne l'evoluzione rispetto alla importanza reciproca delle tre componenti della sostenibilità (Fig. 5) (Wen *et al.*, 2020).

ability, namely the economic and social aspects.

Several analyses have been carried out on the issue of GBR, usually taking a double point of view:

- comparison between different GBRs to determine their specific peculiarities (Andrade *et al.*, 2016; Doan *et al.*, 2017; Lia *et al.*, 2017);
- analysis over time of GBRs to follow their evolution in the mutual importance of the three components of sustainability (Fig. 5) (Wen *et al.*, 2020).

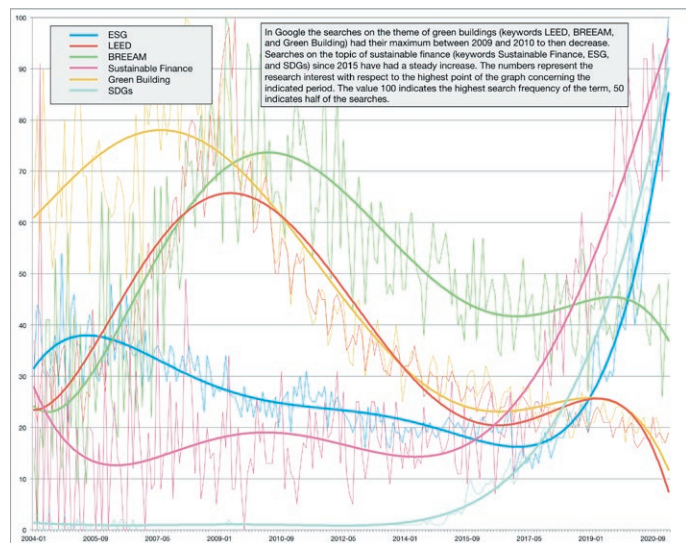
An extensive literature review (Liang *et al.*, 2021) on critical analyses of GBRs highlighted a substantial heterogeneity of the systems analysed and some problems such as:

- subjectivity and uncertainty in determining the relative weights of the various indicators used;
- imbalance of the weight distribution adopted by the GBRs for the

“three pillars” of sustainability. Fragmentation of the GBRs is similar to that in the ESG reporting systems, and some initiatives are ongoing to harmonise the sustainability criteria such as:

- the international standard ISO 21929-1: 2011 “Sustainability in building construction – Sustainability indicators – Part 1”, which in the premises for the sustainable development of buildings includes improvements in economic and social (and cultural) aspects at a local, regional and global level (Liang *et al.*, 2021);
- the European Level(s) framework of sustainability indicators for buildings, aimed at providing a reference structure for the certification of building sustainability applicable to all EU countries (Sánchez *et al.*, 2020; Diaz *et al.*, 2021).

Although GBRs evolved in recent years, the areas of interest in which



Una estensiva *literature review* (Liang *et al.*, 2021) su analisi critiche dei GBR ha evidenziato alcuni problemi come:

- soggettività e incertezza nella determinazione dei pesi relativi dei diversi indicatori utilizzati;
- squilibrio della distribuzione dei pesi adottati dai GBR rispetto ai “tre pilastri” della sostenibilità.

La frammentazione e la eterogeneità dei GBR è assimilabile a quella che è stata rilevata nel reporting ESG e, anche per questo fenomeno, vi sono iniziative a livello internazionale, per armonizzare i criteri di valutazione come, ad esempio:

- la norma internazionale ISO 21929-1:2011 “Sustainability in building construction – Sustainability indicators – Part 1” che nelle premesse per lo sviluppo sostenibile degli edifici include i miglioramenti degli aspetti economici e sociali (e culturali) a livello locale, regionale e globale (Liang *et al.*, 2021);
- il quadro europeo *Level(s)* di indicatori di sostenibilità per gli edifici, che si è posto l'obiettivo di fornire una struttura

sustainability indicators are developed still appear to be mainly oriented towards environmental rather than economic or social sustainability. Comparing three well-known GBRs and the models proposed by ISO and EU (fig.6) highlights how environmental indicators are still prevalent over those relating to social or economic aspects. If we consider the criteria of the EU Taxonomy (Fig.7), it can be seen that some areas of interest relating to social or governance aspects are still poorly deepened in the application of the GBRs as currently configured. Concerning some issues such as the governance of construction processes, the design sector will have to acquire new knowledge and new tools to broaden its action on the issue of sustainable procurement. This issue – which today is essentially based on the adoption of Minimum Environmental Criteria defined by the EU and its Member States

– will need to be investigated prospectively, also with regard to the relationship between design and construction process (sustainable supply chain).

### Conclusions

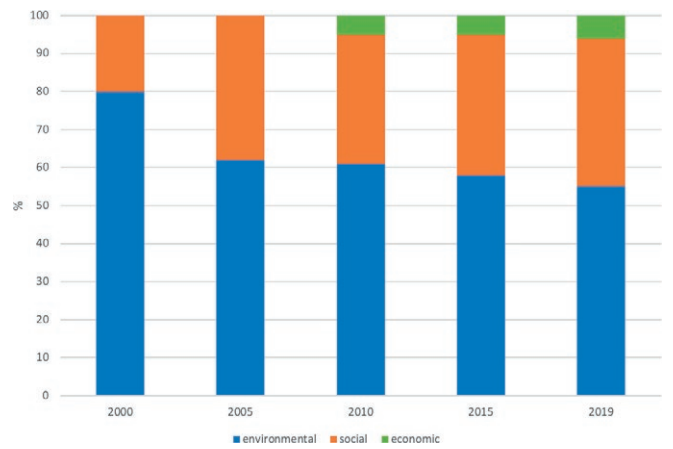
The ambitious international goals for sustainable development require adequate resources to activate the changes necessary for their achievement. The capital market is developing rules and criteria – usually linked to the concept of sustainable finance – to identify sustainable projects and businesses and push capital investments in that direction.

Sustainable finance criteria for evaluating projects and companies do not always appear fully coherent with the many building sustainability assessment systems (GBR) developed within the AEC industry. To facilitate the communication of information on the sustainability of projects between



05 | Peso relative delle tre categorie di aspetti della sostenibilità nel periodo 2000-2019. Valori medi determinati su un campione di 10 GBRT (LEED, BREEAM, ASGB, CASBEE, DGNB, HQE, EEWH, GREENSTAR, GREENMARK, BEAM). Rielaborazione da Wen et al., 2020

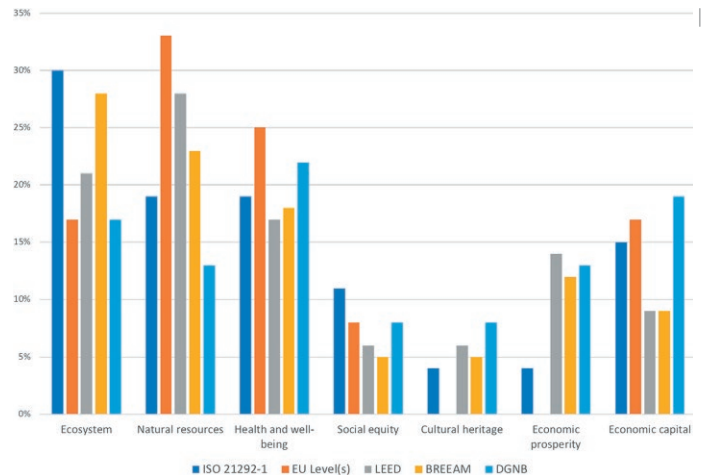
Relative weight of the three categories of sustainability aspects in the period 2000-2019. Average values determined on a 10 GBRT sample (LEED, BREEAM, ASGB, CASBEE, DGNB, HQE, EEWH, GREENSTAR, GREENMARK, BEAM). Author's elaboration from Wen, et al., 2020



| 05

06 | Pesì relativi dei vari indicatori di sostenibilità proposti dagli schemi analizzati rispetto alle sette CAP (Core Areas of Protection secondo ISO 21292-1). Rielaborazione da Liang et al., 2021; Andrade et al., 2016

Relative weights of the various sustainability indicators proposed by the analysed schemes with respect to the seven CAP's (Core Areas of Protection according to ISO 21292-1). Elaborated from Liang et al., 2021; Andrade, et al., 2016



| 06

di riferimento per la certificazione della sostenibilità degli edifici applicabile a tutti i paesi della UE (Sánchez Cordero et al., 2020; Diaz et al., 2021).

Benchè si sia assistito negli ultimi anni a una evoluzione dei sistemi GBR, le aree di interesse nelle quali vengono sviluppati gli indicatori di sostenibilità appaiono ancora prevalentemente orientate alla sostenibilità ambientale piuttosto che a quella economica o sociale. Il confronto fra tre GBR e i modelli proposti da ISO e EU (Fig. 6) evidenzia come gli indicatori ambientali appaiano ancora prevalenti rispetto a quelli relativi a aspetti sociali o economici. Se si considerano i criteri della EU Taxonomy (Fig.7) emerge inoltre un quadro nel quale alcune aree di interesse relative ad aspetti sociali o di governance sono ancora poco approfondite nella applicazione dei GBR come configurati attualmente. Rispetto ad alcune questioni, come ad esempio il tema della governance dei processi di costruzione, il settore della progettazione dovrà acquisire nuove conoscenze e nuovi strumenti per allargare la propria azione sul tema dell'approvvigionamento sostenibile. Tale questione – che oggi è basata sulla adozione di Criteri Ambientali Minimi definiti dalla EU e dai suoi Stati Membri – dovrà in prospettiva essere approfondita per quanto riguarda il rapporto tra progetto e filiera produttiva (*sustainable supply chain*).

## Conclusioni

Gli ambiziosi obiettivi internazionali di sviluppo sostenibile richiedono risorse adeguate per il loro raggiungimento; il mercato dei capitali sta sviluppando regole e criteri – ricondotti al concetto di finanza sostenibile – per individuare progetti e imprese verso i quali indirizzare gli investimenti di capitale.

the AEC sector and that of sustainable finance, numerous initiatives are underway to share harmonised systems of building sustainability indicators. These initiatives, such as the EU Taxonomy, are aimed at overcoming the limits of sustainability centred on the environmental theme and connecting the different levels of sustainability of businesses and buildings (Fig. 8).

Therefore, a prospect of enlargement of the contents of the project information emerges which will entail the need to deal with issues that are not always traditional to designers such as:

- risk management;
- constructability and working conditions;
- safety and health in use;
- Environmental Life Cycle Assessment (LCA);
- whole-life cost;
- maintainability;
- resilience assessment;

- design for adaptability, convertibility, expandability.

The complexity of sustainability issues requires the operators traditionally involved in the architectural projects – designers, clients, permitting authorities, builders – new perspectives and unprecedented areas of dialogue with stakeholders who bear new expectations compared to the past. These include the subjects that the EU/2019/2088 regulation “relating to information on sustainability in the financial services sector” defines as “financial market participants” such as asset management companies, venture capital funds, insurance undertakers, and pension funds. If, until now, the clients, in raising capital for the realisation of the projects, were mainly called to justify the return on investment, in the future, they will also have to justify to the moneylenders the project's sustainability declined on the 4 pillars (Fig. 8). To this end, the design

sector will necessarily have to broaden its point of observation – today, mainly based on the reference to GBRs – by including in a more evident way the measurement of economic, social and governance aspects.

## NOTES

<sup>1</sup> Since 2000, the GRI Sustainability Reporting Guidelines have been used in more than 90 countries to report on impacts on the economy, environment and society. According to the GRI database, available at: <https://database.global-reporting.org> (accessed February 2021), 60% of sustainability reports published worldwide are based on the GRI scheme.

<sup>2</sup> GRESB is an organisation that since 2009 has offered investors various schemes for evaluating the ESG performance of organisations operating in the real estate sector, available at: [www.gresb.com](http://www.gresb.com) (accessed February 2021).

<sup>3</sup> Communication ESMA30-379-423

“the lack of a legally binding definition and comparability between ESG rating providers or legal requirements to ensure the transparency of the methodologies underlying these ratings is highlighted”.

<sup>4</sup> For example, the GRESB scheme considers about 70 GBR schemes for new interventions and about 60 GBR schemes for existing buildings valid for recognition in its “2020 Real Estate Reference Guide” evaluation scheme.

I criteri per la valutazione di progetti e imprese assunti dalla finanza sostenibile (EESG) non sempre appaiono coerenti o facilmente riconducibili ai tanti modelli di valutazione della sostenibilità degli edifici tipici dell'industria AEC. Per agevolare la comunicazione d'informazioni sulla sostenibilità dei progetti tra il settore AEC e quello della finanza sostenibile sono in corso numerose iniziative per condividere sistemi armonizzati di indicatori di sostenibilità degli edifici. Tali iniziative, come ad esempio la *EU Taxonomy*, sono rivolte a superare i limiti di una sostenibilità centrata sul tema ambientale e collegare i diversi livelli di sostenibilità delle imprese e degli edifici (Fig. 8).

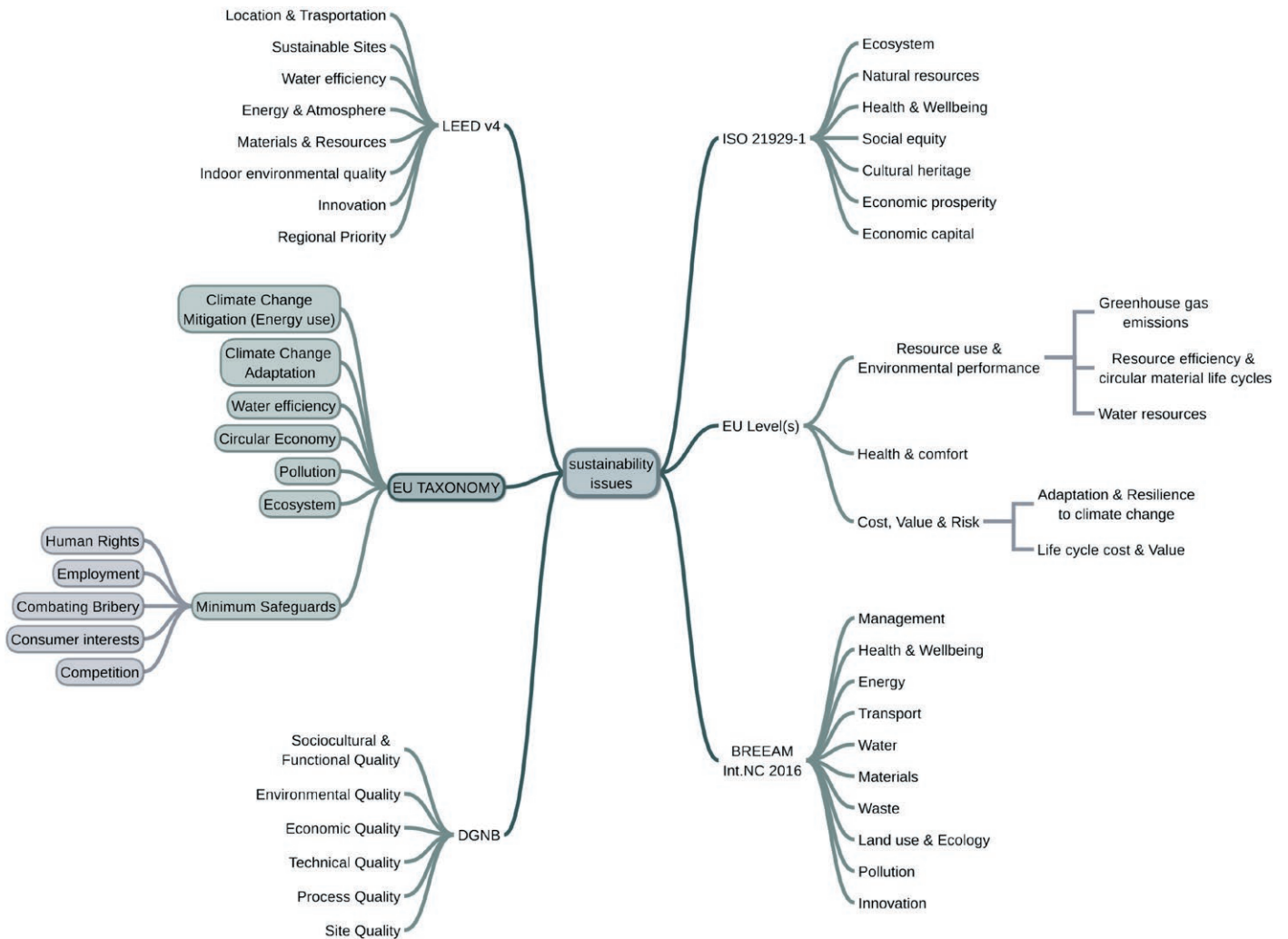
Emerge quindi una prospettiva di allargamento dei contenuti delle informazioni di progetto che comporterà la necessità di confrontarsi con tematiche non sempre tradizionali quali:

- *risk management*;
- costruibilità e condizioni di lavoro;

- sicurezza e salute nell'uso;
- valutazione ambientale del ciclo di vita (LCA);
- costo globale;
- manutenibilità;
- valutazione della resilienza;
- progetto per la adattabilità, convertibilità, espandibilità.

La complessità del tema della sostenibilità impone alle figure tradizionalmente coinvolte nel progetto di architettura – progettisti, committenti, gestori dei processi autorizzativi, costruttori – nuove prospettive e inediti terreni di dialogo con stakeholder portatori di aspettative nuove. Tra questi appaiono rilevanti i soggetti che il regolamento UE/2019/2088 “relativo all’informativa sulla sostenibilità nel settore dei servizi finanziari” definisce “partecipanti ai mercati finanziari” come ad esempio: Società di Gestione del Risparmio, fondi di *Venture Capital*, Assicurazioni e

07 |



Fondi Pensione. Se fino a oggi i committenti, nel reperimento di capitale per la realizzazione dei progetti, erano chiamati a giustificare principalmente il ritorno dell'investimento, in prospettiva dovranno anche giustificare ai finanziatori la sostenibilità degli interventi declinata sui 4 pilastri (Fig. 8). A tal fine il settore della progettazione dovrà necessariamente allargare il proprio punto di osservazione – oggi principalmente basato sul riferimento ai GBR – includendo in maniera più evidente la misurazione degli aspetti economici, sociali e di *governance*.

NOTE

<sup>1</sup> Dal 2000, le Linee guida per il reporting di sostenibilità del GRI sono utilizzate in più di 90 paesi. Secondo il database GRI (available at: <https://database.globalreporting.org/>), il 60% dei rapporti di sostenibilità pubblicati in tutto il mondo sono basati sullo schema GRI a dicembre 2020.

<sup>2</sup> GRESB è un'organizzazione che dal 2009 ha proposto agli investitori diversi schemi per valutare le prestazioni ambientali, sociali e di governance (ESG) di organizzazioni che operano specificamente nel settore real estate (available at: [www.gresb.com](http://www.gresb.com)).

<sup>3</sup> Comunicazione ESMA30-379-423, si evidenzia la mancanza di una definizione e comparabilità giuridicamente vincolanti tra i fornitori di rating ESG o requisiti legali per garantire la trasparenza delle metodologie sottostanti a tali rating.

<sup>4</sup> Ad esempio lo schema GRESB considera validi ai fini del riconoscimento nel suo schema di valutazione "2020 Real Estate Reference Guide" circa 70 schemi GBR per nuovi interventi e circa 60 schemi GBR per edifici esistenti.

REFERENCES

Amel-Zadeh, A. and Serafeim, G. (2018), "Why and How Investors Use ESG Information: Evidence from a Global Survey", *Financial Analysts Journal*, Vol. 74, n.3, pp. 87-103.

Andrade, J. and Braganca, L. (2016), "Sustainability assessment of dwellings – a comparison of methodologies", *Civil Engineering and Environmental Systems*, Vol. 33, n. 2, pp. 125-146.

Antonini, C. and Larrinaga, C. (2017), "Planetary Boundaries and Sustainability Indicators. A Survey of Corporate Reporting Boundaries", *Sust. Dev.*, Vol. 25, pp. 123-137.

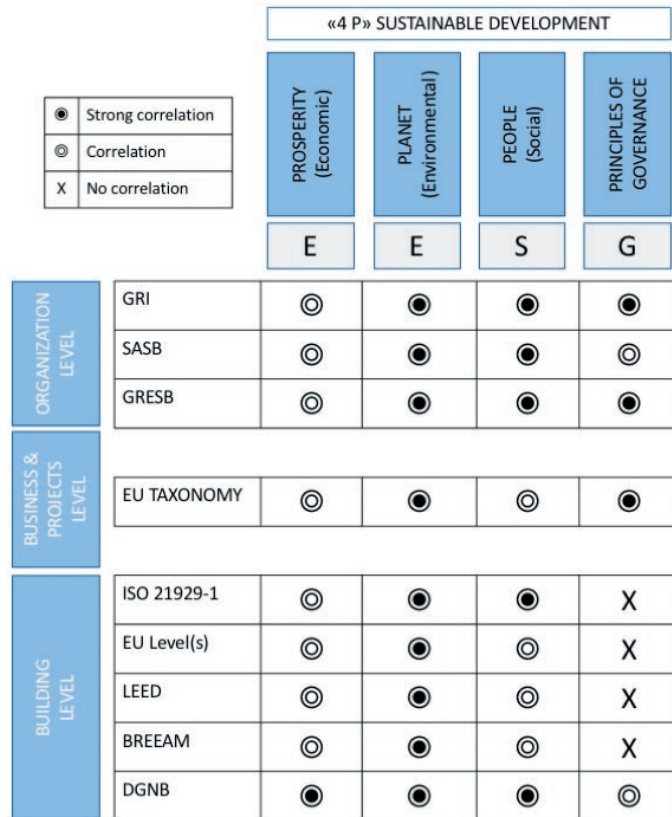
Budsaratragoon, P. and Jitmaneejoo, B., (2019), "Measuring causal relations and identifying critical drivers for corporate sustainability: the quadruple bottom line approach", *Measuring Business Excellence*, Vol. 23, n. 3, pp. 292-316.

De Castro, A.V., Pacheco, G.R. and González, F. (2020), "Holistic approach to the sustainable commercial property business: analysis of the main existing sustainability certifications", *International Journal of Strategic Property Management*, Vol. 24, n.4, pp. 251-268.

Díaz-López, C., Carpio, M., Martín-Morales, M. and Zamorano, M. (2021), "Defining strategies to adopt Level(s) for bringing buildings into the circular economy. A case study of Spain", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 287, 125048.

Doan, D.T., Ghaffarianhoseini A., Naismith N., Zhang T. and Tookey J., (2017), "A critical comparison of green building rating systems", *Building and Environment*, Vol. 123, pp. 243-260.

Elkington, J. (1998), "Accounting for the triple bottom line", *Measuring Business Excellence*, Vol. 2, n. 3.



Höchstädter, A.K. and Scheck, B. (2015), "What's in a name: an analysis of impact investing understandings by academics and practitioners", *J. Bus. Ethics*, Vol. 132, n. 2, pp. 449-475.

Kucukvar, M. and Tatari, O. (2013), "Towards a triple bottom-line sustainability assessment of the U.S. construction industry", *Int J Life Cycle Assess.*, Vol. 18, pp. 958-972.

Lia, Y., Chenb, X., Wang, X., Xu Y. and Chenc, P. (2017), "A review of studies on green building assessment methods by comparative analysis", *Energy and Buildings* 146, pp. 152-159.

Liang, L., Wen, B., Musa, S.N, Onn, C.C., Ramesh, S., Yan, J. and Wang, W. (2021), "Rectify the performance of Green Building Rating Tool (GBRT) in sustainability: Evidence from ISO 21929-1", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 278.

Migliorelli, M. (2021), "What Do We Mean by Sustainable Finance? Assessing Existing Frameworks and Policy Risks". *Sustainability*, Vol. 13, n. 2, 975.

OECD (2017), *Investing in Climate, Investing in Growth*, OECD Publishing, Paris, France.

OECD (2020), *Developing Sustainable Finance Definitions and Taxonomies*, OECD Publishing, Paris, France.

PRI (2017), *SDG Investment Case, Principles for Responsible Investment*.

Sánchez Cordero, A., Gómez Melgar, S. and Andújar Márquez, J.M. (2020), "Green Building Rating Systems and the New Framework Level(s): A Critical Review of Sustainability Certification within Europe", *Energies*, Vol. 13, n. 1, 66.

Shan, M. and Hwang, B., (2018), "Green building rating systems: Global reviews of practices and research efforts", *Sustainable Cities and Society*, Vol. 29, pp. 172-180.

Tripathy, A., Mok, L. and House K. (2020), "Defining Climate-Aligned Investment: An Analysis of Sustainable Finance Taxonomy Development", *The Journal of Environmental Investing*, Vol. 10, n. 1.

Wen, B., Musa, N., Onn, C.C., Ramesh, S., Liang, L. and Wang, W., (2020), "Evolution of sustainability in global green building rating tools", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 259, 120912.



Paola Marrone, Ilaria Montella,  
Dipartimento di Architettura, Università Roma Tre, Italia

paola.marrone@uniroma3.it  
ilaria.montella@uniroma3.it

**Abstract.** La storia della leggerezza potrebbe raccontare non più solo di aeroplani e materiali a bassa densità, ma anche di una esigenza di dematerializzazione coerente con il controllo del consumo di risorse e delle emissioni di gas climalteranti (GHGs). Dall'Accordo di Parigi, le politiche per la neutralità carbonica si sono focalizzate inizialmente sulle azioni di mitigazione per l'efficienza energetica e sulle fonti *low-carbon*. Sebbene cruciali per l'industria dei materiali, altre strategie sul lato della domanda sono possibili per ridurre la produzione. Nell'ambito dell'economia circolare applicata all'ambiente costruito, la *Material Efficiency* (ME) costituisce un insieme di azioni per il *circular design* per le quali occorre reinventare funzioni, configurazioni e processi costruttivi.

**Parole chiave:** *Material Efficiency*; *Circular design*; Transizione circolare; Mitigazione; Adattamento.

## Una domanda crescente di materiali "efficienti"

Gli storici hanno classificato le società preistoriche secondo i materiali sviluppati e impiegati in quelle epoche. Non è altrettanto possibile oggi: nessun materiale riesce a rappresentare i progressi tecnologici nei settori più avanzati. Leghe e compositi sono progettati utilizzando quasi l'intera tabella periodica, in un campo sempre più ampio di proprietà utili per espanderne le potenzialità (Graedel *et al.*, 2015). La curva di Ashby, collegando lo sviluppo dei materiali all'evoluzione della civiltà, mette proprio in evidenza come, dagli ultimi decenni del secolo scorso, nuovi materiali soprattutto a bassa densità comincino a garantire concorrenziali prestazioni per unità di energia (Beukers and van Hinte, 2001). Così la ricerca sulle costruzioni leggere, sintesi tra forma, struttura e processo in epoche in cui la misura del peso massimo era funzione delle capacità di movimentazione e trasporto dell'uomo, riappare a partire dagli anni '50.

La fine dell'energia e delle risorse a buon mercato spinge, infatti, per uno sviluppo senza precedenti di nuovi materiali e prodotti ottimizzati dal punto di vista dei costi, con quantità di materia sempre più ridotta ma sufficiente ad assolvere le funzioni attese.

## Material Efficiency design strategies for the circular transition

**Abstract.** The history of lightness might not only recount aeroplanes and low-density materials, it might also speak of a need for dematerialisation consistent with the control of resource consumption and greenhouse gas (GHG) emissions. Following the Paris Agreement, carbon neutrality policies had initially focused on mitigation actions for energy efficiency and low-carbon sources. Although crucial for the materials industry, other strategies, especially on the demand side, are possible to reduce their production. In the context of the circular economy applied to the built environment, *Material Efficiency* (ME) constitutes a set of actions for circular design for which functions, configurations and construction processes need to be reinvented.

**Keywords:** Material efficiency; Circular design; Circular transition; Mitigation; Adaptation.

"Leggerezza" significa non solo scegliere materiali a bassa densità, ma soprattutto progettare oggetti e costruzioni efficienti affinché possano trasportare più energia possibile in rapporto alla loro densità. La storia della leggerezza racconta allora non solo di aeroplani e materiali compositi, ma anche di una crescente esigenza di dematerializzazione per un ambiente più sostenibile rispetto al consumo delle risorse.

Dal Rapporto sui limiti dello sviluppo (Meadows *et al.*, 1972) è sempre più importante comprendere la relazione tra crescita economica e uso delle risorse (Fig. 1) per individuare strategie mirate a mantenerne il consumo entro i limiti del pianeta e con l'obiettivo di dissociare la crescita demografica e del PIL dalla domanda di materiali (IRP, 2020; Ellen MacArthur Foundation, 2019).

Acquisita la consapevolezza (IPCC, 2018) della relazione tra incremento della produzione di materiali ed emissioni di gas a effetto serra (GHGs)<sup>1</sup> (Fig. 2), l'attenzione si sposta sulle misure in grado di incidere anche sulla domanda<sup>2</sup>. La transizione verso un'economia circolare, affidata a modelli imprenditoriali sostenibili, ma anche alla trasformazione dei modelli di consumo, è oggi per l'Europa "un modello di crescita rigenerativo" per ridurre il «consumo di risorse entro i limiti del pianeta, e dunque [...] la sua impronta dei consumi e raddoppiare la percentuale di utilizzo dei materiali circolari nel prossimo decennio» (CE, 2020a).

## Dall'offerta alla domanda: verso nuove strategie progettuali

A partire dall'Accordo di Parigi, le politiche per la neutralità carbonica si sono focalizzate sulle azioni di mitigazione per l'efficienza energetica e d'implementazione delle fonti energetiche *low-carbon* che, sebbene cruciali per l'industria dei materiali -

## A growing demand for "efficient" materials

Historians have classified prehistoric societies according to the materials developed and used in those eras. This is not the case today: no material manages to represent the technological advances in the most advanced fields. Alloys and composites are designed using almost the entire periodic table, in an ever-widening field of useful properties able to expand their potential (Graedel *et al.*, 2015).

The Ashby curve, linking the development of materials to the evolution of civilisation, highlights how, from the last decades of the 20th century, new materials, especially low-density ones, began to guarantee competitive performance per unit of energy (Beukers and van Hinte, 2001). Thus, research into lightweight constructions, a synthesis of form, structure and process in

times when the measurement of maximum weight was a function of mankind's ability to move and transport, reappears from the 1950s onwards.

The end of cheap energy and resources is driving an unprecedented development of new materials and products that are cost-optimised, using ever smaller amounts of material that are still sufficient to fulfil their intended functions. "Lightness" means not only choosing low-density materials, but above all designing efficient objects and constructions so that they can carry as much energy as possible in relation to their density. The history of lightness thus not only describes aeroplanes and composite materials, but also a growing need for dematerialisation for a more sustainable environment in terms of resource consumption.

Since the Limits to Growth Report

una delle maggiori fonti di emissione di GHGs durante il ciclo di vita di un edificio - costituiscono una soluzione parziale dal lato dell'offerta (Material Economics, 2018). C'è ormai un campo di ricerca emergente dedicato alle strategie che sul lato della domanda possono ridurre il bisogno di nuova produzione progettando i prodotti in modo da: ridurre o modificare la domanda di materia prima; aumentare quella di materiali a basso contenuto di carbonio; usare in modo più efficiente con meno materiale, con una vita utile più lunga e una maggiore efficienza in uso (IRP, 2020; Cheshire, 2016).

Un'interessante esperienza di *circular design* per un tostapane della *Agency of Design*<sup>3</sup> ha mostrato gli esiti di tre diverse strategie progettuali, considerando sistemi ed elementi dal punto di vista della durata, modularità ed essenzialità del prodotto. Tre distinti prototipi - *Optimist*, *Pragmatist* e *Realist* - riflettono diversi rapporti tra forma, struttura e processo, lavorando sulla durabilità del prodotto; sviluppando un prodotto modulare e, infine, innovando con materiali e tecnologie *low carbon*, poco costosi, semplici da produrre e gestire nella dismissione (Fig. 3). Il tostapane *Optimist* affronta l'obsolescenza realizzando un robusto pezzo unico in alluminio pressofuso, riciclato e riciclabile, con meccanismi esterni e solo quattro bulloni sulla base per accedere all'interno ed eventualmente sganciare e sostituire gli elementi. Un contatore segna il numero di fette tostate per ricordare il tempo che è passato a chi continuerà ad utilizzarlo.

Il *Pragmatist* è un tostapane modulare, composto da *slot* agganciati in modo da poter essere sostituiti singolarmente in caso di non funzionamento. Ogni *slot* è sottile abbastanza per essere imbustato, inserito in una cassetta postale e spedito al produttore.

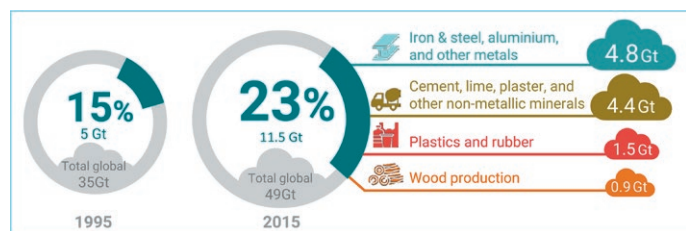
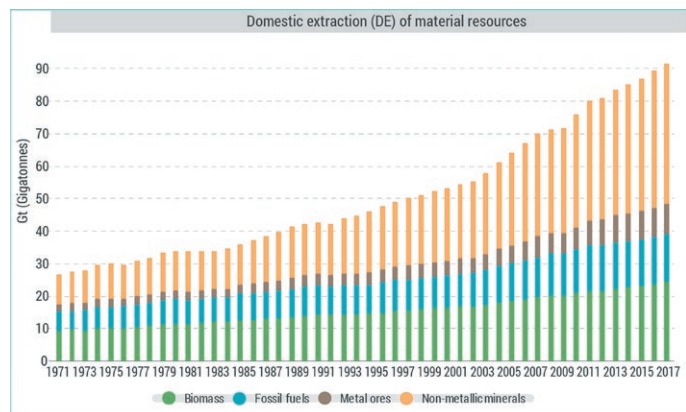
(Meadows *et al.*, 1972), it has become increasingly important to understand the relationship between economic growth and resource use (Fig. 1) in order to identify strategies aimed at keeping resource consumption within planetary limits and with the goal of decoupling population and GDP growth from material demand (IRP, 2020; Ellen MacArthur Foundation, 2019).

Now that awareness has grown (IPCC, 2018) of the relationship between increased material production and greenhouse gas emissions (GHGs)<sup>1</sup> (Fig. 2), the focus has shifted to the need to identify measures that can also affect demand<sup>2</sup>. The transition to a circular economy through sustainable business models, but also through the transformation of consumption patterns, is today for Europe "a regenerative growth model" «to reduce resource

consumption within the planet's limits, and thus [...] its consumption footprint and double the percentage of circular material use over the next decade» (EC, 2020a).

#### From supply to demand: towards new design strategies

Since the Paris Agreement, carbon neutrality policies have focused on mitigation actions for energy efficiency and implementation of low-carbon energy sources which, although crucial for the materials industry - one of the largest sources of GHGs emissions during a building's life cycle - are a partial supply-side solution (Material Economics, 2018). There is now an emerging field of research dedicated to strategies that can, on the demand side, reduce the need for new production by designing products to: reduce or change the demand for raw materi-



Il tostapane *Realist* può essere smontato separando facilmente i pezzi che lo compongono, senza rovinare o mischiare i materiali, attraverso una semplice invenzione tecnologica, ispirata ai processi di riciclo a secco<sup>4</sup>. Una pallina è posizionata in prossimità di un giunto che si apre a scatto quando la pallina si espande mettendo il tostapane in una camera sottovuoto. In questo modo, il tempo, e quindi il costo del lavoro dedicato allo smontaggio, è annullato restituendo valore ai materiali da riutilizzare.

Anche nel settore delle costruzioni esperienze riferibili alle tre strategie possono essere individuate, riferendosi ai requisiti già consolidati di manutenibilità, riparabilità, sostituibilità e durabilità, cui si aggiunge l'inversione della domanda di materia prima e l'attenzione alla sostenibilità in termini di ciclo di vita,

als; increase the demand for low-carbon materials; and be used more efficiently with less material, with a longer lifespan and greater efficiency in use (IRP, 2020; Cheshire, 2016).

An interesting circular design experience for a toaster by Agency of Design<sup>3</sup> showed the results of three different design strategies, considering systems and elements from the point of view of durability, modularity and product essentiality. Three distinct prototypes - *Optimist*, *Pragmatist* and *Realist* - reflect different relationships between form, structure and process, working on the durability of the product, developing a modular product and, finally, innovating with low-carbon, low-cost materials and technologies that are easy to produce and manage during disposal (Fig. 3).

The *Optimist* toaster tackles obsolescence by making a sturdy one-piece re-

cycled and recyclable aluminium die-cast, with external mechanisms and only four bolts on the base to access the interior and unbolt and replace the elements, if necessary. A counter marks the number of toasted slices to remind those who continue to use it of the time that has passed.

The *Pragmatist* is a modular toaster, consisting of slots that are hooked together so that they can be replaced individually in the event of failure. Each slot is thin enough to be bagged, placed in a mailbox and shipped to the manufacturer.

The *Realist* toaster can be disassembled by easily separating its component parts without damaging or mixing materials through a simple technological invention inspired by dry recycling processes<sup>4</sup>. A ball is placed near a joint that snaps open when the ball expands, placing the toaster in a vacuum cham-

03 | Tre prototipi del Tostapane Optimist, Pragmatist e Realist, realizzati come esperienza di circular design, e con diverse strategie in termini di durata, modularità ed essenzialità. Il primo, affronta l'obsolescenza realizzando un pezzo unico in alluminio, con quattro bulloni per sostituire gli elementi; il secondo è modulare ed è composto da slot sostituibili singolarmente; il terzo, ispirato ai processi di riciclo a secco, è smontabile completamente grazie a un sistema a scatto. Fonte: The Agency of Design

*Three distinct prototypes of toaster Optimist, Pragmatist and Realist, manufactured as an interesting circular design experience, with different strategies from the point of view of durability, modularity and product essentiality. The first one tackles obsolescence by making a one-piece aluminium, with four bolts to replace the elements; the second one is modular with slots that can be replaced individually; the third one, inspired by dry recycling processes, can be completely disassembled thanks to a snap open system. Source: The Agency of Design*

energia inglobata e impronta ecologica. Progettare per prolungare la vita di un prodotto, renderlo leggero per consumare meno materiale e poterlo sostituire o prevedere come scomporlo facilmente per consentire il riciclo di materiali e componenti sono proprio alcune strategie della *Material Efficiency* (ME) che ampliano l'approccio circolare alla gestione delle risorse, perseguendo azioni più velocemente efficaci di quanto possa accadere sia con sostanziali innovazioni tecniche o investimenti su larga scala (IRP, 2020).

### Strategie progettuali per la *Material Efficiency*

Se per la neutralità carbonica (CE, 2020b), è necessario intervenire drasticamente sulle emissioni industriali, oggi è altrettanto evidente che accanto a un'energia a emissioni zero, occorre intervenire sulla domanda per ottenere di più dai materiali che abbiamo già prodotto<sup>5</sup>, mettendo in atto le azioni necessarie alla transizione circolare (EC)<sup>6</sup>. Come emerge da studi sull'applicazione dei principi della EC all'ambiente costruito<sup>7</sup> – guidati da importanti strutture di ricerca (Ellen MacArthur Foundation, 2019; Ellen MacArthur Foundation *et al.*, 2015; Ramboll *et al.*, 2020; Material Economics, 2018) – le strategie ME individuano un ampio campo di azioni per la progettazione e costruzione degli edifici da esplorare sia nella loro efficacia sia nelle ricadute sui linguaggi costruttivi.

Queste strategie<sup>8</sup> cercano di migliorare la dimensione ambientale e quella relativa alle risorse nella gestione dei rifiuti (le 3R), poco collegate alla mitigazione dei cambiamenti climatici (Fig. 4), considerando azioni che interagiscono con l'emissione di gas serra. ME, mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici, infatti, si condizionano reciprocamente: la produzione di mate-

riali è una delle principali cause di gas serra, ma i cambiamenti climatici incidono positivamente o negativamente sulla domanda di materiali (ad es. con stagioni di crescita degli alberi più lunghe o eventi climatici catastrofici)<sup>9</sup>.

Le strategie di ME sono state definite nello studio dell'International Resource Panel per i Ministri dell'Ambiente del G7 di Bologna (IRP, 2020):

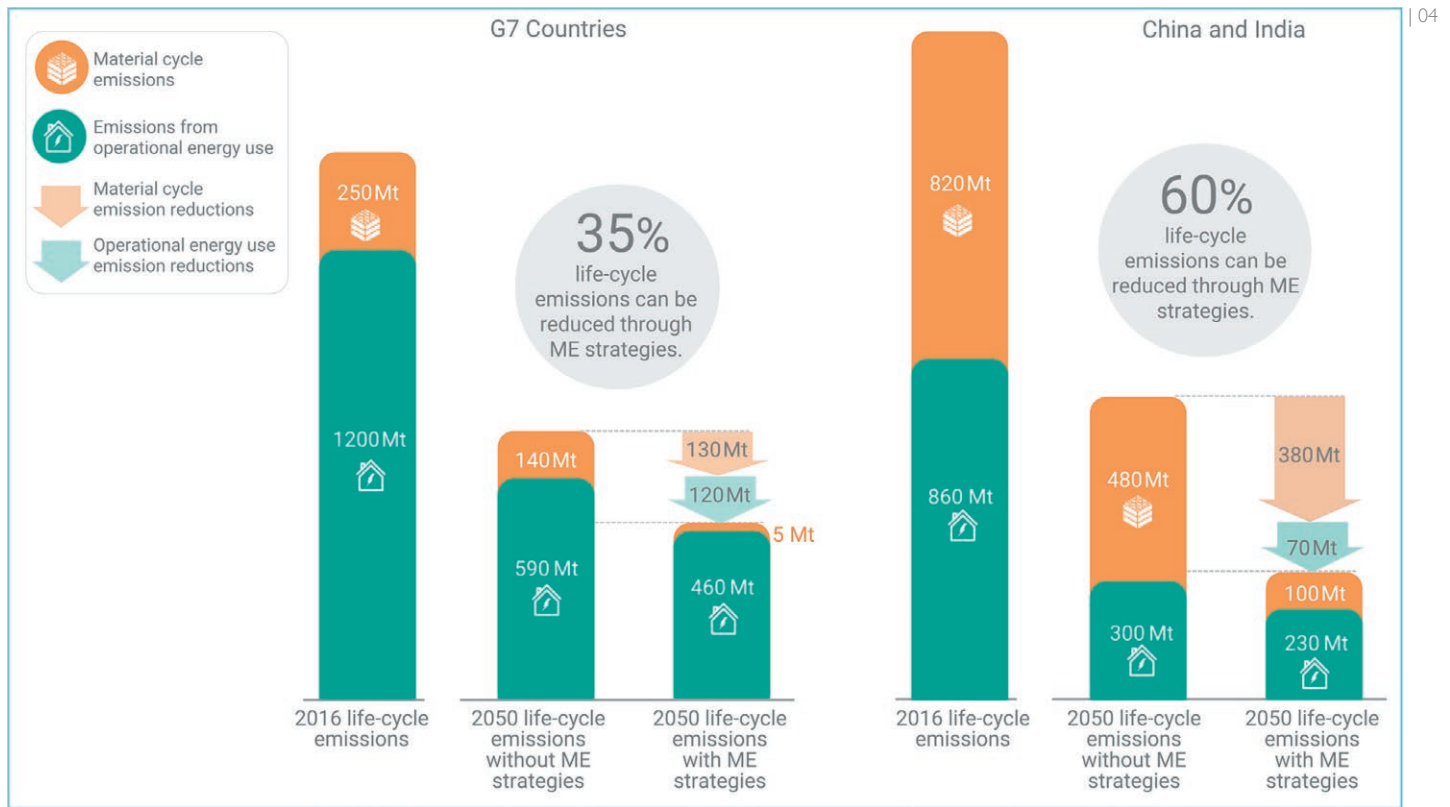
1. Progettare usando meno materia, grazie al design leggero, garantendo stesso funzionamento e ridotto consumo di energia in opera;
2. Sostituire i materiali, con quelli a minore intensità di carbonio<sup>10</sup>;
3. Migliorare la produttività, ottimizzando gli scarti nei processi di produzione e, di conseguenza, la domanda di materia prima;
4. Intensificare l'uso, di oggetti ed edifici, garantendo lo stesso servizio, ma ottimizzandone l'utilizzo grazie ad una progettazione più efficiente e multifunzionale o incentivando la condivisione;
5. Migliorare il recupero e il riciclo dei materiali a fine ciclo di vita, con attenzione alla quantità e qualità dei materiali secondari, per ridurre la materia prima<sup>11</sup>;
6. Recuperare, rigenerare e riusare i componenti, anche attraverso la rigenerazione e la modularità, favorendo, ad esempio, il riuso di componenti strutturali quali le travi in acciaio<sup>12</sup>;
7. Prolungare la durata dei prodotti, con l'estensione della vita utile, anche attraverso la riparazione, la sostituzione, la rigenerazione<sup>13</sup>.

Se la riduzione della domanda di materie prime è una strada per ridurre il consumo di energia e l'emissione di gas serra, l'introdu-

03 |







zione di queste strategie vi concorre proponendo alcune azioni che richiedono, inevitabilmente, di includere nuove condizioni nel processo progettuale.

### Un quadro di azioni per il progetto

Diversi studi, tra i più accreditati, sull'economia circolare applicata all'ambiente costruito si occupano direttamente o indirettamente di ME (Material Economics, 2018; IRP, 2020; Ellen MacArthur Foundation, 2019;

ber. This eliminates the time, and, therefore, the cost of the work involved in disassembly, by restoring value to the materials to be reused. In the construction sector too, experiences of the three strategies can be identified, referring to the already consolidated requirements of maintainability, reparability, replaceability and durability, plus the reversal of demand for raw materials and attention to sustainability in terms of life cycle, energy input and ecological footprint. Designing to extend the life of a product, making it lightweight to consume less material and be able to replace it, or envisaging how to easily break it down to allow materials and components to be recycled are just some of the Material Efficiency (ME) strategies that extend the circular approach to resource management, pursuing actions faster than can be achieved with either sub-

stantial technical innovations or large-scale investments (IRP, 2020).

#### Design strategies for material efficiency

If, in order to achieve carbon neutrality (EC, 2020b), it is necessary to take drastic action on industrial emissions, it is now equally clear that, alongside zero-emission energy, we need to take action on the demand side to get more out of the materials we have already produced<sup>5</sup> by implementing all the actions necessary for the circular transition (EC)<sup>6</sup>. As evidenced by studies on the application of EC principles to the built environment<sup>7</sup> - guided by leading research structures (Ellen MacArthur Foundation, 2019; Ellen MacArthur Foundation *et al.*, 2015; Ramboll, Fraunhofer ed Ecologic Institute 2020; Material Economics, 2018) - ME strategies can identify a wide range of ac-

Ellen MacArthur Foundation *et al.*, 2015). Per metterli a confronto è stato elaborato un quadro comparativo (Fig. 5).

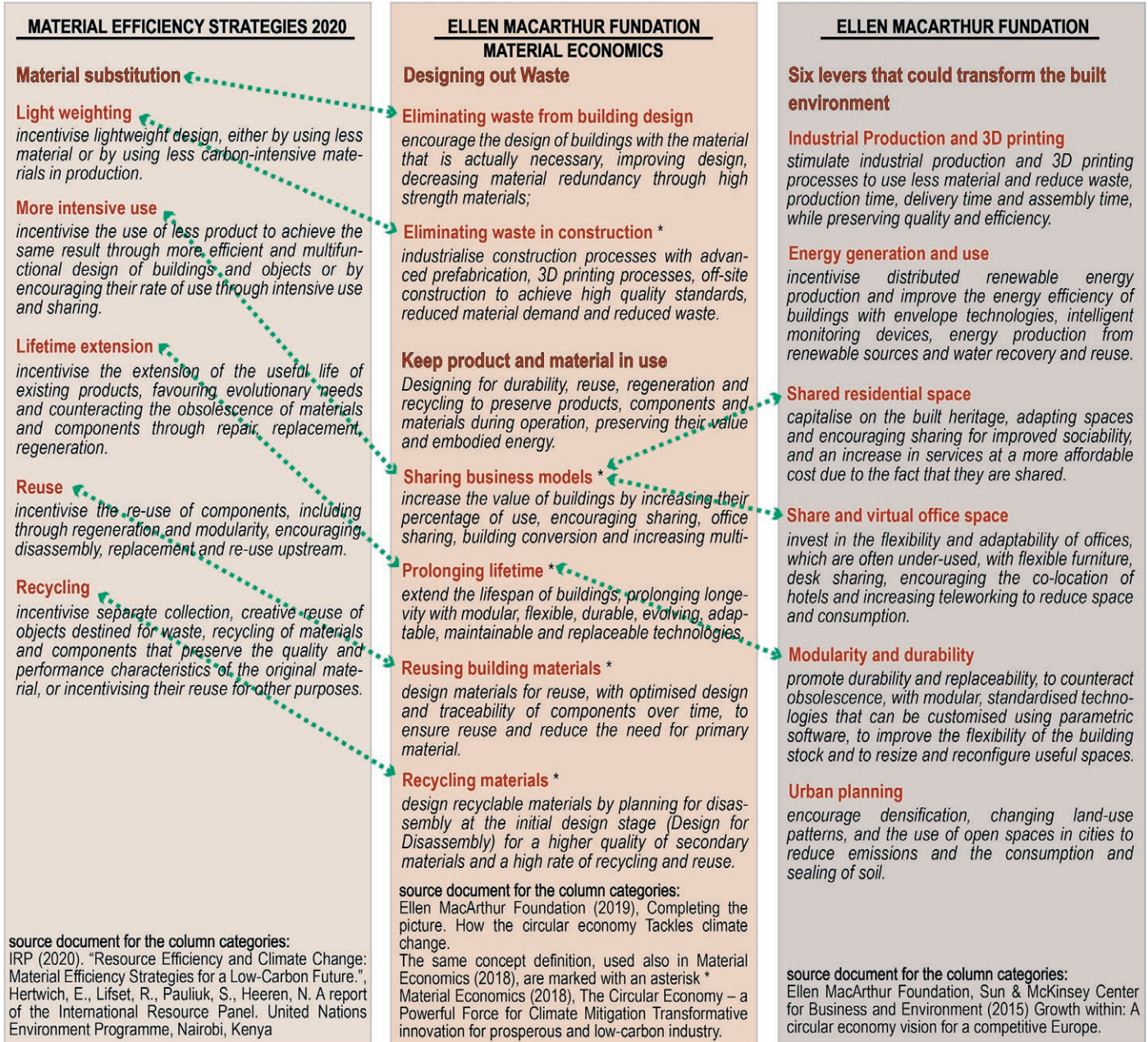
*Material Economics* (Material Economics, 2018) individua tre macro-categorie per migliorare l'uso dei materiali: *Recirculation of Materials*, *Buildings Materials Efficiency* e *Circular Business Models*. Per l'IRP (IRP, 2020) sono auspicabili le seguenti azioni: *Light weighting*, *More intensive use*, *Lifetime extension*, *Reuse*, *Recycling*.

MacArthur Foundation (2019) individua come campi d'azione:

tions for the design and construction of buildings to be explored, both in terms of their efficacy and their impact on building languages. These strategies<sup>8</sup> seek to improve the environmental and resource dimensions of waste management (the 3Rs), which have little connection to climate change mitigation (Fig. 4), by considering actions that may interact with greenhouse gas emissions. ME, mitigation and adaptation to climate change, in fact, are mutually interrelated: the production of materials is one of the main causes of greenhouse gases, but climate change has a positive or negative impact on the demand for materials (e.g. longer tree growing seasons or catastrophic weather events)<sup>9</sup>. ME strategies were defined and modelled in the International Resource Panel study for G7 Environment Ministers in Bologna (IRP, 2020):

1. Design using less material, thanks to lightweight design, ensuring the same operation and reduced energy consumption when being used;
2. Replace materials with those of lower carbon intensity<sup>10</sup>;
3. Improve productivity, optimise waste in production processes and, consequently, the demand for raw materials;
4. Intensify the use of objects and buildings, guaranteeing the same service, but optimising their use through more efficient and multi-functional design or encouraging their rate of use by sharing them with others;
5. Improve the recovery and recycling of end-of-life materials, paying attention to the quantity and quality of secondary materials to reduce raw material<sup>11</sup>;
6. Recover, remanufacture and reuse

## FRAMEWORK OF PROCESS AND PROJECT STRATEGIES



components, including through regeneration and modularity, e.g. by encouraging the reuse of structural components such as steel beams<sup>12</sup>;

7. Extend the lifetime of products by extending the useful lifetime of existing products, including through repair, replacement, regeneration<sup>13</sup>.

While reducing the demand for raw materials is one way to reduce energy consumption and greenhouse gas emissions, the introduction of these strategies contributes to this by proposing certain actions that inevitably require new conditions to be included in the design process.

**A framework of actions for the design**

Several of the most reputable studies on the circular economy applied to the built environment deal directly or indirectly with ME (Material Economics, 2018; IRP, 2020; Ellen MacArthur Foundation, 2019; Ellen MacArthur Foundation *et al.*, 2015). In order to assess them, it was necessary to draw up a comparative framework which highlights affinities (Fig. 5).

Material Economics (Material Economics, 2018) identifies three macro-categories for improving the use of materials: recirculation of materials,

building materials' efficiency and circular business models. LIRP (IRP, 2020) considers the following actions to be desirable: light weighting, more intensive use, lifetime extension, reuse, recycling.

MacArthur Foundation (Ellen MacArthur Foundation, 2019) identifies as fields of action:

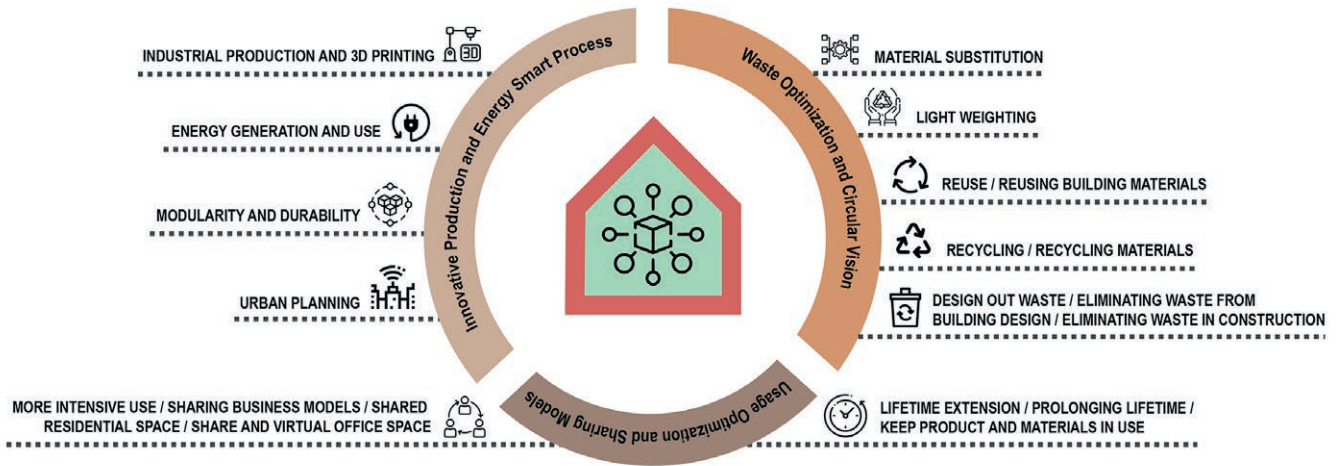
- Design out waste, articulated in eliminating waste for building designs, eliminating waste in construction;
- Keep products and materials in use, articulated in sharing business models, prolonging lifetime, reusing building materials, recycling materials.

Finally, actions considered to be levers for the benefit of the ME were also added to the overall framework (Ellen MacArthur Foundation, Sun & McKinsey Centre for Business and Environment, 2015): industrial production and 3D printing, energy generation and use, shared residential space, share and virtual office space, modularity and durability, urban planning.

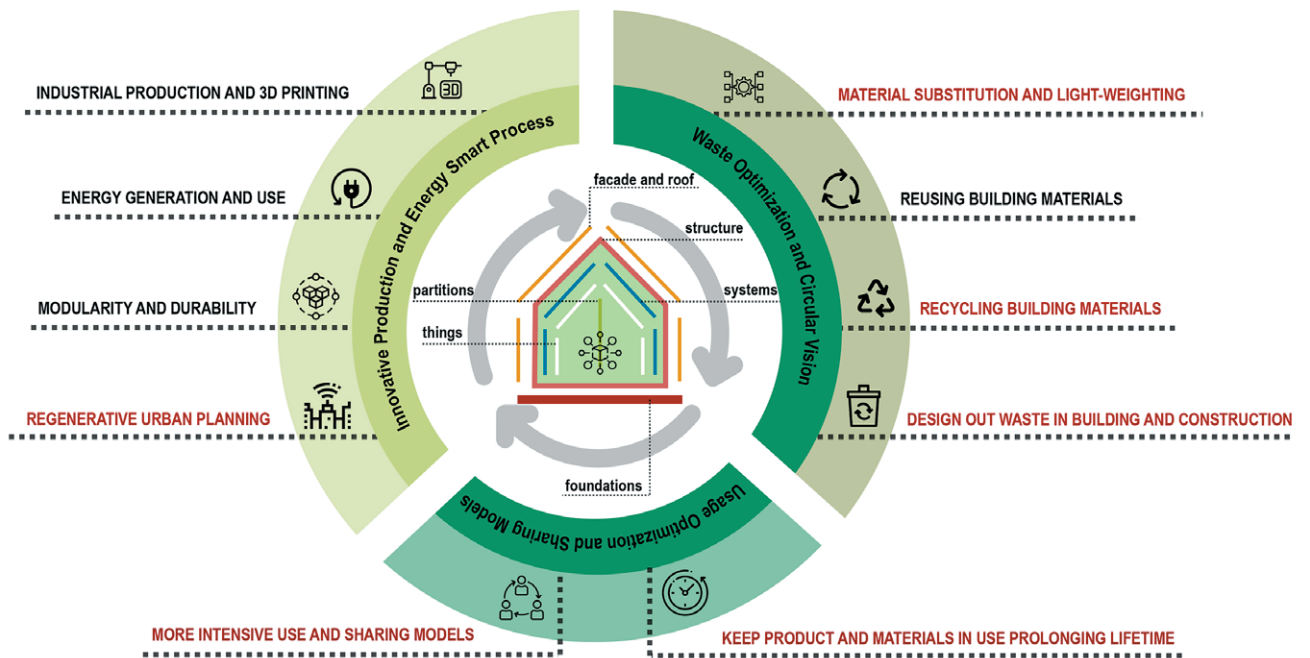
On the basis of this frame of reference, correspondences have been identified for related themes in three macro areas: waste optimisation and circular vision, innovative production and energy smart process and usage optimi-



## SYNERGY BETWEEN STRATEGIES



## FROM ACTION TO PROJECT



sation and sharing models (Fig. 6). Through the synthesis of the themes and voices reported in the studies, an original proposal of strategies has been drawn up, in which design and process actions are framed according to a circular design vision, useful for monitoring and comparing experiences with their outcomes in functional and figurative terms (Fig. 7).

### From actions to projects: considerations on good practice and formal paradigms

In recent years, the world of design and construction has initiated many

experiences inspired by circular design principles. Starting from the proposed thematic organisation of strategies illustrated in Figure 7, a number of case studies have been selected as practical experiments of the theoretical principles of ME, circular design, Design for Disassembly (Fig. 8).

In particular, projects were identified that applied the Buildings As Material Banks methodology, with material traceability thanks to the material passport (BAMB, 2015), with a focus on the protocol for reversible buildings (Reversible Building Design Guidelines and Protocol) (Durmisevic, 2018)

and implemented designs (Kasper and Sommer, 2019) following the circular building approach and the principles of Design for Disassembly<sup>14</sup> (ISO, 2020). Two considerations can be drawn from the case studies. The first one concerns how, for new buildings and the renovation of existing ones, it is possible to introduce ME strategies, starting with the design phase, that are related to concepts of durability, adaptability, disassembly, replacement, reuse of structural components, recycling, standardisation, improvement of construction technologies, digitisation of construction processes, sharing of

spaces in order to reduce built-up areas and to intensify their use. In particular, some good practices call for:

- encouraging assembly and disassembly so that they are practicable even by unqualified personnel, such as users themselves;
- endowing materials with *material passports* for traceability over time by involving companies and research centres;
- designing by configuring functional modules that allow distribution flexibility and usage change;
- raising user awareness to reverse demand by spreading knowledge



CASE STUDIES																			
Number	Picture	Name	Type	Function	Location	Focus	INNOVATIVE PRODUCTION AND ENERGY SMART PROCESS			USAGE OPTIMIZATION AND SHARING MODELS		WASTE OPTIMIZATION AND CIRCULAR VISION							
1		Build Reversible In Conception (B.R.I.C.)	N	O	BG	A convertible building made of wood, scalable, reversible, with optimisation of waste, assembled and disassembled by students, and with a change in purpose (offices, shops, acoustic laboratory).													
2		Reversible Experience Modules (REMS)	N	E	BG	Reversible and adaptable exhibition space promoting the use of the Material Passports Platform by showing seventy products and systems designed for reuse, recycling in circular buildings.													
3		Circular Retrofit Lab (CRL)	R	E	BE-UK -NL	Renovation of an existing building, with modules for various uses and student housing. The project takes into account the principles of reversibility, replicability, attention to waste reduction, reconfiguration of functional													
4		Green Transformable Building LAB (GTBL)	N	M	NL	New construction with a modular steel structure made with interchangeable components, experimenting with changing shapes and uses, using Reversible Building Design protocols.													
5		New Office Building	N	O	DE	Pilot project for a transformable and recyclable office building, built on Cradle to Cradle principles, using natural materials and the Material Passport to track the materials used over time.													
6		Circularity Lab	N	E	USA	A prototype that expresses the opportunities and challenges of circular design by demonstrating the principles of DID, the innovation of materials and technological solutions. In addition, the project launched a call for companies and research centres to propose circular products and materials to construct the building.													
7		Circle House	N	E	DK	A building of 60 social housing units, built on circular principles allowing the building to be dismantled, with 90% reuse of materials. In addition, the project has brought together over thirty Danish companies to develop and use circular products.													
8		The London Aquatics Centre	N	S	UK	Temporary sports structure designed according to DID principles, with a lightweight structure that can be easily dismantled after the Olympic Games.													
9		3XN Architects Offices	R	O	DK	Following a fire, a new portion of the building was constructed leaving only a few structural elements. The sheds were rebuilt using traditional joints and exposed systems and following many DID principles.													
10		Bullitt Center	N	O	USA	The structure is made of wood, concrete and steel, used separately according to the principles of structural material optimisation to reduce carbon emissions.													
11		Alliander HQ	R	O	NL	Renovation and extension of an office building, the first circular building in the Netherlands, equipped with a Material Passport that quantifies all contained materials, new and existing.													
12		Technical Nutrient Pavilion	N	E	NL	A building created with DID principles and following the Cradle to Cradle® strategic framework, used to showcase innovative solutions and recyclable or reusable materials. The building is realised in collaboration with 41 companies that produce Cradle to Cradle® certified products.													
13		WikiHouse	N	HS	UK	Digitally produced building system, with 80% reusable materials, allowing users to quickly design, manufacture and assemble the house, which can be customised and printed by local companies using numerically controlled printing techniques.													
14		Mining and Recycling (UMAR)	N	O	UK	An experimental unit that takes a responsible approach to resource use by using reusable, recyclable or compostable materials, tracked through their life cycle. The building adopts a modular approach, with reusable wooden structures and facades, it is prefabricated, with structures that can be separated during disassembly, thus reducing waste.													
15		Martini Hospital	N	HO	NL	Example of IFD (Industrialised - Flexible - Demountable) design based on standardisation, prefabrication and flexibility that allows the walls to be dismantled, the space reconfigured and extensive blocks added to the façade to increase the surface area.													
16		Villa Zebra / Nutcracker / Camera	N	M	NL	A building with three lives because it was initially built as a cultural space for children, then dismantled and reassembled as a school for eight classes, then disassembled and reassembled by distributing it in three other													

N: new construction R: renovation HS: house HO: hospital E: exhibition S: stadium MF: multifunctional O: office

about products designed for reuse and recycling in circular buildings;

- designing by favouring the interchangeability of elements and by experimenting with changing forms and uses thanks to the protocol for reversible buildings;
- designing for separability of elements and accurate production with standardisation and prefabrication driven by modular approaches;
- also applying these virtuous principles for circular buildings in renovations, aiming for reversibility, replicability, reduction of waste, extension of useful lifetime;
- adopting the *Cradle to Cradle*® principles for regenerative design;
- encouraging digital production to enable remote customisation and 3D printing by local companies.

The second consideration concerns the extent to which ME is able to influence

building languages. The history of architecture bears witness to how new materials and innovations in production and construction technologies have pushed the architect's creativity to experiment with their potential. The verification of the structural qualities of cast iron and the possibility of producing extruded iron from the end of the 18<sup>th</sup> century onwards gave rise to the architecture of large glass spaces. In the same way, the discovery of reinforced concrete and the many innovations of traditional materials have given us, for example, the architecture of Perret, the structures of Maillart or Nervi, Candela and Torroja, the "bioclimatic" experiments of Foster and Herzog, up to the research on the different use of traditional or innovative materials of Zumthor, Perraudin, Shigeru Ban or Herzog and de Meuron or Zaha Hadid.

The same does not seem to have happened in the building experimentation of circular solutions, even in the experiments of careful architects whose achievements rather resemble a full-scale catalogue of re-cycled materials. If the experiences represent, with their good practices, a useful test for the effectiveness of strategies and related actions that can be pursued at different levels of the building process, in general, most of them have focused on the transformation of the innovative product process and investment in new manufacturing processes. In the various languages of these experiences, it is possible to recognise the tradition of prefabrication with the scanning of its components and joints or the modules of post-disaster building production, rather than autonomous research into new resistant and light, sustainable and safe materials which, as has often hap-

pened, other more advanced sectors have brought to architecture.

### Conclusions

Materials have shaped the evolution of civilisations, but today, new environmental and economic issues are transforming industries and their products. Faced with the consequences of GHG emissions and the scarcity of raw materials, the use of local resources will intensify and it will become increasingly necessary to recover, reuse or recycle already available materials. A "regenerative growth model" is emerging for the next decade in order to reduce the consumer footprint and increase the use of circular materials. While trying to reduce new raw materials, we are heading towards an increasing availability of a variety of reusable materials and components for which it will be necessary to reinvent functions,

- *Design out Waste*, articolato in *Eliminating waste for building designs, Eliminating waste in construction*;
- *Keep Products and Materials in Use*, articolato in *Sharing business model, Prolonging lifetime, Reusing building materials, Recycling materials*.

Infine, nel quadro complessivo sono state aggiunte anche le azioni considerate leve a vantaggio della ME (Ellen MacArthur Foundation, *et.al.*, 2015): *Industrial Production and 3D printing, Energy generation and use, Shared residential space, Share and virtual office space, Modularity and durability, Urban planning*.

Sulla base di questo quadro, sono state individuate corrispondenze per tematiche affini riconducibili a tre macro-ambiti: *Waste Optimization and Circular Vision, Innovative Production and Energy Smart Process e Usage Optimization and Sharing Models* (Fig. 6).

Attraverso la sintesi tra tematiche e voci riportate negli studi è stata elaborata una proposta originale di strategie, in cui si collocano azioni progettuali e processuali secondo una visione di *circular design*, utili a monitorare e confrontare esperienze con i loro esiti in termini funzionali e figurativi (Fig. 7).

### Dalle azioni ai progetti: considerazioni su buone pratiche e paradigmi formali

Negli ultimi anni il mondo della progettazione e della costruzione ha avviato molte esperienze ispirate ai principi del *Circular Design*. Partendo dall'organizzazione delle strategie elaborata in figura 7, sono stati selezionati casi studio di ME, *Circular Design, Design for Disassembly* (Fig. 8).

In particolare, sono stati individuati progetti riferibili alle metodologie *Buildings As Material Banks*, con tracciabilità dei mate-

configurations and construction processes by designing solutions to extend their lifetime, make them light so as to consume less material or break them down easily to allow recycling.

In this direction and in the design of the built environment, various Material Efficiency strategies are being consolidated through a number of best practice experiences that show how the scenarios under way have repercussions on languages yet to be explored.

Despite the fact that for years there has been a gradual transition towards more sustainable architecture, traced in its life cycle and measured in the energy incorporated, new formal paradigms are emerging with the task of expressing how architecture, which has always been 'material' and destined to last, is overturning its relationship with duration and time.

Each project will become a new prototype that the architect will have to configure, with the know-how of a craftsman, even reinventing the means of access to the material, so that architecture is prepared to be 'regenerated' in harmony with the processes of nature.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

The paper concerns theoretical contents and partial results related to the PRIN 2017 research project: *TECH-START-key enabling TECHNOlogies and Smart environment in the Age of gReen economy. Convergent innovations in the open space/building system for climaTe mitigation*.

#### NOTES

<sup>1</sup> In 2017, the production of materials, constructions and operations of buildings accounted for 36% of global energy end-use and 39% of energy-related

CO<sub>2</sub> emissions (Ramboll *et al.*, 2020).  
<sup>2</sup> According to *Material Economics* (2019), the debate on GHG emissions from steel, cement and other chemical producing industries has focused on supply-side measures, neglecting those that can affect demand through circular processes.  
<sup>3</sup> Available at: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/case-studies/designing-for-a-circular-economy-has-more-than-one-solution>  
<sup>4</sup> The polymers in the waste products are separated through optical recognition and sorted using air jets.  
<sup>5</sup> About 15% of total building emissions depend on materials and construction, even in countries where electricity and heating are low carbon (Material Economics, 2018).  
<sup>6</sup> According to a definition that goes beyond that limited to the reuse or regeneration of materials, CE is based

- favorire il montaggio e lo smontaggio affinché siano praticabili anche da personale non qualificato come gli stessi utenti;
- dotare i materiali di *Material Passport* per la tracciabilità nel tempo coinvolgendo aziende e centri di ricerca;
- progettare moduli funzionali per la flessibilità distributiva e di funzione;
- sensibilizzare l'utenza per invertire la domanda con la conoscenza su prodotti per il riuso e il riciclo in edifici circolari;
- favorire l'intercambiabilità degli elementi sperimentando forme e usi grazie al protocollo per edifici reversibili;
- progettare mirando alla separabilità degli elementi e a una produzione accurata con standardizzazione e prefabbricazione spinte dagli approcci modulari;
- applicare i principi per edifici circolari anche nelle ristrutturazioni, puntando a reversibilità, replicabilità, riduzione dei rifiuti, allungamento della vita utile;
- adottare i principi di *Cradle to Cradle*<sup>®</sup> per una progettazione rigenerativa;

on three principles: preserving and

improving natural capital; optimising resources; promoting system effectiveness. These three principles lead to six actions of the ReSOLVE scheme (Ellen MacArthur Foundation *et al.*, 2015).

<sup>7</sup> A CE action reduces the use of materials (ME); replaces high-impact materials with low-emission ones; activates the re-circulation of products and materials (Ellen MacArthur Foundation *et al.*, 2015).

<sup>8</sup> According to the Royal Society, ME is "the pursuit of technical strategies, business models, consumer preferences, and policy instruments that would lead to a substantial reduction in the production of high-volume, energy-intensive materials required to deliver human well-being". ME is part of resource efficiency (RE) which includes other resources (IRP, 2020).

- incentivare una produzione digitale per la customizzazione e la stampa 3D in remoto da aziende locali.

La seconda considerazione riguarda, invece, quanto la ME incida sui linguaggi costruttivi. La storia dell'architettura testimonia come nuovi materiali e innovazioni nelle tecnologie di produzione e costruzione abbiano spinto la creatività dell'architetto a sperimentarne le potenzialità. Dalla verifica delle qualità strutturali della ghisa, e dalle possibilità di produrre estrusi di ferro a partire dalla fine del '700, nasce l'architettura dei grandi spazi vetrati; così come, la scoperta del cemento armato e le tante innovazioni di materiali anche tradizionali ci hanno regalato, ad esempio, le architetture di Perret, le strutture di Maillart o di Nervi, Candela e Torroja, le sperimentazioni "bioclimatiche" di Foster e T. Herzog, fino alle ricerche sull'uso diverso di materiali tradizionali o innovativi di Zumthor, Perraudin, Shigeru Ban o Herzog & de Meuron o Zaha Hadid.

Ugualmente non sembra accadere nelle sperimentazioni di architetti attenti le cui realizzazioni assomigliano piuttosto a un catalogo in scala 1:1 di materiali di riciclo. Se le esperienze rappresentano un utile test per l'efficacia delle strategie e delle relative azioni perseguibili a diverso livello del processo edilizio, in generale, la maggior parte di esse si è concentrata sulla trasformazione del processo di innovazione dei prodotti e sull'investimento nei nuovi processi manifatturieri. Nei variegati linguaggi di queste esperienze è riconoscibile la tradizione della prefabbricazione con la scansione dei suoi componenti e giunti o dei moduli della produzione edilizia post-catastrofe, piuttosto che una ricerca autonoma sui nuovi materiali resistenti e leggeri, sostenibili e sicuri che, come spesso è accaduto, altri settori più avanzati hanno proposto all'architettura.

<sup>9</sup> Mitigation and adaptation involve an increase in the use of materials. Technologies for low-carbon electricity production require large amounts of uncommon materials compared to fossil sources; equally, adaptation measures for the reconstruction or protection of coastal areas, civil infrastructure or the built environment (IRP, 2020).

<sup>10</sup> Wood is advantageous because of the storage of CO<sub>2</sub>, which delays oxidation, but also because of the lower energy expenditure in production.

<sup>11</sup> Demolition waste accounts for about one third of solid waste in Europe. However, the incentive to recycle it is hampered by low performance characteristics.

<sup>12</sup> Reuse allows significant CO<sub>2</sub> savings, extends product life and avoids the energy consumption of recycling processes with modular constructions, designed for disassembly-replace-

ment-reuse; labelling and traceability of components.

<sup>13</sup> It is desirable to encourage the evolutionary needs of buildings, extending their useful life by counteracting the obsolescence of materials and components and providing procedures for replacing or repairing.

<sup>14</sup> Design for Disassembly integrates the principles of disassembly, adaptability, maintainability, replacement, reuse, recycling and disposal, and facilitates disassembly at end-of-life in order to reuse, recycle, recover and preserve resources, time, costs, energy and materials (ISO 20887:2020en).

## Conclusioni

La materia ha segnato l'evoluzione delle civiltà, ma oggi nuove questioni che riguardano l'ambiente e l'economia stanno trasformando i settori industriali e i loro prodotti. Di fronte alle conseguenze delle emissioni di GHGs e alla scarsità di materie prime, l'uso delle risorse locali si intensificherà e diventerà sempre più necessario recuperare, riusare o riciclare materiali già disponibili. Per il prossimo decennio si delinea "un modello di crescita rigenerativo" necessario a ridurre l'impronta dei consumi e aumentare l'utilizzo dei materiali circolari.

Mentre si cerca di ridurre la nuova materia prima, ci si avvia verso una crescente disponibilità di una varietà di materiali e componenti di ri-utilizzo per i quali sarà necessario reinventare funzioni, configurazioni e processi costruttivi, progettando soluzioni per prolungarne la vita, renderli leggeri per consumare meno materiale o scomporli facilmente per consentirne il riciclo. In questa direzione e nella progettazione dell'ambiente costruito, varie strategie di *Material Efficiency*, si stanno consolidando attraverso esperienze di buone pratiche che testimoniano come gli scenari in atto abbiano ricadute sui linguaggi ancora tutte da esplorare.

Nonostante da anni sia in atto una graduale transizione verso un'architettura più sostenibile, tracciata nel ciclo di vita e misurata nell'energia inglobata, nuovi paradigmi formali si delinearanno con il compito di esprimersi su come nell'architettura, da sempre 'materica' e destinata a durare, si stia ribaltando il rapporto con la durata e il tempo.

Ogni progetto diventerà un nuovo prototipo che l'architetto dovrà riuscire a configurare, con il know-how di un artigiano, reinventando anche i mezzi di accesso alla materia, affinché l'architettura si disponga ad essere 'rigenerata' in sintonia con i processi della natura.

## RINGRAZIAMENTI

L'articolo riguarda contenuti teorici ed esiti parziali relativi alla ricerca PRIN 2017, progetto: *TECH-START-key enabling TECHNOlogies and Smart environment in the Age of gReen economy. Convergent innovations in the open space/building system for climaTe mitigation.*

## NOTE

<sup>1</sup> Nel 2017 produzione dei materiali, costruzione e funzionamento degli edifici rappresentano il 36% degli usi finali di energia a livello globale e il 39% delle emissioni CO<sub>2</sub> relative all'energia. (Ramboll *et al.*, 2020).

<sup>2</sup> Secondo *Material Economics* (2019) il dibattito sulle emissioni di GHGs delle industrie produttrici di acciaio, cemento e altre sostanze chimiche ha riguardato le misure relative all'offerta, trascurando quelle in grado di incidere sulla domanda con processi circolari.

<sup>3</sup> Available at: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/case-studies/designing-for-a-circular-economy-has-more-than-one-solution>.



<sup>4</sup>I polimeri nei prodotti di scarto sono separati con il riconoscimento ottico e getti d'aria.

<sup>5</sup>Circa un 15% delle emissioni totali degli edifici dipende dai materiali e dalla costruzione, anche nei paesi in cui elettricità e riscaldamento sono *low-carbon* (Material Economics, 2018).

<sup>6</sup>L'EC si basa su tre principi: preservare e migliorare il capitale naturale; ottimizzare le risorse; favorire l'efficacia del sistema; da questi scaturiscono sei azioni dello schema ReSOLVE (Ellen MacArthur Foundation *et al.*, 2015).

<sup>7</sup>Un'azione di EC riduce l'uso di materiali (ME); sostituisce materiali ad alto impatto con quelli a basse emissioni; attiva la ri-circolazione di prodotti e materiali (Ellen MacArthur Foundation *et al.*, 2015).

<sup>8</sup>Per la Royal Society la ME – parte della *Resource efficiency* (RE) che include altre risorse (IRP, 2020) – è «*the pursuit of technical strategies, business models, consumer preferences, and policy instruments that would lead to a substantial reduction in the production of high-volume, energy-intensive materials required to deliver human wellbeing*».

<sup>9</sup>Mitigazione e adattamento comportano un aumento nell'uso dei materiali. Le tecnologie per la produzione *low-carbon* di elettricità richiedono grandi quantità di materiali non comuni rispetto alle fonti fossili; ugualmente, gli interventi di adattamento per la ricostruzione o protezione delle aree costiere, infrastrutture civili o dell'ambiente costruito (IRP, 2020).

<sup>10</sup>Il legno è vantaggioso per lo stoccaggio di CO<sub>2</sub>, che ne ritarda l'ossidazione, ma anche per il minore dispendio energetico in produzione.

<sup>11</sup>I rifiuti da demolizione sono circa un terzo dei rifiuti solidi in Europa.

<sup>12</sup>Il riuso consente un risparmio di CO<sub>2</sub>, allunga la vita utile del prodotto ed evita il dispendio energetico dei processi di riciclo con costruzioni modulari, predisposte per disassemblaggio-sostituzione-riutilizzo; etichettatura e tracciabilità dei componenti.

<sup>13</sup>È auspicabile favorire le esigenze evolutive degli edifici, allungandone la vita utile, contrastando l'obsolescenza dei materiali e componenti, con procedure di sostituzione o riparazione.

<sup>14</sup>*Design for Disassembly* integra i principi di smontabilità, adattabilità, manutenibilità, sostituzione, riuso, riciclo, smaltimento, facilita lo smontaggio a fine vita per riutilizzare, riciclare, recuperare e salvaguardare le risorse, di tempo, costi, energia e materiali (ISO, 2020).

## REFERENCES

BAMB (2015), "Horizon 2020 EU-funded project BAMB – Buildings as Material Banks", available at: <https://cordis.europa.eu/event/id/146302-sbe19-brussels-bambcircpathbuildings-as-material-banks-a-pathway-for-a-circular-future/it> (accessed 02 March 2021).

Beukers, A. and Van Hinte (2001) *Lightness. The inevitable renaissance of minimum energy structures*, 010 publishers, Rotterdam, The Netherlands.

Cheshire, D. (2016), *Building Revolutions. Applying the circular economy to the built environment*, RIBA Publishing, London, United Kingdom.

Commissione Europea (2020a), "Un nuovo piano d'azione per l'economia circolare. Per un'Europa più pulita e più competitiva, COM/2020/98 final", available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0098> (accessed 02 March 2021).

Commissione Europea (2020b), "Il Green Deal europeo, COM/2019/640 final", available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:52019DC0640> (accessed 2 March 2021).

Durmisevic, E. (2018), "Reversible Building Design Guidelines and Protocol, WP3, Reversible Building design guidelines, Report Code: WP3|10|UT", available at: <https://www.bamb2020.eu/wp-content/uploads/2018/12/Reversible-Building-Design-guidelines-and-protocol.pdf> (accessed 2 March 2021).

Ellen MacArthur Foundation (2019), "Completing the picture. How the circular economy Tackles climate change", available at: <https://www.ellen-macarthurfoundation.org/publications/completing-the-picture-climate-change> (accessed 2 March 2021).

Ellen MacArthur Foundation, Sun and McKinsey Center for Business and Environment (2015), "Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe", available at: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/growth-within-a-circular-economy-vision-for-a-competitive-europe> (accessed 2 March 2021).

Graedel, T.E., Harper, E.M., Nassar, N.T. and Reck, B.K. (2015), "On the materials basis of modern society", *Proc. Natl. Acad. Sci.*, Vol. 112, pp. 6295-6300.

IPCC (2018), *Global warming of 1.5° C Special Report*, Geneva, Switzerland.

IRP (2020), "Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future", Hertwich, E., Lifset, R., Pauliuk, S. and Heeren, N. (Eds), United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.

ISO (2020), ISO 20887:2020(en), "Sustainability in buildings and civil engineering works — Design for disassembly and adaptability – Principles, requirements and guidance", available at: <https://www.iso.org/obp/ui?iso:std:iso:20887:ed-1:v1:en>, (accessed 2 March 2021).

Kasper, G.J. and Sommer, J. (2019), "Building a Circular Future – 3rd Edition", available at: <http://www.buildingacircularfuture.com/about>, (accessed 2 March 2021).

Material Economics (2018), "The Circular Economy – a Powerful Force for Climate Mitigation Transformative innovation for prosperous and low-carbon industry", available at: <https://materialeconomics.com/publications/the-circular-economy-a-powerful-force-for-climate-mitigation-1> (accessed 2 March 2021).

Material Economics (2019), "Industrial Transformation 2050 – Pathways to Net-Zero Emissions from EU Heavy Industry", available at: <https://materialeconomics.com/publications/industrial-transformation-2050> (accessed 2 March 2021).

Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J. and Behrens III, W.W. (1972), *The Limits to Growth*, Potomac Associates, Universe Books, Virginia, United State.

Ramboll, Fraunhofer and Ecologic Institute (2020), "The decarbonisation benefits of sectoral circular economy actions", available at: <https://de.ramboll.com/-/media/files/rm/rapporteur/methodology-and-analysis-of-decarbonization-benefits-of-sectoral-circular-economy-actions-17032020-f.pdf?la=de> (accessed 2 March 2021).

Francesca De Filippi<sup>1</sup>, Carmelo Carbone<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Dipartimento Architettura e Design, Politecnico di Torino, Italia

<sup>2</sup> Politecnico di Milano, Italia

francesca.defilippi@polito.it

carmelo.carbone@mail.polimi.it

**Abstract.** Le sfide connesse all'applicazione dei principi dell'Economia Circolare alla scala urbana sono state scarsamente studiate o interrogate criticamente. Il contributo intende definire possibili indicazioni per l'utilizzo delle ICT, allo scopo di stimolare e monitorare azioni circolari a scala urbana. Sono dunque individuati quattro sottosistemi urbani ai quali riferire i programmi urbani circolari e i principali benefici che possono derivare per specifiche categorie di stakeholders. Si indagano le principali possibilità offerte dall'uso delle ICT e le più ricorrenti funzionalità implementate negli strumenti digitali ad esse associate. Con riferimento agli indicatori presenti in letteratura, si individua infine una strategia per monitorare gli effetti delle azioni sull'ecosistema.

**Parole chiave:** Città circolari; *Digital Participatory Platforms*; ICT; *Circular planning*; Monitoraggio.

## Introduzione

L'Europa ha bisogno di risorse pari a due-tre pianeti per sostenere i propri attuali stili di vita (Gonçalves, 2008), con un trend in continuo aumento.

In questo quadro, l'emergere di modelli di sviluppo circolare spinge verso un sistema rigenerativo in cui sprechi, emissioni e perdite siano ridotti al minimo.

Se il concetto di sviluppo circolare pare molto approfondito per quanto riguarda il settore economico-produttivo, è di epoca più recente il dibattito intorno alle *Circular Cities*: le sfide connesse all'implementazione dell'Economia Circolare sono state infatti «scarsamente studiate o interrogate criticamente, specialmente a scala urbana» (Campbell-Johnston *et al.*, 2019), così come l'adozione di sistemi di monitoraggio è ancora scarsamente diffusa (European Commission, 2018). L'uso delle emergenti *Information and Communication Technologies* (ICT), per il potenziale nella raccolta, gestione, analisi e rappresentazione di dati, può essere di grande interesse nell'applicazione di modelli circolari alla scala urbana.

**Abstract.** The challenges related to the implementation of a circular economy at an urban scale have scarcely been studied or critically interrogated. This contribution aims to define the possible ways in which ICT can be used to stimulate and monitor circular actions on an urban scale. Four urban subsystems have been identified from which circular urban programmes can be linked, providing benefits for numerous categories of stakeholders. This work investigates the main possibilities offered by the use of ICT and the most recurrent functionalities associated with and implemented by digital tools. Finally, among indicators that already exist in the literature, this work identifies a strategy to monitor the effects of the actions on the ecosystem.

**Keywords:** Circular cities; Digital participatory platforms; ICT; Circular planning; Monitoring.

Con riferimento alla letteratura esistente, il presente contributo intende approfondire se e come le ICT possano essere utilizzate per stimolare e monitorare azioni circolari, per facilitare interazioni online e offline tra attori del territorio, comunità locali e competenze specifiche, evidenziando quali benefici possano derivare per specifiche tipologie di stakeholders.

## Economia circolare, città circolari e ICT

Le teorie riguardo a modelli circolari si diffondono nell'ambito dell'ecologia industriale a partire dagli anni '70 e teorizzano una rimodellazione dei sistemi industriali in ottica ecosistemica (Preston, 2012).

L'Economia Circolare è basata su cinque pilastri: *Make, Use, Reuse, Remake, Recycle* (Weetman, 2016), ovvero prevede un design e uso sostenibili, nonchè riflessioni sulle *End of Life strategies*, sintetizzate negli "R" *frameworks* (3R, 4R, 6R, o 9R) (Demestichas and Daskalakis, 2020).

Una città circolare estende la concezione del nuovo modello produttivo a quella di un nuovo modello di sviluppo urbano (Ellen MacArthur Foundation, 2017).

Non esiste un'unica definizione di Città Circolare (Fusco and Nocca, 2018) e sono molteplici i sottosistemi urbani all'interno dei quali vengono individuate azioni circolari, come evidenziano i report di città come Parigi, Londra o Amsterdam (Bastein *et al.*, 2016; LWARB, 2017; Mairie Paris, 2017), la letteratura scientifica (Petit-Boix, 2018) o, ancora, studi come quello dell'*Organisation for Economic Cooperation and Development* (OECD, 2020).

L'attuazione di programmi di Economia Circolare a scala urbana si misura con molteplici *key challenges*, riferibili a otto ambiti:

## Introduction

Europe needs resources equivalent to two to three planets to support its current lifestyle (Gonçalves, 2008), with a continuously increasing trend.

In this context, the rise of circular development models push towards a regenerative system in which waste, emissions and losses are minimised.

There is a thorough concept of circular development with regard to the economic-productive sector. However, the debate around Circular Cities is more recent. The challenges connected to the implementation of the circular economy have, in fact, "scarcely been studied or critically interrogated, especially at city level" (Campbell-Johnston *et al.*, 2019), just as the adoption of monitoring systems is still scarcely diffused (European Commission, 2018). The use of emerging Information and Communication Technologies (ICT)

for the potential collection, management, analysis and representation of data can be of great interest to the application of circular models at the urban scale.

With reference to the existing literature, this contribution intends to investigate if and how ICT can be used to stimulate and monitor circular actions, to facilitate online and offline interactions between local actors, communities and expertise, and to highlight the benefits that can be derived for various types of stakeholders.

## Circular economy, circular cities and ICT

The theories surrounding circular models spread in the field of industrial ecology starting in the 1970s, aiming to theorise and remodel the industrial systems from an ecosystemic perspective (Preston, 2012).

ICT as innovative tools for circular planning in urban areas

socio-culturale, economico e finanziario, informativo, normativo, politico, istituzionale, ambientale e tecnico (Williams, 2019). La digitalizzazione è considerata uno dei principali *enabler* dell'Economia Circolare (OECD, 2020) e si ritiene che le ICT svolgano un ruolo importante in tale processo di transizione (Pagoropoulos, 2017). Le possibilità offerte dalle ICT nel favorire la raccolta, l'analisi e la rappresentazione di dati consentono di apportare benefici in settori come l'economia, l'istruzione, l'energia, l'ambiente, i trasporti, generando opportunità per i cittadini e le imprese (Raghupathi *et al.*, 2014). Consentono inoltre di fornire servizi, pubblici e privati, e favorire azioni di monitoraggio e *decision making*. I principi dell'Economia Circolare (4R framework: *reduce, reuse, recycle, restore*) possono essere attuati facendo ricorso a diverse tipologie di ICT, tra cui: *Communications, Computing Technologies, CPS, Data Analysis and AI Algorithms, Data Collection and IoT, Data Management and Storage, Software and Simulation Technologies* (Demestichas and Daskalakis, 2020), grazie alle funzionalità di *Asset tagging, Geo-spatial information, Big data management, Connectivity* (Sukhdev *et al.*, 2018), che consentono molteplici opportunità, sia a scala del prodotto che urbana. Le piattaforme online rappresentano lo strumento forse più completo per gestire le dinamiche urbane, per fornire informazioni e servizi, per coinvolgere e coordinare la collaborazione tra i diversi stakeholders (De Filippi *et al.*, 2017).

### ICT come *enabler* di processi collaborativi

Le risorse necessarie alla realizzazione di una Città Circolare sono di tipo tangibile (infrastrutture di trasporto, energia e risorse naturali) e intangibile (capitale umano, istruzione e conoscenza e capitale intellettuale

Circular economy is based on five pillars: Make, Use, Reuse, Remake, Recycle (Weetman, 2016). It envisions sustainable design and use and reflects on the End-of-Life strategies, summarised in the "R" frameworks (3R, 4R, 6R, or 9R) (Demestichas and Daskalakis, 2020).

A circular city extends the concept of the new production model to that of a new model of urban development (Ellen MacArthur Foundation, 2017).

There is no single definition of a circular city (Fusco and Nocca, 2018) and there are many urban subsystems within which circular actions are identified. This can be seen in city reports such as those of Paris, London or Amsterdam (Bastein *et al.*, 2016; LWARB, 2017; Mairie Paris, 2017) in scientific literature (Petit-Boix, 2018) and in studies such as that of the Organisation for Economic Cooperation and

Development (OECD, 2020).

The implementation of circular economy programmes at an urban scale involves multiple key challenges relating to eight areas: socio-cultural, economic and financial, information, regulatory, political, institutional, environmental and technical (Williams, 2019).

Digitisation is considered one of the main enablers of circular economy (OECD, 2020) and ICT is believed to play an important role in this transition process (Pagoropoulos, 2017).

The possibilities offered by ICT in the collection, analysis and representation of data for benefits in sectors such as the economy, education, energy, environment and transport generates opportunities for citizens and companies alike (Raghupathi *et al.*, 2014). They also make it possible to provide public and private services and encourage

delle imprese); è ormai opinione condivisa che la dimensione sociale sia parte integrante del quadro economico circolare (Fusco and Nocca, 2018). Si assiste così a una nuova stagione di collaborazione e condivisione di conoscenze su temi e azioni di sostenibilità ambientale, che vede l'alternarsi di interventi di tipo *top down* e *bottom up* nelle politiche pubbliche, come dimostrano le reti globali di governi locali e regionali (ICLEI), le connessioni tra professionisti e sindaci (C40 cities) e le partnerships tra città (CIRCUIT).

Le piattaforme digitali rappresentano un luogo di incontro e valorizzazione delle competenze, un hub di innovazione e un mezzo per lo scambio di risorse (Metta and Bachus, 2020); consentono inoltre a persone e organizzazioni varie possibilità (Knonietzko *et al.*, 2019):

1. *market*, coordinare lo scambio tra attori;
2. *operate*, gestire i sistemi *Product-Service*;
3. *co-create*, co-creare prodotti e servizi.

I diversi attori (stakeholder) coinvolti, direttamente o indirettamente, nel processo di trasformazione sostenibile delle città (Fusco and Nocca, 2019; Williams, 2017; Azhar, 2011; Fraccascia and Yazan, 2018; European Commission, 2019) possono ottenere molteplici benefici dall'applicazione di tecnologie ICT e da strategie di sviluppo circolare (Tab. 1).

Un piano di utilizzo consapevole delle ICT per il supporto di programmi urbani circolari deve essere sviluppato seguendo una metodologia rigorosa, ma tenendo in considerazione lo spazio fluido in cui si muove l'innovazione sociale.

Un portale unico per tutti i dati consentirebbe di esplorare i dati catalogati (Lapi *et al.*, 2012), fornendo informazioni leggibili sulla base di criteri condivisi.

monitoring and decision-making actions.

The circular economy principles (4R framework: reduce, reuse, recycle, restore) can be implemented using different types of ICT, including: Communication, Computing Technologies, CPS, Data Analysis and AI Algorithms, Data Collection and IoT, Data Management and Storage, Software and Simulation Technologies (Demestichas and Daskalakis, 2020). This is thanks to the functionalities of Asset Tagging, Geo-Spatial Information, Big Data Management, and Connectivity (Sukhdev *et al.*, 2018), all of which facilitate multiple opportunities at both the product and urban scale.

Online platforms represent perhaps the most complete tool for managing urban dynamics, providing information and services, as well as engaging and coordinating collaboration be-

tween various stakeholders (De Filippi *et al.*, 2017).

### ICT as *enabler* of collaborative processes

The resources necessary for developing a circular city are both tangible (transport infrastructures, energy and natural resources) and intangible (human capital, education, knowledge and intellectual capital of companies), and it is now a shared opinion that the social dimension plays an integral part of the circular economic system (Fusco and Nocca, 2018). We are thus witnessing a new season of collaboration and the sharing of knowledge on environmental and sustainable issues and actions. As a result, we are seeing the alternation of top-down and bottom-up interventions in public policies. Some highlights include: global networks of local and regional governments (ICLEI),



Tab. 01 | Elenco degli stakeholder e rispettivi benefici. Elaborazione degli autori  
*List of stakeholders and respective benefits. Elaboration by the authors*

Stakeholder	Benefits
<b>Citizens</b>	ICT can promote citizen involvement in urban planning (Fusco, Nocca, 2019) and in the co-production of data (Williams, 2017), goods and services. The digitization of information allows you to stimulate sustainable actions and foster empowerment.
<b>Organizations and Associations</b>	The sharing of information about the actions carried out and the increase in communications can favor the activities of the organization.
<b>Designers</b>	The presence of updated databases allow the adoption of circular design choices. The use of ICT can facilitate the transformation and adaptability of the works as well as facilitate repair and maintenance operations. Further benefits can be identified in the use of BIM (Azhar, 2011).
<b>Enterprises, Producers, Supplier</b>	Companies can easily share information on their geographical location, the type and quantity of resources both produced and required, as well as their willingness to start new IS (industrial symbiosis) relationships (Fraccascia, 2018).
<b>Investors and Facility managers</b>	The availability of data allows for more prudent and effective actions. Fostering communication between the actors can result in an increase in profit and reliability.
<b>Public administration and Policy makers</b>	The use of ICT can allow the implementation of circular government policies ( <i>Regulate, Realise, Stimulate, Inspire</i> ) (European Commission, 2019)

Tab. 01

01 | Sottosistemi urbani per le Città Circolari. Elaborazione degli autori  
*Urban subsystems for Circular Cities. Elaboration by the authors*

## Le ICT a supporto di processi circolari in ambito urbano

Come anticipato, non esiste una metodologia condivisa per lo sviluppo di azioni circolari.

Per definire la strategia di intervento, gli strumenti e le funzionalità da implementare vengono

pertanto qui analizzati diversi framework.

L'approccio metodologico di riferimento principale è il *Circular city implementation framework* (ITU, 2020), che stabilisce gli step per assistere gli stakeholders nell'attuazione di azioni circolari:

1. stabilire una *baseline* per la circolarità;
2. determinare il potenziale della circolarità in diversi asset e stabilire le priorità;
3. applicare gli *enabler* per catalizzare le azioni;
4. valutare gli impatti.

Ulteriori direttive sono fornite dalla European Investment Bank, sintetizzate in "*Plan, Act, Mobilise and Monitor*" e suddivise in 15 step (EIB, 2018), da Organismi o Enti quali Ellen MacArthur Foundation (*Regenerate, Share, Optimise, Loop, Virtualise, Exchange*) (Ellen MacArthur Foundation, 2015) e Circular Cities Hub (*looping, localisation, substitution, adaptation, sharing, optimising and regenerating natural capital*) (Williams, 2017).

La definizione di sviluppo circolare nasce da studi sui nostri impatti ambientali (Preston, 2012): un'azione si definisce "circolare" sulla base della misurazione dei suoi effetti sull'ambiente. In analogia, si propone qui una metodologia di sviluppo e monitoraggio di azioni urbane circolari basate su due assunti di partenza:

1. concentrarsi sugli "effetti" ambientali delle nostre azioni stimolando azioni sulle loro cause;

connections between professionals and mayors (C40 cities) and partnerships between cities (CIRCUIIT).

Digital platforms represent a place of connectivity and skill enhancement; an innovation hub and a means for the exchanging of resources (Metta and Bachus, 2020); they also provide people and organisations with possibilities (Knonietzko *et al.*, 2019):

1. market, to coordinate the exchange between actors;
2. operate, to manage Product-Service systems;
3. co-create, to co-create products and services.

The various stakeholders involved both directly and indirectly in the sustainable transformation process of cities (Fusco and Nocca, 2019; Williams, 2017; Azhar, 2011; Fraccascia and Yazan, 2018; European Commission, 2019) can obtain multiple benefits

from the application of ICT technologies and circular development strategies (Tab. 1).

A plan for the conscious use of ICT to support circular urban programmes must be developed following a rigorous methodology, but should also take into account the fluid space in which social innovation moves.

A single portal for all data would allow for the exploration of catalogued data (Lapi *et al.* 2012), providing readable information on the basis of shared criteria.

### ICT to support circular processes in the urban environment

As previously mentioned, there is no shared methodology for the development of circular actions.

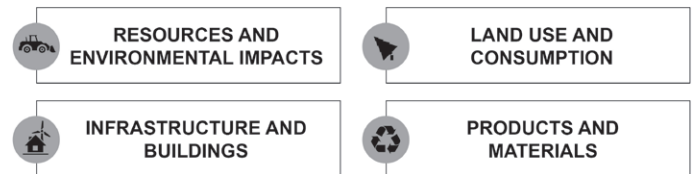
Various frameworks are therefore analysed to define the intervention strategy, the tools and functionalities to be

2. definire aspetti "quantitativi" e non qualitativi alla quale riferire le azioni (informazioni qualitative vengono ritenute non imparziali).

La piattaforma online è il luogo in cui convergono tali dati e che consente di fornire un quadro trasparente, di favorire lo scambio di risorse, e di gestire i processi. Si forniscono agli stakeholders gli strumenti per agire sulle cause dei nostri impatti (*bottom up*) e parallelamente si facilita il processo di *decision-making* (*top down*). Vengono di seguito individuati 4 ambiti (Fig. 1), a diverse scale, in cui declinare le azioni circolari e ai quali riferire il monitoraggio della circolarità di un territorio:

1. impatti e risorse ambientali;
2. uso e consumo di suolo;
3. infrastrutture e edifici;
4. prodotti e materiali.

I sottosistemi urbani individuati in letteratura convergono all'interno di tali ambiti.



01

implemented.

The methodological approach used as reference is the Circular City Implementation Framework (ITU, 2020), which establishes the steps to assist stakeholders in the implementation of circular actions. These are:

1. establish a baseline for circularity;
2. determine the potential for circularity in different assets and set priorities;
3. apply enablers to catalyse actions;
4. assess the impacts.

Further directives are provided by the European Investment Bank, summarised in "*Plan, Act, Mobilise and Monitor*" and are divided into 15 steps (EIB, 2018), by Organisations or Entities such as The Ellen MacArthur Foundation (*Regenerate, Share, Optimise, Loop, Virtualise, Exchange*) (Ellen MacArthur Foundation, 2015) and Circular Cities Hub (*looping, localisa-*

tion, substitution, adaptation, sharing, optimising and regenerating natural capital) (Williams, 2017).

The definition of circular development originates from studies on our environmental impact (Preston, 2012). An action is defined as "circular" on the basis of its effects on the environment. A methodology is proposed here for the development and monitoring of circular urban actions based on two assumptions:

1. focus on the environmental "effects" of our actions, stimulating actions on their causes;
2. define "quantitative" and not qualitative aspects to which to refer the actions (qualitative information is considered non-impartial).

The online platform is the place where such data converges, providing a transparent framework for the exchange of resources and the management of pro-

Tab. 02 | Funzionalità implementabili nelle piattaforme ICT per favorire azioni circolari.  
Elaborazione degli autori  
Functionalities that can be implemented in ICT platforms to encourage circular actions.  
Elaboration by the authors

LEVEL OF INVOLVEMENT	MAIN FUNCTIONALITIES
<b>Information</b> <i>(one-way communication from the government to citizens)</i>	Updated "circular" regulatory references Education and updating (online-offline) Best practices (according to a framework - online and offline) Links to databases on product sustainability, etc. Monitoring of emissions and energy consumption (NRR) Resource use monitoring (biotic and abiotic) Monitoring of air, water and soil quality
<b>Interaction</b> <i>(two-way communication with dialogue between citizens and government representatives)</i>	Soil mapping by type and monitoring of naturalized areas Monitoring of biodiversity (n° species and individuals) Mapped buildings (abandoned, underused and redeveloped) Database on materials and products in the end-use or waste phase Exchange of raw materials, secondary materials, products and services
<b>Collaboration</b> <i>(two-way interactions go beyond the exchange of basic information to "materialize" into policy measures, provision of joint services or other interventions)</i>	Identification and mapping of synergies (e.g.: industrial) Stakeholder network (Circular economy office) Repair, recovery, reuse, recycling services Urban initiatives in progress (for participation)

Tab. 02

Alla macro-scala, per quanto riguarda gli impatti e le risorse ambientali, l'utilizzo delle ICT consente di migliorare il grado di informazione degli stakeholders, di promuovere azioni partecipative e l'uso di fonti e risorse rinnovabili a basso impatto, oltre che stimolare la condivisione di beni, il riuso e il riciclo (Ellen MacArthur Foundation, 2019).

Inoltre, l'applicazione delle ICT può contribuire a raggiungere gli obiettivi sul consumo/degrado del suolo (bilancio non negativo entro il 2030 (UN, 2015), azzeramento del consumo di suolo netto entro il 2050), sulla tutela della biodiversità e sul contrasto al cambiamento climatico (ISPRA, 2018).

A scala intermedia, le infrastrutture e gli edifici sono interessati da numerose sfide che limitano l'adozione di un modello circolare (Lavagna *et al.*, 2019). Grazie alle tecnologie digitali è possibile eseguire la mappatura del tessuto urbano, incentivare l'uso e lo *sharing* di edifici abbandonati o sottoutilizzati mediante nuovi modelli collaborativi, sollecitare il riuso (Riusiamo l'Italia; Clicproject) e il recupero (Wijkman, 2018) attraverso approcci sostenibili, fornire nuovi spazi alla comunità tramite interventi a *positive handprint* o impatti contenuti.

A più piccola scala, le tecnologie digitali possono facilitare la quantificazione dei flussi materici, contribuendo, per esempio, a gestire e ridurre i rifiuti urbani (Iona and Gheorge, 2014).

Materiali e prodotti possono essere collegati a sistemi di *Automatic identification and data capture*, consentendo lo sviluppo di banche dati che tengano in considerazione LCA e LCC, oggi sottosfruttati. Attraverso l'attività di mappatura è possibile stimolare azioni basate sul riuso, riciclo, *remanufacturing* ecc. (Wijkman, 2018) e servizi circolari (*Product Service-Systems, pay per use, leasing, take-back, buy-back*, ecc.), oltre che consentire

cesses. Stakeholders are provided with the tools to act on the causes of our impacts (bottom up) and at the same time the decision-making process is facilitated (top down).

The circular actions can be broken down into four areas, as identified below (Fig. 1). The monitoring of the circularity of a territory at different scales must be viewed in accordance with these areas:

1. resources and environmental impacts;
2. land use and consumption;
3. infrastructure and buildings;
4. products and materials.

The urban subsystems identified in the literature converge within these areas. At the macro-scale, in regards to resources and environmental impacts, the use of ICT improves the level of stakeholder information to promote participatory actions and the use of

renewable or low-impact sources and resources, as well as stimulate goods sharing, reuse and recycling (Ellen MacArthur Foundation, 2019).

Furthermore, the application of ICT can contribute to achieving the objectives around land consumption / degradation non-negative balance by 2030 (UN, 2015), zeroing of net land consumption by 2050 the protection of biodiversity and climate change (ISPRA, 2018).

At an intermediate scale, infrastructure and buildings are affected by numerous challenges that limit the adoption of a circular model (Lavagna *et al.*, 2019). Thanks to digital technologies, it is possible to carry out the mapping of the urban fabric, to encourage the use and sharing of abandoned or underused buildings through new collaborative models, to encourage reuse (Riusiamo l'Italia; Clicproject) and

lo stabilimento di *industrial symbiosis/ synergies* (Fraccascia and Yazan, 2018; Wijkman, 2018).

Tali possibilità sono oggetto di crescenti sperimentazioni. È possibile associare ad esse una serie di funzionalità, a seconda del grado di coinvolgimento degli *stakeholder* (Tab. 2), come descritto anche in letteratura (Falco and Kleinhans, 2018), per favorire il superamento di alcune delle principali *key challenges* individuate.

### Monitoraggio di azioni circolari a scala urbana

Escluso il settore economico-produttivo, emerge come l'analisi di sistemi di monitoraggio della circolarità urbana sia ancora scarsamente diffusa e, nonostante la presenza di alcuni set di indicatori (European Commission, 2019; Commissione Europea, 2011), non esista ad oggi un metodo univoco per misurare la circolarità di un territorio.

Tra gli indicatori di monitoraggio proposti per la Circular Economy (es.: Circulytics; IDEAL&CO; European Commission, 2019), la sostenibilità urbana (ITU, 2017; OECD, 2020) e la circolarità urbana (Fusco and Nocca, 2019), si individua un set di indicatori su cui basare una possibile strategia di sviluppo circolare che utilizzi le ICT (Tab. 3).

recovery (Wijkman, 2018) through sustainable approaches and to provide new spaces to the community through interventions with positive handprints or limited impacts.

On a smaller scale, digital technologies can facilitate the quantification of material flows, contributing, for example, to manage and reduce urban waste (Iona and Gheorge, 2014).

Materials and products can be connected to automatic identification and data capture systems, allowing the development of databases that take into account LCA and LCC, which are currently underexploited. Through the mapping activity, it is possible to stimulate actions based on reuse, recycling, remanufacturing (Wijkman, 2018) and circular services (Product Service Systems, pay-per-use, leasing, take-back, buy-back, etc.), as well as allowing for the establishment of indus-

trial synergies (Fraccascia and Yazan, 2018; Wijkman, 2018).

These possibilities are the subject of increasing experimentation. It is possible to associate a series of functionalities to them, depending on the degree of stakeholder involvement (Tab. 2), as also described in the literature (Falco and Kleinhans, 2018), to facilitate the overcoming of some of the main key challenges identified.

Monitoring of circular actions at urban scale

Excluding the economic-productive sector, the analysis of urban circularity monitoring systems is still scarcely adopted and, despite the presence of some sets of indicators (European Commission, 2019; European Commission, 2011), there is currently not a unique method to measure the circularity of a territory.

Excluding the economic-productive sector, the analysis of urban circularity monitoring systems is still scarcely adopted and, despite the presence of some sets of indicators (European Commission, 2019; European Commission, 2011), there is currently not a unique method to measure the circularity of a territory.

### Monitoring of circular actions at urban scale

Excluding the economic-productive sector, the analysis of urban circularity monitoring systems is still scarcely adopted and, despite the presence of some sets of indicators (European Commission, 2019; European Commission, 2011), there is currently not a unique method to measure the circularity of a territory.

Tab. 03 | Sintesi degli aspetti e indicatori urbani monitorati. Gli aspetti monitorati devono essere scomposti in categorie omogenee o ponderati tramite coefficienti di equivalenza. Elaborazione degli autori  
*Summary of urban aspects and indicators monitored. The monitored aspects must be broken down into homogeneous categories or weighted by means of equivalence coefficients. Elaboration by the authors*

Sulla base degli assunti di partenza e delle categorie di sottosistemi urbani esposti, si propone una metodologia di monitoraggio focalizzata sugli aspetti della sostenibilità ambientale e la misurazione della circolarità.

### Circularità delle risorse / impatti ambientali

Il monitoraggio delle risorse e degli impatti ambientali analizza il territorio geografico di riferimento, indipendentemente dalle cause che li hanno determinati.

Tra i valori ritenuti prioritari figurano le emissioni di gas – e relativo GWP – e il consumo energetico proveniente da fonti non rinnovabili, aspetti al centro delle *European policies on climate and energy* (European Parliament, 2019). Inoltre, vengono tenute in considerazione alcune delle categorie di impatto più utilizzate nelle analisi LCA (Pellettier *et al.*, 2007) che, oltre ad analizzare l'uso di risorse ambientali, comportano l'esame degli agenti inquinanti.

### Uso e consumo di suolo

L'indicatore sulla circolarità del suolo monitora lo stato del "suolo" e della biodiversità in esso contenuto con l'obiettivo di stimolare l'incremento delle aree naturalizzate.

Analizzando il consumo di suolo netto, l'indicatore utilizza coefficienti di conversione riferiti alla tipologia di uso e copertura del suolo e il relativo impatto ambientale. Si veda, ad esempio, il *Land Use/Cover Area frame Survey* che classifica il suolo in classi di copertura e uso (Eurostat, 2013).

Un ulteriore valore considerato è la stima della variazione percentuale del numero di individui di flora e fauna delle specie monitorate.

L'indicatore non tiene volutamente conto del grado di infrastrut-

Among the monitoring indicators proposed for the circular economy (e.g.: Circulytics; IDEAL&CO; European Commission, 2019), urban sustainability (ITU, 2017; OECD, 2020) and urban circularity (Fusco and Nocca, 2019), a set of indicators on which to base a possible circular development strategy that uses ICT is defined (Tab. 3).

On the basis of the previous assumptions and the categories of urban subsystems explored, this paper proposes a monitoring methodology focused on the aspects of environmental sustainability and the measurement of circularity.

### Circularity of resources / environmental impacts

The monitoring of resources and environmental impacts allows for the analysis of the geographical area of

reference, regardless of the causes that determined them.

The values considered to be priority include gas emissions – (and related GWP) – and energy consumption from non-renewable sources, aspects at the heart of European policies on climate and energy (European Parliament, 2019). In addition, some of the impact categories most used in LCA analysis are taken into account, (Pellettier *et al.*, 2007) which, in addition to analysing the use of environmental resources, involve the study of pollutants.

### Land use and consumption

The soil circularity indicator monitors the state of the "soil" and the biodiversity contained with the aim of stimulating the increase of naturalised areas. Analysing the net land consumption, the indicator uses conversion coefficients referring to the type of land use

	MONITORED ASPECT	INDICATOR	UNIT
1	Circularity of resources / environmental impacts	It measures the alteration of the ecosystem through percentage variations (of each value) compared to reference values	/
1.1	Use of biotic and abiotic resources * Respective resources restored	Balance between consumed and restored resources	Ton Y/pop (or) M <sup>3</sup> Y/ab
1.2	Emissions (GWP) *	Variation of CO2 equivalent emissions compared to reference values	(ΔCO <sub>2</sub> eq Y) /pop
1.3	Energy consumption (from non-renewable resources)	Variation in energy consumption from non-renewable sources compared to reference values	(ΔKWh Y) /pop
1.4	Air quality *	Average of the pollutant content found on various air samples	μ pollutants/m <sup>3</sup> <sub>a</sub>
1.5	Water quality * (fresh and salty)	Average of the pollutant content found on various water samples	μ pollutants/m <sup>3</sup> <sub>w</sub>
1.6	Soil quality *	Average of the pollutant content found on various soil samples	μ pollutants/m <sup>2</sup>
2	Land use and consumption	It measures changes in natural areas through percentage variations (of each value) compared to reference values	/
2.1	Consumed virgin areas* Consumed areas converted*	Balance between consumed and reconverted areas (coefficients for coverage and use classes are used)	Km <sup>2</sup> /pop
2.2	Degradation of biodiversity*	Variation in the number of individuals (flora and fauna)	%
3	Circularity of Infrastructures and Buildings	It measures the transformations of the built heritage through percentage variations (of each value) compared to reference values	/
3.1	Structures built	Surface of constructed buildings	M <sup>2</sup> /pop
3.2	Structures demolished	Surface of demolished buildings	M <sup>2</sup> /pop
3.3	Abandoned structures redeveloped*	Variation between abandoned and redeveloped buildings compared to reference values	M <sup>2</sup> /pop
3.4	Redeveloped underused structures*	Variation between underused and redeveloped buildings compared to reference values	M <sup>2</sup> /pop
4	Circularity of Materials and Products	It measures the percentage variation in the mass / volume of waste in landfills compared to reference values	/
4.1	Non-recycled waste produced*	Quantity of waste produced that is not recycled or reused	Ton Y/pop (or) M <sup>3</sup> Y/pop
4.2	Recycled waste with downcycling	Quantity of waste recycled with excessive loss of value compared to the original product (eg: waste-to-energy, filling, etc.)	Ton Y/pop (or) M <sup>3</sup> Y/pop

Tab. 03

turazione già esistente, in quanto nei centri meno sviluppati dovrà seguire i requisiti fissati a livello nazionale e sovranazionale e prevedere adeguate compensazioni ambientali.

### Circularità di infrastrutture e edifici

Il monitoraggio della circolarità urbana a media scala si focalizza sugli edifici e le infrastrutture, responsabili per circa il 75% delle emissioni di GHG (UNEP, 2017) e di circa il 67-76% della domanda di energia globale (IRENA, 2020).

L'indicatore sulla circolarità di edifici e infrastrutture si foca-

and cover and the related environmental impact. See, for example, the Land Use / Cover Area frame Survey which classifies soil into classes of cover and use (Eurostat, 2013).

A further value considered is the estimate of the percentage change in the number of individual-flora and fauna of the monitored species.

The indicator deliberately does not take into account the level of existing infrastructure, as the new infrastructure of less-developed centres will have to follow the requirements set at national and supranational level, and provide for adequate environmental compensation.

### Circularity of infrastructure and buildings

The monitoring of medium-scale urban circularity focuses on buildings and infrastructure that are responsible for about 75% of GHG emissions

(UNEP, 2017) and about 67-76% of global energy demand (IRENA, 2020). The indicator on the circularity of buildings and infrastructure focuses on the redevelopment of abandoned or underused buildings. The monitoring considers those newly built and demolished. These activities, if not coordinated by circular processes, appropriately compensated or supported by analysis as LCA, can result in an increase in environmental impacts.

### Circularity of materials and products

With the aim of managing and reducing urban waste (Iona and Gheorghie, 2014), the small-scale circularity indicator focuses on monitoring the quantity of waste generated, i.e. biotic and abiotic resources that are not reused or recycled, in contrast to the definitions of circular models.

The indicator measures waste, divided into homogeneous categories, and the



lizza sulla riqualificazione delle costruzioni abbandonate o sottoutilizzate. Il monitoraggio considera le attività di nuovo costruito e demolito. Tali attività, se non coordinate da processi circolari, opportunamente compensate o supportate da analisi di tipo LCA, possono tradursi nell'incremento degli impatti ambientali.

#### *Circolarità di materiali e prodotti*

Con lo scopo di gestire e ridurre i rifiuti urbani (Iona and Gheorghe, 2014), l'indicatore di circolarità a piccola scala si focalizza sul monitoraggio del quantitativo di rifiuti generati, ovvero le risorse biotiche e abiotiche non riutilizzate o riciclate, in contrasto con le definizioni di modelli circolari.

L'indicatore misura i rifiuti, suddivisi in categorie omogenee, e il quantitativo di risorse soggette a *downcycling*, ovvero a perdita di valore e risorse nei processi di riciclo. Per tale aspetto è necessario individuare definizioni specifiche di *downcycling* e adeguati modelli di analisi. Il monitoraggio può servirsi di strumenti e metodi per il *Nature-Based Solutions assessment* (Katsou *et al.*, 2020) e il *material passport*, per determinare la circolarità dei prodotti.

#### **Conclusioni e direzioni di ricerca**

Con il modello della Città Circolare, la dimensione ambientale dello sviluppo urbano diventa

il driver delle trasformazioni economiche e sociali.

Sebbene le barriere per l'utilizzo di ICT e per la digitalizzazione dei principi dell'Economia Circolare siano molteplici (Ritzén and Sandström, 2017; Demestichas and Daskalakis, 2020; Raghupathi *et al.*, 2014), le tecnologie informatiche possono essere utilizzate per gestire i confini tra *knowledge* e *action*, aumentando

amount of resources subject to downcycling or loss of value and resources in recycling processes. For this aspect, it is necessary to identify specific definitions of downcycling and adequate analysis models. Monitoring can be done with tools and methods for Nature-Based Solutions assessment (Katsou *et al.*, 2020) and a material passport to determine the circularity of products.

#### **Conclusions and research directions**

With the circular city model, the environmental dimension of urban development becomes the driver of economic and social transformations.

Although there are various barriers for the use of ICT and for the digitisation of circular economy principles (Ritzén and Sandström, 2017; Demestichas and Daskalakis, 2020; Raghupathi *et al.*, 2014), information technologies can be used to manage boundaries be-

tween knowledge and action, increasing the relevance, credibility and legitimacy of the information they produce (Cash *et al.*, 2003).

The representation of resources, competences, needs, goods and services allow stakeholders to build networks, collaborate and organise their actions in relation to community objectives, encouraging a circular development. ICT can be used to stimulate and monitor circular actions, but a shared strategy needs to be defined first.

The initial step is to establish the territorial priorities, define the limit (or reference) values and define the environmental and temporal objectives.

The second step concerns the identification and organisation of stakeholders and skills, as well as the development of the "fluid" infrastructure (technological and regulatory) that favours online and offline social innovation.

do la rilevanza, la credibilità e la legittimità delle informazioni che producono (Cash *et al.*, 2003).

La rappresentazione di risorse, competenze, bisogni, beni, servizi, ecc. consente agli stakeholders di costruire reti, collaborare, e organizzare le proprie azioni in relazione agli obiettivi comunitari per favorire uno sviluppo circolare.

Le ICT possono essere utilizzate per stimolare e monitorare azioni circolari, ma è necessario definire una strategia condivisa. Il primo step è stabilire le priorità territoriali e definire i valori limite (o di riferimento) e gli obiettivi ambientali e temporali.

Il secondo riguarda l'individuazione e l'organizzazione degli *stakeholder* e delle competenze, nonché lo sviluppo dell'infrastruttura "fluida" (tecnologica e normativa) che favorisca l'innovazione sociale online e offline.

Il terzo step prevede la definizione di luoghi e modalità per il monitoraggio del territorio e delle azioni. I dati prodotti, rappresentati in maniera trasparente, aperta, ed efficace (es.: banche dati, mappature, ecc.), sono alla base dello sviluppo delle azioni urbane.

Le potenzialità offerte dagli strumenti digitali racchiudono tuttavia molteplici aspetti critici e irrisolti, tra cui i concetti di *privacy*, identità, diritti di accesso, comunità, neutralità della rete, ecc. (Rodotà, 2013). L'uso delle ICT per interventi a scala urbana necessita quindi ancora di importanti interventi di tipo sociale, l'attuazione di misure volte a ridurre il *digital divide* (Van Dijk, 2006) e regolare il possesso e l'uso dei dati (Al-Khouri, 2012).

Le tecnologie, da sole, non sono sufficienti ad intraprendere uno sviluppo strategico e circolare. All'uso delle ICT è necessario associare azioni normative, incentivi, disincentivi e attività di informazione e promozione. La base per un utilizzo sostenibile

The third step involves the definition of places and methods for monitoring the territory and actions. The data produced, represented in a transparent, open and effective way (e.g. databases, mappings, etc.), is the basis for the development of urban actions.

However, the potential offered by digital tools contains many critical and unresolved aspects, including the concepts of privacy, identity, access rights, community, net neutrality, etc. (Rodotà, 2013). The use of ICT for urban-scale interventions still requires important social interventions, the implementation of measures aimed at reducing the digital divide (Van Dijk, 2006) and regulating the possession and use of data (Al-Khouri, 2012).

Technologies alone are not sufficient to undertake strategic and circular development. For the use of ICT, it is necessary to associate regulatory actions,

incentives, disincentives, information and promotional activities. The basis for a sustainable use of new technologies is the definition of a political vision for the medium and long term, and the provision of adequate tools for implementation and monitoring.

The sustainable transition of cities cannot transcend the adequate use of these tools.

delle nuove tecnologie è la definizione di una visione politica sul medio e lungo termine e la previsione di adeguati strumenti per l'implementazione e il monitoraggio. La transizione sostenibile delle città non può trascendere dall'adeguato utilizzo di questi strumenti.

## REFERENCES

- Ali M., Al-Khouri (2012), "Data Ownership: Who Owns 'My Data'?" *International Journal of Management & Information Technology*, Vol. 2, n. 1.
- Amanatidis, G., (2019), *European policies on climate and energy towards 2020, 2030 and 2050*, European Parliament, Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies Directorate-General for Internal Policies.
- Azhar, S. (2011), "Building Information Modeling (BIM): Trends, benefits, risks and challenges for the AEC industry", *Leadership and Management in Engineering*, Vol. 11, n. 3.
- Bastein, A. et al. (2016), *Circular Amsterdam. A vision and action agenda for the city and metropolitan area*, TNO Library, Delft, The Netherlands.
- Bystrom, J. (2018), *The 15 circular steps for cities*, European Investment Bank.
- Campbell-Johnston, K., Ten Cate, J., Elfering-Petrovic, M. and Gupta, J. (2019), "City level circular transitions: Barriers and limits in Amsterdam, Utrecht and The Hague", *Journal of Cleaner Production*, 235.
- Cash, D.W., Clark, W.C., Alcock, F., Dickson, N.M., Eckley, N., Guston, D.H., Jager, J. and Mitchell, R.B. (2003), "Knowledge systems for sustainable development", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 100(14), pp. 8086-8091.
- Commissione Europea (2011), *Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse*, COM (2011) 571, Bruxelles, Belgio.
- De Filippi, F., Coscia, C. and Guido, R. (2017), "How Technologies Can Enhance Open Policy Making and Citizen-responsive Urban Planning: Miramap - a Governing Tool for the Mirafiori Sud District in Turin", *International Journal of E-Planning Research*, Vol. 6, pp. 23-42.
- Demestichas, K. and Daskalakis, E. (2020), "Information and Communication Technology Solutions for the Circular Economy", *Sustainability*, Vol. 12(18), p. 7272.
- Ellen MacArthur Foundation (2017), *Cities in the circular economy: an initial exploration*, pp. 7-11.
- Ellen MacArthur Foundation (2015), *Delivering the circular economy; A toolkit for policymakers Selection of key exhibits*.
- Ellen MacArthur Foundation (2019), *Austin developing the materials marketplace creating new value and saving city and business costs*, Circular economy in cities.
- European Commission (2018), *Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions on a monitoring framework for the circular economy*, Strasbourg, France.
- European Commission (2019), *EU Circular Economy Principles for building design*, pp. 6-15.
- European Commission (2019), *Urban Agenda for the EU, Indicators for circular economy (CE) transition in cities - Issues and mapping paper* (Version 4), Brussels, Belgium.
- Eurostat, European Commission (2013), *LUCAS, The EU's land use and land cover survey*, p. 2.
- Falco, E. and Kleinhans, R. (2018), "Digital Participatory Platforms for Co-Production in Urban Development: A Systematic Review", *International Journal of E-Planning Research*, Vol. 7(3), pp. 1-27.
- Fraccascia, L. and Yazan, D.M. (2018), "The role of online information-sharing platforms on the performance of industrial symbiosis networks", *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 136, pp. 473-485.
- Fusco, G.L. and Nocca F. (2018), "Circular city model and its implementation: towards an integrated evaluation tool", in Fusco, G.L. (Ed.) *Approaches and Tools for implementing the Circular City Model*, Vol. 18(1), Università degli studi di Napoli Federico II, Naples, Italy, pp. 14-20.
- Fusco, G.L. and Nocca, F. (2019), "Moving Towards the Circular Economy/City Model: Which Tools for Operationalizing This Model?", *Sustainability*, MDPI.
- Gonçalves, E. (2008), *The WWF Pocket Guide to a One Planet Lifestyle*, WWF.
- Iona, I. and Gheorghe, F.F., (2014), "The innovator role of technologies in waste management towards the sustainable development", *Procedia Economics and Finance*, Vol. 8, pp. 420-428.
- IRENA (2020), *Energy transformation for cities of the future at WUF10*, Abu Dhabi, UAE.
- ISPRA (2018), "Il Degrado del suolo", available at: [www.isprambiente.gov.it](http://www.isprambiente.gov.it) (accessed 15 February 2021).
- ITU (2017), *U4SSC: Collection Methodology for Key Performance Indicators for Smart Sustainable Cities*, Geneva, Switzerland.
- ITU (2020), *U4SSC: A guide to circular cities*, Geneva, Switzerland.
- Katsou, E. et al. (2020), "Transformation tools enabling the implementation of nature-based solutions for creating a resourceful circular city", *Blue-Green Systems*, Vol. 2, n. 1, IWA Publishing, pp. 188-213.
- Knonietzko, J., Bocken and N., Hultink, E.J. (2019), "Online Platforms and the Circular Economy", in Bocken, N., Ritala, P., Albareda, L. and Verburg, R. (Eds.) *Innovation for Sustainability: Business Transformations Towards a Better World*, Palgrave Macmillan, London, UK, pp. 435-450.
- Lavagna, M. et al. (2019), *Economia Circolare in edilizia*, GBC.
- LWARB (2017), *London's circular economy route map*. Mairie de Paris, (2017), *Paris Circular Economy Plan*.
- Metta, J. and Bachus, K., (2020), *Mapping the circular maker movement: from a literature review to a circular maker passport* (Deliverable 2.1), p. 68.
- OECD (2020), *The Circular Economy in Cities and Regions Synthesis, Synthesis report*, OECD Urban Studies, OECD Publishing, Paris, France, pp.115-135.
- Pagoropoulos, A., Pigosso, D. and McAloone, T. (2017), "The Emergent Role of Digital Technologies in the Circular Economy: A Review", *Procedia CIRP*, Vol. 64, pp. 19-24.
- Pelletier, N., Ayer, N.W., Tyedmers, P. and Kruse, S. (2007), "Impact categories for life cycle assessment research of seafood production systems: Review and prospectus", *The International Journal of Life Cycle Assessment*, Vol. 12(6), pp. 414-421.
- Petit-Boix, A. and Leipold, S. (2018), *Circular economy in cities: Reviewing how environmental research aligns with local practices*, J. Clean. Prod. 195.
- Preston, F. (2012), *A Global Redesign? Shaping the Circular Economy, Energy, Environment and Resource Governance*, The Royal Institute of International Affairs.

- Raghupathi, W., Jinhui Wu, S. and Raghupathi, V. (2014), "The role of information and communication technologies in global sustainability, a review", *Journal of Management for Global Sustainability*, Vol. 2, n.1, pp. 123-145.
- Ritzén, S. and Sandström, G.Ö. (2017), "Barriers to the Circular Economy - Integration of Perspectives and Domains", *Procedia CIRP 201*, Vol. 64, pp. 7-12.
- Rodotà, S., (2013), *Il diritto di avere diritti*, 6a ed., Laterza editori, Roma-Bari, Italia.
- Sukhdev, A., Vol, J., Brandt, K. and Yeoman, R. (2018), *Cities in the Circular Economy: The Role of Digital Technology*, Ellen MacArthur Foundation, Cowes, UK.
- UN (2015), *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*, Department of Economic and Social Affairs Sustainable Development.
- UNEP (2017), *Cities and Climate change*, Resource efficiency.
- Van Dijk, J. (2006), "Digital divide research, achievements and shortcomings", *Poetics*, Vol. 34, pp. 221-235.
- Weetman, C. (2016), *A Circular Economy Handbook for Business and Supply Chains: Repair, Remake, Redesign, Rethink*, Kogan Page, New York, USA.
- Wijkman, A., C40 Cities (2018), *Municipality-led circular economy case studies, Climate-KIC Circular Cities Project*, pp. 55-67.
- Williams, J. (2019), "Circular Cities: Challenges to Implementing Looping Actions, Sustainable Urban and Rural Development", *Sustainability*, Vol. 11, p. 423.



# Progettare una connessione in acciaio con un alto grado di smontaggio: un'esperienza basata sulla pratica

RICERCA E  
SPERIMENTAZIONE/  
RESEARCH AND  
EXPERIMENTATION

Francesco Incelli<sup>1</sup>, Luciano Cardellicchio<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Dipartimento di Culture e Progetto, IUAV Università di Venezia, Italia

<sup>2</sup> School of Built Environment, University of New South Wales, UNSW Sydney, Australia

fincelli@iuav.it

luciano.cardellicchio@unsw.edu.au

**Abstract.** Questo articolo deriva da uno studio di fattibilità per una sopraelevazione a un piano della *Kent School of Architecture and Planning (KSAP)* nel Regno Unito. Questo progetto ha abbracciato due principi fondamentali dell'economia circolare: la flessibilità degli spazi interni e il *Design for Disassembly (DfD)*. Gli obiettivi sono stati la riduzione del rischio di demolizione, la conservazione del valore del materiale da costruzione, e il suo successivo utilizzo. Questi principi hanno formato la soluzione del telaio portante della sopraelevazione. In occasione di questo testo la fase di ingegnerizzazione è stata portata avanti con lo scopo di migliorare le connessioni strutturali – progettate secondo i principi DfD – con metodi di design generativo.

**Parole chiave:** Economia circolare; Struttura; Connessione; Smontaggio; Progettazione-per-smontaggio.

## Introduzione

Questo articolo deriva da un approfondimento di uno studio di fattibilità di un ampliamento per sopraelevazione di un edificio con funzione didattica per la *Kent School of Architecture and Planning (KSAP)* nel Regno Unito. Lo studio originale, svolto nel 2018, si è concentrato sulla fattibilità tecnica della sopraelevazione, seguendo principi dell'economia circolare alla scala del progetto. La *Kent School of Architecture and Planning* ha sede nel *Marlowe Building (1965)* nel *Campus* di Canterbury dell'Università del Kent, in Inghilterra. Considerando le crescenti esigenze di spazio di studio per la scuola, nel 2018 gli autori sono stati incaricati di produrre uno studio di fattibilità per una sopraelevazione ad un piano dall'allora preside della scuola, prof. Don Gray. Data la necessità di spazi ampi per accogliere le attività di didattica architettonica all'interno della scuola e consentire un agile adattamento di essi alla potenziale trasformazione dei metodi educativi, lo sviluppo sperimentale della sopraelevazione ha posto in concetto di "flessibilità" al centro del processo di progettazione.

Designing a steel connection with a high degree of disassembly: a practice-based experience

**Abstract.** This article is derived from a feasibility study for a single-story elevation at the *Kent School of Architecture and Planning (KSAP)* in the United Kingdom. This project embraced two fundamental principles of the circular economy: flexibility of interior spaces and *Design for Disassembly (DfD)*. The goals were to reduce the risk of demolition and preserve the value of the building material to empower its later use. These principles formed the solution for the structural frame. For this paper, the engineering phase was carried out to improve the structural connections designed according to DfD principles and following generative design methods.

**Keywords:** Circular economy; Structure; Connection; Disassembly; Design for Disassembly.

La flessibilità dello spazio interno è considerato uno dei principi chiave dell'economia circolare applicato alla scala dell'edificio. Gli ambienti flessibili aumentano la durata di un edificio soddisfacendo le esigenze future e, quindi, riducono il rischio di demolizione a lungo termine. La strategia di flessibilità riguarda due ambiti: la flessibilità di progetto (o flessibilità iniziale), che consente soluzioni progettuali alternativa nell'organizzazione spaziale e la flessibilità programmata nel tempo, attuabile attraverso l'impiego di elementi tecnici appositamente studiati per garantire il soddisfacimento di esigenze future.

Poiché la richiesta funzionale della committenza suggeriva in sé un'idea di circolarità tradotta nella flessibilità interna degli spazi, il gruppo di progettazione ha deciso di abbracciare ulteriori principi circolari. La struttura portante della sopraelevazione è stata quindi pensata per ottenere la completa reversibilità del telaio strutturale secondo i principi di *Design for Disassembly (DfD)* (ISO20887, 2020).

Come dimostrato dai risultati del progetto di ricerca H2020 *Building as Material Bank (BAMB)*, la completa reversibilità dei componenti e dei sottocomponenti dell'edificio mantiene costante il valore del materiale, incoraggiandone il riutilizzo (Durmisevic, 2019). Il *Design for Disassembly* è, infatti, un concetto in cui gli edifici sono intenzionalmente progettati per il facile recupero e riutilizzo dei materiali usati una volta che la vita utile dell'edificio è conclusa.

Gli edifici tradizionali sono caratterizzati da diagrammi relazionali complessi che rappresentano la massima integrazione di tutti gli elementi edilizi in una struttura dipendente (Durmisevic and Brouwer, 2002). DfD prevede la pianificazione di tre tipi di

## Introduction

This article stems from an in-depth study of the feasibility of a roof elevation for the educational building housing the *Kent School of Architecture and Planning (KSAP)* in the United Kingdom. The original study, conducted in 2018, focused on the technical feasibility of the elevation, following circular economy principles at the building scale. The *Kent School of Architecture and Planning* is housed in the *Marlowe Building (1965)* on the *Canterbury Campus* of the University of Kent, England. Given the school's growing need for studio space, the authors were commissioned to produce a feasibility study for a one-story elevation by the former Head of the School, Professor Don Gray. Given the need for large spaces to accommodate architectural teaching activities within the school and to allow for their agile adaptation to potential transformations

of educational methods, the experimental development of the roof extension placed the concept of flexibility at the heart of the design process. Interior space flexibility is considered one of the critical principles of the circular economy applied at the building scale. Flexible spaces increase the lifetime of a building by meeting future needs and, therefore, reduce the risk of long-term demolition. The flexibility strategy covers two areas: design flexibility (or initial flexibility), which allows for alternative design solutions in spatial organisation, and planned flexibility over time, which can be implemented through the use of technical elements specifically designed to ensure that future needs are met.

Since the functional request of the client suggested in itself an idea of circularity translated into the internal flexibility of spaces, the design team decided to embrace circular princi-

trasformazione che prolungano la vita degli edifici e dei loro materiali costitutivi. Il primo è la trasformazione spaziale: gli spazi di un edificio dovrebbero essere facilmente riconfigurabili per usi diversi, rendendo meno probabile che l'edificio raggiunga prematuramente la fine della sua vita. Il secondo è la trasformazione strutturale: dovrebbe essere fisicamente e finanziariamente possibile smantellare un edificio e recuperare i suoi componenti costitutivi. Il terzo è la trasformazione degli elementi e dei materiali: i componenti recuperati da un edificio dovrebbero essere di nuovo facilmente riutilizzabili, richiedendo una ricostruzione minima. Queste tre trasformazioni possono essere riassunte come adattabilità, decostruibilità e riusabilità, e costituiscono la pietra angolare del DfD. Nel nostro caso di studio, l'adattabilità era richiesta dalla funzione dell'edificio, mentre decostruibilità e riusabilità sono state implementate nel progetto del telaio strutturale.

La struttura di sopraelevazione del tetto della KSAP è progettata per coprire tre aree principali. Una zona centrale di circolazione, lunga 2 metri e 50 metri, è incorniciata da due spazi flessibili di una superficie di 600 mq ciascuno su entrambi i lati. Questa distribuzione tripartita deriva dall'allineamento di colonne e travi che rappresentano la struttura originale in cemento armato del Marlowe Building. I pilastri e le travi della sopraelevazione sono stati allineati con la posizione degli elementi strutturali sottostanti preesistenti così da garantire un trasferimento diretto dei nuovi carichi nella fondazione originale. L'allineamento strutturale ha quindi visto l'uso di una struttura a telaio con le travi primarie che si estendono per 12 metri sopra ciascuno dei due spazi flessibili e 2 metri sopra il corridoio centrale. L'utilizzo dello stesso allineamento strutturale del *Marlowe Building* per la so-

praelevazione del tetto è stato considerato non solo vantaggioso dal punto di vista strutturale, ma anche dal punto di vista spaziale, consentendo diverse configurazioni interne per l'adattabilità dello spazio a lungo termine. Il telaio strutturale è quindi stato concepito per essere idoneo ad ospitare contemporaneamente studi, uffici, aule seminari, aule per lezioni.

Tra le iniziative di edilizia sostenibile, l'attenzione principale di DfD è particolarmente rivolta ai sistemi strutturali che rappresentano oltre il 50% del peso dell'edificio e, tradizionalmente, hanno il minor potenziale di riutilizzo (Webster and Costello, 2005). Ecco perché, in termini di progettazione per lo smontaggio (DfD), il gruppo si è concentrato ad aumentare il grado di smontaggio delle connessioni strutturali (cioè, trave a trave, trave a colonna) per consentire un facile smontaggio delle stesse e permettere il recupero totale del materiale da costruzione.

Inoltre, per perseguire un approccio sostenibile che non riguardasse solo l'economia circolare, si è scelto l'utilizzo del legno ingegnerizzato come potenziale materiale da costruzione. Questo sia per ridurre consapevolmente l'impronta di carbonio del telaio strutturale (Sinha *et al.*, 2016) sia per ridurre il peso della sopraelevazione sull'edificio originale.

La soluzione strutturale individuata durante lo studio di fattibilità (2018) ha individuato l'opportunità di collegare ogni elemento (trave, pilastro) con quello adiacente tramite un sistema di *tensegrity*. Un sistema quindi di cavi e manicotti che, per tensione indotta, connettono le parti del telaio per contatto anziché attraverso collegamenti imbullonati o avvitati. Il ricorso al sistema *tensegrity* è stato anche possibile dovuto alla natura non sismica della regione del Kent. Ecco perché è importante sottolineare che l'esplorazione di edifici completamente reversibili in una zona

ples even further. Therefore, the load-bearing structure of the elevation was designed to achieve complete reversibility of the structural frame according to Design for Disassembly (DfD) principles (ISO20887, 2020).

As demonstrated by the results of the H2020 Building as a Material Bank (BAMB) research project, the complete reversibility of building components and subcomponents keeps the value of the material constant, encouraging its reuse (Durmisevic, 2019). Design for Disassembly is a concept in which buildings are intentionally designed to recover and reuse used materials once the service life of the building is over. Traditional buildings are characterised by complex relational diagrams representing the maximum integration of all building elements into a dependent structure (Durmisevic and Brouwer, 2002). DfD involves planning for three types of transformation that extend the

life of buildings and their constituent materials:

1. Spatial transformation: a building's spaces should be easily reconfigurable for different uses, making it less likely that the building will reach the end of its life prematurely.
2. Structural transformation: it should be physically and financially possible to dismantle a building and salvage its constituent components.
3. Element and material transformation: the components recovered from a building should be easily reusable, requiring minimal reconstruction.

These three transformations can be summarised as adaptability, de-constructability, and reusability and form the cornerstone of DfD. In our project, adaptability was required by the building's function, while de-constructability and reusability were implemented in the structural frame design.

KSAP's rooftop elevation structure is designed to cover three main areas. First, an 58-yard long central circulation area is framed by two flexible spaces of 600 square feet each on either side. This tripartite distribution is derived from the alignment of columns and beams representing the underneath concrete structure of the Marlowe Building. Second, the columns and beams of the elevation were aligned with the location of the underlying pre-existing structural elements to ensure the direct transfer of the new loads into the original foundation. The structural alignment led to the development of a frame structure with the primary beams extending 12 feet above each of the two flexible spaces and 2 feet above the central corridor. Third, using the exact structural alignment as the Marlowe Building for the rooftop elevation was considered structurally advantageous and spa-

tially beneficial, allowing for different interior configurations for long-term adaptability of the space. Therefore, the structural frame was designed to be suitable to accommodate studios, offices, seminar rooms and lecture halls simultaneously.

Among sustainable building initiatives, DfD's primary focus is mainly on structural systems, which account for more than 50% of a building's weight and, traditionally, have the least potential for reuse (Webster and Costello, 2005). That is why, in terms of Design for Disassembly (DfD), the group has focused on increasing the degree to which structural connections (i.e., beam to beam, beam to column) can be disassembled easily to allow for the total recovery of building material.

Additionally, in order to pursue a sustainable approach that was not only about the circular economy, the use of engineered wood was chosen as a po-

non sismica può essere vista come una opportunità a causa della rilevanza del carico laterale nello sviluppo strutturale (Moussavi Nadoushani and Akbarnezhad, 2015).

Come noto, le pratiche sostenibili nello sviluppo dell'ambiente costruito cercano di eliminare gli sprechi, ridurre il consumo di energia (operativa e *embodied*), diminuire la domanda di nuovi materiali. Più nel dettaglio, l'economia circolare promuove la trasformazione di processi lineari – dalla costruzione alla demolizione – in processi ciclici che massimizzano il riutilizzo e riducono al minimo lo spreco di risorse (Sassi, 2008). Se paragonati ad altre destinazioni di uso e modelli di *business* (Lavagna *et al.*, 2020; Eberhardt *et al.*, 2019), le istituzioni accademiche (e più specificatamente le scuole di architettura), potrebbero essere le promotrici di innovazione circolare quando si tratta di migliorare, ampliare o costruire *ex novo* ambienti per la didattica e la ricerca.

Da casi studio come questi possono essere estratti valori di *best practice* atti ad ampliare conoscenze basate sulla pratica per promuovere lo sviluppo circolare dell'ambiente costruito. Lo scopo dell'ampliamento della *Kent School of Architecture and Planning* è già progredito oltre lo studio di fattibilità, in quanto il progetto è stato selezionato ed esposto alla 3a *Green Design Conference, Vital Cities and Reversible Buildings* organizzata dalla *Sarajevo Green Design Foundation*.

## Materiali e metodi

La metodologia di ricerca seguita si è basata su un approccio pratico. Lo studio è stato supportato da un metodo per sviluppare un collegamento strutturale che non consenta danni irreversibili ai componenti del telaio strutturale, mantenendo costante

tential building material. This choice was both to make a conscious effort to reduce the carbon footprint of the structural frame (Sinha *et al.*, 2016) and to reduce the weight of the elevation on the original building. The structural solution identified during the feasibility study (2018) identified the opportunity to connect each element (beam, abutment) with the adjacent one via a tensegrity system. Therefore, a system of cables and sleeves connect the parts of the frame by contact-induced tension. This solution replaced the more conventional through bolted or screwed connections. The use of the tensegrity system was also possible due to the non-seismic nature of the Kent region. That is why it is important to note that the exploration of fully reversible buildings in a non-seismic zone can be seen as an opportunity due to the significance of lateral loading in structural develop-

ment (Moussavi Nadoushani and Akbarnezhad, 2015). As is well known, sustainable practices in developing the built environment seek to eliminate waste, reduce energy consumption (operational and embodied) and decrease the demand for new materials. The circular economy promotes the transformation of linear processes – from construction to demolition – into cyclical processes that maximise reuse and minimise resource waste (Sassi, 2008). When compared to other uses and business models (Lavagna *et al.*, 2020; Eberhardt *et al.*, 2019), academic institutions (and more specifically, schools of architecture) could be the drivers of circular innovation when it comes to improving, expanding or building from scratch space for teaching and research. From case studies such as these, best practice values can be extracted to

nel tempo il valore del materiale e, quindi, aumentandone la riutilizzabilità. Per questo testo, le fasi progettuali avvenute durante lo studio di fattibilità nel 2018 sono state seguite da implementazioni e riflessioni critiche per ottimizzare ulteriormente il progetto negli aspetti più innovativi. Più in dettaglio, al termine dello sviluppo concettuale preliminare (2018), la ricerca si è concentrata sulla fattibilità del telaio e, soprattutto, sul collegamento strutturale. Per fare ciò è stato realizzato un modello della struttura a elementi finiti per determinare il comportamento globale sotto carico permanente e variabile. In questo modo sono state individuate le forze agenti sui nodi e gli angoli di attacco dei cavi al nodo stesso.

Le fasi metodologiche intraprese sono riassunte come segue:

1. Definizione della circolarità strutturale da adottare come obiettivo;
2. Progettazione globale dell'ampliamento del *Marlowe Building*;
3. Calcolo delle forze convergenti al nodo;
4. Identificazione del nodo critico;
5. Design convenzionale del nodo;
6. Ottimizzazione attraverso il design generativo;
7. Razionalizzazione del design.

I carichi applicati alla struttura si basano su BS EN 1991-1-1 per il carico permanente e variabile e su EN 1991-1-4 per il carico del vento. Il vento è stato considerato agire in due direzioni. I risultati sono stati poi ottenuti tramite un *software* agli elementi finiti (3D FEM) ed estratti sotto forma di combinazioni di Stato Limite Ultimo (SLU) e Stato Limite di Servizio (SLS) secondo l'Eurocodice EN 1990 - Basi del progetto strutturale.

expand practice-based knowledge to promote circular development in the built environment. The scope of the Kent School of Architecture and Planning expansion has already progressed beyond the feasibility study, as the project was selected and exhibited at the 3rd Green Design Conference, Vital Cities and Reversible Buildings, organised by the Sarajevo Green Design Foundation.

## Methodology

The research methodology followed was based on a practical approach. The study was supported by a method to develop a structural connection that does not allow irreversible damage to the structural frame components, keeping the value of the material constant over time and, therefore, increasing its potential reusability. For this paper, the design phases during the feasibility study in 2018 were followed by imple-

mentations and critical reflections further to optimise the project in the most innovative aspects. More specifically, upon completion of the preliminary conceptual development (2018), the research focused on the feasibility of the frame and, most importantly, the structural connection. A finite element model of the structure was created to determine the overall behaviour under permanent and variable loading. In addition, the forces acting on the nodes and the angles of attachment of the cables to the node itself were identified. The methodological steps undertaken are summarised as follows:

1. Definition of the structural circularity to be adopted as the objective;
2. Overall design of the Marlowe Building extension;
3. Calculation of forces converging at the node;
4. Identification of critical node;
5. Conventional design of the node;



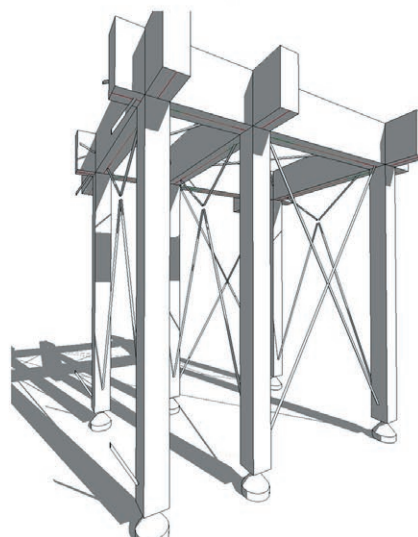
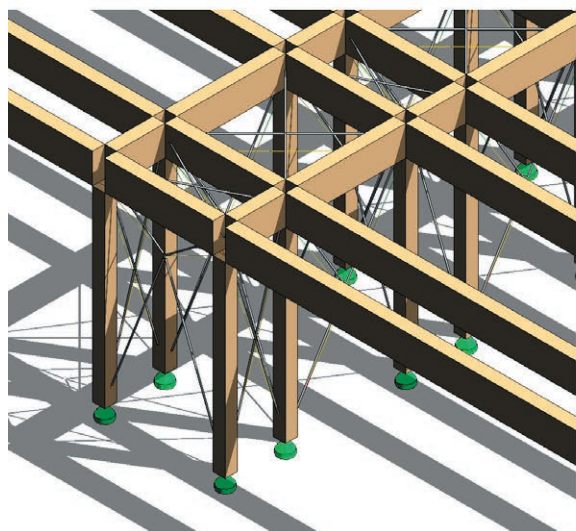
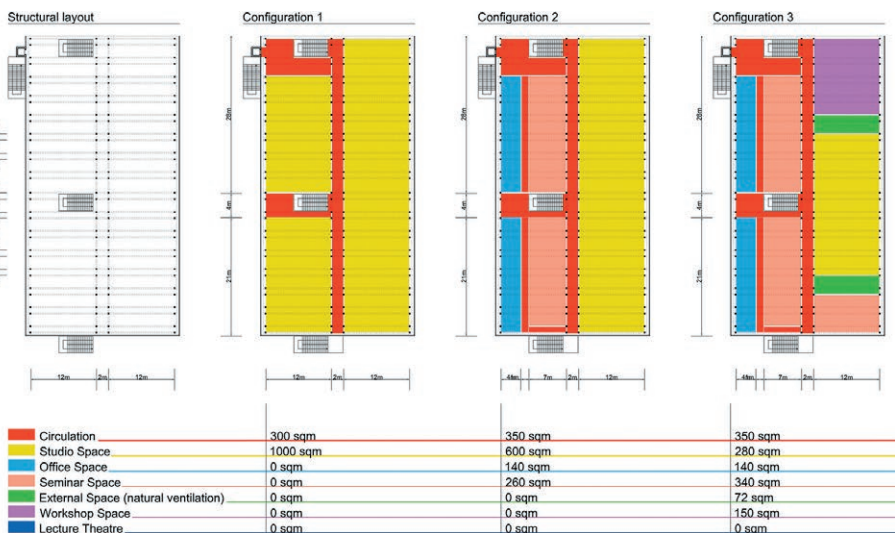
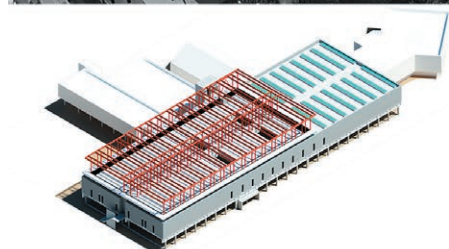
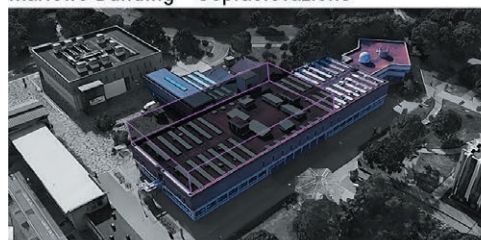
**Risultati**

In questo progetto, il sistema di controventamento (Figg. 1, 2) soddisfa due scopi. Il primo è la stabilità laterale complessiva della struttura. Il secondo consiste nel tenere uniti e a contatto gli elementi in legno e impedirne la separazione creando moduli auto-equilibrati della struttura.

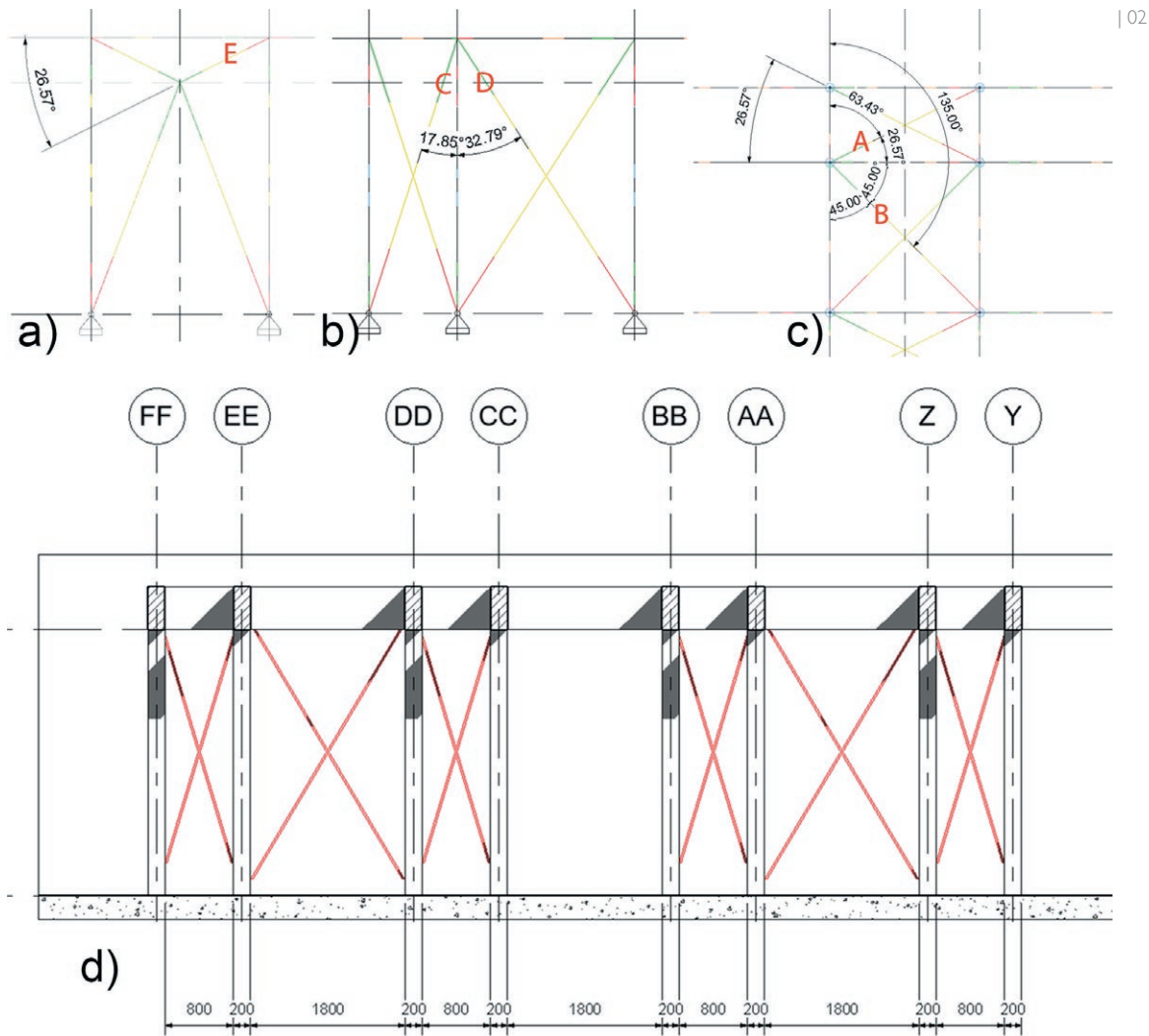
La spina centrale dell'edificio è concepita come una serie di moduli indipendenti di 2x2m con interposte travi di collegamento di 1m (Fig. 2), combinati, all'occorrenza, con moduli 4x2m con interposte travi di collegamento di 2m (Fig. 2d) al fine di favorire la realizzazione di aree di passaggio o accesso prive di cavi. La stabilità laterale in direzione trasversale è assicurata tramite connessioni resistenti a momento alla base della colonna qualora ci sia necessità di eliminare i cavi trasversalmente alla struttura

(Fig. 2a) per motivi di circolazione interna. Tali sistemi modulari sono progettati per essere inter-scambiabili a seconda delle esigenze distributive e funzionali interne associate alle partizioni secondarie e percorsi di circolazione. La strategia strutturale adottata per evitare lavorazioni distruttive sugli elementi in legno è mutuata da un sistema di *tensegrity*. Le travi in legno (luce 2m), situate nella spina dorsale dell'edificio, sono tenute insieme alle travi principali (luce 12m) e le colonne mediante azioni di contatto. Pertanto, le forze nei cavi svolgono il ruolo principale nella progettazione del nodo. Inoltre, una forza di pretensionamento viene applicata ai cavi di controvento per stabilizzare gli elementi in acciaio dei nodi. Dei cuscinetti in neoprene sono interposti tra il legno e le superfici in acciaio per fornire ulteriore attrito, essenziale alla stabilità dell'unione<sup>1</sup>.

Marlowe Building - Sopraelevazione



Assembly drawing of the cables of the critical module and standard modules: a) cross-sectional view, b) longitudinal view, c) plan, d) grouping of post-tensioning cables to allow the creation of routing or access paths through the central plug. Cable IDs are also displayed, image of the authors



6. Optimisation through generative design;

7. Rationalisation of the design.

Loads applied to the structure were based on BS EN 1991-1-1 for permanent and variable loading and EN 1991-1-4 for wind loading. The wind load was considered to act in two directions. The results were then obtained utilising finite element software (3D FEM) and extracted in the form of Ultimate Limit State (ULS) and Serviceability Limit State (SLS) combinations according to Eurocode EN 1990 - Basis of Structural Design.

**Results**

In this project, the bracing system (Figs. 1, 2) fulfills two purposes. The first is the overall lateral stability of the structure. The second is to hold the wood elements together and in contact and prevent their separation by creating

self-balancing modules of the structure. The central spine of the building is conceived as a series of independent 2x2m modules with 1m connection beams in between (Fig. 2), combined, if necessary, with 4x2m modules with 2m connection beams in between (Fig. 2d) in order to facilitate cable-free passage or access areas. Lateral stability in the transverse direction is ensured using moment-resisting connections at the column base where there is a need to remove cables transversely to the structure (Fig. 2a) for internal circulation reasons. These modular systems are designed to be interchangeable according to the internal distribution and functional requirements associated with secondary partitions and circulation routes. The structural strategy adopted to avoid destructive work on the wooden elements is borrowed from a tensegrity system. The timber beams (span 2m) located in the backbone of

the building are held together with the main beams (span 12m) and columns by contact actions. Therefore, forces in the cables play the primary role in the design of the node. In addition, a pre-tensioning force is applied to the bracing cables to stabilise the steel elements of the nodes. Neoprene pads are placed between the timber and steel surfaces to provide additional friction, which is essential to the union's stability<sup>1</sup>. The critical position for the design action is at the end of the central plug, where the 2x2m module must be connected to the adjacent 1m module to provide correct lateral stability (Fig. 1). Therefore, the critical node is located between the 2m and 1m spans. The calculated forces belong to SLS combinations and are shown in Table 1 (B<sup>2</sup>, D<sup>3</sup>). These SLS forces are the input for the generative design of the steel connections between the beam and the timber columns. SLS is relevant for the

generative design as this is an internal failure state analysis for which ULS forces would not be appropriate<sup>4</sup>. The material used for the timber element is standard GL26, and the material for the node was treated as part of the generative design as a variable, i.e. materials of different strengths were included for the generative design, including aluminium alloys and high strength steels to capture a variety of shapes. The generative design is influenced by the strength characteristics of the material used. Starting from a preliminary proposal of a node composed of 5 mm thick steel plates (grey in Fig. 3), the beams and columns were set as obstacle entities, meaning that the algorithmically generated steel connection does not interpenetrate with the volumes of adjacent wooden elements, instead of avoiding and bypassing them as intended.

03 | Vista del nodo di partenza per il design generativo, immagine degli autori  
View of the starting node for generative design, image of the authors

04 | Piastre vincolate (verde) per il design generativo e forze applicate. Entità ostacolo (rosso), immagine degli autori  
Constrained plates (green) for generative design and applied forces. Obstacle entities (red), image of the authors

Tab. 01 | Forze di tensione afferenti al nodo  
Tension forces (SLS) affecting the node

Cable ID	Axial Force (kN)
A	67
B	67 <sup>2</sup>
C	77
D	77 <sup>3</sup>
E	108

La posizione critica per le azioni di progetto è all'estremità della spina centrale, dove il modulo 2x2m deve essere collegato con il modulo adiacente da 1m per fornire una corretta stabilità laterale (Fig. 1). Il nodo critico si trova tra le campate di 2m e 1m. Le forze calcolate appartengono a combinazioni SLS e sono mostrate in tabella 1.

Queste forze SLS costituiscono l'input per il progetto generativo delle connessioni in acciaio tra la trave e le colonne in legno. SLS è rilevante per la progettazione generativa essendo questa un'analisi dello stato di cemento interno per la quale le forze ULS non sarebbero appropriate<sup>4</sup>. Il materiale utilizzato per l'elemento in legno è lo standard GL26 e il materiale per il nodo è stato trattato come parte del progetto generativo come una variabile, vale a dire, materiali di diversa resistenza sono stati inseriti per il progetto generativo tra cui leghe di alluminio e acciai ad alta resistenza per catturare una varietà di forme, essendo il design generativo influenzato dalle caratteristiche di resistenza del materiale utilizzato.

Partendo da una proposta preliminare di nodo composto di piastre di acciaio (in grigio in Fig. 3), dello spessore di 5 mm, le travi

The cable anchorage locations were identified based on constructability<sup>5</sup> by leaving space in the model to allow the generation of the connection between the cable insertion point and the plate elements, with constraints applied (in green in Fig. 4).

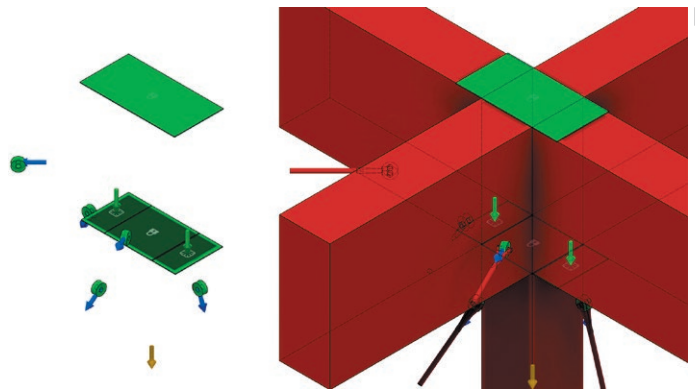
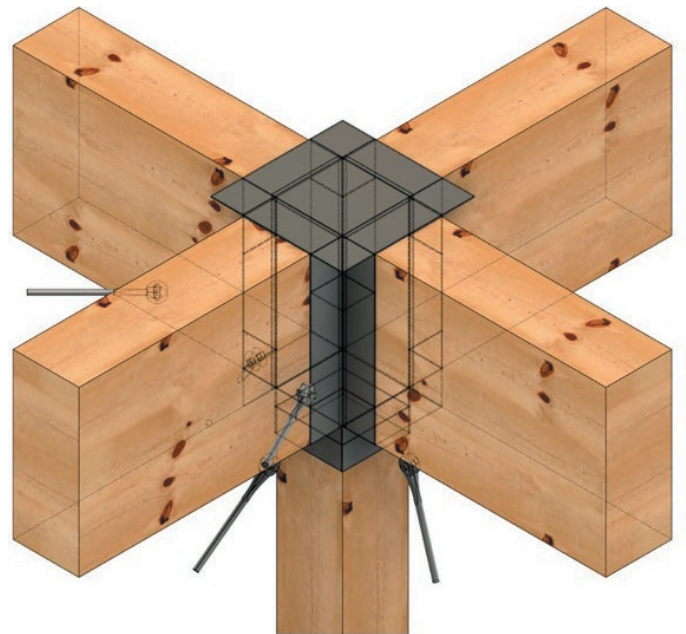
The control parameter for the chosen study is the minimisation of the steel mass to reduce CO<sub>2</sub> and energy incorporated in the structure. Indeed, the dependence on steel as a means of force transfer is somewhat inevitable in today's design practice.

Traditional design techniques can provide some aid for node optimisation; however, generative design is the way to produce the most optimised design from a construction perspective (Tyflopoulos *et al.*, 2018). Therefore, at the end of the generation process, a "mass" vs "maximum Von Mises Stress" scatter plot was produced to identify the optimal design (Fig. 5).

Furthermore, the method used to judge, validate and select the design considered the design aesthetics and architectural implications of circularity translated into reversibility of the structure. This approach is not to be overlooked as the perception that building reversibility and circularity is a limitation for design creativity is still strong in the industry and discourages the spread of the circular economy in construction (Cheshire, 2016).

In addition to the connection design, a record was made of hours required to define the feasibility of the building. In-depth knowledge of the dimensions of the structure's elements was crucial in designing a reversible building instead of traditional buildings for which assumptions can easily be made to estimate the fees in terms of engineering consultancy.

In order to achieve a positive outcome of the generative design of the steel



e le colonne sono state impostate come entità ostacolo, il che significa che la connessione in acciaio generata algoritmicamente non si compenetra con i volumi di elementi in legno adiacenti,

connection, 30 different analyses were created based on alternative arrangements of the contact points between the timber beams and the other parts of the connection, involving a total of 332 simulations and 180 person-hours of work.

Each configuration produced a series of positive results. Looking at the "Mass vs Max von Mises stress" graph, the selection was restricted to those connections whose maximum stress was in the range of 220 MPa to avoid ultra-high strength use of steel alloys. This would have had a significant impact on the production cost.

Of all the options, one result showed a maximum tension of 215 MPa and a mass of 40 kg, presenting an appropriate internal stress state and a low weight that is easy to handle on site. This result was selected to move forward with the design and make further evaluations. In fact, (Fig. 6) pre-

dimensioning the knot using more conventional design techniques had provided an estimated knot weight of approximately 50kg and less homogeneous material utilisation. The reduction in steel mass achieved through generative design is approximately 25%, in line with other studies on the subject (Brossard *et al.*, 2020).

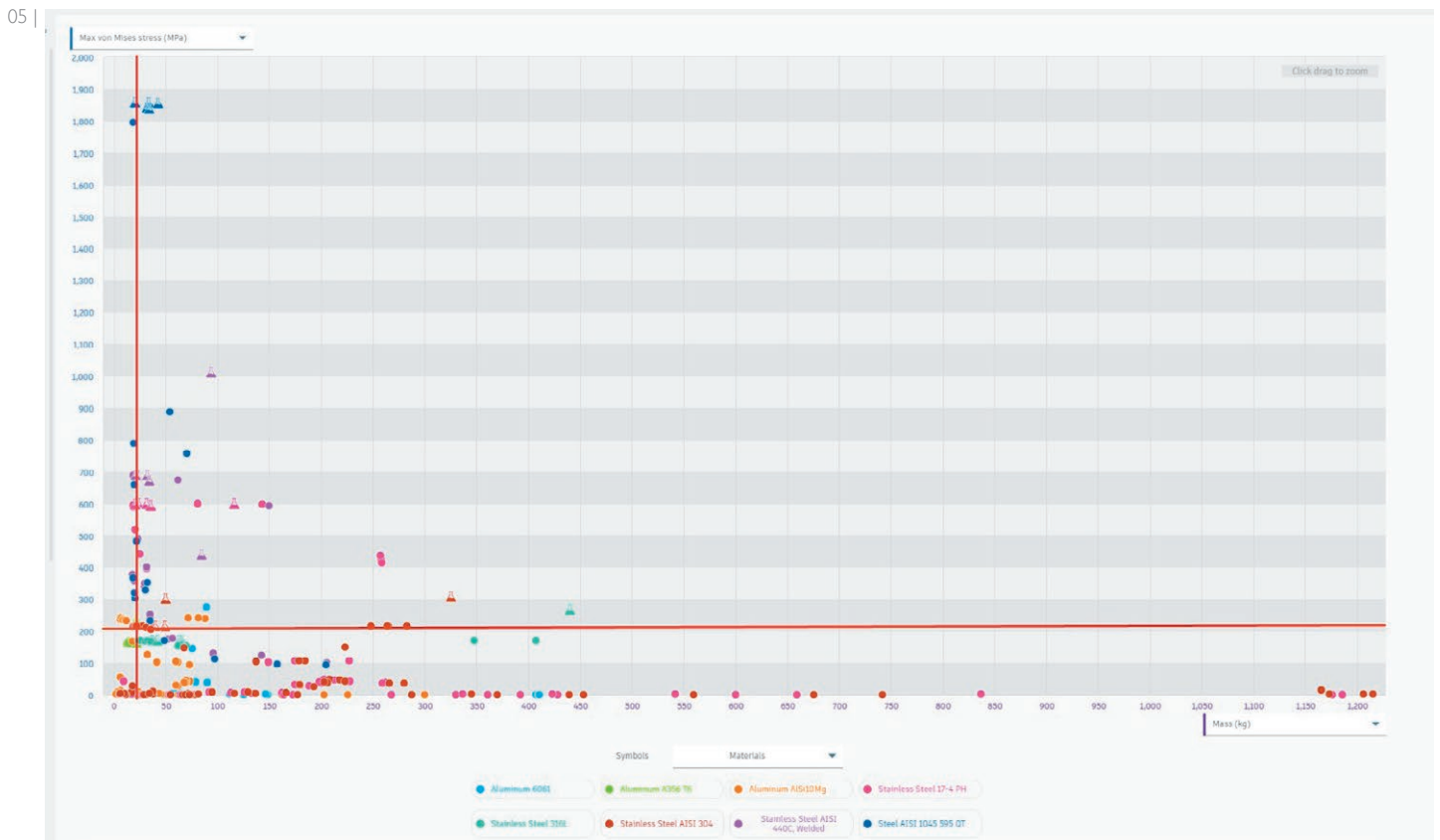
Based on the assumed performance indicators, the generation ended up with a node model that allows the required level of forces to be resisted with the minimum amount of material required, meeting the requirements of strength, stability, constructability and minimisation of the carbon footprint. Furthermore, the decision to limit the steel tension stress to 215MPa allows S275 grade structural steel (275MPa yield strength) with a comfortable margin of redundancy, considering that at a preliminary stage, SLU behaviour was not fully ex-



Mass/Von Mises stress graph of all generative design results: the intersection of the red lines corresponds to the point of optimum stress and weight chosen for the final design of the node, image of the authors

piuttosto evitandoli e aggirandoli come previsto. Le sedi di ancoraggio dei cavi sono state identificate in base alla costruibilità<sup>5</sup> lasciando spazio nel modello per consentire la generazione della connessione tra il punto di inserimento del cavo e gli elementi piastra, con vincoli applicati (in verde in Fig. 4). Il parametro di controllo per lo studio scelto è la minimizzazione della massa di acciaio per ridurre la quantità di CO<sub>2</sub> e l'energia incorporata nel manufatto. In effetti, la dipendenza dall'acciaio come mezzo per il trasferimento di forze è in qualche modo inevitabile nella pratica progettuale odierna. Le tecniche di progettazione tradizionali possono fornire un qualche ausilio per l'ottimizzazione del nodo, tuttavia il design generativo è sicuramente il modo per produrre il design più ottimizzato anche dal punto di vista della costruzione (Tyflopoulos *et al.*, 2018). Pertanto, alla fine del processo di generazione è stato prodotto un grafico a dispersione “massa” vs. “massima tensione di Von Mises” per identificare il design ottimale (Fig. 5). Inoltre, il metodo utilizzato per giudicare, convalidare e selezionare il progetto ha considerato l'estetica progettuale e le implicazioni architettoniche della circolarità tradotte in reversibilità della struttura. Questo non è da trascurare perché la percezione che la

reversibilità e la circolarità degli edifici siano un limite per la creatività progettuale è ancora forte nel settore e scoraggia la diffusione dell'economia circolare nelle costruzioni (Cheshire, 2016). È stata fatta una registrazione delle ore di progettazione necessarie per arrivare a una definizione della fattibilità dell'edificio. Una conoscenza approfondita delle dimensioni dei singoli elementi della struttura è stata fondamentale nell'approccio alla progettazione di un edificio reversibile, rispetto a quelli tradizionali per i quali si possono facilmente fare ipotesi per stimare i corrispettivi in termini di consulenza ingegneristica. Per ottenere un esito positivo del progetto generativo della connessione in acciaio, sono state create 30 diverse analisi basate su disposizioni alternative dei punti di contatto tra le travi in legno e le altre parti della connessione, per un totale di 332 simulazioni e 180 ore-uomo di lavoro. Ciascuna configurazione ha prodotto una serie di risultati positivi. Guardando il grafico “Mass vs. Max von Mises stress”, la selezione è stata ristretta a quelle connessioni la cui tensione massima era nell'intervallo di 220 MPa per evitare l'uso di leghe di acciaio ultra performanti ad alta resistenza che avrebbero avuto un impatto sul costo di produzione significativo.



Tra tutte le opzioni, un risultato ha mostrato una tensione massima di 215 MPa e una massa di 40 kg, presentando un ragionevole stato di sforzo interno e un peso estremamente ridotto e facile da maneggiare in cantiere. Questo risultato è stato selezionato per andare avanti con la progettazione e fare ulteriori valutazioni (Fig. 6). Infatti, il pre-dimensionamento del nodo con tecniche progettuali più convenzionali aveva fornito un peso stimato del nodo di circa 50kg e un'utilizzazione del materiale meno omogenea. La riduzione di massa di acciaio ottenuta grazie al ricorso al design generativo è di circa il 25%, in linea con altri studi sul tema (Brossard *et al.*, 2020). Sulla base degli indicatori di prestazione ipotizzati, la generazione si è conclusa con un modello di nodo che permette di resistere al livello di forze richieste con la minima quantità di materiale necessaria, soddisfacendo i requisiti di resistenza, stabilità, costruibilità e minimizzazione dell'impronta di carbonio. La decisione di limitare lo sforzo di tensione dell'acciaio a 215MPa è quella di consentire l'utilizzo di un acciaio strutturale di grado S275 (275MPa di carico di snervamento) con un comodo margine di ridondanza, considerando che in una fase preliminare il comportamento SLU non è stato completamente esplorato e un approccio conservativo era obbligatorio.

Sono stati fatti ulteriori passi per convertire la connessione monolitica, risultante dal progetto generativo, in una ad alto livello di smontaggio. Infatti, visto il peso estremamente ridotto è stato sufficiente dividere il nodo in due parti (come mostrato in Fig. 7). La prima si trova nella parte superiore del nodo e funge da coperchio fissato con bulloni al resto della connessione, quest'ultima prodotta in unità singola con tecniche di produzione additiva (Thomas and Gilbert, 2014). Sono state ammesse tolleranze per l'inserimento delle travi longitudinali nel nodo, la cui tenuta

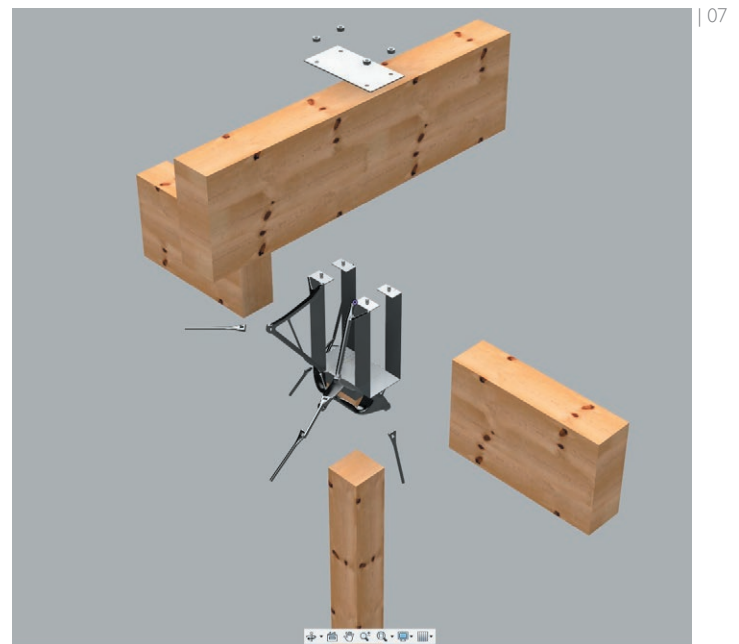
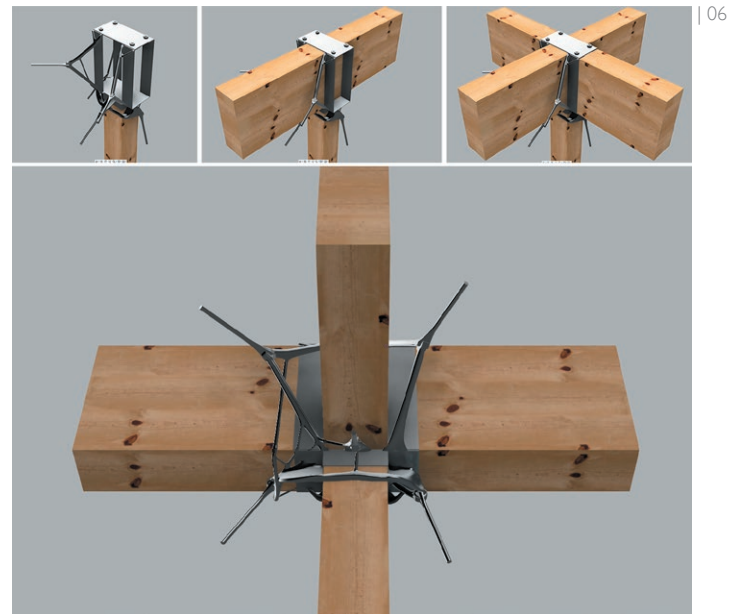
ploded, and a conservative approach was mandatory.

Further steps were taken to convert the monolithic connection, resulting from the generative design, into one with a high level of disassembly. Indeed, given the low weight, it was sufficient to divide the node into two parts (as shown in Fig. 7). The first one is located at the top of the node and acts as a cover fixed with bolts to the rest of the connection, the latter being produced as a single unit using additive manufacturing techniques (Thomas and Gilbert, 2014). Tolerances have been allowed to insert the longitudinal beams into the node, whose tightness is ensured by the contact action of the 1m and 2m short beams, arranged on the global longitudinal axis, and the main beams passing through. Neoprene pads located on any contact surface between timber and steel are compressed once

the node is assembled and the top flange bolted on.

#### Discussion

The central aspect that emerged from the results is that in order to "design for disassembly", architectural designers must exercise a high level of control over structural variables from the preliminary stage. The high level of flexibility required of the structure means that the estimation of forces and stress states cannot be left to a later detailed phase. This is because the engineering phase of structural connections is at the top of the decision-making process. From our practice-based approach, it has become evident that the feasibility of the overall structural strategy can only be fully assessed after the detailed design of the connections is practically finalised. Furthermore, the strict adherence to the requirement to not



cause irreversible damage to the timber elements introduced the opportunity to rethink timber/steel interfaces, promoting materials in a tension-compression-friction approach rather than a bending-cutting-rolling approach that would result from traditional bolted connections. On the other hand, there is a reduction in the time required to design the timber elements because they are essentially "stored" in the building and are responsible for transferring actions to the steel cable system but are not affected by holes or unions.

The steel node also shows peculiar structuralism, celebrating its essential function in the structure as a catalyst of the structural strategy. Thus, it creates additional value in promoting cir-

cular values, especially in a school of architecture.

The implication, structurally and from a design point of view, is that the tensile elements become the catalyst for the building's very existence. Modularity ensures flexibility of use and reconfiguration of the structure for different functions. Therefore, the presented structural system is fully reversible at both the building and detail scale (Durmisevic, 2006). Timber elements can be reused entirely as long as the directions and magnitudes of the forces in the node produce a stress state similar to the calculated state. In fact, an additional safety factor, in our case designing the node stressed at 215MPa against a

è assicurata dall'azione di contatto delle travi corte di 1m e 2m, disposte sull'asse longitudinale globale, e delle travi principali che passano attraverso. I cuscinetti in neoprene, situati su qualsiasi superficie di contatto tra legno e acciaio, vengono compressi una volta assemblato il nodo e imbullonata la flangia superiore.

## Discussione

L'aspetto principale emerso dai risultati è che, per "progettare per lo smontaggio", i progettisti architettonici devono esercitare un alto livello di controllo sulle variabili strutturali sin dalla fase preliminare. L'elevato livello di flessibilità richiesto alla struttura fa sì che la stima delle forze e dello stato di sollecitazione non possa essere lasciata ad una fase di dettaglio successiva. Questo perché l'ingegnerizzazione delle connessioni strutturali è al vertice gerarchico del processo decisionale. Dal nostro approccio basato sulla pratica è stato reso evidente che la fattibilità della strategia strutturale globale può essere pienamente valutata solo dopo che il progetto dettagliato delle connessioni è praticamente finalizzato. Inoltre, la stretta aderenza al requisito di non provocare danno irreversibile agli elementi in legno, ha introdotto l'opportunità di ripensare le interfacce legno/acciaio, promuovendo l'utilizzo dei materiali in un approccio tensione-compressione-atrito piuttosto che un approccio flessione-taglio-rifollamento che deriverebbe dalle tradizionali unioni bullonate. Di contro, si è riscontrata una riduzione dei tempi legati alla progettazione degli elementi in legno perché gli stessi sono sostanzialmente "immagazzinati" nell'edificio e deputati a trasferire le azioni al sistema di cavi in acciaio ma non sono interessati da fori o unioni. Il nodo in acciaio mostra anche un peculiare strutturalismo che celebra la sua importante funzione nella struttura come cataliz-

maximum strength of 275Mpa, implies that in the case of geometric reconfiguration of the structural modules, the connection can be re-analysed according to the modified configuration and magnitude of the forces, instead of being redesigned from scratch or rebuilt. The assembly/disassembly procedures are designed so that the primary and transfer beams slide into the connection unit before the top flange (cover) is closed, and friction is induced on the contact surfaces. This means that the dimensions of the spans can be changed and the steel node applied to the new configuration.

## Conclusion

The research shows how the implementation of the integrated principle of architectural and structural reversibility is fundamental for construct-

zatore della strategia strutturale e crea valore aggiunto alla percezione della qualità dell'edificio e nella promozione di valori circolari, specialmente in una scuola di architettura.

L'implicazione, strutturalmente e dal punto di vista progettuale, è che gli elementi di trazione diventino il catalizzatore dell'esistenza stessa dell'edificio. La modularità garantisce flessibilità di utilizzo e la riconfigurazione della struttura per diverse funzioni. Il sistema strutturale presentato è quindi completamente reversibile sia alla scala dell'edificio che la scala del dettaglio (Durmisevic, 2006). Ciò significa che gli elementi in legno possono essere completamente riutilizzati così come le connessioni in acciaio che possono essere riutilizzate fintanto che le direzioni e le grandezze delle forze nel nodo producano uno stato di tensione simile allo stato calcolato. Infatti, applicare un fattore di sicurezza aggiuntivo, nel nostro caso progettare il nodo sollecitato a 215MPa contro una resistenza massima di 275Mpa, implica che in caso di riconfigurazione geometrica dei moduli strutturali la connessione può essere semplicemente rianalizzata in base alla configurazione modificata e all'entità delle forze, invece di essere riprogettata da zero o ricostruita. Le procedure di montaggio / smontaggio sono concepite affinché le travi principali e le travi di trasferimento scorrano all'interno dell'unità di connessione prima che la flangia superiore (coperchio) venga chiusa e venga indotto l'attrito sulle superfici a contatto. Ciò significa che le dimensioni delle campate possono essere modificate e il nodo in acciaio applicato alla nuova configurazione.

## Conclusion

La ricerca mostra come l'implementazione del principio integrato di reversibilità architettonica e strutturale sia fundamenta-

ing even at the feasibility study stage. Holistically, this research demonstrates that adopting a structuralist approach provides an opportunity for designers to exercise their creativity on a type of building typology (reversible buildings) and design requirement (circular economy) often perceived as limiting and too prescriptive. Further, exploration of the implementation of a steel-free approach connected with a high degree of disassembly would undoubtedly be a goal for the continuation of this study to assess the practicality of a carbon-neutral, fully sustainable and reversible design.

## NOTES

<sup>1</sup> The effect of friction between the node and the timber elements mediated by the neoprene bearings was assumed but not modelled in the simulation. The reason is that it will be required to test a real-life model to ob-

tain more reliable data with practical significance, so the effect of the friction component is postponed until further development of this study.

<sup>2</sup> Maximum tension between A and B.

<sup>3</sup> Maximum tension between C and D.

<sup>4</sup> The generative design algorithm is relevant in the elastic field.

<sup>5</sup> Access and manoeuvring of the tools for fixing the cables and anchorages to the node were considered.



le per la costruzione di edifici che aderiscono al concetto di economia circolare. Seguendo un approccio *bottom-up*, gli aspetti innovativi risultanti da questo studio possono informare la procedura per progettare edifici circolari di portata più ampia. Ciò conferma che gli edifici reversibili sono caratterizzati da un'intensa fase di ingegnerizzazione all'inizio del processo di progettazione e il caso di studio del progetto per la sopraelevazione della *Kent School of Architecture and Planning* ha confermato questo risultato. Una sequenza standard di fasi come il *concept design*, il progetto preliminare, il progetto di dettaglio, il progetto di costruzione può costituire un limite per gli edifici circolari che – come dimostrato – richiedono una fase ingegneristica intensiva all'inizio (Bourke and Kyle, 2019).

Dallo studio emerge anche come il progetto di dettaglio del collegamento trave-pilastro con elevato grado di smontaggio abbia rappresentato un fattore chiave per la circolarità dell'edificio anche in fase di studio di fattibilità.

Olisticamente questa ricerca dimostra che l'adozione di un approccio strutturalista costituisce l'opportunità per i progettisti di esercitare la propria creatività su un tipo di tipologia edilizia (edifici reversibili) e esigenza progettuale (economia circolare) spesso percepite come limitative e troppo prescrittive.

Un'ulteriore esplorazione dell'implementazione di un approccio senza acciaio in una connessione con un alto grado di disassemblaggio sarebbe sicuramente un obiettivo per la prosecuzione di questo studio allo scopo di valutare la praticità di un *design "carbon neutral"*, totalmente sostenibile e reversibile.

#### NOTE

<sup>1</sup> L'effetto dell'attrito tra il nodo e gli elementi in legno mediato dai cuscinetti in neoprene è stato ipotizzato ma non modellato nella simulazione. Il motivo è che sarà richiesto di testare un modello al vero per ottenere dati più affidabili con un significato pratico, quindi l'effetto della componente di attrito è rimandato all'ulteriore sviluppo di questo studio.

<sup>2</sup> Massima trazione tra A e B.

<sup>3</sup> Massima trazione tra C e D.

<sup>4</sup> L'algoritmo di progettazione generativa è rilevante in campo elastico.

<sup>5</sup> Sono state prese in considerazione l'accesso e la manovra degli strumenti per il fissaggio dei cavi e dell'ancoraggio al nodo.

#### REFERENCES

Bourke, K. and Kyle, B. (2019), "Service life planning and durability in the context of circular economy assessments – initial aspects for review", *Canadian Journal of Civil Engineering*, Vol. 46, n. 11, pp. 1074-1079.

Brossard, M. et al. (2020), "How generative design could reshape the future of product development", available at: <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/Operations/Our%20Insights/How%20generative%20design%20could%20reshape%20the%20future%20of%20product%20development/How-generative-design-could-reshape-the-future-of-product-development.pdf> (accessed 1 February 2021).

Cheshire, D. (2016), *Building Revolutions*, RIBA Publishing, London, UK.

Durmisevic, E. (2006), *Transformable building structures: design for disassembly as a way to introduce sustainable engineering to building design & construction*, Delft Press, Delft, The Netherlands.

Durmisevic, E. (2019), *Exploration for reversible buildings*, BAMB Consortium, Maastricht, The Netherlands.

Durmisevic, E. and Brouwer, J. (2002), "Design Aspects of Decomposable Building Structures", in Chini, A. and Schultmann, F. (Eds.), *CIB Task Group 39 – Deconstruction, 3<sup>rd</sup> Annual Meeting*. Karlsruhe, Germany.

Eberhardt, L.C.M., Birgisdóttir, H. and Birkved, M. (2019), "Life cycle assessment of a Danish office building designed for disassembly", *Building Research & Information*, Vol. 47, n. 6, pp. 666-680.

ISO20887 (2020), *Design for disassembly and adaptability of buildings*, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

Lavagna, M., Campioli, A., Dalla Valle, A., Giorgi, S. and Caroli, T. (2020), "Strategie costruttive e valutazioni ambientali per la temporaneità, circolarità e reversibilità", *Techne, Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 20, Firenze University Press, Firenze, Italia, pp. 157-166.

Moussavi Nadoushani, Z.S. and Akbarnezhad, A. (2015), "Effect of structural system on the life cycle carbon footprint of buildings", *Energy and Buildings*, Vol. 102, pp. 337-346.

Sassi, P. (2008), "Defining Closed-Loop Material Cycle Construction", *Building Research & Information*, Vol. 36, n. 5, pp. 509-519.

Sinha, R., Lennartsson, M. and Frostell, B. (2016), "Environmental footprint assessment of building structures: A comparative study", *Building and Environment*, Vol. 104, pp. 162-171.

Thomas, D. and Gilbert, S. (2014), *Costs and Cost Effectiveness of Additive Manufacturing. A Literature Review and Discussion*, Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, USA.

Tyflopoulos, E., Tollnes Flem, D., Steinert, M. and Olsen, A. (2018), *State of the art of generative design and topology*, Linköping, Sweden.

Webster, M.D. and Costello, D.T. (2005), *Designing Structural System for Deconstruction: How to Extend a New Building's Useful Life and Prevent it from going to Waste When the End finally comes*, Atlanta, USA.

# UNPark, Milano. Un esperimento di innovazione sociale sotto il Cavalcavia Serra Monte Ceneri

RICERCA E  
SPERIMENTAZIONE/  
RESEARCH AND  
EXPERIMENTATION

Paolo Carli, Patrizia Scrugli,

Dipartimento di Architettura e Studi Urbani, Politecnico di Milano, Italia

paolo.carli@polimi.it

patrizia.scrugli@gmail.com

**Abstract.** Le infrastrutture urbane nei contesti metropolitani ad alta densità costituiscono una frontiera di sperimentazione per il miglioramento della qualità della vita dei cittadini, oltre a rappresentare una risorsa, ancora sottovalutata, di produzione di valore economico, energetico, ambientale e sociale. Infrastrutture come il Cavalcavia Serra Monte Ceneri a Milano, fonte di disagio e degrado associabili all'idea di "rifiuto urbano", possono essere trasformate in risorse solo attraverso un processo di valorizzazione e una visione progettuale circolare, multi scalare e multi funzionale. La ricerca UNPark si configura come un laboratorio per l'innovazione urbana attraverso il quale innescare una riflessione sul potenziale di transizione verso la multifunzionalità di queste infrastrutture.

**Parole chiave:** Infrastrutture urbane; *Wasted architecture*; *Up-cycling*; Innovazione sociale; *Nature-based solutions*.

## Infrastrutture urbane, consumo di suolo e *wasted architecture*

Le infrastrutture urbane, soprattutto per il trasporto individuale, continuano a crescere, mentre lo spazio pubblico continua a diminuire e la densità urbana registra un incremento globale costante.

Dal 1950 la superficie urbana nell'UE è aumentata del 78%, a fronte di un incremento demografico del 33% (EEA, 2016). Si chiama "occupazione di terreno disaccoppiata" ed è un paradosso del consumo di suolo. Il consumo di suolo è anche il principale ostacolo all'efficientamento delle risorse, costituisce un freno alla transizione ecologica delle città, ed è in larga parte responsabile degli alti costi di infrastrutturazione e congestione delle reti di trasporto, producendo così una sempre più netta separazione sociale (Camagni *et. al.*, 2002). Consumo di suolo però è anche quello legato alla mancata rigenerazione di spazi dismessi, contaminati, ridondanti od obsoleti che, se riqualificati, potrebbero essere reintrodotti nelle dinamiche socio-economiche con evidente beneficio per le comunità (SNPA, 2020).

## UNPark, Milan. A social innovation experiment beneath the Serra Monte Ceneri Flyover

**Abstract.** Urban infrastructure in high-density metropolitan contexts constitutes an experimental frontier for improving the citizens' quality of life and also represents a still undervalued resource in producing economic, energy, environmental and social value. Infrastructure such as the Serra Monte Ceneri Flyover in Milan, a source of distress and degradation associable with the idea of "wasted architecture", can only be transformed into resource through a process of enhancement and a circular, multi-layer and multi-functional design vision. UNPark research is configured as an urban innovation hub by which to trigger reflection on the transition potential towards infrastructure multifunctionality.

**Keywords:** Urban infrastructures; *Wasted architecture*; *Up-cycling*; Social innovation; *Nature-based solutions*.

Poiché oggi circa il 55% della popolazione mondiale vive in città, con un livello di urbanizzazione che raggiungerà il 68% entro il 2050 (UN, 2018), è sempre più urgente immaginare di trarre vantaggio da qualsiasi superficie urbana disponibile, affinché tutto ciò che ci circonda diventi spazio di valore. Le infrastrutture, in particolar modo quelle inserite nel tessuto urbano, possono giocare un ruolo importante in questa prospettiva legata all'*Urban Mining* dello spazio pubblico.

*Wasted architecture* è un termine riferibile anche alle infrastrutture, con attenzione non solo alle strutture in abbandono e sottoutilizzate, ma anche a quelle sovradimensionate o, al contrario, non sfruttate (Secchi and Motti, 2015). Partendo dal patrimonio della dismissione, la situazione italiana è varia e multi scalare: si passa da circa 7.000 km di ferrovie, alla miriade di stazioni, casselli e sottopassi, chiusi e in disuso, che puntellano le nostre città, dai capoluoghi ai centri minori (Maggiorotti, 2018). Sul fronte del sottoutilizzo e del sovradimensionamento il territorio italiano, con la sua caratteristica decentralizzazione amministrativa, è stato spesso invaso da una proliferazione di infrastrutture scollegate da disegni strategici orientati alla qualità dell'ambiente costruito (Losasso, 2016). Inoltre, le infrastrutture sono sempre più dominio di scelte ingegneristiche prima che di valorizzazione dei territori interessati, facendo sì che la dimensione estetica, paesaggistica e sociale del progetto risultino trascurabili o tradotte in limitate procedure di compensazione (Schiaffonati, 2016).

In questo scenario si fa largo un interrogativo: è possibile ripensare il ruolo delle infrastrutture urbane tenendo però in considerazione la crescente scarsità di risorse, l'esacerbamento degli effetti ambientali legati al cambiamento climatico e l'inasprimento delle disuguaglianze sociali?

## Urban infrastructures, land consumption and *wasted architecture*

Urban infrastructures, particularly those for private transport, continue to grow, while public space decreases and urban density is rising at a constant rate globally.

Since 1950, EU urban surface area has increased by 78%, compared with a demographic increase of 33% (EEA, 2016). This situation is known as "unpaired land use" and it is a paradox of land consumption. Land consumption is also the main hurdle for the efficient use of resources. It slows down the ecological transition of a city and is responsible for the high costs of infrastructures and the transport network congestion, thereby causing an ever more distinct social separation (Camagni *et al.*, 2002). However, land consumption is also the failure to regenerate disused, contaminated, redundant

or obsolete spaces which, appropriately requalified, could be reintroduced into socio-economic dynamics to the benefit of local communities (SNPA, 2020).

Given that approximately 55% of the world's population currently lives in cities, with urbanisation set to reach 68% by 2050 (UN, 2018), there is an increasingly more urgent need to see how we can benefit from every urban surface available, so that ultimately all surrounding spaces can become spaces of value. From the point of view of *Urban Mining* of public spaces, infrastructure - particularly that set in the urban fabric - has an important role to play.

The term *wasted architecture* also refers to infrastructures, and focuses not only on abandoned and underused structures, but also on those that are larger than necessary or, conversely, are not being put to good use (Secchi

Il recupero, la riprogrammazione e il riuso delle infrastrutture esistenti, in una logica di *up-cycling*, possono offrire risposte efficaci a questo interrogativo, limitando la dispersione di risorse disponibili, consentendo un utilizzo più produttivo dei capitali, concentrando la progettualità su politiche di mitigazione e adattamento alle trasformazioni climatiche in atto, e supportando nuove forme di vita pubblica che vadano a compensare parzialmente gli impatti e promuovano una più equa redistribuzione delle risorse, finalizzata alla coesione e inclusione sociale.

Sono molti i casi studio internazionali di trasformazioni di infrastrutture realizzati negli ultimi decenni che possono essere presi a riferimento. Il parallelo è sempre parziale dato che sono diversi i contesti fisici, politici, economici e ambientali nei quali sono maturati. La nota *High Line*<sup>1</sup> di New York, ad esempio, spesso citata come caso studio paradigmatico di transizione funzionale delle infrastrutture, necessita di alcune precisazioni (Fig. 1).

L'*High Line* in pochi anni si è conquistata un posto tra le più importanti attrazioni della città, al pari della Statua della Libertà o *Time Square*, grazie a un potere mediatico che incarna la cultura statunitense stessa. Questa condizione, unica e irripetibile, è l'esito di una congiuntura di interessi difficili da ricreare che nasconde alcune criticità. Gli ingenti capitali, principalmente privati, che le hanno permesso di diventare uno dei simboli della rinascita di Manhattan, dopo l'11 settembre, hanno anche accelerato la trasformazione del *Meatpacking District*: da distretto degradato a quartiere alla moda; la cui conseguente rivalutazione immobiliare ha innescato fenomeni di gentrificazione e sostituzione dei residenti originari. Lo stesso parco lineare, con le restrizioni d'orario, d'utenza e d'azione cui è soggetto, è ben lontano dalla dimensione democratica che si è soliti attribuire

and Motti, 2015). The Italian situation is diverse and multi-layered in terms of spaces that are no longer in use. The country's major cities and even smaller towns are scattered with approximately 7,000 km of railway lines and a large number of stations, toll booths and underpasses that are no longer in use (Maggioretti, 2018). In terms of underused and over-sized spaces, Italy (with its characteristic decentralised administration) has often been beset by a proliferation of disconnected infrastructures that are far from a strategic design aimed at the quality of the built environment (Losasso, 2016). Furthermore, infrastructures are increasingly about engineering choices rather than enhancement of the areas concerned and, consequently, the aesthetic, social and environmental dimension of the project is unimportant or expressed through poor compensa-

tory procedures (Schiavonati, 2016). In this scenario, one question becomes clear: is it possible to rethink the role of urban infrastructures while still considering increasingly scarce resources, the intensification of serious environmental effects linked to climate change and worsening social inequality? Effective answers to this question can be provided by reclaiming, reprogramming and reusing existing infrastructures within an upcycling framework. Such actions would help limit the dispersion of available resources and make it possible to use capital more productively. They would also concentrate design ability around mitigation and climatic adaptation policies and, eventually, develop new forms of public life that partially compensate for impacts and promote a more equal distribution of resources aimed at social inclusion and cohesion.



allo spazio pubblico. Non tutti i contesti urbani hanno, infine, la *walkability* di Manhattan: spesso le infrastrutture più urgenti da rigenerare si trovano proprio nei contesti più fragili, periferici, economicamente depressi e socialmente degradati, in un circolo vizioso di causa effetto tra infrastrutture e qualità urbana.

### Cavalcavia Serra Monte Ceneri a Milano, un problema spinoso

sulla definizione del problema, né sulle soluzioni per risolverlo, senza generare altre questioni altrettanto spinose. Il Cavalcavia Serra Monte Ceneri, a nord-ovest di Milano, e l'altrettanto famigerato Cavalcavia Corvetto, a sud-est, possono essere inseriti in questa categoria.

Il Cavalcavia Serra Monte Ceneri è una sopraelevata di circa 2 km, organizzata su due strade – il sovrappasso di Viale Scarampo e il viadotto Certosa Monte Ceneri – che corrono a circa 5 m da terra lungo la circonvallazione esterna di Milano, all'interno del Municipio 8. Questa sopraelevata, di 2 carreggiate per altrettante corsie di marcia, è stata concepita per liberare tutti gli

Si chiamano *wicked problems* quei problemi così inestricabili e complessi, da non riuscire a mettersi d'accordo nemmeno

In recent decades, there have been many international case studies on infrastructure transformations that can be taken as reference. The parallels that can be drawn are always partial given the different physical, political, economic and environmental contexts in which they have developed. The well-known High Line<sup>1</sup> in New York, which is often cited as a paradigmatic case study of infrastructure functional transition, requires some explanation, for example (Fig. 1).

In just a couple of years, the High Line has earned itself a place among the city's most important attractions, on a par with the Statue of Liberty and Time Square, thanks to the media power that embodies US culture. This unique and inimitable condition is the result of a set of interests that are difficult to recreate, revealing a number of criticalities beneath. After September 11th, huge

amounts of (mostly private) capital made the High Line one of the symbols of the rebirth of Manhattan and also accelerated transformation of the Meatpacking District, taking it from a run-down area to a fashionable neighbourhood, with subsequent increases in property value leading to the gentrification of the area and original residents leaving. Similarly, the High Line does not exactly possess the democratic character generally attributed to public space, subject as it is to restrictions in terms of opening hours, users and allowed activities. Lastly, not all urban contexts have the walkability of Manhattan and often, the infrastructures in most urgent need of regeneration are to be found in the most fragile, peripheral, economically depressed and socially neglected contexts, which are caught up in a vicious circle where infrastructures and urban quality are both cause and effect.



02 | Cavalcavia Serra Monte Ceneri, sovrappasso di Viale Scarampo. Fonte: Fondo Zorzi, Archivio Storico Politecnico di Milano

Serra Monte Ceneri flyover, the Viale Scarampo overpass. Source: Fondo Zorzi, Archivi Storici, Servizi Bibliotecari e Archivi, ACL, Politecnico di Milano (historical archive)

03 | Cavalcavia Serra Monte Ceneri. Foto di M. Di Giovanni

Serra Monte Ceneri flyover. Picture of Matteo di Giovanni

04 | Cavalcavia Serra Monte Ceneri, dettaglio del degrado. Foto di M. Di Giovanni

Serra Monte Ceneri flyover, degradation detail. Picture of Matteo di Giovanni

incroci da piazza Stuparich al Portello, sino a via Mac Mahon, dal traffico di attraversamento, agevolando così l'accesso alla (ex) Fiera Campionaria (Figg. 2, 3, 4).

Progettata dagli ingegneri Silvano Zorzi e Giorgio Macchi, e completata tra il 1957 e il 1965 grazie a un prototipo di viadotto a piastra continua bidirezionale in cemento armato gettato in opera, eseguito in versione precompressa solo in corrispondenza delle luci maggiori, la sopraelevata è stata un'opera all'avanguardia nel settore delle costruzioni (Barazzetta and Neri, 2019). La struttura è dotata di un'elegante sezione rastremata alle estremità che appoggia su pile isolate in cemento ordinario con capitello a prisma (Gozzi, 2019). Questo cavalcavia è il capostipite urbano di una categoria di viadotti che sviluppano lo stesso tema infrastrutturale e paesaggistico, primo tra tutti il viadotto dei Parchi delle Tangenziale Est di Milano.

Se è vero che le infrastrutture sono la diretta espressione dell'ideologia dominante di una certa epoca (Biraghi, 2012; Faroldi, 2016), il Serra Monte Ceneri – simbolo della *civiltà dell'automobile* – si mostra oggi come l'esito di un disegno strategico alquanto debole, partorito negli anni dell'espansione economica e della fiducia incontrastata nella velocità e nel progresso. Il disegno integrale aspirava infatti alla creazione di un ring continuo di sopraelevate lungo tutto il perimetro della circonvallazione di Milano, finalizzate ad alleggerire il traffico cittadino.

Gli impatti tangibili generati dal Serra Monte Ceneri sul contesto abitato (inquinamento ambientale ed acustico, separazione fisica, monofunzionalità, incuria) hanno innescato nel tempo fenomeni di degrado fisico e sociale, rabbia e frustra-



| 02

zione, delinquenza e impoverimento che monopolizzano l'attenzione molto più degli effetti negativi realmente quantificabili. Il Cavalcavia è vissuto infatti come una barriera visiva e fisica, un elemento di separazione, anzitutto psicologica, che rende la zona periferica, nonostante sia relativamente vicina al centro città.

A queste considerazioni generali si aggiungono altri segni di malessere economico e sociale. Ad esempio, è evidente la svalutazione del patrimonio immobiliare al di là dell'infrastruttura, con grande deprezzamento degli immobili costruiti prima della sopraelevata. Molte vetrine con le serrande abbassate già prima della pandemia raccontano di un tessuto commerciale che è andato via via assottigliandosi, incapace di competere con l'offerta del vicino centro commerciale Portello, che dal 2005 catalizza anche la vita sociale del quartiere. Infine, si è assistito alla progressiva sostituzione delle storiche botteghe con nuovi esercizi che, quando va bene, rispondono ai gusti e ai bisogni delle etnie che si stanno progressivamente insediando nel quartiere, quando va male, rientrano in quelle categorie di attività che impoveriscono le relazioni sociali di vicinato (distributori automatici 24/7, sale giochi, lavanderie self-service,

03 |



| 04

centri massaggi). Intanto, la presenza del Cavalcavia – e degli oltre 400 stalli a parcheggio sottostanti – aumenta il numero di veicoli sulla strada in cerca di un posto auto per la sosta, con pesanti ripercussioni sulla qualità dell'aria.

La stampa locale periodicamente propone soluzioni per il Cavalcavia: dalla modifica in preferenziale per mezzi pubblici, alla trasformazione in parco lineare pensile secondo il modello della *High Line*, fino al suo completo abbattimento. Tutto ciò dimostra, ancora una volta, l'esistenza del problema e dei bisogni che ne derivano, ma testimonia anche la necessità di avviare una riflessione sulla questione posta dall'infrastruttura, che sappia andare oltre il punto di vista della mobilità, per aprire a questioni relative alla *social justice/injustice*.

In questi termini, il principale obiettivo della ricerca UNPark - *Urban Nudging Park* è quello di portare all'attenzione della cittadinanza e dell'agenda pubblica di riqualificazione urbana, il tema dell'impatto fisico, ambientale e sociale che infrastrutture monofunzionali, come il Cavalcavia Serra Monte Ceneri, generano sui contesti urbani ad alta densità residenziale, con un affondo sulle possibili strategie e tecnologie per la loro mitigazione e compensazione.

Spostare il centro della discussione su argomenti pragmatici di ordine tecnico, è tuttavia molto difficile e anche le posizioni più moderate tra i residenti fanno trasparire una forte sfiducia nel cambiamento e un atteggiamento al ribasso di cronica inerzia nell'immaginare il futuro solo come ciò che già c'è. La capacità di "aspirare" è qualcosa invece che va incoraggiata, ma soprattutto è una capacità che va tenuta in costante esercizio affinché il desiderio illusorio possa diventare una potente volontà (Appadurai, 2004).

#### **Serra Monte Ceneri Flyover in Milan, a tricky problem**

Devilish problems are those that are so entangled and complex that it is hard to come to an agreement on how to define them and solve them without discussion, leading to even more equally thorny questions. The Serra Monte Ceneri Flyover (in the north-west of Milan) and the equally notorious Corvetto Flyover (in the south-east) can be placed in this category.

The Serra Monte Ceneri Flyover is approximately 2 km long and organised on two roads (the Viale Scarampo overpass and the Certosa Monte Ceneri viaduct) which run 5 m above ground along Milan's external ring road in Zone 8. The flyover has 2 carriageways each consisting of two lanes and was designed to reduce crossing traffic from all the intersections between Piazza Stuparich and Portello

up to Via Mac Mahon, thereby making it easier to access the (former) Fiera Campionaria exhibition space (Figs. 2, 3, 4).

Designed by engineers Silvano Zorzi and Giorgio Macchi, the flyover was completed between 1957 and 1965 using a bi-directional continuous plate girder viaduct prototype in reinforced concrete cast in-situ and pre-stressed at the greatest span points, and as such it was considered to be a groundbreaking work in the construction industry (Barazzetta and Neri, 2019). The structure has an elegant section that has been tapered at the ends and rests on isolated concrete pillars with prism capital (Gozzi, 2019). This flyover is the urban progenitor for a type of viaduct that further develops the same theme of infrastructure and landscape, particularly the Dei Parchi viaduct on the Milan eastern bypass road.

#### **UNPark, Urban Nudging Park**

La ricerca UNPark - *Urban Nudging Park*<sup>2</sup> è uno studio di fattibilità comprensivo di progetto pilota temporaneo, con scenari di breve, medio e lungo periodo, per trasformare gli spazi sotto il Cavalcavia Serra Monte Ceneri, in una piastra multifunzionale, ad accessibilità universale, per *street sport*. Al progetto si accompagnano azioni relative al monitoraggio della qualità ambientale, alla sperimentazione di *Nature-based Solutions* e all'impiego di materiali innovativi. La ricerca si pone, fin dal titolo, l'ambizioso obiettivo di incoraggiare i cittadini e la Pubblica Amministrazione a innescare un processo condiviso di rigenerazione di questa infrastruttura. L'acronimo UNPark rimanda infatti ai vocaboli *to nudge*: incoraggiare dando una spintarella; e *to unpark*: rimuovere un veicolo. Strizza però l'occhio anche a un altro termine, proprio dell'informatica, molto calzante nella metafora: *to unpark CPU*, ovvero sfruttare al massimo la CPU disabilitando il *Core Parking*. Interpretando la collettività come il processore che elabora tutti i dati e consente al computer di funzionare, "sparcheggiarla"<sup>3</sup> vorrebbe dire disabilitare quei freni che ne limitano l'espressione e rendere i cittadini veri protagonisti degli spazi della città (Lydon and Garcia, 2015). UNPark lavora su diversi piani: la ricerca teorica e l'analisi di casi studio internazionali; la pratica sul campo, attraverso il co-design e il coinvolgimento di stakeholder locali nelle scelte di progetto; la partecipazione e l'inclusione sociale grazie a un confronto aperto con i cittadini. Il progetto è finanziato dal bando competitivo *Polisocial Award 2019*, nell'ambito del programma di responsabilità sociale del Politecnico di Milano, ed è co-finanziato dall'Assessorato Urbanistica Verde e Agricoltura del Comune di Milano, dalla Presidenza del Municipio 8 del Co-

If it is true that infrastructures are a direct expression of the dominant ideology of a given age (Biraghi, 2012; Faroldi, 2016), Serra Monte Ceneri – a symbol of the private car era – can now be seen as the result of a somewhat weak strategic design, which began with the years of economic expansion and an undisputed faith in speed and progress. Indeed, the entire design sought to create a continuous ring of raised roads which would run along the entire perimeter of Milan's ring road and which would ultimately reduce traffic.

Over time, the tangible impacts of the Serra Monte Ceneri Flyover on the built environment (such as noise and environmental pollution, physical separation, mono-functionality and neglect) have led to social and physical degradation, anger and frustration, delinquency and impoverishment that

monopolise attention to a much greater extent than the negative effects that can actually be quantified. The flyover is regarded as a physical and visual barrier and as an element of separation (particularly in psychological terms) which makes the area feel very peripheral, despite the fact that it is relatively close to the city centre.

In addition to such general considerations, there are other signs of economic and social distress. For example, real estate on the other side of the infrastructure has fallen in value, with significant depreciation of buildings constructed before the flyover. The many lowered shop shutters (visible even before the pandemic) depict a gradually declining commercial fabric which is unable to compete with the nearby Portello shopping centre, which has also been responsible for changing the social life of the neigh-

mune di Milano, dalla ricerca *Open4Citizens - Horizon2020* e dal *Textile Hub* del Politecnico di Milano.

Così come i piani di lavoro anche i risultati attesi di UNPark si possono dividere in:

- risultati sociali: contrasto alla marginalizzazione attraverso lo sport e l'inclusione; coesione sociale e intergenerazionale attraverso la partecipazione e il *co-design*; promozione della salute e del benessere; consapevolezza ambientale dei cittadini attraverso la divulgazione;
- risultati tecnico-scientifici: benchmarking e modellizzazione dei dati ambientali locali; nuovi modelli di raccolta, riuso e riciclo di materiali; centralità degli impatti delle infrastrutture nell'agenda urbanistica della città.

Il palinsesto originario di UNPark ha subito inevitabili variazioni dovute alla realizzazione di un percorso partecipativo in tempi di pandemia. La difficoltà di organizzare incontri e attività dal vivo è diventata tuttavia una sfida per esplorare nuovi modi e mezzi di comunicazione, e approfittare di opportunità imprevedute che hanno permesso di accelerare il processo di ricerca e ampliare la riflessione di partenza.

Per far fronte agli obiettivi iniziali, sono state adottate diverse soluzioni. Un'interlocuzione costante con la Pubblica Amministrazione tramite *conference call* ha sopperito alle più tradizionali riunioni dal vivo. La promozione di attività in presenza all'aperto, nel rispetto delle prescrizioni sanitarie di distanziamento fisico e con tracciamento tramite registrazione, ha consentito un minimo di familiarizzazione tra i partecipanti. L'utilizzo di strumenti di coinvolgimento a distanza, come sondaggi e questionari online, ha permesso di ottimizzare in tempo reale le reazioni degli aderenti. Infine, una comunicazione mirata delle iniziative

bourhood since 2005. Long-standing independent businesses have gradually been replaced with new activities that, when it goes well, respond to the tastes and needs of the ethnic groups that are gradually settling in the neighborhood, and when it goes badly, they fall into those categories of activities that impoverish the solidarity neighbourhood networks (24/7 vending machines, game rooms, self-service laundries, massage centres). Meanwhile, there is an increase in the number of vehicles on the road looking for a place to park due to the flyover, which has over 400 parking bays beneath it, and this all has major repercussions for air quality. The local media regularly propose solutions for the flyover. These have included turning it into a public transport lane, or into an elevated linear park following the High Line model, and even knocking it down completely.

Once again this shows the existence of the problem and the needs that spring from it, yet it is also proof of the need to reflect on the question that the infrastructure poses in such a way as to go beyond the issue of mobility and face questions regarding social justice/injustice.

In these terms, the main objective of the UNPark (Urban Nudging Park) research is to reach out to citizens and those operating in public urban requalification and raise their awareness of the physical, environmental and social impacts that mono-functional infrastructures like the Serra Monte Ceneri Flyover have on high-density residential urban contexts, and to investigate possible strategies and technologies that can be used to mitigate and compensate for such impacts. However, shifting the centre of the discussion to pragmatic topics of a

in corso ha permesso di mantenere saldo il legame tra il team e i sostenitori della ricerca.

Questo rapporto di mutuo scambio è stato avviato a settembre 2020 con *"Ready Steady Go"*, la serata evento di presentazione e lancio del lavoro di collaborazione presso un locale storico del quartiere. La scelta di questo luogo, informale e conviviale, è coincisa con la volontà di immergersi subito nella comunità locale per recuperare il tempo perduto.

Il coinvolgimento degli stakeholder è poi proseguito durante l'autunno, in concomitanza della vittoria da parte del team UNPark del bando europeo FURNISH (*Fast Urban Responses for New Inclusive Spaces and Habitat*), finanziato da EIT *Urban Mobility*, con le consultazioni propedeutiche alla realizzazione di prototipi di arredo urbano mobili (MUE – *Mobile Urban Elements*), prodotti in *digital fabrication*, e finalizzati a esplorare il tema della socializzazione negli spazi pubblici nel rispetto delle restrizioni fisiche imposte dalla pandemia. All'interno dell'evento *pop-up* "MUE:SLI – *MUE for Sport, Leisure and Inclusion*" sono state svolte ulteriori attività con ricadute fisiche e sociali, tra le quali: un intervento di urbanistica tattica per la risistemazione e colorazione di un'area al di sotto del Cavalcavia, in corrispondenza dell'incrocio tra Viale Monte Ceneri e Via Plana, già oggi riservata all'attraversamento pedonale; l'installazione temporanea di tre prototipi di sedute sviluppate e realizzate in seno al progetto europeo; infine, il presidio nei giorni di test per raccontare il progetto alla cittadinanza, distribuire materiale informativo e recepire reazioni e commenti a caldo dei passanti (Figg. 5, 6, 7). L'operazione di urbanistica tattica ha richiesto numerosi incontri formali con diversi settori della PA ma ha anche riscontrato l'interesse di diversi cittadini che si sono messi a disposizione per la

technical nature is extremely difficult and even the most moderate positions amongst residents reveal great distrust in any change and a negative attitude of chronic inertia that sees the future purely in terms of what is already there. The ability to aspire is something to be encouraged though and, above all, needs to be constantly exercised until such a point that illusory desire becomes a powerful volition (Appadurai, 2004).

#### **UNPark, Urban Nudging Park**

The UNPark - Urban Nudging Park<sup>2</sup> research is a comprehensive feasibility study and temporary pilot project to design short-, medium- and long-term solutions to transform the spaces beneath the Serra Monte Ceneri Flyover into a multi-functional space with universal accessibility for street sport. The pilot scheme will be accompanied

by actions relating to the monitoring of environmental quality, experimentation with nature-based solutions and the use of innovative materials. As the title suggests, the ambitious objective of the research is to encourage citizens and public administration to activate a joint regeneration process on the infrastructure. The acronym UNPark refers to the words to nudge (as in nudge someone to do something) and to unpark (i.e. remove a vehicle). It also hints at another term, which comes from the IT world and provides a fitting metaphor, and that is to unpark CPU, i.e. get the most out of a CPU by disabling Core Parking. If citizens are the processor (processing data and allowing the computer to function), then unparking<sup>3</sup> would mean disabling the brakes that restrict expression and making these citizens the true protagonists of the spaces in their city (Lydon



realizzazione della grafica a terra. MUE:SLI è stato il primo momento di scambio diretto con i residenti del quartiere che hanno voluto compilare il questionario o, più semplicemente, interagire con il team per condividere opinioni, frustrazioni e desideri, colmando lo scarto tra bisogni e risposte.

Sono attualmente in corso lo sviluppo di una rete dal basso per il monitoraggio della qualità dell'aria attraverso centraline auto-costruite da/con i cittadini; e il coinvolgimento delle scuole partner attraverso concorsi di idee per studenti legati ai temi della ricerca (rigenerazione urbana, sport, riuso/*up-cycling*).

I risultati ottenuti dalla tessitura continua della rete di relazioni fanno supporre che il lavoro sul campo possa continuare anche in futuro; in ogni caso l'urgenza del tema rispetto all'agenda urbana di Milano fa pensare che il dibattito relativo al destino del Cavalcavia Serra Monte Ceneri non possa più essere procrastinato. In questo senso, la ricerca UNPark sta già segnando una svolta importante.

### **Città contemporanea, motore dell'innovazione**

Le città sono molto più che un luogo di aggregazione e concentrazione di popolazione: sono

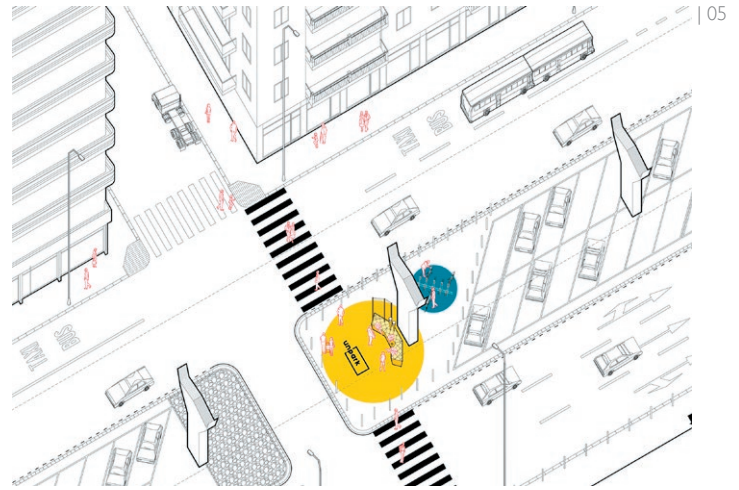
motori di scambio, *hub* del sapere e centri di produzione di energia. Le città sono anche luoghi di interconnessione e interazione per definizione, condizioni che stimolano lo sviluppo di soluzioni innovative e di processi di transizione (Concilio and Tosoni, 2018). Comprendere i problemi cercando soluzioni è il modo in cui le città sperimentano e sviluppano apprendimento. Contestualizzando questa attività di *problem solving* nella cornice più ampia delle sfide globali (cambiamento climatico, consumo delle risorse non rinnovabili, globalizzazione, inclusione ed equità sociale) si può dire che le città sono i laboratori ideali in cui cer-

and Garcia, 2015).

UNPark operates on numerous different levels: from theoretical research and the analysis of international case studies to field work (through co-design and the involvement of local stakeholders in project decisions), with a view to fostering participation and social inclusion, thanks to an open dialogue with citizens. The project is funded by the 2019 edition of the Polisocial Award contest, as part of Politecnico di Milano's social responsibility programme, and is co-funded by Milan City Council's Office for Urban Planning, Green Spaces and Agriculture and the 8th Municipality of Milan Council's Office, as well as by Open4Citizens - Horizon2020 research and by Politecnico di Milano's Textile Hub. Like operational levels, the expected results of UNPark can be separated into social results and technical/scien-

tific results. Social results include combatting marginalisation through sport and inclusion, social and intergenerational cohesion through participation and co-design, promotion of health and well-being, and raising citizens' environmental awareness through the spread of information. The technical and scientific results, meanwhile, include benchmarking and modelling local environmental data, new models for collection, reusing and recycling materials, and a focus on the impacts of infrastructures on a city's urban planning agenda.

The original schedule of the UNPark underwent some inevitable changes due to the implementation of a participatory process during the pandemic. The difficulty in organising in-person activities and meetings nevertheless became a challenge and a way of exploring new means of communicating



care risposte concrete ai problemi di oggi e domani attraverso il progetto, inteso come attività che cerca risposte alla contingenza, generando soluzioni di valore per l'utenza.

In questa visione, le questioni di sostenibilità sollevate dalla mobilità e dall'impatto delle infrastrutture sulla qualità della vita dei cittadini impongono alla comunità scientifica e alle istituzioni un approccio progettuale che debba saper andare oltre la dimensione contingente del problema, in direzione di un approccio multi scalare e multi disciplinare.

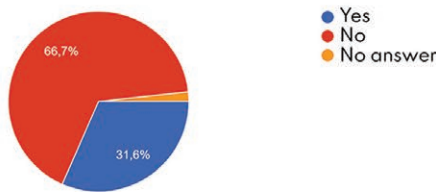
and taking advantage of unexpected opportunities that made it possible to speed up the research process and broaden initial reflection.

A range of solutions were adopted to tackle the initial objectives. Regular conference calls with public administration covered the need for more traditional face-to-face meetings. Outdoor in-person activities, conducted in line with current health guidelines on social distancing and contact tracing, meant participants could get to know one another to at least some small degree. Using tools to encourage involvement even at a distance, such as online questionnaires and surveys, meant the reactions of those involved could be gauged in real time. Finally, targeted communication of the initiatives being carried out meant it was possible to maintain a steady connection between the research supporters and the team.

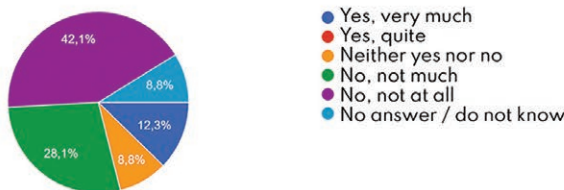
This mutual exchange started in September 2020 with "Ready Steady Go", an evening event held at a long-standing neighbourhood venue to present and launch the collaborative project. The choice of this informal, social space coincided with the wish to immerse the local community from the outset and thereby make up for lost time.

The stakeholders were then involved during the autumn at the same time that the UNPark team were selected for FURNISH (Fast Urban Responses for New Inclusive Spaces and Habitat), a European-wide open call funded by EIT Urban Mobility inviting designers to develop digitally fabricated mobile urban furnishing prototypes (MUE - Mobile Urban Elements) which aim to explore the theme of socialisation in public spaces while respecting the physical restrictions imposed by the

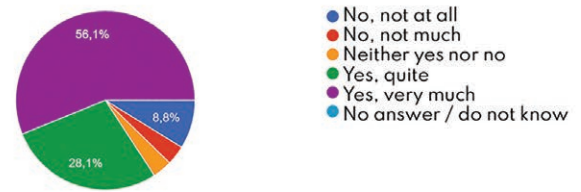
07 | **4. Have you used this space before?**  
(57 answers)



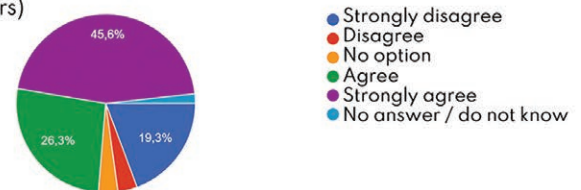
**6. Before the urban element prototype was placed, did you like this place?**  
(57 answers)



**7a. Does the urban element pick your attention?**  
(57 answers)



**11. How much do you agree with this statement: This urban element is appropriate for being repeated and placed in other sites of the city?**  
(57 answers)



Calando queste riflessioni sulle criticità generate dal Cavalcavia Serra Monte Ceneri, non è possibile ragionare sul suo futuro separatamente dalle dinamiche di trasformazione che influenzeranno il vicino Scalo Farini e l'area di Bovisa. Per influenza di queste trasformazioni, come si legge negli obiettivi generali del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile, il futuro di questa sopraelevata “nel lungo periodo” sarà quello della riqualificazione e/o riuso, anche a favore di un utilizzo ciclo- pedonale. Questa indicazione, letta assieme alla promozione di una mobilità attiva efficace con la creazione di itinerari ciclabili lungo i Viali Serra, Monte Ceneri e Certosa, apre uno spiraglio importante per la rigenerazione di tutta l'area, non solo in termini di accessibilità alternativa ma anche di riduzione delle emissioni atmosferiche ed esposizione alle fonti di rumore. Questa previsione non spinge tuttavia verso una visione progettuale capace di generare

nuovo valore, come quella che si potrebbe avere nel caso di una *Urban Green Infrastructure* (UGI), che affianchi ai benefici tangibili generati dalle *Nature-based solutions*, quelli intangibili indotti dall'applicazione di sistemi di sfruttamento e/o erogazione di energie rinnovabili, in sinergia con soluzioni digitali proprie delle *smart cities*. Una simile riconversione avrebbe anche il vantaggio di estendere la rete urbana del verde pubblico ricucendo parti diverse di città oggi scollegate, come l'ex scalo Farini con la sua futura area verde, il parco dell'ex Alfa Romeo al Portello e, a seguire, la Montagnetta di San Siro. La valorizzazione delle infrastrutture urbane è un argomento complesso che richiede sensibilità verso il contesto ma anche capacità visionaria, il tutto unito a una spiccata propensione alla interdisciplinarietà. Queste condizioni, reperibili negli ambienti più ricchi di scambi culturali e finanziari, non sono altrettanto facilmente rin-

pandemic. As part of the pop-up event “MUE:SLI – MUE for Sport, Leisure and Inclusion”, other activities were carried out with physical and social consequences. These included the following: tactical urbanism work to reorganise and improve an area already reserved for pedestrians beneath the overpass at the intersection between Viale Monte Ceneri and Via Plana; temporary installation of three prototypes of seating developed and created as part of the European project; and posts to explain the project to citizens, distribute information and gauge reactions and spontaneous comments from passers-by (Figs. 5, 6, 7). Strategic urban planning action called for a number of formal meetings with a range of public administration sectors, but it also provoked the interest of a variety of residents who made themselves available to help with the

floor drawings. MUE:SLI was the first opportunity to come together with residents of the neighbourhood who wanted to complete the questionnaire or, more simply, interact with the team and share opinions, frustrations and hopes in order to lessen the gap between needs and responses. At present, a network is being developed to monitor air quality through a system that has been self-built by/with citizens. Partner schools are also being involved through competitions that encourage students to think about ideas linked to the research issues (such as urban regeneration, sport, re-use and up-cycling). The ongoing network of relations has produced results to support the idea that work in the field can continue in the future. In any case, with regard to Milan's urban agenda, the urgency of the matter makes it clear that there

can be no more procrastination when it comes to the fate of the Serra Monte Ceneri Flyover. In this sense, the UNPark research is already a turning point. **Contemporary city, a driving force for innovation** Cities are much more than just places where citizens gather together in one space. They are places where exchange can occur, as well as hubs of knowledge and centres of energy production. Furthermore, cities are also places which encourage interconnection and interaction by definition and this stimulates the development of innovative solutions and transition processes (Concilio and Tosoni, 2018). Understanding problems by looking for solutions is the way in which cities experiment with and develop learning. By placing this problem-solving

activity within the broader context of global challenges (climate change, consumption of non-renewable resources, globalisation, inclusion and social justice), it can be said that cities are ideal laboratories in which to look for concrete answers to current and future problems through the project, intended as an activity that looks for answers to a situation and generates solutions that are of value to the user. In light of this, sustainability questions raised by mobility and by the impact of infrastructures on citizens' quality of life oblige the scientific community and institutions to adopt a project-based approach that must know how to go beyond the particular dimension of a problem and move in the direction of a multi-layered and multi-disciplinary approach. If these reflections are applied to the criticalities produced by the Serra

tracciabili in situazioni prive di stimoli sociali ed economici. Da qui l'importanza di avviare, in parallelo al lavoro sul campo, la stesura di un repository ragionato di casi studio che agevoli la conoscenza e il trasferimento di *best practice* sulla rigenerazione delle infrastrutture urbane; un lavoro lungo e complicato che potrà forse trasformarsi nel medio/lungo termine in una dote per la collettività.

#### NOTE

<sup>1</sup> *High Line* è un progetto supportato dall'associazione "Friends of High Line", esito di un concorso internazionale. Committente: Municipalità di New York. Progettisti: Diller Scofidio+Renfro; James Corner Field Operations; Piet Oudolf. Manhattan, New York, 2004-2019.

<sup>2</sup> Il team di lavoro è composto da ricercatori di 5 Dipartimenti del Politecnico di Milano.

<sup>3</sup> Oltre a contesti di argomento "automobilistico", la forma sparcheggiare si trova in testi di istruzione per l'uso di programmi informatici, in blog e siti dedicati a giochi per PC e applicazioni (Setti, 2017).

#### REFERENCES

Appadurai, A. (2004), "The capacity to aspire. Culture and the terms of recognition", in Rao V. and Walton, M. (Ed.), *Culture and public action* 59, Stanford University Press, Stanford, USA, pp. 59-84.

Barazzetta, G. and Neri, G. (2019), "Silvano Zorzi Ingegnere Contemporaneo", *Archi - Rivista svizzera di architettura, ingegneria e urbanistica*, Vol. 5, Casagrande, Bellinzona, Svizzera, pp. 35-39.

Biraghi, M. (2012), "Dal punto di vista dell'architettura. Il Novecento delle infrastrutture" in AA.VV., *L'architettura del mondo. Infrastrutture, mobilità, nuovi paesaggi*, Editrice Compositori, Bologna, Italia, pp. 47-74.

Camagni, R., Gibelli, M.C. and Rigamonti, P. (2002), *I costi collettivi della città dispersa*, Alinea, Firenze, Italia.

Monte Ceneri Flyover, it is impossible to consider its future without also considering how transformation will influence the nearby Scalo Farini and the Bovisa area. Due to the influence of these transformations, as stated in the general objectives of the Sustainable Urban Mobility Plan, the future of this elevated road in the long term will involve requalification and/or reuse, favouring pedestrians and cyclists, too. This direction, taken together with the promotion of active and efficient mobility (achieved through the creation of cycle paths along Viale Serra, Viale Monte Ceneri and Viale Certosa) offers a small but important possibility for regeneration of the whole area, not only in terms of alternative accessibility but also in terms of a reduction in atmospheric emissions and exposure to sources of noise. This forecast does not, however, encourage a project vi-

sion that is able to generate new value, such as that which could be achieved in the case of an Urban Green Infrastructure (UGI), which combines tangible benefits generated by nature-based solutions with intangible ones brought about by the application of systems that exploit and/or use renewable energies, in synergy with digital solutions found in smart cities. A similar transformation would also have the advantage of extending the urban network of public green space, thereby joining up the different parts of the city that are currently disconnected, such as the former Scalo Farini with its future green area, the park of the former Alfa Romeo Portello factory and, to follow, the Montagnetta di San Siro. The enhancement of urban infrastructures is a complex matter that calls for contextual sensitivity but also visionary talent, both combined with a

Concilio, G. and Tosoni, I. (2018), "Introduction" in Concilio, G. and Tosoni, I. (Ed.), *Innovation Capacity and the City. The Enabling Role of Design*, Spinger, pp. 1-14.

European Environmental Agency (2016), *Urban sprawl in Europe- Joint EEA-FOEN report*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, Luxembourg.

Faroldi, E. (2016), "Infrastruttura. La metafora organica tra fenomenologia del sistema urbano e opportunità", *Techne Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 11, Firenze University Press, Firenze, Italia, pp. 6-11.

Gozzi, V. (2019), "Silvano Zorzi - Due sopraelevate urbane a Milano", *Archi - Rivista svizzera di architettura, ingegneria e urbanistica*, Vol. 5, Casagrande, Bellinzona, Svizzera, pp. 40-44.

Losasso, M. (2016), "Infrastrutture per la città, il territorio, l'ambiente", *Techne Journal of Architecture and Environment*, Vol. 11, Firenze University Press, Firenze, Italia, pp. 4-5.

Lydon, M. and Garcia, A. (2015), *Tactical Urbanism: Short-term Action for Long-term Change*, Island Press, Washington DC, USA.

Maggiorotti, I. (2018), *Atlante di viaggio lungo le ferrovie dismesse*. Ferrovie dello Stato Italiane, Direzione centrale comunicazione esterna e media, Grafica Nappa, Aversa, Italia.

Munafò, M. (2020), *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*, Edizione 2020, Report Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) 15/20.

Schiaffonati, F. (2016), "Il territorio delle infrastrutture", *Techne Journal of Architecture and Environment*, Vol. 11, Firenze University Press, Firenze, Italia, pp. 12-21.

Secchi, M. and Motti, M. (2015), "Re-Thinking Infrastructures Towards Synergic Design", in Ricci, M. and Scaglione G.P. (Ed.), *RESEARCH LIST Lab*, Rovereto, Italia, pp. 256-59.

Setti, R. (2017), "Possiamo sparcheggiare?", *Italiano digitale*, Vol. 1, pp. 49-50.

UN Department of Economic and Social Affairs - Population Division (2018), *World Urbanization Prospects. The 2018 Revision*, United Nations, New York, USA.

marked propensity for interdisciplinarity. These conditions, available in richer financial and cultural exchange settings, are not so easily accessible in situations devoid of economic and social stimuli. This gives rise to the importance of creating, in parallel to the work in the field, a specific repository of case studies that can facilitate learning and the transfer of best practices related to the regeneration of urban infrastructures; a complicated, long-term project that, over the medium to long term, might be able to transform itself into a gift for the collective community.

#### NOTES

<sup>1</sup> *High Line* is a project supported by the association "Friends of High Line", the result of an international competition. Client: New York City Council. Designers: Diller Scofidio+Renfro;

James Corner Field Operations; Piet Oudolf. Manhattan, New York, 2004-2019.

<sup>2</sup> The project team is composed of researchers from 5 departments of the Politecnico di Milano.

<sup>3</sup> In addition to automobile contexts, the word unpark can also be found in IT programme instructional texts, in blogs and sites dedicated to PC games and applications (Setti, 2017).



Veronica De Salvo, Martina Carraro, Massimo Bianchini, Stefano Maffei,  
Dipartimento di Design, Politecnico di Milano, Italia

veronica.desalvo@polimi.it  
martina.carraro@polimi.it  
massimo.bianchini@polimi.it  
stefano.maffei@polimi.it

**Abstract.** L'articolo presenta i risultati del lavoro di ricerca svolto nell'ambito del progetto europeo H2020 REFLOW, che punta a costruire un approccio integrato per lo sviluppo di pratiche innovative partecipative dedicate ai metabolismi urbani circolari. Attraverso l'indagine condotta in merito all'applicazione di modelli collaborativi per l'economia circolare urbana, è emersa l'assenza di una strategia operativa condivisa da adottare per lo sviluppo circolare di sistemi complessi come le città. Sulla base di tale premessa, il presente contributo offre una nuova prospettiva su come costruire e validare un percorso di transizione per lo sviluppo delle città circolari attraverso l'adozione di un approccio orientato alla progettazione, in grado di coinvolgere e abilitare diverse risorse e capacità.

**Parole chiave:** Economia Circolare Urbana; Co-produzione; *Theory of Change*; Validazione.

## Introduzione

Il concetto di economia circolare si è recentemente affermato come modello di sviluppo sostenibile in grado di rappresentare una valida alternativa all'attuale modello economico lineare basato sulla crescita continua e sullo sfruttamento delle risorse. Tuttavia, la mancata applicazione di una visione progettuale sistemica ha finora caratterizzato le esperienze che promuovono lo sviluppo di processi di transizione verso l'economia circolare (Kircherr *et al.*, 2017). L'implementazione dei principi di circolarità sembra infatti aver privilegiato aspetti quali la prosperità economica e la qualità ambientale, tralasciandone altri legati, ad esempio, alla giustizia sociale o ai cambiamenti comportamentali, che rappresentano invece elementi cruciali per il benessere della società e la sostenibilità dei luoghi che abitiamo. In quest'ambito è necessario adottare uno sguardo più ampio che valorizzi l'interazione tra il processo e gli aspetti ambientali ed economici del contesto in cui questo si svolge (Ghisellini *et al.*, 2016), al fine di progettare gli strumenti appropriati per

Validating collaborative practices for urban circular economy: the design perspective

**Abstract.** The article presents the results of the research activity carried out within the framework of the European project H2020 REFLOW, which aims to build an integrated approach for the development of innovative participatory practices dedicated to urban circular metabolisms. As a result of the survey conducted on the application of collaborative models for the urban circular economy, it emerged that there is no shared operational strategy that can be adopted for the circular development of complex systems, such as cities. Based on this premise, this paper offers a new perspective on how to build and validate a transitional pathway for the development of circular cities through the adoption of a design-oriented approach that orchestrates different resources and capacities.

**Keywords:** Urban circular economy; Co-production; Theory of change; Validation.

coinvolgere attori in grado di contribuire a cambiamenti radicali. La transizione verso l'economia circolare rappresenta infatti una delle *grand challenge* dell'età contemporanea, caratterizzate da problematiche urgenti e complesse in risposta alle quali l'applicazione di un approccio progettuale *mission-oriented* (Mazzucato, 2018) può contribuire in maniera sistemica, attraverso la sperimentazione e lo sviluppo di soluzioni innovative e tra loro interconnesse. A seguito di grandi processi di urbanizzazione, le città si configurano oggi come complessi metabolismi in cui la concentrazione di numerose risorse materiali e immateriali rappresenta una minaccia per la vivibilità degli spazi urbani – a causa dell'impiego di tali risorse in modelli di sviluppo non sostenibili – e, allo stesso tempo, un'opportunità per lo sviluppo di scenari e soluzioni circolari, grazie alle tecnologie digitali che consentono di gestire grandi flussi di dati all'interno di processi aperti e dinamici per monitorare e ottimizzare i metabolismi urbani (Antikainen *et al.*, 2018; Eit Climate-KIC, 2019; Pagoropoulos *et al.*, 2017).

Inoltre, la compresenza di diverse competenze all'interno di un territorio geografico circoscritto rende la scala urbana un contesto appropriato in cui attivare nuove dinamiche collaborative mirate allo sviluppo di una trasformazione sistemica (Ellen MacArthur Foundation, 2017; 2019).

Tuttavia, dal punto di vista progettuale si registra ancora l'assenza di una strategia condivisa per lo sviluppo circolare di sistemi complessi come le città. Nel tentativo di colmare tale lacuna, il contributo propone l'adozione di un approccio *design-driven* per la definizione di un modello utile alla progettazione sistemica e

## Introduction

The concept of the circular economy has recently emerged as a sustainable development model that can represent a viable alternative to the current linear economic model, based on continuous growth and resource exploitation. However, the experiences of developing transition processes towards the circular economy have so far been characterised by the lack of a systemic design vision (Kircherr *et al.*, 2017). In fact, the implementation of circularity principles seems to have privileged aspects such as economic prosperity and environmental quality, excluding others related to, for instance, social justice or behavioural changes, which are crucial for the well-being of society and the sustainability of the places we inhabit.

Given this, it is necessary to adopt a broader view that enhances the inter-

action between the process and the environmental and economic aspects of the context in which it takes place (Ghisellini *et al.*, 2016), in order to design the appropriate tools to involve actors which can contribute to radical changes. Indeed, the transition towards the circular economy represents one of the grand challenges of the contemporary age, characterised by urgent and complex issues in response to which the adoption of a mission-oriented design approach (Mazzucato, 2018) can enhance the experimentation and development of innovative and interconnected solutions in a systemic way. As a result of large urbanisation processes, cities are now configured as complex metabolisms. The concentration of numerous tangible and intangible resources represents a threat to the liveability of these urban spaces due to the use of these resources

alla validazione di pratiche collaborative per l'economia circolare urbana.

I contenuti e le riflessioni di seguito riportati sono il risultato del lavoro di ricerca finora condotto nell'ambito di REFLOW, un progetto di ricerca europeo Horizon 2020, il cui processo metodologico (Fig. 1) prevede il coinvolgimento di istituzioni pubbliche, Fab Lab, imprese innovative e associazioni cittadine nella progettazione partecipata di soluzioni circolari da sperimentare e implementare all'interno di sei città pilota (Amsterdam, Berlino, Cluj-Napoca, Milano, Parigi e Vejle).

### **Il contributo del design nei processi di transizione urbana**

Documenti programmatici sullo sviluppo economico sostenibile (Commissione Europea, 2015; 2020) e diversi contributi nella letteratura scientifica e divulgativa (Ellen MacArthur Foundation 2017; Prendeville *et al.*, 2018; Voytenko *et al.*, 2017) identificano la città come contesto strategico in cui implementare processi di transizione verso l'economia circolare.

In questo ambito il design assume un ruolo fondamentale, poiché, in linea con il *framework* di azione promosso dall'UE per l'economia circolare (Commissione Europea, 2020), risponde alla necessità di progettare sistemi prodotto-servizio attraverso un approccio strategico utile a riconvertire comportamenti non sostenibili di produzione e consumo (Manzini and Vezzoli, 2003). Un approccio che, da una più recente letteratura sull'innovazione sociale, viene collocato all'interno di uno scenario più ampio di innovazione sostenibile delle città (Angelidou and Psaltoglou, 2017).

La transizione verso un futuro circolare, infatti, richiede di integrare risorse e competenze di esperti e cittadini per la co-cre-

in unsustainable development patterns. Nevertheless, they represent, at the same time, an opportunity for the development of circular scenarios and solutions, thanks to digital technologies that allow managing large data flows within open and dynamic processes to monitor and optimise urban metabolisms (Antikainen *et al.*, 2018; Eit Climate-KIC, 2019; Pagoropoulos *et al.*, 2017).

Moreover, the coexistence of different competences within a limited geographical territory makes the urban scale an appropriate context in which to activate new collaborative dynamics aimed at developing a systemic transformation (Ellen MacArthur Foundation, 2017; 2019).

However, from a design perspective, there is still a lack of a shared strategy for the circular development of complex systems, such as cities. In an

attempt to fill this gap, this contribution proposes the adoption of a design-driven approach to define a useful model for the systemic design and validation of collaborative practices for the urban circular economy.

The contents and reflections reported below are the result of the research activity carried out so far within REFLOW, a Horizon 2020 European research project, whose methodological process (Fig.1) includes public institutions, Fab Labs, innovative companies and citizens' associations in the participatory design of circular solutions to be tested and implemented in six pilot cities (Amsterdam, Berlin, Cluj-Napoca, Milan, Paris and Vejle).

### **The contribution of design in urban transition processes**

Policy documents on sustainable economic development (European Com-

missione Europea, 2017). Con l'obiettivo di assumere una posizione influente rispetto agli scenari di innovazione urbana, le grandi città europee hanno quindi promosso l'adozione di nuove forme progettuali sperimentali che coinvolgono *stakeholder* e cittadini. In questo contesto, gli *Urban Living Lab* rappresentano un modello diffuso per la sperimentazione urbana di nuove soluzioni e tecnologie nell'ambito della sostenibilità e dell'economia circolare (Santonen *et al.*, 2017; Voytenko *et al.*, 2016).

Parallelamente, estendendo l'interpretazione del progetto ad una complessità socio-tecnica che va oltre il ciclo produttivo del singolo prodotto, emerge una sensibilità progettuale partecipata e rivolta al sistema, che ha conferito alle pratiche di *Design per l'innovazione sociale* una funzione chiave nelle strategie di cambiamento. Infatti, rispondendo ad un sempre crescente bisogno di individuare soluzioni a sfide più complesse (Manzini, 2015b), il Design per l'innovazione sociale è diventato, soprattutto in ambito urbano, un approccio che incontra le esigenze progettuali dell'economia circolare attraverso l'utilizzo di strumenti di *co-design*, e la produzione, insieme, di valore economico, sociale, ambientale, politico. Questo scenario implica un orientamento delle pratiche progettuali verso la definizione di sistemi o ambienti complessi (Buchanan, 1992), che avviene attraverso l'adozione di un approccio sistemico capace di attivare trasformazioni su larga scala intervenendo sui modelli organizzativi, sul sistema di *policy* e coinvolgendo un ampio spettro di attori sociali (Jones, 2014).

In questo contesto, un approccio *design-driven* alla progettazione prevede quindi sia la definizione che l'applicazione di un modello di azione distribuito, che adotta gli strumenti del design

mission, 2015; 2020) and several contributions in the scientific and popular literature (Ellen MacArthur Foundation 2017; Prendeville *et al.*, 2018; Voytenko *et al.*, 2017) identify the city as a strategic context in which to implement transition processes towards the circular economy.

In this context, design plays a fundamental role, since, in line with the action framework for the circular economy promoted by the EU (European Commission, 2020), it responds to the need to design product-service systems through a strategic approach aimed at converting unsustainable production and consumption behaviours (Manzini and Vezzoli, 2003). More recently, this approach, according to literature on social innovation, is placed within a broader scenario of the sustainable innovation of cities (Angelidou and Psaltoglou, 2017).

Indeed, the transition towards a circular future requires the integration of resources and competences of experts and citizens for the co-creation of knowledge and new design solutions (European Commission, 2017). Therefore, aiming to assume an influential position within the urban innovation scenario, large European cities have promoted the adoption of new, experimental design forms involving stakeholders and citizens. In this context, Urban Living Labs represent a widespread model for urban experimentation for new solutions and technologies in the field of sustainability and circular economy (Santonen *et al.*, 2017; Voytenko *et al.*, 2016).

At the same time, by extending the interpretation of design to a socio-technical complexity that goes beyond the production cycle of the single product, a participatory and system-oriented

partecipativo all'interno di forme progettuali collaborative ed esperienze di *citizen engagement* (i.e., *co-design*). Nello scenario urbano, questo si traduce soprattutto nella proliferazione di comunità creative (Meroni, 2007) che, attraverso un'azione prevalentemente dal basso e l'integrazione di competenze progettuali diffuse e specializzate (Manzini, 2015a), produce un sistema diffuso di co-produzione di servizi collaborativi di pubblico interesse (Selloni, 2017)<sup>1</sup>. Intendendo quindi l'innovazione sociale come sforzo proattivo a sfide più complesse di sostenibilità (Sedini, 2020), l'obiettivo di queste esperienze progettuali è quello di attivare, attraverso un processo di aggregazione e scalabilità verticale (*scale-up*), un impatto e un cambiamento su larga scala (Manzini and Rizzo, 2011), che risponda ad una più ampia necessità di transizione sistemica (Manzini, 2015b). In tale ambito si colloca anche lo sforzo teorico del *Transition Design* (Irwin, 2015), che manifesta l'intento di estendere i metodi dell'innovazione sociale ad una pratica transdisciplinare e di lungo termine per uno scenario più sostenibile (Blomkamp, 2021). Tuttavia, il divario tra teoria e pratica non è mai stato colmato da evidenze empiriche. Infatti, la transizione verso l'economia circolare in ambito urbano richiede un approccio progettuale in grado di soddisfare una doppia complessità. Da una parte, deve saper attivare processi di *co-design* e co-produzione capaci di ridefinire i flussi e i metabolismi urbani, verso un modello di sviluppo e transizione circolare che eviti quindi gli scarti propri di un modello di sviluppo lineare. Dall'altra, però, al fine di promuovere un impatto che produca effetti tangibili su larga scala e rispondere ad una sfida che ha rilevanza globale (i.e., l'economia circolare), è necessario che questi processi vengano inseriti in un più ampio quadro progettuale attraverso dei meccanismi di scalabi-

design sensibility emerges, giving Design for Social Innovation practices a key role in change strategies. Responding to a growing demand for solutions to more complex challenges (Manzini, 2015b), Design for Social Innovation has become, especially in the urban context, an approach that meets the design needs of the circular economy through the use of co-design tools and the generation of economic, social, environmental and policy value. This scenario implies an orientation of design practices towards the definition of complex systems or environments (Buchanan, 1992), which takes place through the adoption of a systemic approach capable of activating large-scale transformations by intervening on organisational models and the policy system, and involving a wide range of social actors (Jones, 2014). Hence, in this context, a design-driven

approach involves both defining and implementing a distributed model of action, which adopts the tools of participatory design within collaborative design models and experiences of citizen engagement (i.e. co-design). In the urban scenario, this mainly translates into the proliferation of creative communities (Meroni, 2007) that, through predominantly bottom-up action and the integration of diffuse and specialised design skills (Manzini, 2015a), produce a widespread system of co-production of public-interest and collaborative services (Selloni, 2017)<sup>1</sup>. Therefore, through understanding social innovation as a proactive effort to address more complex sustainability challenges (Sedini, 2020), the aim of these project experiences is to activate, by means of a process of aggregation and vertical scalability (*scale-up*), a large-scale impact and change (Manzi-

lità orizzontale (*scale-out*), che permettano di replicare il modello di trasformazione all'interno di altri contesti urbani dotati di un proprio sistema regolativo e caratterizzati dalla presenza di specifiche risorse e competenze.

## Il processo di ricerca

Una prima indagine di letteratura, condotta nell'ambito del progetto REFLOW in merito al contributo del design nei processi di transizione urbana, ha evidenziato le potenzialità di un approccio progettuale partecipativo e sistemico, capace di contestualizzare singoli interventi all'interno di un ampio quadro di trasformazione, tenendo conto della complessità dei contesti urbani.

Parallelamente, la necessità di definire una strategia condivisa per la progettazione e la validazione di pratiche collaborative capaci di contribuire alla transizione circolare delle città ha orientato il lavoro di ricerca verso l'approfondimento teorico del concetto di "validazione". Sono stati quindi identificati e studiati i modelli e i processi di validazione già sviluppati, utilizzabili come riferimento qualificato per la costruzione di un modello di validazione delle pratiche circolari. Tuttavia, se da un lato la sistematizzazione delle conoscenze acquisite per mezzo di un'attività di *desk research* ha confermato che la validazione – intesa come processo di verifica della correttezza di dati scientifici attraverso il confronto con regole e dati già noti e affidabili – può rappresentare un'attività determinante per lo sviluppo di pratiche progettuali, dall'altro lato, un'ulteriore analisi della letteratura ha messo in luce l'assenza di modelli di validazione volti a verificare la conformità di pratiche collaborative per l'implementazione di processi di transizione circolare. Da qui l'esigenza di individuare

ni and Rizzo, 2011), which responds to a broader need for systemic transition (Manzini, 2015b). This is also where the theoretical effort of Transition Design (Irwin, 2015) comes in, expressing the intent to extend social innovation methods to a transdisciplinary and long-term practice for a more sustainable scenario (Blomkamp, 2021). However, the gap between theory and practice has never been bridged by empirical evidence. Indeed, the transition towards a circular economy in the urban context requires a design approach capable of satisfying a double complexity. On the one hand, it must be able to activate co-design and co-production processes capable of redefining urban flows and metabolismes towards a model of circular development and transition that avoids the waste which characterises a linear development model. However,

on the other hand, in order to promote impact that has tangible effects on a large scale and that is able to respond to a challenge of global relevance (i.e. the circular economy), it is necessary for these processes to be included into a broader project framework through mechanisms of horizontal scalability (*scale-out*), which allows the transformation model to be replicated in other urban contexts with their own regulatory systems and characterised by specific resources and skills.

## The research process

A first literature review on the contribution of design in urban transition processes, carried out within the REFLOW project, highlighted the potential of a participatory and systemic design approach to contextualise individual interventions within a broad framework of transformation,



altri strumenti e metodi utili alla definizione di un modello di validazione per l'economia circolare urbana.

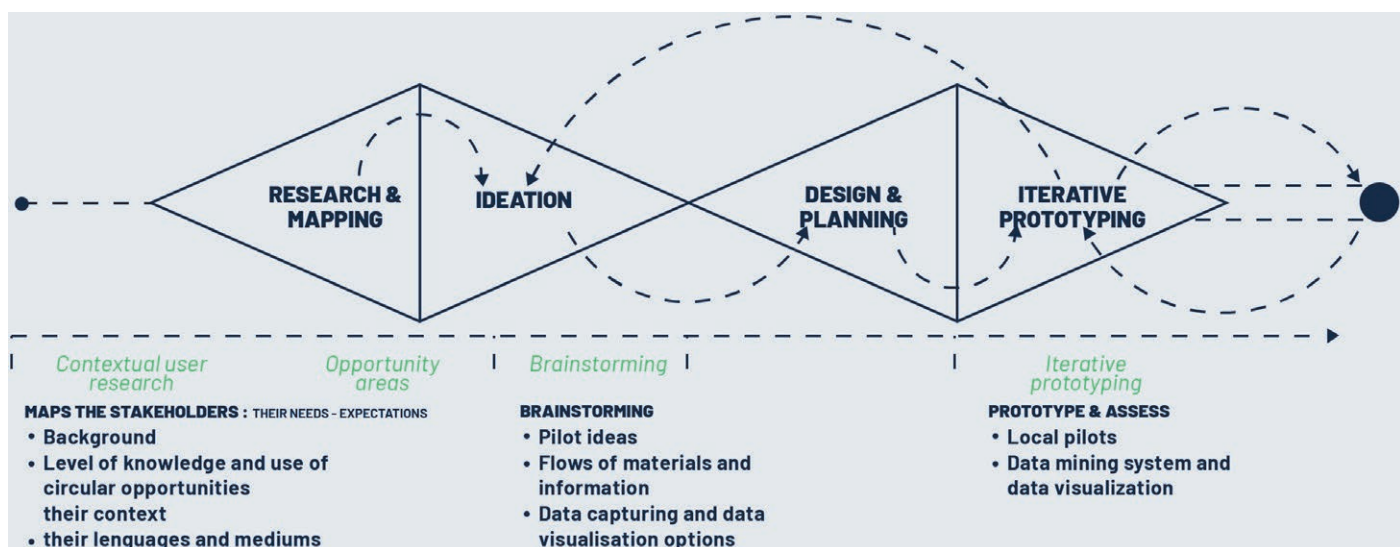
Ampliando il campo di indagine è stato possibile identificare la *Theory of Change* (ToC) come uno strumento adatto alla costruzione di tale modello. Il ricorso alla ToC consente di pianificare le attività di un processo trasformativo e innovativo attraverso la definizione di una sequenza di attività progettuali, evidenziando le connessioni di causa-effetto tra un'attività e l'altra, e favorendo la formulazione di presupposti che guidino il percorso di cambiamento fino al raggiungimento dei risultati e degli impatti attesi (Mackinnon and Amott, 2006; Simeone *et al.*, 2019). Inoltre, una delle caratteristiche fondamentali della ToC è la sua natura iterativa: nell'ambito di un'attività di validazione a lungo termine può essere impiegata per verificare costantemente il corretto sviluppo di ogni fase prevista dal processo progettuale, consentendo di rivedere le azioni pianificate e di perfezionare *in itinere* la strategia adottata. Allo scopo di adottare questo strumento nell'ambito dell'economia circolare urbana, sono state quindi analizzate alcune esperienze progettuali in cui la ToC è stato un elemento chiave sia per la pianificazione strategica che per la validazione degli interventi. Un esempio sull'utilizzo della ToC per la definizione di una strategia d'intervento è individuabile, per esempio, nell'iniziativa *Our Food Future*, proposta dalla città di Guelph e Wellington County per la *Canada's Smart Cities Challenge*. Allo scopo di promuovere un'economia alimentare circolare abilitata per mezzo della tecnologia, *Our Food Future* prevede la ridefinizione di un ecosistema alimentare sicuro e inclusivo, capace di trasformare i rifiuti in risorse, garantire un incremento del 50% relativo all'accesso a cibi nutrienti e ai ricavi economici, e favorire la creazione di 50 nuove attività e collaborazioni circo-

lari. Nel tentativo di raggiungere tali obiettivi, è stata avviata una collaborazione tra Guelph-Wellington, *Kap Design* e *Openly* per lo sviluppo di una serie di seminari durante i quali il comitato direttivo e i membri del gruppo di lavoro sono stati coinvolti, sia separatamente che collettivamente, alla definizione di una ToC in grado di valorizzare le connessioni tra i tre pilastri del progetto *Our Food Future* – Nutrienti, Sviluppo aziendale, Rifiuti – e di stabilire la priorità degli interventi in relazione agli obiettivi di breve e lungo termine. I risultati di questa attività sono stati infine tradotti in un modello logico per ognuna delle tre principali aree d'interesse (Darisi and Watt-Kapitain, 2018).

Come mostrato in figura 2, la costruzione della ToC ha permesso di identificare le condizioni necessarie per garantire il raggiungimento dei risultati attesi, favorendo così la definizione di nove azioni progettuali che insieme costituiscono l'intera strategia di intervento dell'iniziativa *Our Food Future*, la cui proposta è stata premiata con 10 milioni di dollari dalla *Canada's Smart Cities Challenge*.

Oltre a contribuire alla pianificazione strategica, la ToC permette di verificare la validità delle attività previste in relazione agli obiettivi prefissati, costituendo un efficace strumento di validazione per l'implementazione di un progetto.

Un interessante esempio in questo senso è rappresentato dal progetto europeo Horizon 2020 *Designscapes*<sup>2</sup> (2017-2021), che intende promuovere iniziative di innovazione urbana attraverso finanziamenti diretti e azioni di sostegno per lo sviluppo e la sperimentazione di esperienze progettuali potenzialmente scalabili, in relazione a pressanti sfide sociali, ambientali ed economiche nelle città. Al fine di valutare l'impatto dei singoli progetti pilota e dell'intero progetto, *Designscapes* prevede lo sviluppo e la continua re-



visione di una ToC complessiva, da utilizzare per informare e supportare tutte le attività di valutazione previste. All'interno del quadro di valutazione, viene chiarito come la ToC sia il principale strumento per verificare il valore e l'efficacia del contributo del design nei processi di innovazione (Cullen *et al.*, 2018). Durante lo sviluppo del progetto, la ToC di *Designscapes* sarà quindi rivista in linea con i dati emergenti, per constatare la rispondenza delle azioni verso gli obiettivi previsti e visualizzare l'intero processo di implementazione, inclusi gli eventuali cambiamenti avvenuti.

### **Theory of Change per la transizione delle città verso l'economia circolare**

Sulla base dei risultati ottenuti attraverso l'analisi della letteratura e l'osservazione dei casi studio, nell'ambito del progetto REFLOW è stata definita la *Theory of Change per la transizione delle città verso l'economia circolare*, qui intesa come un modello ideale di transizione verso l'economia circolare urbana attraverso cui validare la strategia e le azioni pianificate da ciascuna delle città pilota coinvolte nel progetto, al fine di assicurarne l'efficacia e l'eventuale replicabilità in contesti urbani simili. Per la definizione della ToC di REFLOW è stato seguito l'approccio suggerito da Ibrahim *et al.* (2017), che identifica attraverso quattro passaggi consequenziali il processo di progettazione di un'azione trasformativa (Fig. 3).

Il primo passo è stato quindi quello di descrivere il contesto urbano specifico di ogni pilota, attraverso l'identificazione delle caratteristiche economiche, sociali e ambientali del territorio di interesse, al fine di comprendere anche quali sfide potrebbero influenzare il processo di trasformazione circolare previsto dalla ToC.

by taking into account the complexity of urban contexts. Accordingly, the need to define a shared strategy for the design and validation of collaborative practices capable of contributing to the circular transition of cities steered the research towards the theoretical investigation of the concept of "validation". Models and processes of validation already implemented were identified and studied, which were used as a qualified reference for the construction of a validation model for circular practices. While the systematisation of knowledge from desk research confirmed that validation - understood as the process of verifying the correctness of scientific data by comparing it with already known and reliable rules and data - can be pivotal for the development of design practices, a further analysis of the literature highlighted the absence of validation models

aimed at verifying the suitability of collaborative practices for the implementation of circular transition processes. This led to the need to identify other tools and methods useful for defining a validation model for the urban circular economy. By widening the field of investigation, it was possible to identify Theory of Change (ToC) as a suitable tool for the construction of such a model. The use of ToC supports the planning of a transformative change and innovative process through the definition of a sequence of activities, highlighting the cause-effect connections between one activity and another, and encouraging the formulation of assumptions that guide the change path until the expected results and impacts are achieved (Mackinnon and Amott, 2006; Simeone *et al.*, 2019). In addition, one of the key features of ToC is its iterative nature; as part of a long-

Parallelemente, sono stati descritti i passaggi fondamentali della *Theory of Change* per la transizione delle città verso l'economia circolare (Fig. 4).

È stata quindi definita una serie di obiettivi di cambiamento a lungo termine che si intende raggiungere attraverso l'implementazione di azioni progettuali per la transizione circolare. In questo modo è stato poi possibile definire a ritroso - e in termini di causalità - anche gli obiettivi di breve e medio termine, fondamentali per l'efficacia dell'intero percorso trasformativo.

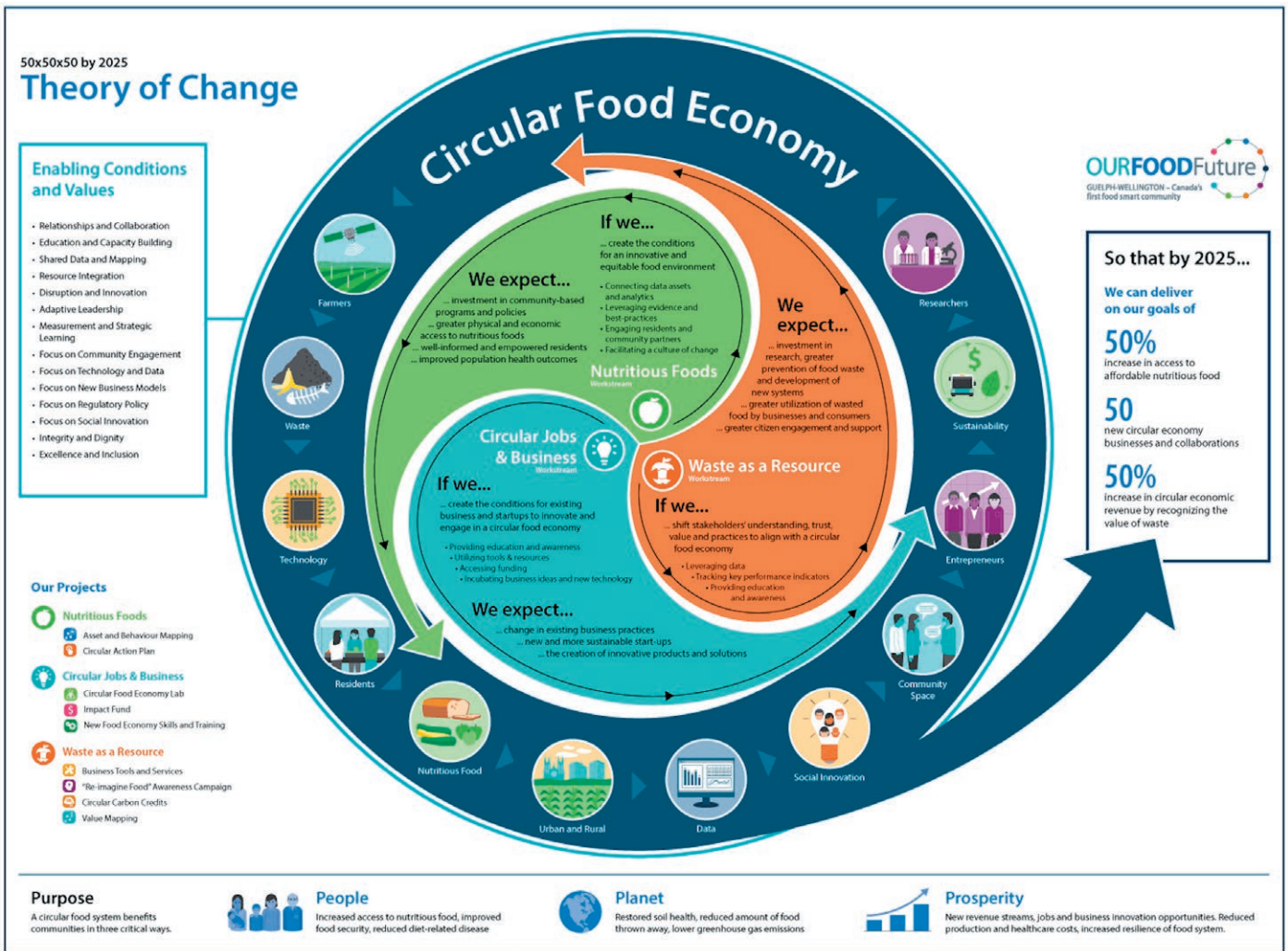
Successivamente è stato formulato il percorso logico di attività necessarie al raggiungimento degli obiettivi di cambiamento previsti. La sequenza delle azioni è stata definita in relazione agli obiettivi di breve, medio e lungo termine, adattando la qualità e la scala degli interventi sulla base del contesto e dei risultati da raggiungere. Infine, è stata descritta una serie di presupposti, da intendersi come condizioni necessarie affinché le azioni pianificate vengano implementate con successo. I presupposti, spesso relativi ad attività implicite e inconsapevoli (Simeone *et al.*, 2019), costituiscono infatti un elemento cruciale per validare l'appropriatezza degli interventi previsti dai piloti in relazione agli obiettivi di circolarità da raggiungere.

L'insieme dei passaggi appena descritti ha permesso di inserire all'interno di una visione sistemica e iterativa tutte le componenti fondamentali per lo sviluppo di un processo di cambiamento condiviso all'interno del contesto urbano.

Un approccio simile è stato sviluppato e dimostrato anche dal modello della ToC elaborato da Nesta<sup>3</sup>, in cui l'efficacia di ogni azione definita all'interno del processo progettuale risulta verificabile attraverso i presupposti i identificati come necessari al raggiungimento degli obiettivi.

term validation activity, it can be used to constantly check the expected development of each stage of the project process, allowing planned actions to be revised and the strategy to be refined *in itinere*. In order to adopt this tool in the context of the urban circular economy, a number of design experiences have been analysed in which ToC was crucial for both strategic planning and validation of interventions. An example of the use of ToC to define an intervention strategy can be found in the *Our Food Future* initiative, proposed by the city of Guelph and Wellington County for Canada's Smart Cities Challenge. With the aim of promoting a technology-enabled circular food economy, *Our Food Future* envisions the redefinition of a safe and inclusive food ecosystem that transforms waste into a resource, provides a 50% increase in access to nutritious food and

economic returns and fosters the creation of 50 new circular businesses and collaborations. In an effort to achieve these goals, Guelph-Wellington, Kap Design and Openly collaborated to develop a series of workshops involving the steering committee and working group members, both separately and collectively, to define a ToC that would enhance the connections between the three pillars of *Our Food Future* - Nutrients, Business Development, Waste - and prioritise interventions in relation to short- and long-term goals. The results of this activity were finally translated into a logic model for each of the three main areas of interest (Darisi and Watt-Kapitain, 2018). As shown in Figure 2, the construction of the ToC allowed them to identify the conditions necessary to achieve the expected results. It facilitated the definition of nine project actions that to-



gether constituted the entire intervention strategy of the Our Food Future initiative, whose proposal was awarded \$10 million by Canada's Smart Cities Challenge.

In addition to contributing to strategic planning, the ToC allows the validity of the planned activities to be verified in relation to the set objectives, constituting an effective validation tool for project implementation.

An interesting example in this sense is represented by the European Horizon 2020 project *Designscapes*<sup>2</sup> (2017-2021), which aims to promote urban innovation initiatives through direct funding and support actions for the development and testing of potentially scalable design experiences in relation to pressing social, environmental and economic challenges in cities.

In order to assess the impact of each pilot and the project as a whole, De-

signscapes envisages the development and ongoing revision of an overall ToC to be used to inform and support all planned evaluation activities. Within the evaluation framework, it is made clear that the ToC is the main tool for testing the value and effectiveness of the contribution of design in innovation processes (Cullen *et al.*, 2018). During the development of the project, the ToC of *Designscapes* will be reviewed in line with emerging data to see how well the actions met the intended objectives and to visualise the entire implementation process, including any changes that have occurred.

#### Theory of Change for the transition of cities towards circular economy

Within the *REFLOW* project, based on findings from literature review and case studies, the *Theory of Change for the transition of cities towards circular*

*economy* was defined, outlining an ideal model of transition to the urban circular economy against which to validate the strategy and actions planned by each of the pilot cities involved in the project, in order to ensure their effectiveness and possible replicability in similar urban contexts.

The ToC of *REFLOW* was defined following the approach suggested by Ibrahim *et al.* (2017), which identifies the design process of a transformative action through four consequential steps (Fig. 3).

Therefore, the first step consisted of describing the specific urban context of each pilot, through the identification of the economic, social and environmental characteristics of the territory of interest, in order to understand which challenges could also influence the circular transformation process envisaged by the ToC.

In parallel, the key steps of the *Theory of Change for the transition of cities towards circular economy* were described (Fig. 4).

A set of long-term change objectives was defined that were to be achieved through the implementation of project actions for the circular transition. In this way, it was also possible to define backwards - and in terms of causality - the short- and medium-term objectives that are crucial for the effectiveness of the entire transformative pathway.

Subsequently, the logical path of activities necessary to achieve the envisaged change objectives was formulated. The sequence of actions was defined in relation to short-, medium- and long-term objectives, adapting the quality and scale of interventions according to the context and the results to be achieved.



La *Theory of Change* per la transizione delle città verso l'economia circolare (Fig. 4) offre quindi una visione d'insieme di un modello ideale di transizione circolare delle città, che non esaurisce la sua efficacia all'interno del progetto REFLOW, ma diventa potenzialmente uno strumento impiegabile per la progettazione delle attività previste all'interno di una qualsiasi strategia di sviluppo circolare urbano. Il modello qui presentato è stato infatti adottato nell'ambito del progetto REFLOW per lo svolgimento dell'attività di validazione dei piani d'azione definiti – ma non ancora implementati – dalle città pilota, consentendo di supportare gli attori coinvolti nel perfezionamento del percorso di transizione previsto.

### Una riflessione aperta sul futuro della validazione delle pratiche circolari collaborative nelle città

Il lavoro di ricerca presentato illustra come l'adozione di un approccio *design-driven* può contribuire alla costruzione di pratiche collaborative efficaci

per il raggiungimento degli obiettivi previsti all'interno dei processi di transizione circolare delle città.

In particolare, questo contributo connette due nuclei di riflessione: da un lato, viene descritto come il Design per l'Innovazione Sociale opera mettendo in campo gli strumenti e i metodi per la progettazione collaborativa su scala urbana; dall'altro, si evidenzia come la complessità globale che caratterizza le sfide sociali, economiche e ambientali della circolarità genera l'esigenza di inserire pratiche "iper-locali" (Manzini, 2018) in uno scenario più ampio e condiviso, di rapida trasformazione e cambiamento. Nell'ambito della transizione circolare delle città, la progettazione di sistemi socio-tecnici necessita l'adozione di un modello teorico-progettuale situativo e iterativo, che permetta di attivare e

Finally, a set of assumptions was described, to be understood as necessary conditions for the planned actions to be successfully implemented. Assumptions, often related to implicit and unconscious activities (Simeone et al., 2019), are a crucial element to validate the appropriateness of the interventions planned by the pilots in relation to the circularity objectives intended to be achieved.

The steps just described made it possible to include within a systemic and iterative vision all of the fundamental components for the development of a shared change process within the urban context.

A similar approach has been developed and demonstrated by the ToC model developed by Nesta<sup>3</sup>, in which the effectiveness of each action defined within the design process is verifiable through the assumptions identified as

necessary to achieve the objectives.

The *Theory of Change for the transition of cities towards circular economy* (Fig. 4) thus offers an overview of an ideal model for the circular transition of cities, which does not exhaust its effectiveness within the REFLOW project, but potentially becomes a tool that can be used for the design of activities envisaged within any urban circular development strategy. The model presented here was adopted within the REFLOW project for the validation of the action plans defined but not yet implemented by the pilot cities, supporting the actors involved to refine the envisaged transition path.

### An open reflection on the future of validation of collaborative circular practices in cities

The research presented here illustrates how the adoption of a design-driven

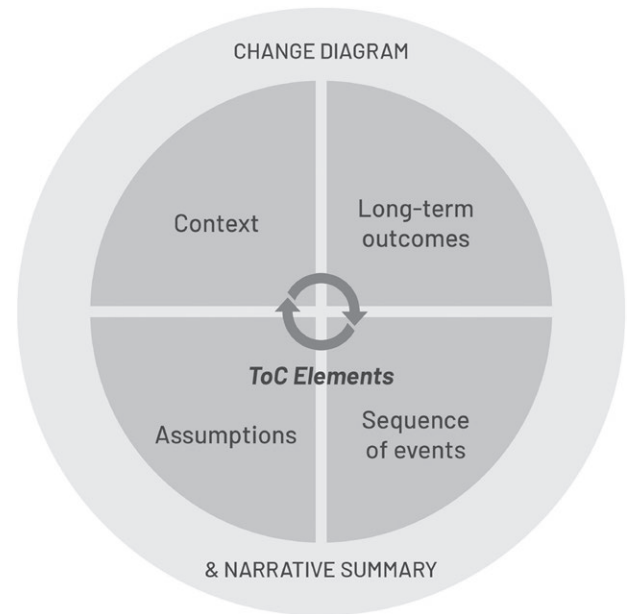
approach, locally and digitally, subjects and resources useful to the design of participatory design, guaranteeing both the replicability and the horizontal scalability (*scale-out*) of actions linked to the urban transformation process. In this specific context, the definition of an ideal model of circular transition responds to the need to guarantee the effectiveness and reliability of the results expected during the phases of ideation, experimentation and implementation. Finally, the validation activity carried out within REFLOW has shown how the use of ToC offers the possibility to translate these considerations into a shared project model. This experience represents the starting point for the further development of an integrated methodological approach to the validation of collaborative practices for the urban circular economy, able to support the development of these practices

approach can contribute to the construction of effective collaborative practices for achieving the objectives envisaged within the circular transition processes of cities.

In particular, this contribution connects two cores of reflection: it describes how Design for Social Innovation operates by deploying the tools and methods for collaborative design on an urban scale, and it highlights how the global complexity that characterises the social, economic and environmental challenges of circularity generates the need to incorporate "hyper-local" practices (Manzini, 2018) into a broader and shared scenario of rapid transformation and change.

In the context of the circular transition of cities, the design of socio-technical systems requires the adoption of a situational and iterative theoretical design model. It is useful to enable and ag-

gregate, locally and digitally, subjects and resources involved in participatory design by guaranteeing both the replicability and the horizontal scalability (*scale-out*) of actions linked to the urban transformation process. In this specific context, the definition of an ideal model of circular transition responds to the need to guarantee the effectiveness and reliability of the results expected during the phases of ideation, experimentation and implementation. Finally, the validation activity carried out within REFLOW has shown how the use of ToC offers the possibility to translate these considerations into a shared project model. This experience represents the starting point for the further development of an integrated methodological approach to the validation of collaborative practices for the urban circular economy, able to support the development of these practices



una volta standardizzato e condiviso, potrà essere replicato in diversi contesti urbani e applicato da tutti i soggetti, istituzionali e non, coinvolti nel percorso collaborativo di transizione verso l'economia circolare urbana.

### Scheda tecnica del progetto di ricerca di riferimento

*REFLOW - constructive metabolic processes For material flows in urban and peri-urban environments across Europe* (www.reflowproject.eu)

**Finanziato da:** EU H2020 | **ID dell'accordo di sovvenzione:** 820937

**Data di avvio:** 1 giugno 2019

**Data di completamento:** 31 Maggio 2022

#### Programmi:

- H2020-EU.3.5.4. - Enabling the transition towards a green economy and society through eco-innovation;
- H2020-EU.3.5.2. - Protection of the environment, sustainable management of natural resources, water, biodiversity and ecosystems

**Argomento:** CE-SC5-03-2018: Demonstrating systemic urban development for circular and regenerative cities

**Call for proposal:** H2020-SC5-2018-2: Greening the economy in line with the Sustainable Development Goals (SDGs)

**Meccanismo di finanziamento:** IA - Innovation action

**Budget totale:** € 10.288.060

**Contributo EU:** € 9.794.935

**Coordinato da:** Copenhagen Business School (Denmark)

**Partecipanti:** Spagna: Institut d'Arquitectura Avançada de Catalunya; Finlandia: Ecovala; UK: Materiom Limited; Grecia: P2P Foundation; Paesi Bassi: Stichting Dyne.Org, Stichting Meta-

from the validation of initial co-creation actions to the validation of subsequent co-design and co-production of solutions. This validation approach, once standardised and shared, could be replicated in different urban contexts and applied by all the actors – both institutional and non-institutional – involved in collaborative transitions towards urban circular economies.

**Reference research project data sheet**  
*REFLOW – constructive metabolic processes For material flows in urban and peri-urban environments across Europe* (www.reflowproject.eu)

**Funded under:** H2020 | **Grant agreement ID:** 820937

**Start date:** 1 June 2019

**End date:** 31 May 2022

#### Programmes:

H2020-EU.3.5.4. - Enabling the transition towards a green economy and so-

ciety through eco-innovation  
H2020-EU.3.5.2. - Protection of the environment, sustainable management of natural resources, water, biodiversity and ecosystems

**Topic:** CE-SC5-03-2018: Demonstrating systemic urban development for circular and regenerative cities

**Call for proposal:** H2020-SC5-2018-2: Greening the economy in line with the Sustainable Development Goals (SDGs)

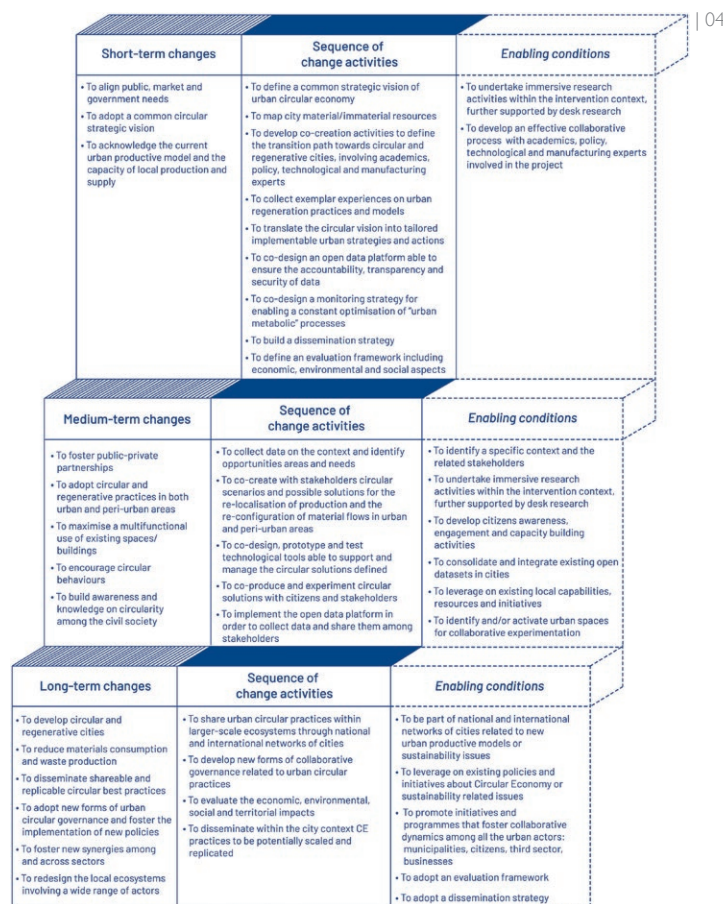
**Funding Scheme:** IA - Innovation action

**Overall budget:** € 10,288,060

**EU contribution:** € 9,794,935

**Coordinated by:** Copenhagen Business School (Denmark)

**Participants:** Spain: Institut d'Arquitectura Avançada de Catalunya; Finland: Ecovala; UK: Materiom Limited; Greece: P2P Foundation; Netherlands: Stichting Dyne.Org, Stichting



bolic Institute, Gemeente Amsterdam, Stichting Waag Society, Stichting, Pakhuis De Zwijger, BMA; Germania: Fraunhofer, Agile Heap Ev, Mcs Datalabs; Italia: Comune Di Milano, Politecnico di Milano, Wemake Srl, Opendot Srl; Francia: Commune De Paris, Fab City Grand Paris, Ars Longa, Volumes; Danimarca: Vejle Kommune, Danish Design Centre; Romania: Municipul Cluj-Napoca, Aries, Itim.

Metabolic Institute, Gemeente Amsterdam, Stichting Waag Society, Stichting, Pakhuis De Zwijger, BMA; Germany: Fraunhofer, Agile Heap Ev, Mcs Datalabs; Italy: Comune Di Milano, Politecnico di Milano, Wemake Srl, Opendot Srl; France: Commune De Paris, Fab City Grand Paris, Ars Longa, Volumes; Denmark: Vejle Kommune, Danish Design Centre; Romania: Municipul Cluj-Napoca, Aries, Itim.

<sup>3</sup> See: "DIY Toolkit. Development Impact & You. Practical tools to trigger and support social innovation", available at: <https://diytoolkit.org/tools/theory-of-change/>.

#### NOTES

<sup>1</sup> See the RePoPP project, a social innovation experience for the circular economy, which initially implemented in the Porta Palazzo market (Turin) a service for the collection and redistribution of surplus food to the needy, in order to reduce the fruit and vegetable waste produced.

<sup>2</sup> "Designscapes", available at: <https://designscapes.eu/>

## NOTE

<sup>1</sup> Si veda il progetto RePoPP, un'esperienza di innovazione sociale per l'economia circolare che, nelle fasi iniziali del progetto, ha messo in atto un servizio di raccolta e redistribuzione di eccedenze alimentari ai bisognosi, nel mercato di Porta Palazzo (Torino), per ridurre gli scarti ortofrutticoli prodotti.

<sup>2</sup> "Designscapes", available at: <https://designscapes.eu/>

<sup>3</sup> Si veda: "DIY Toolkit. Development Impact & You. Practical tools to trigger and support social innovation", available at: <https://diytoolkit.org/tools/theory-of-change/>.

## REFERENCES

- Angelidou, M. and Psaltoglou, A. (2017), "An empirical investigation of social innovation initiatives for sustainable urban development", *Sustainable cities and society*, Vol. 33, pp. 113-125.
- Antikainen, M., Uusitalo, T. and Kivikytö-Reponen, P. (2018), "Digitalisation as an Enabler of Circular Economy". *Procedia CIRP*, Vol. 73, pp. 45-49.
- Blomkamp, E. (2021), "Systemic design practice for participatory policymaking", *Policy Design and Practice*, pp. 1-20.
- Buchanan, R. (1992), "Wicked problems in design thinking", *Design issues*, Vol. 8, n. 2, pp. 5-21.
- Commissione Europea (2015), *Lanello mancante - Piano d'azione dell'Unione europea per l'economia circolare*.
- Commissione Europea (2020), *Un nuovo piano d'azione per l'economia circolare per un'Europa più pulita e più competitiva*.
- Cullen, J., Iacopini, G., Junge, K., Spielhofer, T., Abbasi M. and Tosoni, I. (2018), *Evaluation Framework*, Designscapes Deliverable 2.1.
- Darisi, T. and Watt-Kapitain, H. (2018), "Envisioning a Circular Food Economy. Theory of Change for Smart Cities. Circular Food Economy Innovation Hub", City of Guelph, County of Wellington, Canada, available at: <https://guelph.ca/wp-content/uploads/Theory-of-Change-for-Smart-Cities.pdf>
- Eit Climate-KIC (2019), *Digitalisation - unlocking the potential of the circular economy*.
- Ellen MacArthur Foundation (2017), *Cities in the Circular Economy: an initial exploration*.
- Ellen MacArthur Foundation (2019), *Circular Economy in cities: project guide*.
- Friant, M.C., Vermeulen, W. and Salomone, R. (2019), *Advancing a critical research agenda on the Circular Economy*. Sustaining Resources for the Future. 25th International Sustainable Development Research Society, Nanjing, China.
- Ghisellini, P., Cialani, C. and Ulgiati, S. (2016), "A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 114, n. 15, pp.11-32.
- Ibrahim, M., El-Zaart, A. and Adams, C. (2017), *Theory of change for the transformation towards smart sustainable cities*, Sensors Networks Smart and Emerging Technologies (SENSET).
- Irwin, T. (2015), "Transition design: A proposal for a new area of design practice, study, and research", *Design and Culture*, Vol. 7, n. 2, pp. 229-246.
- Jones, P.H. (2014), "Systemic design principles for complex social systems" in Metcalf G. (Ed.), *Social systems and design*, Springer, Tokyo, Japan, pp. 91-128.
- Kirchherr, J., Reike, D. and Hekkert, M. (2017), "Conceptualizing the circular economy: an analysis of 114 definitions", *Resources, Conservation & Recycling*, Vol. 127, pp. 221-232.
- Mackinnon, A. and Amott, N. (2006), *Mapping Change: Using a Theory of Change to Guide Planning and Evaluation*, GrantCraft Foundation Center.
- Manzini, E. (2015a), "Design in the transition phase: a new design culture for the emerging design", *Design Philosophy Papers*, Vol. 13, n. 1, pp. 57-62.
- Manzini, E. (2015b), *Design, when everybody designs: An introduction to design for social innovation*, MIT press.
- Manzini, E. (2018), *Politiche del quotidiano*, Edizioni di comunità.
- Manzini, E. and Rizzo, F. (2011), "Small projects/large changes: Participatory design as an open participated process", *CoDesign*, Vol. 7, n. 3-4, pp. 199-215.
- Manzini, E. and Vezzoli, C. (2003), "A strategic design approach to develop sustainable product service systems: examples taken from the 'environmentally friendly innovation' Italian prize", *Journal of cleaner production*, Vol. 11, n. 8, pp. 851-857.
- Mazzucato, M. (2018), "Mission-oriented innovation policies: challenges and opportunities", *Industrial and Corporate Change*, Vol. 27, n. 5, pp. 803-815.
- Meroni, A. (2007), *Creative Communities. People inventing sustainable ways of living*, Edizioni Polidesign.
- Murray, R., Caulier-Grice, J. and Mulgan, G. (2010), *The open book of social innovation*, Vol. 24, Nesta, London, UK.
- Pagoropoulos, A., Pigosso, D.C.A. and McAloone, T.C. (2017), "The emergent role of digital technologies in the circular economy: a review", *Procedia CIRP*, Vol. 64, pp. 19-24.
- Predeville, S., Cherim, E. and Bocken, N. (2018), "Circular cities: Mapping six cities in transition", *Environmental innovation and societal transitions*, Vol. 26, pp. 171-194.
- Santonen, T., Creazzo, L., Griffon, A., Bódi, Z. and Aversano, P. (2017), *Cities as Living Labs - Increasing the impact of investment in the circular economy for sustainable cities*.
- Sedini, C. (2020), *Collectively designing social worlds. History and potential of social innovation*, Franco Angeli, Milano, Italia.
- Selloni, D. (2017), *CoDesign for public-interest services*, Springer, Berlin, Germany.
- Simeone, L., Drabble, D., Iacopini, G., van Dam, K., Morelli, N., De Götzen, A. and Cullen, J. (2019), "Articulating a strategic approach to face complexity in design projects: the role of theory of change in academy for design innovation management", *London International Research Conference*, Academy for Design Innovation Management, pp. 938-948.
- Voytenko, Y., McCormick, K., Evans, J. and Schwila, G. (2016), "Urban living labs for sustainability and low carbon cities in Europe: towards a research agenda", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 123, pp. 45-54.



Antonello Monsù Scolaro<sup>1</sup>, Lia Marchi<sup>2</sup>, Sara Corridori<sup>1</sup>,

<sup>1</sup> Dipartimento di Architettura, Design ed Urbanistica, Università degli Studi di Sassari, Italia

<sup>2</sup> Dipartimento di Architettura, Università di Bologna, Italia

amscolaro@uniss.it

lia.marchi3@unibo.it

corridorisara.sc@gmail.com

**Abstract.** Il progressivo consumo di risorse vergini e la crescente produzione di rifiuti caratterizzano ormai da anni il settore delle costruzioni: le innovazioni di processo e di prodotto basate sulla valorizzazione dei rifiuti da costruzione e demolizione (C&D) a partire dalla loro localizzazione e identificazione prefigurano interessanti riduzioni degli impatti ambientali. L'articolo presenta la metodica e i risultati di una mappatura di scarti e residui edilizi condotta in Sardegna allo scopo di individuarne possibili scenari di valorizzazione. La localizzazione dei siti in cui i residui vengono prodotti insieme alla conoscenza del loro possibile reimpiego ha permesso di delineare filiere organizzate in simbiosi industriale, capaci di metabolizzare i propri scarti.

**Parole chiave:** Rifiuti C&D; End of waste; Risorse secondarie; Mappatura territoriale; Simbiosi industriale.

## Introduzione

In Europa si consumano all'anno tra 1.200 e 1.800 milioni di tonnellate di materiali per nuove costruzioni e ristrutturazioni, la cui estrazione e trasformazione causa dal 5 al 12% delle emissioni di gas serra (Eurostat, 2018). Le costruzioni generano inoltre il 35% del totale dei rifiuti e l'Eurostat ne prevede la produzione di circa 1,13 miliardi di tonnellate nel 2030, insieme al raddoppio del consumo di risorse primarie – materiali da cava e metalliferi – entro il 2060 (OECD, 2018). L'UE auspica da anni una maggiore efficienza nell'uso delle risorse e nel 2020 ha lanciato una strategia per integrare le politiche sui cambiamenti climatici con l'efficienza energetica degli edifici, aumentando gli interventi di riqualificazione, riducendo le demolizioni e le ricostruzioni e valorizzando l'efficienza dei materiali da costruzione. Tuttavia, le quote di recupero, riciclo e riutilizzo di rifiuti dei cicli edilizi differiscono molto tra i Paesi Membri a causa dei diversi apparati normativi, degli assetti industriali e delle diverse capacità di innovazione tecnologica di processo e di prodotto (Osmani *et al.*, 2019). Inoltre, la capacità di applicare i principi

dell'economia circolare è molto differente tra gli operatori delle costruzioni: più sviluppata nei produttori industriali, meno nei clienti, progettisti e costruttori (Adam *et al.*, 2017). Un miglior tracciamento dei flussi di rifiuti da C&D e una gestione che ne consenta una chiara identificazione dell'origine; una più efficace caratterizzazione fisico-chimica che permetta di conoscere le sostanze in essi contenute e un'innovazione dei trattamenti di valorizzazione finalizzati al reimpiego in altri cicli produttivi sono tra i possibili campi di azione per migliorare la qualità di prodotti e materiali riciclati ed aumentare la fiducia dell'utente, ampliando così il relativo mercato e, di conseguenza, le quantità di rifiuti valorizzabili (Ecorys, 2016).

## Rifiuti, sottoprodotti ed end of waste: possibilità di riutilizzo di residui da C&D

La Commissione Europea ha più volte ribadito come l'implementazione dei processi di riutilizzo e riciclo e la valorizzazione delle Materie Prime Secondarie (MPS) potrebbero favorire la crescita dei mercati e aumentare la competitività delle imprese della filiera edilizia (COM (2015) 445 final). La gestione efficiente dei residui dei cicli edilizi emerge dunque come strategia potenzialmente molto efficace per accelerare la conversione del settore verso la circolarità. Già nel 2008, la WFD (*Waste Framework Directive*), anticipando i principi di circolarità delle risorse, aveva specificato le possibili operazioni di valorizzazione dei rifiuti, definendone la gerarchia. Il "riutilizzo" è relativo a «prodotti o componenti che non siano ancora diventati rifiuti», che pertanto possono essere reimpiegati per finalità analoghe a quelle per cui erano stati ideati; la "pre-

La Commissione Europea ha più volte ribadito come l'implementazione dei processi di riutilizzo e riciclo e la valorizzazione delle Materie Prime Secondarie (MPS) potrebbero favorire la crescita dei mercati e aumentare la competitività delle imprese della filiera edilizia (COM (2015) 445 final). La gestione efficiente dei residui dei cicli edilizi emerge dunque come strategia potenzialmente molto efficace per accelerare la conversione del settore verso la circolarità. Già nel 2008, la WFD (*Waste Framework Directive*), anticipando i principi di circolarità delle risorse, aveva specificato le possibili operazioni di valorizzazione dei rifiuti, definendone la gerarchia. Il "riutilizzo" è relativo a «prodotti o componenti che non siano ancora diventati rifiuti», che pertanto possono essere reimpiegati per finalità analoghe a quelle per cui erano stati ideati; la "pre-

## Mapping of building cycle waste for scenarios of industrial symbiosis

**Abstract.** For years, the building sector has been marked by the progressive exploitation of raw materials and the growing production of waste. The product and process innovations, based on waste valorisation starting from their geographical location and identification, prefigure potential reductions of environmental impacts. This paper presents the methodology and findings of the mapping of waste from construction and manufacturing processes, carried out in Sardinia to identify possible scenarios of valorisation. The geographical location of waste production both in construction and manufacturing processes, along with their possible reuse, have allowed the definition of some supply chains which are able to process their own waste, according to industrial symbiosis scenarios.

**Keywords:** C&D waste; End of waste; Secondary raw materials; Territorial mapping; Industrial symbiosis.

## Introduction

Every year in Europe, between 1,200 and 1,800 tons of raw materials are consumed for new buildings and refurbishment works: their extraction and manufacturing generate 5 to 12% of total greenhouse gas emissions (Eurostat, 2018). Furthermore, constructions produce 35% of the total amount of waste and, according to Eurostat, the production is likely to increase up to 1.13 billion tons by 2030, along with the doubling of raw material consumption – mining materials and metal-bearing ones – by 2060 (OECD, 2018). A more efficient use of primary resources has been expected by the European Community for years now; in 2020, a strategy was launched to integrate the climate change policies with buildings' energy efficiency, by increasing the refurbishment works, decreasing renovations and demoli-

tions and by improving the building materials' efficiency.

Nevertheless, the percentages of recovery, recycling and reuse of waste from construction cycles has considerable differences among the member States, due to the different regulatory frameworks and industrial structures, as well as the expertise of product and process technological innovations (Osmani *et al.*, 2019). Furthermore, in the building sector, the application of circular economy principles has been quite different among professionals: it is more developed in the manufacturing sector, less developed among customers, designers and builders (Adam *et al.*, 2017). A finer tracking system of construction and demolition waste, along with stronger management and identification which starts from their origin, a more efficient physico-chemical characterisation in order to detect the

parazione per il riutilizzo” consiste in operazioni di controllo, pulizia e riparazione, necessarie al reimpiego di prodotti e componenti di rifiuti; il “recupero”, compreso il “riciclo”, riguarda invece i rifiuti (materiali e componenti) affinché diventino materiali alternativi (secondari), capaci di sostituire quelli solitamente impiegati nei processi produttivi. Il “sottoprodotto” è invece una sostanza o un oggetto derivato da un processo produttivo e può essere reimpiegato senza ulteriori trattamenti nello stesso processo.

La WFD aveva inoltre introdotto il regime *end of waste*, la «cessazione della qualifica di rifiuto»: ovvero un insieme di operazioni di “recupero”, incluso il “riciclo”, affinché un qualsiasi oggetto (prima rifiuto) diventi un prodotto o un materiale secondario purché abbia un mercato; posseda chiare specifiche e requisiti tecnici d’impiego e non comporti impatti complessivi negativi sull’ambiente o sulla salute umana<sup>1</sup>.

Tuttavia, nel settore delle costruzioni, a scala europea, è stata ad oggi emanata una sola direttiva *end of waste* – sui materiali bituminosi – a riprova di come la varietà materica, tipologica, le caratteristiche geometrico-dimensionali e le sostanze chimiche contenute nei rifiuti da C&D rendano complesse le operazioni di riutilizzo, recupero e riciclo, limitandone il reimpiego in cicli produttivi secondari (EEA, 2020). Attualmente, sebbene la maggior parte dei Paesi Membri abbia raggiunto il target del 70% di riutilizzo o preparazione per il riutilizzo dei rifiuti inerti da C&D (Osmani *et al.*, 2019), un importante contributo deriva da operazioni di *backfilling*, che però riducono drasticamente il valore materico del residuo sfruttato (Whittacker *et al.*, 2019). In Italia, su dati ISPRA, nel 2017 i rifiuti da C&D ammontavano al 42,3% del totale dei rifiuti speciali prodotti, il 75% è soggetto a riuti-

lizzo, riciclaggio e altre forme di recupero di materia: gli inerti, che ne sono la parte più cospicua, per il 59% vengono recuperati e per il 10% smaltiti. Tuttavia, la variabilità dei dati sulle quote di recupero di materia nei differenti Paesi Membri impedisce di sapere se e quali siano effettivamente le pratiche in atto nella riduzione del prelievo di risorse primarie, auspicata tra il 17-24% entro il 2030 dall’UE.

Attualmente, la valorizzazione dei rifiuti da C&D appare rallentata sia da fattori come il carente monitoraggio e identificazione dei flussi e delle tipologie, che limitano la conoscenza dei materiali (da riciclo) in ingresso e condizionano la qualità di quelli in uscita; sia dagli alti costi di trasporto e trasformazione che, insieme agli elevati prezzi di acquisto dei prodotti e dei materiali secondari rispetto ai primari, ne limitano l’ampliamento del mercato (BIS, 2011; Deloitte, 2017). Sotto il profilo normativo, sono ancora numerose le barriere che limitano ad esempio l’utilizzo degli inerti di recupero per impieghi strutturali, causando l’accumulo di grandi quantità di materiali riciclati negli impianti di trattamento, il che scoraggia aziende ed investitori (FFS, 2019). Infine, sotto il profilo tecnico, stabilire le condizioni di idoneità al reimpiego di componenti e materiali edilizi post consumo è ancora un procedimento di complessa attuazione (Antonini, 2004). Ulteriori barriere sono associate ai dubbi sul profilo ambientale dei processi di riciclo che talvolta risultano più impattanti della produzione primaria richiedendo pertanto un attento monitoraggio in chiave LCA (Giorgi *et al.*, 2019). Pertanto, sebbene il processo sia avviato, si potrà migliorare se si renderanno disponibili dati più precisi su origine, identificazione, separazione, raccolta, trasporto e stoccaggio provvisorio, completati dalla caratterizzazione fisico-chimico e meccanica dei flussi di rifiuti

presence of hazardous substances and innovative treatments which could allow them to be reused or integrated in other production cycles could be several various ways to improve the quality of recycled materials and increase the customer’s confidence, as well as to extend the market and, consequently, to increase the amount of waste that could be valorised (Ecorys, 2016).

#### **Waste, by-products and end of waste: reuse possibilities of C&D waste**

The European Commission has affirmed several times how the implementation of reuse and recycling processes and the valorisation of Secondary Raw Material could encourage the growth of the market and increase the competitiveness of construction industry companies (COM (2015) 445 final). Therefore, an efficient management of the building’s life cycle resi-

dues appears to be a potentially effective strategy to accelerate the conversion of the sector towards circularity. In 2008, the WFD (*Waste Framework Directive*), by predicting the principles of resource circularity, specified the feasible operations concerning the recovery of waste, defining its hierarchy. The term “reuse” refers to “products or components which have not become waste yet”, therefore, they can be reused for purposes comparable to those they were designed for. The “reuse setup” consists of control, cleaning and repair operations, necessary for the reuse of products and waste components; the “recovery”, which also includes “recycling”, is an action whose purpose is to manage waste (materials and components) in order to obtain alternative (secondary) materials, capable of replacing those which are normally used in the production process-

es. The “by-product” is a substance or an object resulting from a production process that can be reused in the same process without any further treatment. Furthermore, the WFD has introduced the *end-of-waste* procedure, which is a set of “recovery” operations including “recycling”, in order to make any object (previously considered waste) a product or a secondary material, as long as it has a feasible market, clear specifications, technical requirements for its use, and providing that it does not result in negative impacts on the environment or human health<sup>1</sup>. However, at European level, just one *end-of-waste* directive has been enacted in the construction sector on bituminous materials, as there is evidence of how the material, typological, geometrical and dimensional characteristics’ variety and the chemicals contained in the C&D waste makes the

reuse, recovery and recycling operations utterly complex, by limiting their reuse in secondary production cycles (EEA, 2020). Currently, even though the target of 70% reuse or reuse preparation of C&D inert waste (Osmani *et al.*, 2019) has been reached by the majority of the Member States, a significant contribution comes from backfilling operations which, at the other end, drastically reduce the material value of the exploited residue (Whittacker *et al.*, 2019). In Italy, according to ISPRA data, in 2017 the C&D waste amounted to 42.3% of total special waste production, 75% was subject to reuse, recycling and other forms of material recovery: regarding the aggregates, which are the most conspicuous part, 59% were recovered and another 10% disposed of. However, the data variation on the recovery material rates in the various Member States prevents

che vengono prodotti (Antonini, 2000) finalizzati a reali possibilità di reimpiego e valorizzazione anche in chiave *end of waste* (Barbuta *et al.*, 2015; IDEA, 2018).

### Scenari operativi e sperimentazioni integrate di valorizzazione: *harvest map* e simbiosi industriale

Il progetto SUSPROC ha indagato alcune tipologie di residui considerabili *end of waste*, quindi ha valutato l'impatto ambientale dei processi di riciclo relativi ad alluminio, acciaio, aggregati inerti e rifiuti organici, sulla cui base è stata emanata la prima *End of Waste Regulation* relativa ad alcuni tipi di rottami metallici, seguita dai regolamenti sul vetro e sul rame.

Altri approcci propongono la mappatura dei rifiuti da C&D a scala territoriale come base di conoscenza dei flussi e dei materiali disponibili finalizzata alla loro valorizzazione. Il progetto europeo *REuse and REcycling of CDW materials and structures in energy efficient pREfabricated elements for building REfurbishment and construction* (RE<sup>4</sup>), a partire dalla localizzazione territoriale, identificazione, separazione e caratterizzazione fisico-chimico e meccanica di alcuni rifiuti da C&D, ha messo a punto componenti strutturali prefabbricati in cui queste risorse secondarie hanno sostituito fino al 50-85% quelle vergini, secondo un più ampio processo di valorizzazione in chiave *end of waste*.

La *harvest map*, ad esempio, è una piattaforma open source ideata per valorizzare i materiali a fine vita e alimentare nuove costruzioni secondo i principi dell'economia circolare a piccola scala: una prima fase di ricerca di materiali di scarto, surplus di

Alcune soluzioni sono state individuate nell'emanazione degli *end of waste criteria* o criteri di qualità per i materiali e prodotti secondari (Tecnopolis, 2016). Il

produzione e rifiuti da C&D (Jongert *et al.*, 2007) da riutilizzare in ambito progettuale, è seguita da una loro classificazione per macro categorie di materiali e/o localizzazione geografica, tipologia, disponibilità, quantità, parametri estetici. In Italia, l'*harvest map* è attiva tramite il progetto Miniere Urbane promosso da Giacimenti Urbani e coinvolge al momento quindici aziende distribuite su tutto il territorio nazionale, che hanno messo a disposizione i propri prodotti di scarto, mentre è in corso di stipula una convenzione con il Borsino dei rifiuti per ottenere una certificazione dei materiali di scarto, inclusi i sottoprodotti.

La mappatura e conoscenza di scarti e rifiuti è anche alla base dei processi produttivi in Simbiosi Industriale (Chertow, 2000), che presuppone la condivisione delle risorse e la valorizzazione dei rifiuti tra filiere produttive per limitare gli impatti ambientali e favorire il *decoupling* economico dei settori produttivi (Neves *et al.*, 2020). Sull'esempio di Kalundborg (1972) in Danimarca, prima e più conosciuta esperienza di simbiosi industriale, sono nati altri distretti connessi alle filiere delle costruzioni diffusi in più parti del mondo. In Italia, la *Italian Circular Economy Stakeholder Platform* (ICESP) raccoglie e promuove le iniziative di economia circolare sul territorio, tra cui alcune pratiche di simbiosi industriale nella filiera delle costruzioni (es. produzione di calcestruzzo con aggregati provenienti da rifiuti C&D). Mentre il progetto MATER\_SOS ha mappato gli scarti di filiere produttive della regione Emilia-Romagna allo scopo di sviluppare e prototipare materiali da costruzione a basso impatto ambientale che impieghino fino al 60% di materie prime seconde.

Queste esperienze definiscono i margini di innovazione possibile e mostrano come la valorizzazione degli scarti e dei rifiuti dell'industria delle costruzioni richieda una preliminare mappa-

us from understanding what are the actual experiences in the reduction of primary resource withdrawal, which, in the EU, is intended to be between 17-24% by 2030. At present, the exploitation of C&D waste appears to be slowed down, both by factors such as the lack of monitoring and the flows and type identification – which limit the incoming (recycling) materials and affect the quality of the outgoing ones – and by the high shipping and processing charges, which, together with the elevated purchase prices of processes and secondary materials (compared to the primary ones), limit market expansion (BIS, 2011; Deloitte, 2017). From a regulatory perspective, there still exists a number of barriers which restrict, for instance, the use of recovery aggregates for structural purposes, producing the build-up of large amounts of recycled material into

treatment plants, which often discourages companies and investors (FFS, 2019). Finally, from a technical perspective, it still remains a challenging process to establish the eligibility conditions for the post-consumer components and building materials' reuse (Antonini, 2004). Additional barriers are related to the doubts on the environmental profile of the recycling processes, which are sometimes more impactful than the primary production and, consequently, require careful monitoring in terms of LCA (Giorgi *et al.*, 2019). Thus, even though the process has already started, it could be improved by making available more accurate data about the origin, identification, separation, collection, transport, temporary storage and physical, chemical and mechanical characterisation of waste production (Antonini, 2000), in order to establish actual reuse

and exploitation possibilities in terms of *end-of-waste* (Barbuta *et al.*, 2015; IDEA, 2018).

### Operational scenarios and integrated experimentation of exploitation: *harvest map* and industrial symbiosis

Certain solutions have been identified in the enacting of the *end-of-waste* criteria for materials and secondary products (Tecnopolis, 2016). The SUSPROC project has investigated certain types of waste – which can be considered *end-of-waste* –, it then assessed the environmental impact of the recycling processes related to aluminium, steel, aggregates and organic waste, on the basis of which it was enacted as the first *End of Waste Regulation* on certain types of metal scraps, followed by other Regulations on glass and copper. Other approaches suggest the C&D

waste mapping on a territorial scale as the basis for the knowledge of flows and available materials, aimed at their exploitation. The European project *REuse and REcycling of CDW materials and structures in energy efficient pREfabricated elements for building REfurbishment and construction* (RE<sup>4</sup>), starting from the geographical location, identification, separation, physical-chemical and mechanical characterisation of several types of C&D waste, has developed prefabricated structural components, in which these secondary resources have replaced up to 50-85% of the virgin ones, according to a wider *end-of-waste* enhancement process. For instance, the *harvest map* is an open source platform whose aim is to exploit the *end-of-life* materials and sustain new construction, in line with the principles of small-scale circular economy: an early stage of research of



tura delle risorse “secondarie” disponibili in un determinato areale geografico, alla quale segue una successiva conoscenza delle caratteristiche dei rifiuti e dei residui disponibili, indispensabile per definire i possibili scenari di valorizzazione e le modalità di reimpiego (Fig. 1). Riducendo la scala territoriale di osservazione, si limiterà anche il margine di errore spesso dovuto alle stime sulle quantità di rifiuti prodotti su larga scala ed alla mancata conoscenza degli stessi. Progressivamente, le evidenze raccolte prospettano la possibilità di attivare specifiche filiere produttive in simbiosi industriale, contribuendo ad implementare l'economia circolare dei territori e riducendo al contempo l'impatto ambientale dei processi produttivi connessi al settore delle costruzioni (Fig. 2).

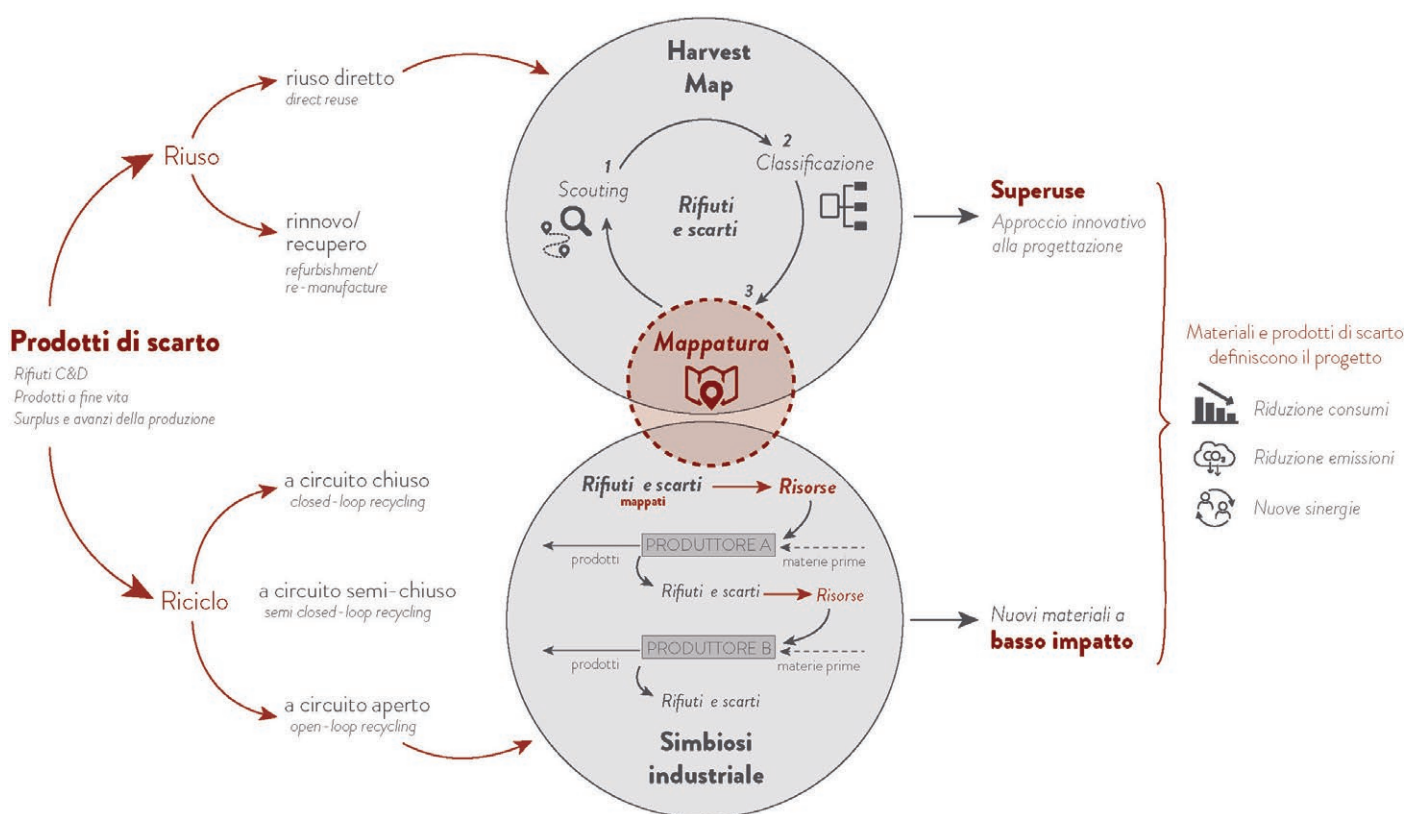
**Mappatura di rifiuti da C&D per ipotesi di valorizzazione in filiere produttive secondarie**

L'articolo illustra la metodica e i risultati della ricerca “Implementazione di filiere produttive ed innovazione tecnologica nel riutilizzo di scarti ed eccedenze”. Stante la relativa attendibilità dei dati sui flussi di rifiuti da C&D sia la difficoltà di individuarne l'origine, l'obiettivo generale della ricerca è stato di mappare per l'intera Sardegna i siti di pro-

duzione di scarti e rifiuti correlati ai cicli edilizi, ovvero prodotti dalla lavorazione di materiali, prodotti e componenti di impiego nelle costruzioni. L'innovazione risiede nell'aver individuato i luoghi di produzione e, analizzati i cicli produttivi, aver identificato alla fonte la tipologia di scarto, rifiuto o residuo prodotto, per poi proporre ipotesi di gestione e valorizzazione integrata a scala territoriale. Così, in base alla disponibilità e diffusione geografica delle risorse secondarie mappate, è stato possibile ipotizzare filiere produttive in simbiosi industriale mettendo a sistema anche l'attuale apparato impiantistico regionale di trattamento dei rifiuti.

*Approccio metodologico*

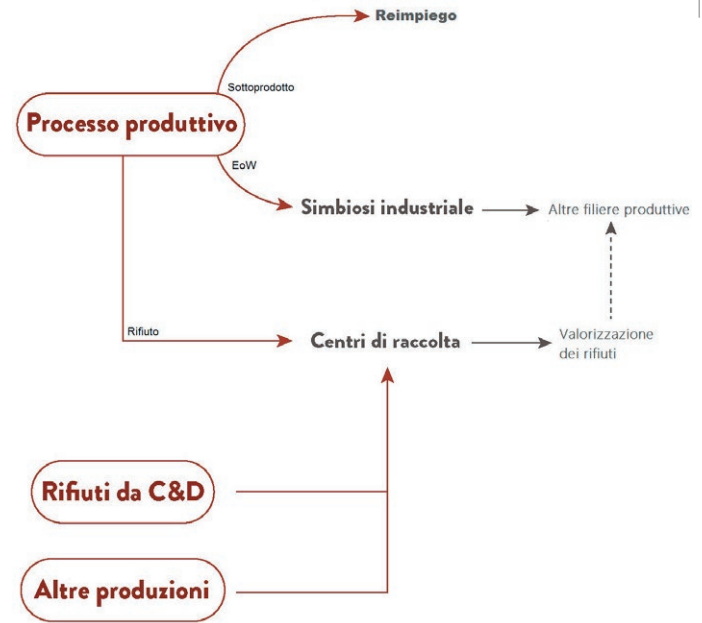
La ricerca, condotta tra il 2016 e il 2018, si è avvalsa dei dati sulla produzione di rifiuti speciali del PRGRS (Piano Regionale di Gestione dei Rifiuti Speciali) approvato a fine 2012 dalla Regione Sardegna, elaborati dall'ISPRA su base MUD nazionali del 2009 e da ARPAS Sardegna sul catasto regionale rifiuti. Analizzati i dati generali, il campo è stato ristretto ai rifiuti da attività di C&D e più in particolare ai materiali isolanti; plastici; bituminosi; metallici; sughero; al legno; ai laterizi; alla ceramica; al cemento e alla pietra ornamentale per verificarne le possibilità di



reimpiego o riciclo in altre filiere produttive come risorse secondarie. Sono stati tralasciati i rifiuti “inerti misti - CER 170904” perché, nonostante ammontino circa al 70% in peso sul totale della macrocategoria CER 17, se ne conoscono i procedimenti di recupero e smaltimento.

I flussi dei rifiuti selezionati sono di difficile tracciamento poiché i relativi impianti di trattamento operano in regime semplificato (art. 214, D.lgs. 152/2006), pertanto senza obbligo di registrazione dei quantitativi gestiti: sono stati quindi mappati i siti dei processi produttivi (lavorazione del legno; dei metalli; degli isolanti; dei lapidei, ecc.) cui i rifiuti prodotti potevano farsi risalire. Le sedi sono state ottenute incrociando i dati ISTAT sul censimento delle Industrie in Sardegna con i codici delle attività commerciali (ATECO). Successivamente, per ogni processo produttivo di interesse sono state ricostruite le fasi di lavorazione e quindi sono stati identificati *step by step* gli scarti, i sottoprodotti e i rifiuti generati, identificando i potenziali cicli produttivi di reimpiego. Per completare il quadro conoscitivo, sono stati localizzati anche gli impianti di trattamento rifiuti presenti sul territorio regionale – discariche, impianti di riciclaggio o di trattamento preliminare – sia sulla base dei dati disponibili sul portale SardegnAmbiente, sia in base alle autorizzazioni degli impianti in funzione e l'albo regionale dei gestori rifiuti.

Infine, a scopo esemplificativo, relativamente alla filiera del legno, è stato identificato un possibile network di gestione e valorizzazione integrata in simbiosi industriale con altre filiere produttive a scala regionale, incrociando i siti di produzione degli scarti con gli impianti di trattamento, integrati da siti intermedi di stoccaggio temporaneo. Quest'ultima fase, reiterabile per le altre categorie di rifiuti di interesse, permette di verificare se l'as-



setto impiantistico, anche soltanto riferito ad un areale delimitato, sia o meno capace di gestire e valorizzare i potenziali flussi di materie prime secondarie e, di conseguenza, dove sia necessario intervenire per implementare il sistema in termini di impianti e reti infrastrutturali.

### Risultati e prime evidenze

Dal 1997 al 2008 i rifiuti speciali in Sardegna sono triplicati, raggiungendo le 4.376.923 t/anno; riducendosi del 40,9% nei successivi dieci (2017) (Fig. 3). Analizzando i dati in relazione alle riduzioni del PIL regionale, nell'ultimo decennio i rifiuti da C&D sono aumentati rispetto al totale, a fronte della riduzione delle spese per gli investimenti, ma soprattutto rispetto alla diminuzione del 12,6% del numero di imprese di costruzione. Il motivo è da ricercarsi nella mancanza di innovazione nei processi costruttivi e dei materiali da costruzione. Inoltre, l'analisi

waste materials, surplus production and C&D waste (Jongert *et al.*, 2017) – to be reused within the design field – is followed by their classification by macro categories, such as materials and/or geographical location, typology, availability, quantity and aesthetic parameters. In Italy, the *harvest map* operates through the Urban Mines project promoted by *Giacimenti Urbani* and it currently involves fifteen companies distributed throughout the national territory, which have made their waste products available; meanwhile, an agreement with *Borsino dei rifiuti* is in the process of being concluded, in order to obtain a waste material certificate – including by-products.

The mapping and knowledge of waste materials is also the foundation of the production processes in Industrial Symbiosis (Chertow, 2000): it involves resource sharing and waste valorisation

among supply chains in order to limit environmental impacts and to encourage the economic decoupling of the production sector (Neves *et al.*, 2020). Following the example of Kalundborg (1972) in Denmark, the very first and most popular example of industrial symbiosis, other districts connected to the construction industry were born all over the world. In Italy, the *Italian Circular Economy Stakeholder Platform* (ICESP) collects and promotes circular economy initiatives throughout the territory, including some industrial symbiosis practices in the construction industry (for instance: concrete production with aggregates coming from C&D waste), whilst the MATER\_SOS project has mapped the waste of production chains in the Emilia-Romagna region with the purpose of developing and prototyping building materials with low environmental impact, which

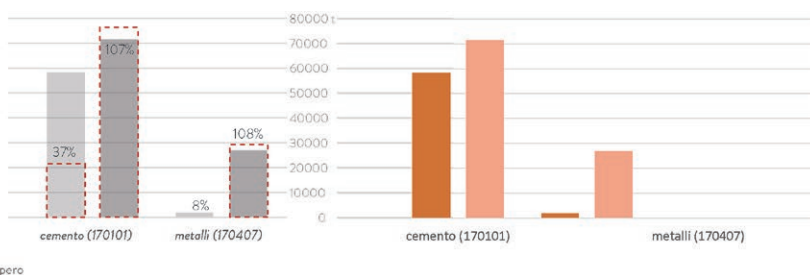
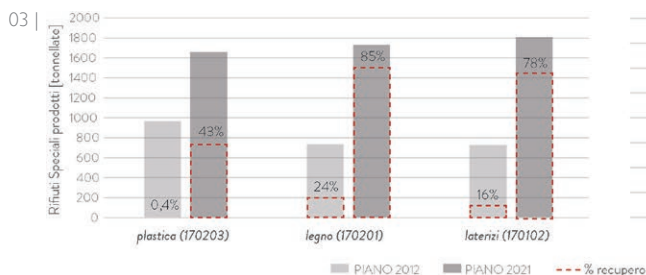
can use up to 60% of secondary raw materials.

These experiences define the possible room for innovation and show how waste derived from the construction industry require a preliminary mapping of the “secondary” resources available in a certain geographical area, followed by the knowledge of the waste and residue characteristics, which is essential for defining the potential exploitation scenarios and reuse methods (Fig. 1). The margin of error, often attributable to assessments of the quantity of waste which is produced on a wide scale and the lack of knowledge, could be limited by reducing the territorial scale of observation. Progressively, the collected evidence suggest the opportunity to activate specific production chains in industrial symbiosis, contributing to the implementation of circular economy within the

territories and, likewise, reducing the environmental impact of production processes related to the construction sector (Fig. 2).

### Mapping C&D waste for valorisation scenarios in secondary production chains

The paper describes the methodology and findings of the study titled “Implementation of production chains and technological innovation through the reuse of waste and surplus materials”. Given the scarce reliability of data on C&D waste flows and the difficulty in identifying their origins, the general objective of the research was to map the production sites of scrap and waste related to building construction processes for the entire Sardinia region: that is, waste resulting from processing of materials, products and components for use in the construc-



dei dati ha confermato le difficoltà di tracciamento dei dati sui rifiuti da C&D, evidenziando una discrepanza di oltre il 33% in meno tra i valori nazionali elaborati da ISPRA su dati MUD e i dati regionali basati sulle quantità effettivamente lavorate dagli impianti.

Il successivo focus sui rifiuti da C&D ha permesso sia di verificare l'andamento tendenziale della macrocategoria CER 17 – dal 1997 al 2019 – sia di valutare le oscillazioni delle sub-categorie di rifiuti interessati dalla presente sperimentazione (Fig. 4). L'analisi dei dati ha reso evidente come il 73% dei rifiuti da C&D sia sottoposto ad operazioni di trattamento e recupero (R), mentre il rimanente 27% è smaltito o messo a dimora (D): le operazioni prevalenti riguardano il riciclo/recupero di sostanze inorganiche (R5) dai rifiuti misti da attività da C&D (29%), da miscele bituminose (20%) e da terre e rocce (19%); il riciclo/recupero dei metalli e dei composti metallici (R4), di ferro e acciaio (64,1%) e di metalli misti (25,5%); la messa in riserva (R13) per gli inerti da C&D (24%) e per le miscele bituminose (16,7%). Il deposito sul suolo (D1) o preliminare ad ulteriori trattamenti preliminari allo smaltimento (D15) riguarda le rimanenti frazioni di inerti misti da C&D e le terre e rocce da scavo. Relativamente alle altre categorie di rifiuti da C&D, nulla è emerso circa eventuali flussi di materia soggetti a recupero semplificato come previsto dal D.M. 05/02/98, confermando la difficoltà di tracciarne l'origine ed i flussi reali.

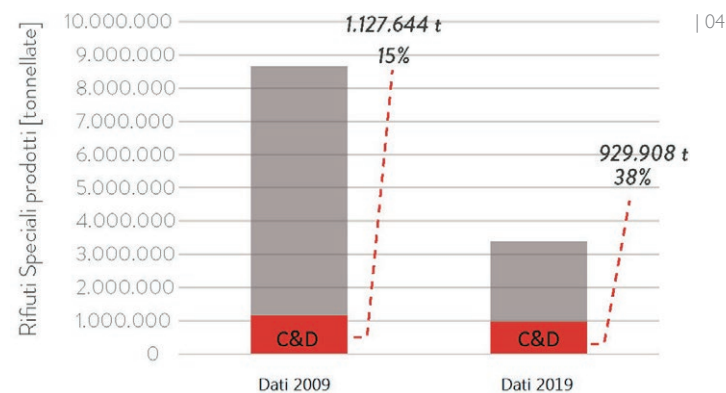
tion industry. The novelty lies in localising the places of production and, once their manufacturing processes have been examined, detecting the resulting type of waste from its very origin, hence advancing management and valorisation scenarios integrated on a territorial scale. Thus, based on the availability and geographic diffusion of the mapped secondary resources, it was possible to hypothesise production chains in industrial symbiosis while also incorporating the existing regional waste management system.

#### Methodology

The research was undertaken between 2016 and 2018 and made use of the data on the production of Special Waste from the PRGRS (Regional Plan for the Management of Special Waste) approved at the end of 2012

by the Sardinia region, then processed by ISPRA based on the national 2009 MUDs, and by ARPAS Sardegna based on the regional waste inventory. After analysing the general data, the study focused on waste from C&D activities and more specifically on insulating materials; plastics, bituminous, metals, cork, wood, bricks, ceramics concrete and ornamental stones to verify their potential reuse or recycling in other production chains as by-product resources. The waste category “mixed inert - CER 170904” has been omitted because, despite accounting for 70% of the total CER 17 macro-category, its recovery and disposal procedures are already known.

The streams of selected waste are difficult to trace since their treatment plants operate under a simplified system (Art. 214, Legislative Decree 152/2006) without being required to



La successiva localizzazione e mappatura delle attività produttive correlate ai rifiuti non mappabili, ha permesso di restituire a scala regionale una costellazione di siti di produzione, distribuiti più o meno capillarmente sull'intero territorio, distinti per dimensione e quantitativi prodotti, ai quali si è fatta risalire l'origine dei flussi potenziali di materia prima secondaria (Fig. 5).

Contestualmente, la localizzazione degli impianti di trattamento rifiuti esistenti – recupero (R) e deposito (D) – ha restituito una evidente discrasia rispetto agli auspicabili obiettivi di un'efficace valorizzazione delle frazioni di residui di cicli produttivi

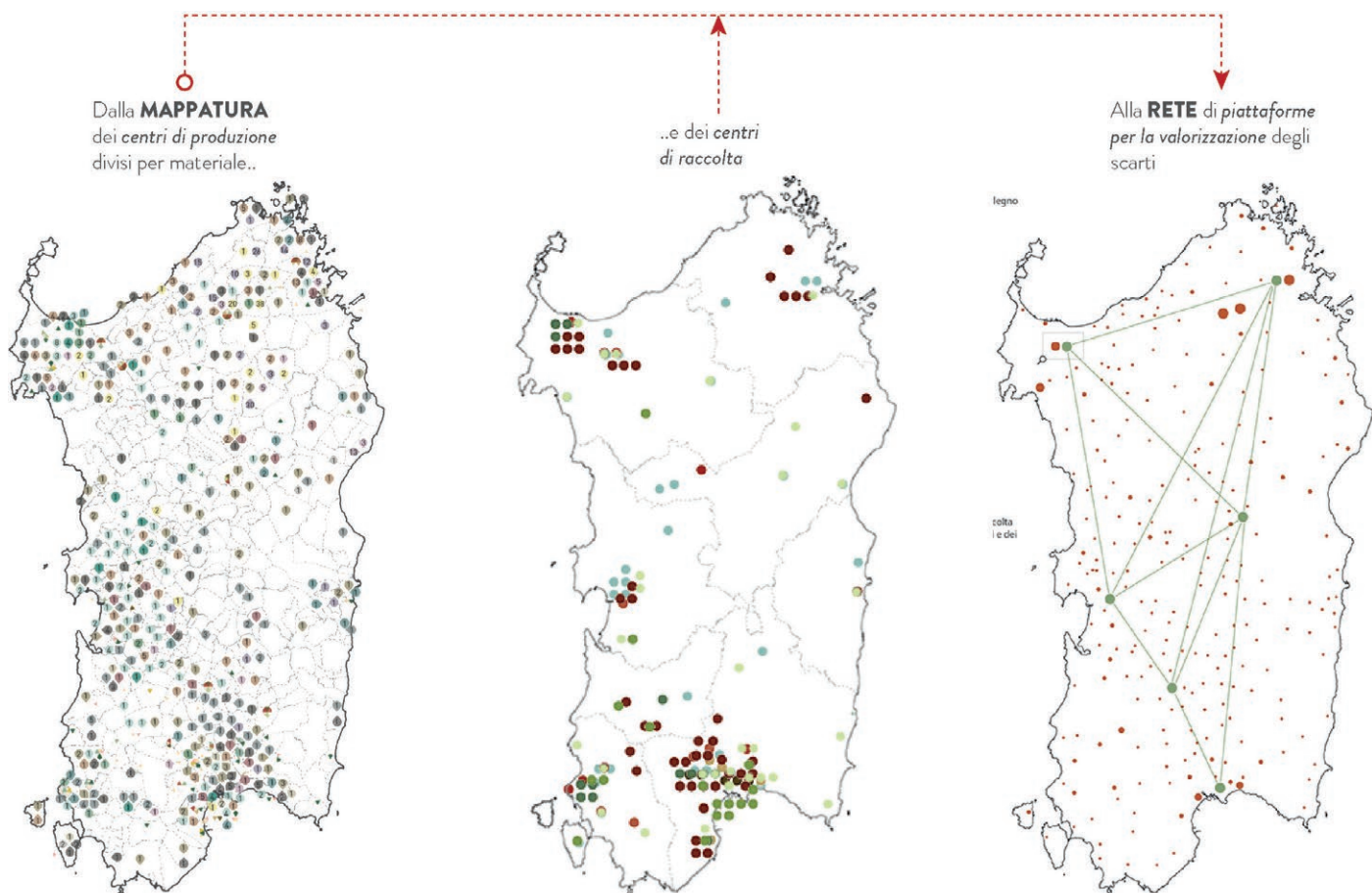
register the quantities they manage. Therefore, the production process sites from which the waste produced could have originated have been mapped, including the processing of wood, metals, insulating materials and stones. The sites' locations were obtained by crossing ISTAT data on the census of industries in Sardinia with the codes of manufacturing activities (ATECO). The processing steps for each production process were then traced out: the scraps, by-products and waste produced were identified, as well as the possible production chains where they could be reused.

To complete the framework, the waste treatment plants present in the regional territory were also located – landfills, recycling or preliminary treatment plants – using both the data available on the SardegnaAmbiente portal, and the authorisations of the

operative plants and the regional register of waste managers.

Finally, an example on the wood supply chain was performed by identifying a possible management and valorisation network integrated in industrial symbiosis with other production chains on a regional scale: this was accomplished by crossing waste production sites with treatment plants, which were integrated by intermediate temporary storage sites. This final step, which can be repeated for the other waste categories, allows for the verification of whether the plant structure, even if only referring to a limited area, is capable of handling and enhancing the potential flows of secondary raw materials and, as a result, whether it is necessary to intervene to implement the system in terms of plants and infrastructural networks.





### Results and initial findings

From 1997 to 2008, Sardinia's share of Special Waste tripled, reaching 4,376,923 tons per year, then decreased by 40.9 percent over the next ten years (2017) (Fig. 3). Analysing the data in relation to regional GDP reductions, C&D waste results increased in the last decade compared to the total, against the reduction of investment expenses, but particularly against the 12.6 percent decrease in the number of construction enterprises. This may be due to a lack of innovation in construction processes and materials. Furthermore, the data analysis confirmed the difficulties in tracking C&D waste data and revealed a difference of more than 33% less between national values processed by ISPRA based on MUDs and regional data based on the amounts actually processed by the plants.

The subsequent focus on C&D waste enables both the verification of trends in the CER 17 macro-category (from 1997 to 2019) and the evaluation of variations in selected waste sub-categories (Fig. 4). According to data analysis, 73 % of C&D waste is subject to treatment and recovery operations (R), while the remaining 27% is disposed of (D): the main operations concern recycling/recovery of inorganic substances (R5) from mixed C&D waste (29%), from bituminous mixtures (20%) and from earth and rocks (19%); the recycling/recovery of metals and metal compounds (R4), iron and steel (64.1%) and mixed metals (25.5%); the reserve (R13) for C&D aggregates (24%) and bituminous mixtures (16.7%). The depositing on the ground (D1) or in advance of further treatments preliminary to disposal (D15) concerns the remaining frac-

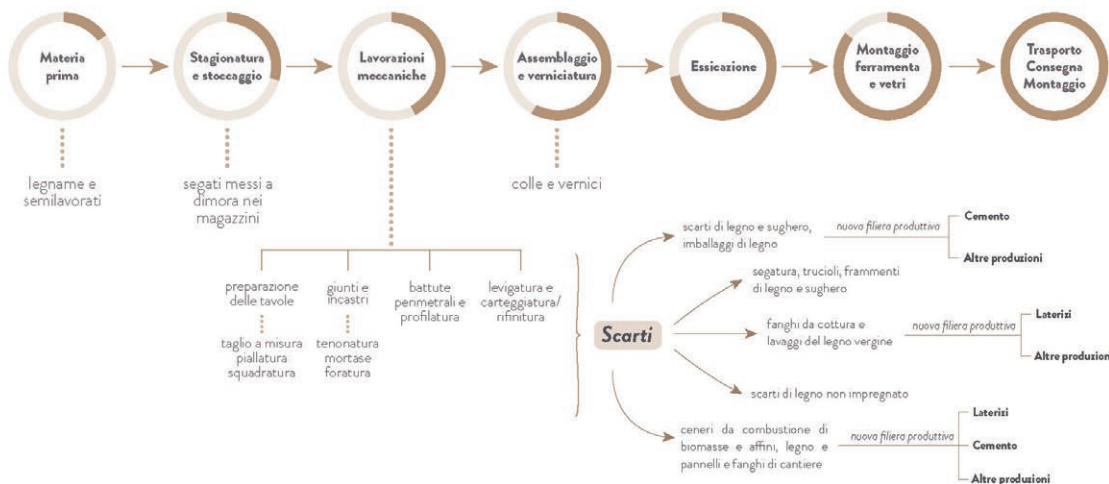
tions of mixed C&D aggregates and the excavated earth and rocks. With respect to the other C&D waste categories, nothing was discovered regarding any content flows subject to simplified recovery under Ministerial Decree 05/02/98, confirming the difficulty in tracking their origin and actual flows. The subsequent localisation and mapping of production activities related to non-mappable waste has returned a constellation of production sites at a regional level, scattered more or less throughout the entire territory, categorised by size and produced quantity, to which the origin of potential secondary-raw material flows can be traced (Fig. 5). Furthermore, the location of the existing waste treatment plants – recovery (R) and storage (D) – has shown a strong discrepancy with respect to the desired objectives of an efficient val-

orisation of the fractions of residues from construction-related production cycles. On a regional scale, the majority of plants and treatment sites recover material by aggregate recycling with fixed or mobile plants, or they are disposal plants or landfills, often located in industrial areas close to major urban centers (Cagliari and Sassari in particular), which discourages the transport of small amounts of waste. The census of companies operating in the field, on the other hand, did not highlight waste treatment plants aimed at recovering materials other than aggregates from C&D or obtaining secondary raw materials: these are usually recovery and temporary storage plants, or places where crushing and pre-packaging for export outside the region are done. In the final step considering the wood production chain, it has been de-

06 | **LEGNO**



**Processo produttivo**



correlati alle costruzioni. A scala regionale, la maggior parte degli impianti e dei siti di trattamento recuperano materia tramite riciclo di inerti con impianti fissi o mobili, oppure si tratta di impianti di smaltimento o discariche, spesso localizzati in aree industriali prossime ai centri urbani maggiori (Cagliari e Sassari in particolare), fattore spesso scoraggiante il trasporto di piccoli quantitativi di rifiuti. Per contro, il censimento delle aziende di settore attive non ha evidenziato impianti di trattamento rifiuti finalizzati al recupero di materia diversa dagli inerti da C&D oppure per l'ottenimento di materie prime seconde: si tratta in genere di impianti di recupero e stoccaggio temporaneo, oppure dove si pratica la frantumazione e il confezionamento preliminari all'esportazione fuori regione. Nell'ultima fase della sperimentazione, considerando la filiera del legno, è stato descritto uno scenario di gestione dei flussi dei

prodotti secondari, ovvero una rete di trasporto, stoccaggio, lavorazione intermedia con la possibilità di alimentare altre filiere produttive in simbiosi industriale per realizzare manufatti in legno-cemento; laterizi alveolari; arredi (Fig. 6).

**Conclusioni e visioni future**

La mappatura dei siti di produzione di alcune categorie di rifiuti quantitativamente inferiori

agli inerti da C&D, introduce un approccio innovativo alla loro valorizzazione perché ha permesso di localizzare le materie prime seconde riutilizzabili, lasciando intravedere logiche ubicazioni di altre filiere produttive che si alimentano di tali materiali in simbiosi industriale. I limiti emersi riguardano la necessità di classificare e caratterizzare preliminarmente i rifiuti disponibili, insieme alla difficoltà di tracciamento dei flussi e ad una più ac-

scribed as a scenario of by-product management: i.e. a transport, storage and intermediate processing network with the possibility of feeding other production chains in industrial symbiosis to produce products in wood-concrete; alveolar bricks and furnishings (Fig. 6).

**Conclusion and further developments**

The mapping of certain categories of waste, quantitatively lower than those from construction and demolition, leads to an innovative approach to valorise them as secondary raw materials; this also reveals where it should be environmentally appropriate to locate the supply chains, which feed on these secondary resources in industrial symbiosis processes. Moreover, the research pointed out how hard it could be to follow and

quantify the waste stream due to the lack of reliable data; thus, it is necessary to classify and distinguish the available waste located in a certain geographical area as a starting point to implant and ensure the viability of supply chains, based on an industrial symbiosis approach. These scenarios also require the introduction of new industrial policies, aimed at improving industrial plants and production processes by embedding waste treatment plants to manage and reuse waste as secondary raw materials; all of it supported by an efficient management, logistics and transport network. On an industrial scale, this approach could be adapted, depending on territorial-distinctive features, as an opportunity to enhance industrial policies by involving public administrators, entrepreneurs, local players and stakeholders.

**NOTES**

<sup>1</sup> In 2018, Directive 851/EC abrogated the WFD and more precisely regulated the end-of-waste procedures, requiring the identification of the incoming waste materials eligible for the purposes of the recovery operation in order to specify the processes and techniques of treatment and to establish the quality criteria for the materials obtained, product standards and applicable requirements for the final declaration.

curata stima dei quantitativi, indispensabili a garantire l'impianto e la sussistenza di filiere in simbiosi industriale.

Tali scenari richiedono un cambio di prospettiva nelle politiche industriali, coadiuvate da un'implementazione degli impianti e una innovazione dei processi produttivi, integrando nelle aree industriali impianti per il trattamento e il reimpiego dei rifiuti come materie prime seconde, sostenute anche da un'efficace rete di gestione, logistica e trasporto. L'approccio offre interessanti margini di scalabilità industriale e adattamento a differenti areali territoriali in seno alle peculiarità locali, offrendo la base per politiche industriali che coinvolgano amministratori, imprenditori e attori della filiera.

#### NOTE

<sup>1</sup> Nel 2018 la Direttiva 851/CE ha abrogato la WFD e regolamentato più precisamente le procedure *end of waste*, chiedendo di individuare i materiali di rifiuto in entrata, ammissibili ai fini dell'operazione di recupero; di precisare i processi e le tecniche di trattamento; di stabilire i criteri di qualità per i materiali ottenuti, le norme di prodotto e i requisiti applicabili per la dichiarazione finale di conformità.

#### REFERENCES

- Adam, K. *et al.* (2017), "Circular economy in construction: current awareness, challenges and enablers", *Waste and Resource Management*, Vol. 170, pp. 1-11.
- Antonini, E. (2004), "Valutazione dell'idoneità al reimpiego di componenti edilizi", in Gangemi, V. (Ed.), *Riciclare in Architettura. Scenari innovativi della cultura del progetto*, Clean Edizioni, Napoli, Italia, pp. 115-121.
- Antonini, E. (Ed.) (2000), *Residui da costruzione e demolizione: una risorsa ambientalmente sostenibile. Il progetto VAMP e altre esperienze di valorizzazione dei residui*, Franco Angeli, Milano, Italia.
- Barbuta, M. *et al.* (2015), "Wastes in Building Materials Industry", available at: <https://www.intechopen.com/books/agroecology/wastes-in-building-materials-industry>.
- BIO Intelligent Service (2011), *Service contract on management on construction and demolition waste - SRI. Final report*.
- Chertow, M.R. (2000), "Industrial symbiosis: Literature and taxonomy", *Energy Environment*, Vol. 25, pp. 313-37.
- Deloitte (2017), "Study on Resource Efficient Use of Mixed Wastes, Improving management of construction and demolition waste - Final Report", Prepared for the European Commission, DG ENV.
- Ecorys (2016), *EU Construction & Demolition Waste Management Protocol*, European Commission, Brussels, Belgium.
- European Environment Agency (2020), "Construction and demolition waste: challenges and opportunities in a circular economy", available at: <https://www.eea.europa.eu/publications/construction-and-demolition-waste-challenges/construction-and-demolition-waste-challenges/download.pdf.static> (accessed 10 January 2021).
- Eurostat (2018), *Eurostat Statistics for Waste Flow Generation 2016*, European Commission, Brussels, Belgium.
- Fondazione Sviluppo Sostenibile (2019), *L'Italia del Riciclo 2019. Rapporto annuale sul riciclo ed il recupero dei rifiuti*, Roma, Italia.
- Giorgi, S., Lavagna, M. and Campioli, A. (2019), "Guidelines for Effective and Sustainable Recycling of Construction and Demolition Waste", in Benetto, E. *et al.* (Eds.), *Designing Sustainable Technologies, Products and Policies. From Science to Innovation*, Springer International Publishing, pp. 211-222.
- IDEA (2018), *Development and implementation of initiatives fostering investment and innovation in construction and demolition waste recycling infrastructure*, European Commission, Brussels, Belgium.
- Jongert, J. *et al.* (2007), *Superuse: Constructing New Architecture by Shortcutting Material Flows*, Oio Publishers, Rotterdam, Netherlands.
- Neves, A. *et al.* (2020), "A comprehensive review of industrial symbiosis", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 247.
- OECD (2018), "Global Material Resources Outlook to 2060. Economic drivers and environmental consequences", available at: <https://www.oecd.org/publications> (accessed 14 January 2019).
- Osmani, M. and Villoria-Sáez, P. (2019), "A diagnosis of construction and demolition waste generation and recovery practice in the European Union", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 241.
- Osmani, M. and Villoria-Sáez, P. (2019), "Current and Emerging Construction Waste Management Status, Trends and Approaches", in Letcher, T.M. and Vallero, D.A. (Eds.), *Waste A Handbook for Management. II ed.*, Academic Press, Cambridge, Massachusetts, pp. 365-380.
- Tecnopolis (2016), "Regulatory barriers for the circular economy. Lessons from ten case studies, final report", available at: [https://ec.europa.eu/growth/content/regulatory-barriers-circular-economy-lessons-ten-case-studies\\_en](https://ec.europa.eu/growth/content/regulatory-barriers-circular-economy-lessons-ten-case-studies_en) (accessed 3 July 2017).
- Whittaker, M.J. *et al.* (2019), "Novel construction and demolition waste (CDW) treatment and uses to maximize reuse and recycling", *Advance in Building Energy research*, Vol. 5, pp. 1-18.



# Circularità nel settore delle costruzioni: modelli organizzativi basati sul *re-manufacturing*

RICERCA E  
SPERIMENTAZIONE/  
RESEARCH AND  
EXPERIMENTATION

Ricerca avanzata (Under 35)

Anna Dalla Valle<sup>1</sup>, Nazly Atta<sup>1</sup>, Luca Macri<sup>2</sup>, Sara Ratti<sup>3</sup>,

<sup>1</sup> Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, Italia

<sup>2</sup> Dipartimento di Design, Politecnico di Milano, Italia

<sup>3</sup> Dipartimento di Ingegneria Gestionale, Politecnico di Milano, Italia

anna.dalla@polimi.it

nazly.atta@polimi.it

luca.macri@polimi.it

sara.ratti@polimi.it

**Abstract.** A differenza di altri settori industriali, che già applicano pratiche sostenibili di *re-manufacturing*, il settore delle costruzioni tarda ad avviare sperimentazioni. In quest'ottica, il paper introduce i risultati chiave del progetto Re-NetTA, condotto dal Politecnico di Milano e finanziato da Fondazione Cariplo (2018-0991), che intende delineare le condizioni necessarie per attivare processi circolari nell'edilizia terziaria. Al fine di estendere la vita dei prodotti da costruzione, il paper propone tre modelli circolari basati sul *re-manufacturing*. Sviluppati con *stakeholder* ed esperti in un approccio intersettoriale e multidisciplinare, i modelli proposti rappresentano un contributo verso pratiche progettuali e organizzative sostenibili di prodotti da costruzione.

**Parole chiave:** Economia circolare; Modelli organizzativi; *Design for Re-manufacturing*; Edifici terziari; Settore delle costruzioni.

## Introduzione

Il *re-manufacturing* è generalmente definito come il processo di ripristino di un prodotto, che non è più in grado di svolgere la sua funzione, ad uno stato funzionale pari al nuovo (*“as new”*) mediante la rilavorazione dei suoi componenti attraverso il consumo minimo di materiale ed energia (Bernat, 2019; Gunasekara *et al.*, 2018). I prodotti rilavorati hanno una garanzia pari almeno a quella dei prodotti originali (Ijomah, 2008) e garantiscono prestazioni e qualità elevate rispetto ad altre strategie di fine vita (Sundin and Bras, 2005; King *et al.*, 2006; Parker and Butler, 2007; Özer, 2012; Paterson *et al.*, 2017).

Attualmente il *re-manufacturing* rappresenta una pratica affermata e consolidata in diversi settori (Benoy *et al.*, 2014), come aerospaziale, automobilistico, elettronico, navale e ferroviario (Parker *et al.*, 2015; Butzer and Schötz, 2016). Tali industrie manifestano una naturale propensione verso il *re-manufacturing*, poiché caratterizzate da (Yang *et al.*, 2018):

Circularity within the construction sector: organisational models based on re-manufacturing

**Abstract.** Unlike other industrial sectors that already apply re-manufacturing, the construction sector is slow to experiment with these sustainable practices. Hence, this paper introduces key results of the Re-NetTA project, conducted at Politecnico di Milano and funded by Fondazione Cariplo (2018-0991), which intends to outline the conditions necessary to activate circular processes in the field of tertiary construction. In order to extend the life of construction products, the paper proposes three circular models based on re-manufacturing. Developed with stakeholders and experts in an inter-sectoral and multidisciplinary approach, the proposed models represent a contribution towards sustainable design and organisational practices of construction products.

**Keywords:** Circular economy; Organisational models; *Design for re-manufacturing*; Tertiary buildings; Construction sector.

- prodotti durevoli, generalmente costituiti da materiali di alto valore;
- prodotti con cicli tecnologici stabili, più lunghi dei cicli di vita utile;
- tecnologie di rilavorazione disponibili ed economiche;
- potenzialità dei prodotti ad essere noleggiati o forniti come servizio piuttosto che come hardware.

Inoltre, le pratiche di *re-manufacturing* sono attualmente diffuse nelle industrie che hanno adottato soluzioni di *Product Service Systems* (PSS), volte ad offrire al cliente il servizio del prodotto senza concederne la proprietà (Gallo *et al.*, 2012; Vezzoli *et al.*, 2018). In questa prospettiva, quando un prodotto risulta obsoleto oppure non è più in grado di garantire la propria funzione viene rilavorato per essere utilizzato da altri clienti, soddisfacendo obiettivi condivisi di longevità, durata e prestazioni (King *et al.*, 2006; Özer, 2012). Le tendenze attuali rivelano come il *re-manufacturing* sia un'attività implementata non solo come strategia circolare di fine vita ma anche durante il ciclo di vita di un prodotto, quando il valore economico dello stesso è ancora elevato e le rilavorazioni sono in grado di offrire un aumento significativo delle performance (Ardente *et al.*, 2018; D'Adamo and Rosa, 2016).

In questo contesto, il paper introduce un set di *key feature* in grado di descrivere modelli circolari e propone nuovi modelli organizzativi per il *re-manufacturing* di prodotti edili con l'obiettivo di allungarne la vita utile, quali risultati del progetto Re-NetTA *“Re-manufacturing Networks for Tertiary Architectures”*.

## Introduction

Re-manufacturing is generally intended as the restoring process of a product that is no longer able to perform its function to a like-new functional state, by rebuilding and replacing its component parts with minimum consumption of materials and energy (Bernat, 2019; Gunasekara *et al.*, 2018). Re-manufactured products have a warranty at least equal to the original one (Ijomah, 2008) and they ensure high performance and quality compared to other end-of-life strategies (Sundin and Bras, 2005; King *et al.*, 2006; Parker and Butler, 2007; Özer, 2012; Paterson *et al.*, 2017).

Nowadays, re-manufacturing represents a well-established practice in several sectors (Benoy *et al.*, 2014), such as aerospace, automotive, electronics, machinery, marine, rail (Parker *et al.*, 2015; Butzer and Schötz, 2016). These sectors show an intrinsic aptitude for

re-manufacturing, since they are characterised by (Yang *et al.*, 2018):

- durable products, generally constituted by high-value materials;
- stable technology cycles, longer than the use cycle;
- available regeneration technology;
- potential of products to be leased or delivered as a service rather than as hardware.

Moreover, re-manufacturing practices are currently spread in industries which have implemented *Product-Service-Systems* (PSS) solutions, aimed at offering the customer the service of the product without granting the property (Gallo *et al.*, 2012; Vezzoli *et al.*, 2018). In this perspective, as the product becomes obsolete or no longer able to ensure its performance, it is recovered to be used by other clients, achieving shared goals of longevity, durability and performance (King *et al.*, 2006;

## Circularità: *background e key feature*

Oggi una delle principali priorità dell'UE è promuovere pratiche di *re-manufacturing* e riuso nel settore delle costruzioni, poiché riconosciute come strategie più sostenibili del riciclo (Eurostat, 2016; European Commission, 2020). In questa prospettiva, il progetto Re-NetTA si propone di attivare processi circolari rigenerativi basati su strategie di *re-manufacturing* e riuso di prodotti edili derivanti da edifici terziari al fine di ridurre la produzione di rifiuti provenienti da interventi di manutenzione, rinnovo e demolizione. L'obiettivo è mantenere nel tempo il valore ambientale ed economico dei prodotti una volta rimossi dagli edifici, allungandone la vita utile e la fruibilità con minori consumi ed emissioni possibili (Talamo *et al.*, 2019). Infatti, soprattutto nell'ambito delle architetture terziarie, è possibile distinguere alcuni prodotti caratterizzati da brevi cicli di utilizzo, quindi da frequenti sostituzioni (es. finiture, partizioni leggere, attrezzature, arredi, allestimenti), destinati a diventare rifiuti seppur ancora performanti e lontani dal fine vita utile (Rose and Stegemann, 2018). Le architetture terziarie (es. uffici, strutture ricettive, fieristiche, *retail*, *temporary shop*) risultano essere un interessante terreno di prova in quanto esiste una proporzionalità diretta tra il numero di compravendite e il numero di rinnovi interni dovuti all'accelerata obsolescenza causata dai frequenti cambi di titolarità e *rebranding* (OMI, 2017). Rispetto a questo tema, il *paper* evidenzia un quadro interpretativo in grado di descrivere modelli organizzativi circolari, sviluppato attraverso la mappatura di pratiche virtuose di *re-manufacturing* in diversi settori industriali. Il *framework* è costituito da nove *key feature*, articolate in diverse possibili configurazioni (Tab. 1). Lo scopo è duplice. Da un lato, i modelli organizzativi

Özer, 2012). Current trends reveal how re-manufacturing is an activity implemented not only as a circular strategy of end-of-life but also along the product life cycle, when the economic value of the product is high and reprocessing is capable of delivering a significant increase in performance (Ardente *et al.*, 2018; D'Adamo and Rosa, 2016). In this context, the article presents a set of key features able to describe circular models and proposes new organisational models for the re-manufacturing of building products with the goal of product life extension, as results from the project Re-NetTA "Re-manufacturing Networks for Tertiary Architectures".

### Circularity: background and key features

To date, one of the key priorities at EU level is the fostering of re-manufac-

turing and reuse practices within the construction sector, since recognised as more sustainable strategies than recycling (Eurostat, 2016; European Commission, 2020). Here, the Re-NetTA project aims to activate regenerative circular processes based on re-manufacturing and reuse strategies in the field of tertiary building renovation, in order to reduce the generation of waste from maintenance, renewal and demolition activities. The goal is to maintain over time the environmental and economic value embedded into manufactured products once they are removed from buildings, extending their useful life and usability with the lowest possible consumption and emissions (Talamo *et al.*, 2019). Indeed, especially within tertiary buildings, it is possible to distinguish a set of products characterised by short-use cycles and thus frequent renewals (i.e.

esistenti possono essere descritti come la combinazione di tali *key feature*. Dall'altro, il *framework* delineato rappresenta un'opportunità per lo sviluppo di nuovi modelli organizzativi circolari, a partire da diverse combinazioni delle *key feature*.

### Proposta di modelli organizzativi basati sul *re-manufacturing* per il settore delle costruzioni

Elemento determinante per l'applicazione di pratiche di economia circolare è la definizione di modelli organizzativi, intesi come insieme di soluzioni strategiche e operative con cui avviene la creazione di valore (Osterwalder and Pigneur, 2010). In questa prospettiva, nell'ambito del settore delle costruzioni emergono da letteratura e dall'analisi di pratiche professionali alcuni approcci innovativi volti ad estendere la vita utile dei prodotti. Tali approcci possono promuovere lo sviluppo di nuovi modelli organizzativi, utili alla diffusione di pratiche circolari virtuose nei contesti di edilizia terziaria.

In particolare, il primo approccio implica un cambio di paradigma verso pratiche non più orientate alla vendita del prodotto ma all'offerta del prodotto come servizio "*as-a-service*". Il cliente passa dall'essere "consumatore" di un prodotto a diventare un "utente" che utilizza il servizio pagandolo con formule *pay-per-use* o *pay-per-period*. In questo modo la proprietà del prodotto non viene trasferita al cliente ma resta al fornitore, secondo una logica di "*disown ownership*".

Un secondo approccio vede il concetto di simbiosi industriale, individuando nuove opportunità di mercato che sfruttano sinergie cross- e inter-settoriali in chiave "rifiuto-risorsa" (Talamo and Migliore, 2017). I prodotti di scarto di un settore diventano

finishes, internal partitions, equipment, furnishings, fittings), intended to become waste although still performing and far from the end-of-life (Rose and Stegemann, 2018). Tertiary architectures (office, accommodation, exhibition, retail and temporary facilities) turn out to be an interesting testing ground, since a direct proportionality is evidenced between the number of sales and internal renewals due to the accelerated obsolescence caused by frequent changes of ownership and rebranding activities (OMI, 2017). In this regard, the paper presents an interpretative framework able to describe circular organisational models, developed by the deepening of virtuous re-manufacturing practices established within the different industrial sectors. The framework is constituted by nine key features, articulated in multiple possible configurations (Tab.

1). The aim is twofold. On the one hand, the existing organisational models may be described as the combination of these key features. On the other hand, the proposed framework represents the opportunity for the development of a new circular organisational model, starting from different configurations of key features.

### Proposal of organisational models based on re-manufacturing for the construction sector

A crucial issue for the application of circular economy practices is the definition of organisational models, understood as a set of strategic and operational solutions with which the creation of value occurs (Osterwalder and Pigneur, 2010). In this perspective, some innovative approaches aimed at extending the useful life of products emerge from literature and from the exploration of



Key features	Configurations	Description
<b>1. Original product design</b>	Product designed for remanufacturing	Products are designed to be collected and remanufactured after the first use cycle (e.g. reversible technologies, interchangeable components, modularity, etc).
	Product not designed for remanufacturing but with facilitating features	Remanufacturing is facilitated by some components features (e.g. standard dimensions, modular structure, availability of spare parts on the market, etc).
	Product not designed for remanufacturing	Original products have no evidence of design features that facilitate remanufacturing or even generate barriers to it.
<b>2. Product procurement</b>	Surcharge-based mechanism	At the sale the customer pays a surcharge that is fully paid back at the return of product at the end of use.
	Buy-back mechanism	The customer is offered a price for returning the used product at the end of use.
	Direct-order mechanism	Remanufacturing is activated by a direct order for a substitution of the used product with a remanufactured one that guarantees same or upgraded performance compared to the original product.
	Leasing mechanism	By maintaining product ownership to provider, a leasing scheme obliges the return of product from customer enabling the activation of circular strategies.
<b>3. Product collection</b>	Enabled by "collectors" activity	Reverse product flows supported by logistics operators acting as reference points for picking and stocking specific post-consumption goods, easing the possibility for remanufacturers to get the cores.
	Performed autonomously by remanufacturers	Remanufacturer manages autonomously the physical retrieval of cores due to the market proximity and the logistics infrastructure.
	Hybrid solutions	Dealers represent intermediate collection points between manufacturing and the final market, for both customers returning post-consumption products and for remanufacturers obtaining necessary cores for remanufacturing.
<b>4. Remanufacturer actors</b>	Original Equipment Remanufacturer OEM/OER	Firm responsible for remanufacturing its own manufactured product, exploiting potential production processes, existing market share and resource synergies.
	Contracted remanufacturer	Firm responsible for remanufacturing activity and bound by contract with the original equipment manufacturer.
	Independent remanufacturer	Firms responsible for remanufacturing products with little or no contact with the original equipment manufacturer.
<b>5. Re-actioned product design</b>	Product re-designed for remanufacturing	During remanufacturing process, specific design choices are implemented to facilitate future remanufacturing operations (e.g. integrated monitoring systems, iron out of original flaws, product-history tracking).
	Product not re-designed for remanufacturing but with facilitating features	Remanufacturing process introduces new features to the product that do not directly facilitating successive remanufacturing practices but ease some steps of the process.
	Product not re-designed for remanufacturing	Interventions made during remanufacturing process do not aimed at introducing facilitating features, but simply at restoring product performances based on market requirements and opportunities.
<b>6. Product-service distribution</b>	With a partner intermediation	Close cooperation between remanufacturers and external partners, in charge of the delivery of remanufactured products to final market and of providing lifecycle services to customers.
	With a dealer intermediation	Network integrated with a commercial third-party, aimed at the delivery of remanufactured products to the market (e.g. due to lack of market proximity).
	Performed autonomously by remanufacturer	Remanufacturers directly access the market through an internalized distribution system, managing autonomously the delivery of products but also the connected offered services.
<b>7. Product ownership</b>	Ownership is transferred to customers	Ownership is completely transferred from manufacturer/provider to customer, through a traditional sale offer.
	Ownership is retained by providers	Ownership (and usually lifecycle responsibilities) is retained by manufacturer/provider, interested in the extension of products lifespan.
	Ownership is transferred to customers with provider extended responsibilities	Ownership is transferred to customers but with the extension of manufacturer/provider responsibilities (e.g. extended warranties, after-sale included services, etc).
<b>8. Revenue configuration</b>	Traditional single payment	Simple sale transition based on single payment for the purchase of product.
	Deposit-based single payment (with surcharge)	Within a sale transition based on a single payment, a percentage is considered as a deposit that is refunded if particular conditions are satisfied (e.g. customer bring back the product after use).
	Performance payment	Payment modalities quantified on the basis of performance accessed by customer (e.g. Pay-per-use, Pay-per-time, Pay-per-period, etc), without necessarily imply a sale transition and potentially deferred in time.
<b>9. Market destination and segment</b>	Same market destination and segment as original product	Market destinations is the same as original product as well as the targeted market segment, since the remanufactured product entails the same function of the original with no significant differences in terms of product value and thus the same client of original product is willing to accept remanufactured product.
	Same market destination but different segment as original product	Remanufactured products are targeted to a different market segment, since perceived differently from the original product customers.
	Different market destination from original product	Remanufactured products are repurposed to be targeted to a different market, not competing with the original product.



risorse per un altro, creando interconnessioni in grado di ottimizzare la gestione delle risorse.

A partire da tali considerazioni, il paper propone tre nuovi modelli organizzativi di *re-manufacturing* al fine di promuovere la circolarità nell'industria delle costruzioni e, in particolare, nel settore terziario:

1. Contratto di noleggio a supporto del *re-manufacturing*;
  2. Soluzione *all-inclusive* a supporto del *re-manufacturing*;
  3. *Repurposing* di prodotto come strategia di *re-manufacturing*.
- Essi sono stati messi in evidenza a partire dalla combinazione delle diverse *key feature* sulla base delle *best practice* in atto nel settore delle costruzioni ma anche proprie dei settori industriali dove il *re-manufacturing* risulta applicato in modo più maturo e strutturato (Benoy *et al.*, 2014). Tali modelli sono stati in seguito sviluppati attraverso il coinvolgimento delle principali categorie di *stakeholder* (es. investitori e committenze, produttori, imprese di costruzione, installatori, facility manager) tramite tavole rotonde. Questo confronto diretto ha consentito di evidenziare le principali barriere che hanno ad oggi limitato la diffusione di pratiche circolari nel settore e le possibili leve utili al loro superamento.

#### *Contratto di noleggio a supporto del re-manufacturing*

Il primo modello (Fig. 1) individua nel contratto di noleggio una strategia di attivazione di pratiche di *re-manufacturing* per l'estensione della vita utile di prodotti. I prodotti noleggiati che a fine uso hanno ancora performance residue vengono rilavorati, superando la visione "usa e getta" a favore di quella di "multi-uso". In quest'ottica, i produttori originali co-progettano i prodotti in collaborazione con un *provider*, responsabile di offrirli

professional practices within the construction sector. These approaches can promote the development of new organisational models, useful for the dissemination of virtuous circular practices in tertiary building contexts. In particular, the first approach implies a paradigm shift towards practices no longer oriented to the sale but rather to the offer of product "as a service". The client switches from being the "consumer" of a product to become the "user" who accesses the service by paying for it with *pay-per-use* or *pay-per-period* formulas. In this way, the ownership of products is not transferred to the customer but remains with the provider, according to the logic of "disown ownership".

The second approach is based on the concept of industrial symbiosis, identifying new market opportunities that exploit cross- and inter-sectoral synergies following the logic of "waste-re-

source" (Talamo and Migliore, 2017). Waste products of one sector become resources for another, creating interconnections capable of optimising the management of resources.

In light of these considerations, the paper proposes three new organisational models of re-manufacturing, in order to promote circularity in the construction sector and, in particular, in tertiary architectures:

1. Rent contract as a support for re-manufacturing;
2. All-inclusive solution to support re-manufacturing;
3. Product *repurposing* as a re-manufacturing strategy.

They are outlined starting from the combination of the different key features on the basis of the best practices in place in the construction sector but also in other industrial sectors where re-manufacturing appears more mature

and structured (Benoy *et al.*, 2014). Such models have been further developed through the involvement of the main stakeholder categories (e.g. investors and clients, manufacturers, construction companies, installers, facility managers) by means of roundtable sessions. This dialogue has made it possible to highlight the main barriers that currently limit the dissemination of circular practices in the sector as well as the possible levers useful for overcoming them.

L'offerta di prodotti a noleggio (senza cessione di proprietà) intende sensibilizzare *provider* e produttori verso la progettazione e realizzazione di prodotti caratterizzati da elevata durabilità e manutenibilità che consentono, quindi, più cicli di utilizzo prima di giungere al fine vita. Inoltre, si presume che tale aspetto possa comportare un'estensione nel tempo dei benefici legati a ciascun prodotto in termini ambientali ed economici.

#### *Soluzione all-inclusive a supporto del re-manufacturing*

Il secondo modello organizzativo (Fig. 2) prevede che il prodotto sia venduto al cliente insieme ad un *set* di servizi, eseguiti durante l'uso del prodotto, volti ad estenderne la vita utile. Essi comprendono ad esempio: pulizia, riparazione, manutenzione, sostituzione e rilavorazione. La forte partnership tra *provider*, ovvero il fornitore del prodotto, e rilavoratore, ovvero il fornitore dei servizi connessi al prodotto, rappresenta un elemento abilitante di questo modello. Da un lato il provider, allo scopo di fornire soluzioni *all-inclusive* necessita di un soggetto, quale il rilavoratore, con abilità e competenze tecnico-operativo non solo nel campo della manutenzione (piccoli interventi) ma anche relative ai processi di *re-manufacturing* (interventi pesanti). Dall'altro, il rilavoratore al fine di intercettare una fetta di domanda maggiore

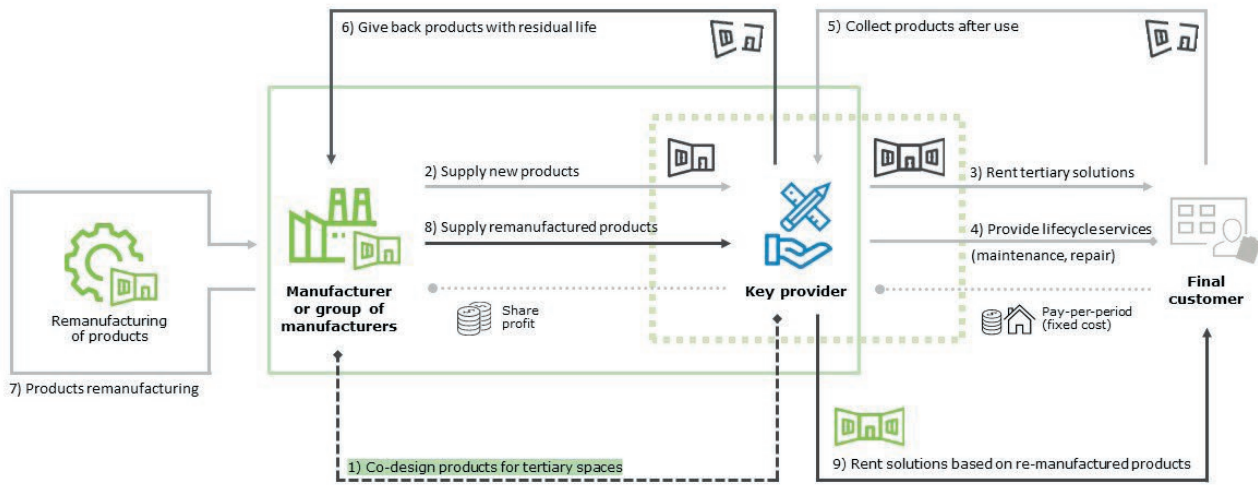
and structured (Benoy *et al.*, 2014). Such models have been further developed through the involvement of the main stakeholder categories (e.g. investors and clients, manufacturers, construction companies, installers, facility managers) by means of roundtable sessions. This dialogue has made it possible to highlight the main barriers that currently limit the dissemination of circular practices in the sector as well as the possible levers useful for overcoming them.

#### *Rent contract as a support for re-manufacturing*

The first model (Fig. 1) proposes the rental contract as a strategy for activating re-manufacturing practices in order to extend the lifespan of products. The rented products that still have end-of-use residual performance are remanufactured, overcoming the "single use" vision in favour of a "multiple-use" one.

Following this approach, the original manufacturer co-designs the products in collaboration with a provider, responsible for offering them for rent. It also recovers the products after use to return them to the manufacturer, who carries out the re-manufacturing activity. In this way, used products are brought back to the original performance conditions, to be then rented by new customers, thus activating a circular value chain. The key role of producers is highlighted, given their responsibility in implementing re-manufacturing processes on products collected after use. The offer of products for rent (without transfer of ownership) aims to sensitise providers and producers towards the design and manufacture of products characterised by high durability and maintainability, allowing more use cycles before reaching the end-of-life. This may lead to an extension over

**BM1 – Rent contract as support for re-manufacturing**



stringe una partnership con il *provider* beneficiando della sua attività di commercializzazione dei prodotti con soluzioni *all-inclusive*.

A differenza del primo modello, che mira a favorire più cicli di utilizzo dello stesso prodotto anche da parte di clienti diversi, questo modello intende estendere il più possibile il ciclo di utilizzo del prodotto con benefici sia in termini ambientali che di *network*. Infatti, con l'obiettivo di fare coincidere la durata di utilizzo con quella di vita utile del prodotto (minimizzando

così lo spreco di performance residue), il modello favorisce la creazione di rapporti commerciali *win-win* di lungo termine sia tra *provider* e rilavoratore sia tra questi e il cliente (fidelizzazione).

*Repurposing di prodotto come opportunità per il re-manufacturing*  
 Il terzo modello proposto (Fig. 3) individua il *repurposing* come strategia circolare in grado di promuovere l'attivazione di pratiche di simbiosi industriale nel settore delle costruzioni. Si tratta

time of environmental and economic benefits related to each product.

*All-inclusive solution to support re-manufacturing*

The second organisational model (Fig. 2) implies that the product is sold to the customer together with a set of services, performed during the product use phase, aimed at extending its useful life. These services include, for instance: cleaning, repair, maintenance, replacement and re-manufacturing. The strong partnership between the provider, i.e. the supplier of the product, and the re-manufacturer, i.e. the supplier of the services connected to the product, represents an enabling element of this model. On the one hand, in order to offer all-inclusive solutions, the provider needs the support of a re-manufacturer, with technical-operational skills and competences in the

field of maintenance and re-manufacturing operations. On the other hand, in order to intercept a greater share of demand, the re-manufacturer establishes a partnership with the provider, benefiting from its activity of commercialising products with all-inclusive solutions.

Unlike the first model, which aims to enable more use cycles of the same product even by different customers, this model has the goal of extending the product use cycle as much as possible with benefits in both environmental and networking terms. Indeed, with the aim of matching the duration of use and the useful life of the product (thus minimising the waste of residual performance), the model favours the creation of long-term win-win commercial relationships between the provider and the re-manufacturer and with the customer (loyalty strategy).

*Product repurposing as a re-manufacturing strategy*

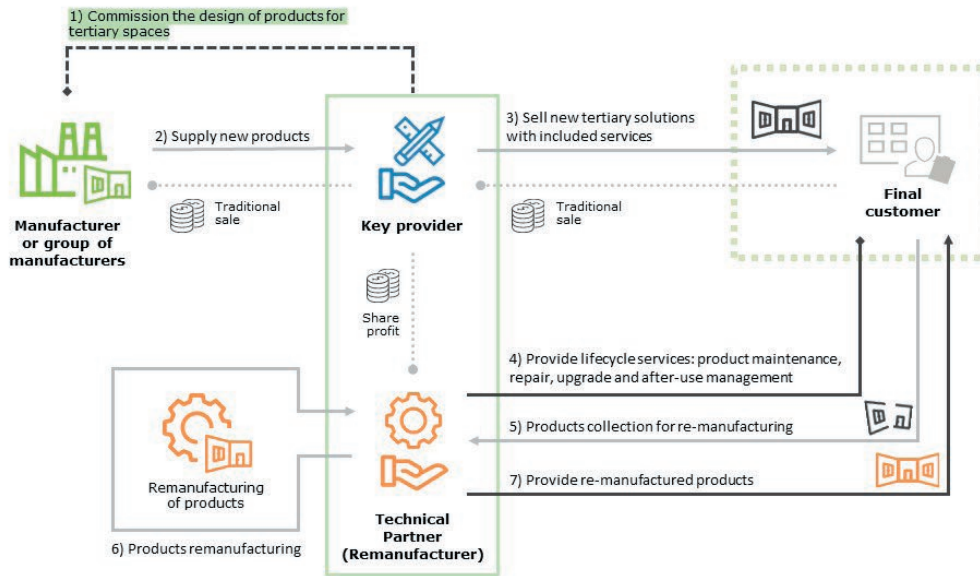
The third proposed model (Fig. 3) identifies repurposing as a circular strategy capable of promoting the activation of industrial symbiosis practices within the construction sector. Repurposing is a strategy that implies the change of function of the original post-consumer product for subsequent placing in alternative markets. This activity makes it possible to intercept products destined to become waste before their disposal, transforming them into potential resources for production processes of the same market or of others. The recovery of post-consumer products is carried out by the provider, who in this case also acts as re-manufacturer, dealing with the technical-operational activities related to repurposing. Another key figure is the dealer, who is a market interme-

diary in charge of the distribution of re-manufactured products – through repurposing – to end customers with a sale that includes a deposit. In this way, the user itself is economically incentivised to return the products after use. The dealer then returns post-consumer products to the provider, responsible for carrying out re-manufacturing activities to extend their use in the second market.

For its innovative nature, this model requires a greater commitment by the involved stakeholders. On the offer side, the re-manufacturer must have an in-depth knowledge of the product and of the opportunities for redesigning and re-manufacturing it. On the demand side, customers are required to be particularly sensitive to the issue of circularity, useful for increasing the acceptability of reconverted and re-manufactured products.

**BM2 – All-inclusive service as support for re-manufacturing**

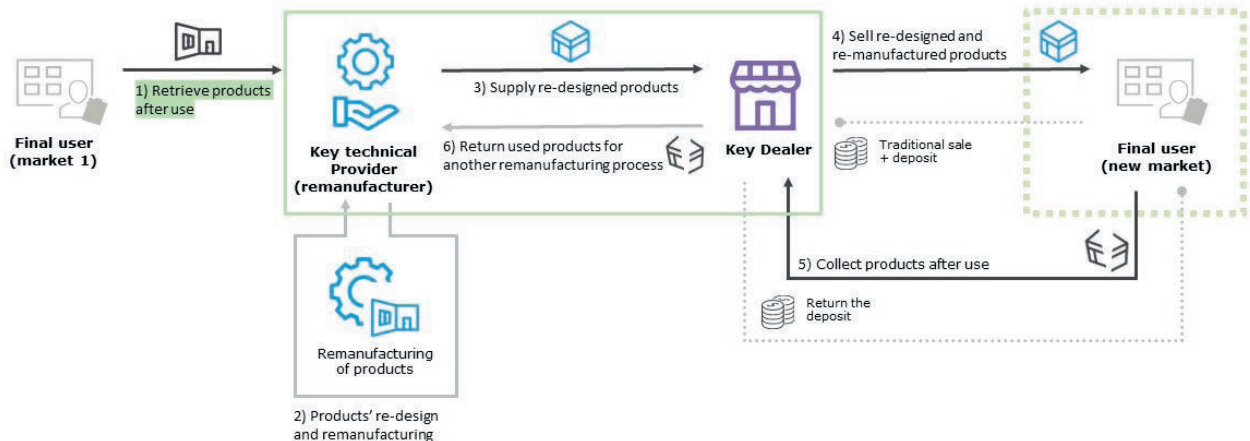
| 02



LEGENDA Information —◆— Labour —◆— Finance ●●● Material —▶— Primary — Secondary — Partnership of providers Product ownership

**BM3 – Re-manufacturing as repurpose strategy**

| 03



LEGENDA Information —◆— Labour —◆— Finance ●●● Material —▶— Primary — Secondary — Partnership of providers Product ownership



di una strategia che implica il cambio di funzione del prodotto originario post-consumo per la successiva immissione in mercati alternativi. Tale attività consente di intercettare i prodotti destinati ad essere rifiuti prima della loro dismissione per trasformarli in possibili risorse nell'ambito di processi produttivi dello stesso mercato o di mercati altri. Il recupero dei prodotti post-consumo viene eseguito da parte del *provider*, che qui è anche rilavoratore, ossia si occupa delle attività tecnico-operative legate al *repurposing*. Un'altra figura chiave è quella del *dealer*, ovvero un intermediario commerciale incaricato della distribuzione dei prodotti rilavorati secondo *repurposing* verso clienti finali tramite una vendita con cauzione (deposito). In questo modo, l'utente stesso risulta economicamente incentivato a restituire i prodotti dopo l'utilizzo. Il *dealer* restituisce poi prodotti post-consumo al *provider*, responsabile di svolgere attività di *re-manufacturing* per estenderne l'utilizzo nel mercato secondo.

Dato il carattere innovativo, questo modello richiede un maggiore impegno da parte dei soggetti coinvolti. Dal lato offerta, al rilavoratore è richiesta una profonda conoscenza del prodotto e delle opportunità di riprogettazione e rilavorazione dello stesso. Dal lato domanda, ai clienti è richiesta una particolare sensibilità al tema della circolarità, utile a incrementare l'accettabilità dei prodotti riconvertiti e rilavorati.

### Considerazioni e analisi critica dei modelli organizzativi proposti

evidenziato alcuni principali barriere e bisogni per la loro implementazione.

I modelli organizzativi proposti sono stati esplorati con il coinvolgimento di *stakeholder* ed esperti di settore, che hanno

### Discussion and critical analysis of the proposed organisational models

The proposed organisational models were explored with the engagement of stakeholders and experts of the field, who highlighted some main barriers and needs to enable their implementation.

Specifically, one of the main identified barriers is represented by product customisation and branding. If, on the one hand, these phenomena meet customer needs that ask for *ad-hoc* products and exclusive usages more and more, on the other hand, they limit the possibility for product re-manufacturing and reuse. In this regard, it is possible to highlight two causes: the product design protection and the customer decision. In the first case, the product cannot be re-manufactured due to the presence either of a design patent or of a registered trademark. While in the

latter case, re-manufacturing is hindered by company policies that often entail the product's demolition as an unavoidable end-of-life scenario, neglecting possible circular alternatives. Another emerging issue is represented by the flow of materials coming from maintenance, renewal or demolition processes of tertiary buildings. In many cases, this volume is not sufficient to justify new industrial processes. This is also due to the unstable demand, which is often difficult to predict in terms of quantities and product typology. Nonetheless, even in the case of significant demand volumes, it is necessary to demonstrate the economic advantage in adopting a re-manufactured product, since if it results in equal or lower quality but is more expensive than the new one, it will rarely be reinstated into the market.

Another significant aspect concerns the product certifications, which define the

In particolare, una delle principali barriere riscontrate riguarda la personalizzazione e il *branding* dei prodotti. Se da un lato, tale pratica incontra le richieste dei clienti che sempre più richiedono prodotti customizzati *ad-hoc* e ad uso esclusivo della loro azienda, dall'altro essa limita le possibilità di rilavorazione e riutilizzo dei prodotti. A riguardo, si osservano due cause: la protezione del design di prodotto e la decisione del cliente. Nel primo caso il prodotto non è rilavorabile poiché brevettato o soggetto a marchi registrati. Nel secondo caso, il *re-manufacturing* del prodotto è ostacolato dalle regole di policy aziendale che spesso prevedono come unico scenario di fine vita lo smaltimento in discarica, senza tenere in considerazione possibili alternative circolari.

Un'altra problematica emersa riguarda il volume di prodotti in uscita da processi di manutenzione, rinnovo o demolizione di edifici terziari. In molti casi tale volume non risulta essere sufficiente per giustificare nuovi processi industriali, anche a fronte dell'instabilità della domanda spesso difficile da prevedere in termini di quantità per tipologia di prodotto. Tuttavia, anche nel caso in cui i numeri sono favorevoli si rende necessario dimostrare il vantaggio economico nell'utilizzo di prodotti rilavorati, poiché se il prodotto rilavorato risulta di qualità uguale o inferiore ma più costoso di quello nuovo difficilmente potrà essere immesso nuovamente sul mercato.

Aspetto da non trascurare è inoltre quello relativo alle certificazioni di prodotto che definiscono le responsabilità in termini di qualità e prestazioni. Questa tematica assume una rilevanza particolare nell'ambito del terzo modello organizzativo proposto "*Repurposing* di prodotto come opportunità per il *re-manufacturing*", in quanto esso prevede il cambio di funzione del prodotto originario e l'attestazione di requisiti prestazionali differenti per

responsibilities in terms of quality and performance. This issue gains particular relevance in the third proposed organisational model, i.e. "Product repurposing as a re-manufacturing strategy", since it entails the original product repurposing, as well as the certification of new performance requirements for placing the repurposed product on an alternative market. In this regard, the current existing regulatory framework does not provide support to obtain adequate certifications to allow the second use of products characterised by residual performances. Moreover, the involved stakeholders identified significant criticalities and risks associated with the responsibility for products whose origin is unknown and whose performance cannot be measured and certified. This barrier opens up the issue of monitoring the conditions of products during their useful life, which is a resource-consuming and poorly prac-

tised activity, but necessary for tracking product information for new future uses. Faced with these barriers, specific priority needs for the activation of the proposed circular organisational models are identified. Among these, some needs are already acknowledged within literature and professional practices, such as the definition of solutions based on the balance between product modularity and customisation. Indeed, it is widely recognised that modularity and standardisation of technical elements facilitate assembling and disassembling processes, product retrieval in the market, as well as maintenance and replacement operations. In particular, these characteristics may represent a potential lever for the activation of the first proposed organisational model, i.e. "Rent contract as a support for re-manufacturing", since the short-term rental implies frequent assembly/

l'immissione in un mercato alternativo. In questo senso, l'attuale normativa vigente tarda, infatti, a fornire supporto all'ottenimento di adeguate certificazioni volte al secondo utilizzo dei prodotti caratterizzati da performance residue. Inoltre, gli stakeholder rilevano criticità e rischi significativi rispetto all'assunzione di responsabilità sui prodotti di cui non si conosce l'origine e di cui non è possibile misurarne e certificarne le prestazioni. Tale difficoltà apre al tema del monitoraggio delle condizioni dei prodotti in fase di esercizio, oneroso e scarsamente praticato ma indispensabile al fine di tracciare le informazioni dei prodotti per nuovi futuri utilizzi.

A fronte di queste barriere, si individuano alcuni bisogni prioritari per l'attivazione dei modelli organizzativi proposti. Tra questi, alcuni risultano già noti e condivisi in letteratura e nelle pratiche professionali, come ad esempio la definizione di soluzioni di compromesso tra modularità e personalizzazione dei prodotti. Infatti, è riconosciuto come la modularità e la standardizzazione degli elementi tecnici agevola le attività di assemblaggio e disassemblaggio, il reperimento dei prodotti sul mercato e le operazioni di manutenzione e sostituzione. In particolare, queste caratteristiche possono rappresentare una leva all'attivazione del primo modello proposto "Contratto di noleggio a supporto del *re-manufacturing*", in quanto il noleggio a breve termine implica frequenti operazioni di montaggio/smontaggio da effettuarsi in tempi ristretti e senza alterare l'integrità dei prodotti. Inoltre, l'utilizzo di prodotti standardizzati favorisce la ricollocazione degli stessi in diversi contesti incrementandone i cicli di utilizzo a servizio di un maggior numero di clienti. Altri bisogni appaiono oggi poco approfonditi nonostante la loro cruciale importanza quali elementi abilitanti di modelli circolari. Gli *stakeholder*, in-

disassembly activities to be carried out in short timeframes and without altering the product's integrity. Moreover, the use of standardised products favours the relocation of these products in multiple contexts, increasing the number of use cycles serving a greater number of customers.

Other needs appear to be less explored so far, despite their relevance as circular model enablers. Indeed, stakeholders express a growing demand for both procedure and methodological guidelines – needed to understand the real possibilities of product re-manufacturing – and regulatory frameworks, aimed at defining new procedures and new bodies for re-manufactured product certifications (e.g. controlled value chain label).

Moreover, re-manufacturing requires the definition of new professional figures that own adequate cross-sectoral skills, including know-how on sustainability,

circular economy and eco-design, as well as competence on technical and operational aspects linked to the building process along the whole product life cycle.

A further identified need concerns the policy tools and incentives oriented to promote re-manufacturing activities and "green" requirements within tender procedures. In particular, the strategic role of the latter to raise awareness on circular practices is unanimously recognised by the involved offer-side and demand-side stakeholders.

#### Conclusions

The growing attention on the issues of circular economy and re-manufacturing is evidenced by a variety of experiences in different business sectors. The construction sector acknowledges the importance of such practices in order to achieve environmental and economic sustainability goals. With

fatti, esprimono una crescente domanda sia di linee guida procedurali e metodologiche, utili a comprendere le reali possibilità di *re-manufacturing* dei prodotti, sia di apparati normativi volti a definire nuove procedure e soggetti preposti alla certificazione di prodotti rilavorati (es. etichetta di filiera controllata). Inoltre, le pratiche di *re-manufacturing*, oltre a rendere necessaria la creazione di reti di *stakeholder*, richiedono la definizione di nuove figure professionali dotate di competenze trasversali che includono sia le tematiche di sostenibilità, economia circolare ed eco-design, sia gli aspetti tecnico-operativi legati alle fasi del processo edilizio lungo l'intero ciclo di vita del prodotto. Una ulteriore esigenza riguarda gli strumenti di *policy* e incentivi a supporto della promozione delle attività di *re-manufacturing* e requisiti "green" nell'ambito delle gare di appalto. In particolare, queste ultime sono ritenute dagli stakeholder strategiche al fine di sensibilizzare la domanda rispetto alle pratiche circolari, stimolando di conseguenza anche l'offerta.

#### Conclusions

L'attuale attenzione ai temi dell'economia circolare e del *re-manufacturing* è testimoniata da molteplici esperienze in diversi settori di *business*. Il settore delle costruzioni riconosce l'importanza di tali pratiche al fine di raggiungere obiettivi di sostenibilità ambientale ed economica. Con l'intento di fornire un contributo utile a promuovere modelli circolari nel settore, il paper identifica chiavi interpretative di approcci circolari innovativi e modelli organizzativi basati sul *re-manufacturing*. Il confronto con stakeholder ed esperti di settore ha condotto all'individuazione dei principali bisogni degli operatori, che aprono a diverse linee di ricerca.

the aim of providing a useful input for promoting circular models within the sector, the paper presents the key features of innovative circular approaches and organisational models based on re-manufacturing. The dialogue with stakeholders and experts in the field has led to the identification of the main needs of operators, opening up different research outlooks.

Firstly, the development of tools to raise awareness and guide design, supply and management operators, including procedural and methodological guidelines to support administrative, certification and contractual processes related to the implementation of re-manufacturing practices. Secondly, the drawing up of innovative *design for re-manufacturing* practices aimed at offering reversible building products, thus easily disassembled and with rework potential, in order

to multiply the use cycles. Finally, the creation of a supply chain for re-manufacturing, based on aggregative forms of collaboration able to overcome the natural fragmentation of traditional organisational structures.

These outlooks constitute an opportunity for *networks* between heterogeneous operators (customers, designers, artisan networks and the third sector), identifying new synergies necessary to establish the market conditions useful for the activation of circular re-manufacturing practices in the construction sector.

#### NOTES

<sup>0</sup> The article, whose proponents are researchers under 35, after having passed the abstract acceptance phase and the subsequent refereeing carried out in a "double blind" mode, obtained from the Techne Board a deserving evaluation for its publication with the No-Pay logic.

In primo luogo, lo sviluppo di strumenti per sensibilizzare e orientare gli operatori della progettazione, fornitura e gestione, tra cui linee guida procedurali e metodologiche a supporto dei processi amministrativi, certificativi e contrattuali legati all'implementazione di pratiche di *re-manufacturing*. In secondo luogo, la definizione di pratiche innovative di *design for re-manufacturing* orientate all'offerta di prodotti edilizi reversibili, quindi facilmente disassemblabili e con potenzialità di rilavorazione, volte a moltiplicare i cicli di utilizzo. Infine, la creazione di una filiera per il *re-manufacturing*, basata su forme aggregative di collaborazione in grado di superare la naturale frammentazione delle strutture tradizionali.

Tali prospettive rappresentano una occasione di *network* tra operatori eterogenei (clienti, progettisti, reti di artigiani e terzo settore), individuando nuove sinergie necessarie per instaurare le condizioni di mercato utili all'attivazione di pratiche circolari di *re-manufacturing* nel settore delle costruzioni.

#### NOTE

<sup>o</sup> L'articolo, i cui proponenti sono ricercatori *under 35*, dopo aver superato la fase di accettazione dell'abstract e il successivo referaggio effettuato con modalità "double blind", ha ottenuto, da parte del Board di Techne, una valutazione meritevole per la sua pubblicazione con la logica *No-Pay*.

#### REFERENCES

- Ardente F, Peiró, L.T., Mathieux, F. and Polverini, D. (2018), "Accounting for the environmental benefits of remanufactured products: Method and application", *Journal of cleaner production*, Vol. 198, pp.1545-1558.
- Benoy, A., Owen, L. and Folkerson, M. (2014), *Triple Win: The Economic Social and Environmental Case for Remanufacturing*, All Party Parliamentary Sustainable Resource Group and All Party Parliamentary Manufacturing Group, London, UK.
- Bernat, P. (2019), "Reducing Confusion, Disagreement around Service Terms and Definitions", *Biomedical instrumentation & technology*, Vol. 53, n. 2, pp.160-160.
- Butzer, S. and Schötz, S. (2016), "Map of re-manufacturing processes landscape", European Remanufacturing Network, available at: [https://www.remanufacturing.eu/assets/pdfs/ERN\\_DeliverableReport\\_WP3\\_Processes\\_final\\_for\\_upload-1.pdf](https://www.remanufacturing.eu/assets/pdfs/ERN_DeliverableReport_WP3_Processes_final_for_upload-1.pdf) (accessed 8 February 2021).
- D'Adamo, I. and Rosa, P. (2016), "Remanufacturing in industry: advices from the field", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 86, n. 9-12, pp. 2575-2584.
- European Commission (2020), "Circular Economy Action Plan. For a cleaner and more competitive Europe", available at: [https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/new\\_circular\\_economy\\_action\\_plan.pdf](https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/new_circular_economy_action_plan.pdf) (accessed 8 February 2021).
- Gallo, M., Romano, E. and Santillo, L.C. (2012), "A perspective on remanufacturing business: issues and opportunities", *International trade from economic and policy perspective*, Vol. 209.
- Gunasekara, H., Gamage, J. and Punchihewa, H. (2018), "Remanufacture for Sustainability: A review of the barriers and the solutions to promote remanufacturing", *Proceedings of International Conference on Production and Operations Management Society (POMS)*, pp. 1-7.
- Ijomah, W.L. (2008), "A tool to improve training and operational effectiveness in remanufacturing", *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 21, n.6, pp. 676-701.
- King, A.M., Burgess, S.C., Ijomah W. and McMahon C.A. (2006), "Reducing waste: repair, recondition, remanufacture or recycle?", *Sustainable development*, Vol. 14, n. 4, pp. 257-267.
- Osservatorio del Mercato Immobiliare (2017), *Rapporto Immobiliare 2017. Immobili a destinazione terziaria, commerciale e produttiva*. Pubblicazioni OMI.
- Osterwalder, A. and Pigneur, Y. (2010), *Business Model Generation*, Osterwalder & Pigneur, Lausanne, Switzerland.
- Özer, H.S. (2012), "A review of the literature on process innovation in remanufacturing", *International Review of Management and Marketing*, Vol. 2, n. 3, pp. 139-155.
- Parker, D. and Butler, P. (2007), *An introduction to remanufacturing*. Oakdene Hollins Ltd, Aylesbury, UK.
- Parker, D., Riley, K., Robinson, S., Symington, H., Tewson, J., Jansson, K. and Peck, D. (2015), "Remanufacturing market study", European Remanufacturing Network, available at: <https://www.remanufacturing.eu/assets/pdfs/remanufacturing-market-study.pdf> (accessed 8 February 2021).
- Paterson, D.A., Ijomah, W.L. and Windmill, J.F. (2017), "End-of-life decision tool with emphasis on remanufacturing", *Journal of Cleaner production*, Vol. 148, pp. 653-664.
- Rose, C.M. and Stegemann, J.A. (2018), "Characterising existing buildings as material banks (E-BAMB) to enable component reuse", *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Engineering Sustainability*, Vol. 172, n. 3, pp. 129-140.
- Sundin, E. and Bras, B. (2005), "Making functional sales environmentally and economically beneficial through product remanufacturing", *Journal of cleaner production*, Vol. 13, n. 9, pp. 913-925.
- Talamo, C. and Migliore, M. (2017), *Le utilità dell'inutile. Economia circolare e strategie di riciclo dei rifiuti pre-consumo per il settore edilizio*, Maggioli.
- Talamo, C., Lavagna, M., Monticelli, C., Atta, N., Giorgi, S. and Viscuso, S. (2019), "Re-NetTA. Re-manufacturing networks for tertiary architectures", in Della Torre, S., Cattaneo, S., Lenzi, C. and Zanelli, A. (Eds.), *Regeneration of the Built Environment from a Circular Economy Perspective*, Springer Nature, pp. 303-314.
- Vezzoli, C., Ceschin, F., Osanjo, L., M'Rithaa, M.K., Moalosi, R., Nakazibwe, V. and Carel Diehl, J. (2018), *Designing sustainable energy for all: sustainable product-service system design applied to distributed renewable energy*, Springer Nature.
- Yang, S.A.R., Kaminski, J. and Pepin, H. (2018), "Opportunities for industry 4.0 to support remanufacturing", *Applied Sciences*, Vol. 8, n. 7, pp. 1177.



Valerio Morabito,

Dipartimento dArTe Università Mediterranea di Reggio Calabria, Italia  
Department of Landscape Architecture, University of Pennsylvania, USA

valerio.morabito@unirc.it

**Abstract.** Il testo delinea un percorso di ricerca che, partendo dalla nascita della scienza dell'ecologia e dell'Architettura del Paesaggio, in un'ottica di economia circolare e riciclo dell'esistente, esplora l'agricoltura urbana e le sue più recenti sperimentazioni sulle serre verticali. L'agricoltura, da sempre parte integrante del paesaggio urbano, svolge un ruolo ecologico, sociale, culturale ed estetico per la crescita sostenibile delle città contemporanee. Con lo sviluppo delle serre verticali (*vertical farm*) e di nuove tecnologie di produzione, l'agricoltura urbana si sta sempre più evolvendo verso nuove sperimentazioni architettoniche. Il testo, nella sua parte finale, descrive il brevetto di un involucro sperimentale sviluppato da APS *spin off* UNIRC per serre verticali in edifici non finiti.

**Parole chiave:** Economia circolare; Energia grigia; Riciclo; Rigenerazione; Produzione.

## Dall'ecologia dell'architettura del paesaggio all'agricoltura urbana

Nel 1799, Alexander Von Humboldt, scienziato, cartografo e artista di straordinaria qualità espressiva, durante il suo famoso viaggio nel Sud America, in-

tuisce che l'ambiente è un organismo complesso fatto di elementi e processi interconnessi e che l'uomo è una sua parte inscindibile (Wulf, 2015).

Nel 1857 viene inaugurato il *Central Park* di New York su progetto di Frederick Law Olmsted e Calvert Vaux. Utilizzando le grandi rocce preesistenti come *landmark* del tempo geologico (Duempelmann and Herrington, 2014), i progettisti disegnano lo spazio del parco ad imitazione della natura selvaggia del Nord America, delineando una prima embrionale relazione tra ecologia/geologia e design del paesaggio.

Nel 1866, Ernst Haeckel pubblica la "Generelle Morphologie der Organismen" dove, per la prima volta, usa il termine ecologia.

Nel 1949, dopo la seconda guerra mondiale, negli Stati Uniti viene pubblicata la raccolta degli scritti di Aldo Leopold con il titolo

Ecology, landscape and urban agriculture. An innovative envelope for vertical farms

**Abstract.** This text explores the birth of the science of ecology relating to the landscape architecture discipline and, through the lens of circular economy and recycling, urban agriculture and its most recent experiments concerning vertical farms. Agriculture, which has always been an integral part of the urban landscape, plays an ecological, social, cultural and aesthetic role in the sustainable growth of contemporary cities. With the development of vertical farms and new production technologies, urban agriculture is increasingly evolving towards new architectural experiments. In its final part, the text describes a building envelope, a patent developed by APS spin-off UNIRC, for vertical farms to be organised in unfinished buildings.

**Keywords:** Circular economy; Grey energy; Recycling; Regeneration; Manufacturing.

"A Sand County Almanac". Una raccolta postuma di saggi che, per il loro valore scientifico e per una prosa letteraria di straordinario valore, è diventata da subito un classico della letteratura americana e non solo.

Nel 1969 Ian McHarg pubblica il suo celeberrimo libro "Design with Nature". Il libro teorizza una relazione organica tra la scienza dell'Ecologia e l'Architettura del Paesaggio attraverso progetti, ricerche e sperimentazioni. McHarg ci parla anche di *Stewardship* (Weller, 2017), in relazione alla nostra responsabilità sulle trasformazioni sempre più repentine del nostro ambiente, rendendoci consapevoli dei cambiamenti climatici sempre più evidenti.

Nel 1996, Forman, insieme a Wenche Dramstand e James Olson, scrive il libro "Landscape Ecologies Principles in Landscape Architecture and Land-Use Planning". Uno straordinario manuale pratico per progettare strategie ecologiche legate ai mosaici dei paesaggi del territorio e delle città. Tasselli che costituiscono e costruiscono innovative relazioni ecologiche, estetiche, culturali e sociali imprescindibili nello sviluppo, nella rigenerazione e nella circolarità delle nostre città (Pickett, 2008).

## Agricoltura e città

La definizione di agricoltura urbana è la più recente definizione

di una tipologia di giardini (mosaici) urbani che hanno usato piante e alberi da frutto per la produzione di cibo all'interno di palazzi, luoghi religiosi e spazi della città.

Durante la dominazione romana, si svilupparono gli horti utilitaristici, diffusi sia in Italia che nei luoghi più remoti dell'impero (Lapadula, 2018). Questi erano "farm garden", giardini disegnati

## From the ecology of landscape architecture to urban agriculture

In 1799, during his famous trip to South America, Alexander Von Humboldt, a scientist, cartographer and artist of extraordinary expressive quality, intuited that environment is a complex organism based on interconnected natural processes and humans' activities (Wulf, 2015). In the following years, his intuition created ideas later developed by the science of ecology.

In 1857, Frederick Law Olmsted and Calvert Vaux inaugurated New York's Central Park. They designed the park imitating the North American wilderness, using large pre-existing rocks as geological time landmarks (Duempelmann and Herrington, 2014.) Their design outlined an early embryonic relationship between ecology, geology and landscape design; from this experience, Olmsted founded the discipline

of landscape architecture (Thompson, 2014).

In 1866, Ernst Haeckel published "Generelle Morphologie der Organismen", where, for the first time, he used the term ecology.

In 1949, after World War II, a collection of Aldo Leopold's writings was published in the United States under the title "A Sand County Almanac". It is a posthumous collection of essays which immediately became a classic of American Literature for their scientific value and extraordinary prose. Evocative descriptions about conservation and protection of environments spread profound and crucial ecological ideas to many people. In 1969, as a result of this new environmental awareness, Ian McHarg published his celebrated book "Design with Nature". The book theorises an inseparable organic relationship between the science of ecology and landscape

da viti, alberi da frutto, palme, legumi, ortaggi e fiori venduti nei mercati cittadini (Semple, 1929).

Il giardino arabo completava l'architettura di molti palazzi, ed era generalmente solcato da canali rettilinei e caratterizzato da alberi da frutto. Le piante di questi giardini erano «il melograno, l'olivo, la palma, la vite e gli agrumi, ma vi venivano coltivate anche piante aromatiche e fiori» (Lapadula, 2018). Nel Medioevo, gli *hortus conclusus* erano giardini prettamente utilitaristici per la produzione di cibo che, nei principali complessi monastici, si codificarono in quattro tipologie: il *claustrum*, l'*herbularius*, l'*hortus* e il *pomarium* (Lapadula, 2018).

In questo continuo scambio di ruoli tra l'arte dei giardini e il piacere/necessità della produzione agricola, la costruzione del *Le Jardin Potager*, a Versailles è un esempio cruciale. Jean de La Quintinie, il giardiniere progettista, convinse Luigi XVI, nel 1660, a costruire il suo giardino disquisendo sulla bellezza della produzione dell'orto. Lo fece mostrando «della frutta e della verdura vera, colorata, fragrante e gustosa. Grandi e lussuose pere messe sulla tavola del re nel mese invernale di febbraio rappresentavano i doni dell'orto» (Mukerji, 1997).

Nella città contemporanea, l'agricoltura urbana si è sviluppata secondo obiettivi sociali (agricoltura partecipata), ecologici, economici, culturali ed estetici, spesso, ma non solo, connessi al sovrappopolamento delle città (UN Population Division, 2005; Wimberley *et al.*, 2007).

April Philips afferma che «La città sostenibile del ventunesimo secolo richiede la fusione dell'urbanistica con i sistemi alimentari sostenibili. Le strategie di progettazione per l'agricoltura urbana riguardano il reinvento del cibo in città e il ricolligamento delle persone con i loro sistemi alimentari locali e regionali per

promuovere uno stile di vita più sano e sostenibile. L'agricoltura urbana è, ora più che mai, un movimento in transizione e questi nuovi paesaggi urbani stanno dimostrando di essere molto più che coltivare ortaggi su lotti abbandonati» (Philips, 2013).

### **Agricoltura, agricoltura idroponica e serre verticali**

L'agricoltura verticale non è del tutto nuova (Al-Kodmany, 2018) e i Giardini Pensili di Babilonia, costruiti intorno al 600 a.C., sono un esempio emblematico. Ma è all'inizio dello scorso secolo, nel 1915, che Gilbert Ellis Bailey conia il termine "agricoltura verticale", scrivendo un libro intitolato *Vertical Farming*. Egli sosteneva che l'agricoltura idroponica, realizzata in un ambiente verticale controllato, avrebbe fornito benefici economici e ambientali. All'inizio del 1930, William Frederick Gericke fu uno dei pionieri dei sistemi idroponici, sperimentati presso l'Università della California a Berkeley. Negli anni '80, Åke Olsson, agricoltore ecologico svedese, propose l'agricoltura verticale per produrre verdure in città. Tuttavia è Dickson Despommier, professore ecologista americano, che, alla fine del secolo scorso, rilancia il concetto di agricoltura verticale scrivendo il famoso libro *Vertical Farms*, dove sono descritte nuove opportunità e tecniche per incrementare la produzione agricola in città.

Da allora, sono state pensate e progettate nuove tipologie di edifici per ospitare produzioni agricole che, integrandosi nello spazio delle città, incidono sempre di più sui temi fondamentali del consumo energetico, dell'economia circolare e del riciclo delle risorse, senza tralasciare la socialità, la cultura e l'estetica.

Oggi, una terra grande quanto il Sud America viene utilizzata per coltivare cibo e allevare bestiame per una popolazione che

architecture, practising it through projects, research and educational experiments. McHarg also spoke about *Stewardship* (Weller, 2017) meaning having awareness of our responsibilities on the increasingly abrupt transformations of our environment, warning about climate changes, which have evidently increased today.

"Design with Nature" is still a milestone in the international debate on holistic processes involving landscape architecture, city design, and territorial planning according to ecological processes, recycling, and circular economy actions.

In 1995, Richard Forman published the book "Land Mosaic, The Ecology of Landscape and Regions", observing and describing the surface of our planet as a complex mosaic having various scales of interpretation. Land mosaics generate diverse ecological relationships whether

observed from far or very close.

In 1996, Forman, along with Wenche Dramstand and James Olson, wrote the book "Landscape Ecologies Principles in Landscape Architecture and Land-Use Planning", a great practical handbook for designing ecological strategies' mosaic shapes.

Good design is a starting point for modifying an urban mosaic made up of pieces that build innovative ecological, aesthetic, cultural and social relationships essential in the development, regeneration and circularity of our cities (Pickett, 2008).

Mosaics of urban agriculture have always defined the fabric of cities, with more or less evidence depending on the eras and cultures.

### **Agriculture and city**

The urban garden is the most recent definition of a typology of gardens

that had used fruit trees and vegetables inside buildings and religious places. Gardens in cities have developed in their relationships with the needs of societies, concerning, from time to time, both pleasure of aesthetic contemplation and food production for daily needs.

For more than six centuries, during the Roman Empire, utilitarian horti were developed in Italy and the most remote places (Lapadula, 2018). These were "farm gardens", gardens designed by vines, fruit trees, palms, legumes, vegetables and flowers usually sold in city markets (Semple, 1929). The Arab garden, objectively derived from the Persian one, completed many buildings, generally furrowed by straight canals, flowerbeds and fruit trees. Many texts describe and list plants such as «pomegranate, olive, palm, vine and citrus, but aromatic plants and flow-

ers were also grown there» (Lapadula, 2018).

In the Middle Ages, Hortus Conclusus were purely utilitarian gardens for food production. Over time, at least four types of cultivated areas were codified in major monastic complexes: the claustrum, herbularius, hortus, and pomerium (Lapadula, 2018).

In this continuous exchange of roles between the art of gardens and the pleasure/necessity of agricultural production, the construction of Le Jardin Potager in Versailles is a crucial example. In 1660, Jean de La Quintinie, the designer gardener, convinced Louis XVI to build his garden following a discourse on the beauty of garden production. He did so by displaying «real, colourful, fragrant and tasty fruits and vegetables. Large, lusty pears placed on the king's table in the winter month of February represent-

si prevede di 9,5 miliardi di persone entro il 2050, concentrate in città sempre più grandi (Kozai *et al.*, 2020). Se continuassimo ad urbanizzare le nostre città senza una diversa organizzazione delle loro attività e del loro metabolismo, consumando di più di quanto dovremmo, come affermano la maggior parte dei biologi evolutivi, la specie umana verrà relegata «nel registro dei fossili» (Despommier, 2010).

Le serre verticali sembrano potere risolvere una serie di problemi: il rifornimento di cibo di alta qualità prodotto con bassi consumi energetici; risparmio idrico; uso di pesticidi nullo; distribuzione a basso impatto ambientale del cibo prodotto. Molti studi (Kozai *et al.*, 2020) teorizzano che questa tipologia edilizia consentirebbe di riconvertire una quantità significativa di terreno agricolo in ecosistemi nuovi o preesistenti, lasciandolo alla sua naturale trasformazione. Basti pensare all'espansione dei boschi italiani da quando si sono ridotti gli spazi occupati dall'agricoltura tradizionale<sup>1</sup>.

Negli ultimi anni la tecnologia per l'organizzazione di serre verticali non prevede soltanto la costruzione di nuovi edifici, ma anche il riutilizzo di edifici preesistenti in un concetto di *recycling* dell'esistente in ottica ecologica e sostenibile. Il progetto Ri-Genera, lanciato in Veneto dall'Enea, punta a riutilizzare capannoni dismessi ed edifici abbandonati come caserme, magazzini e case cantoniere, creando serre verticali a coltivazione idroponica<sup>2</sup>.

### Riuso ecologico di strutture in cemento armato di edifici non finiti

Il paesaggio delle periferie e le frange complesse delle città sono spazi contraddittori ed imperfetti, spesso caratterizzati da

edifici non finiti, abbandonati o non utilizzati. In particolare, in Italia, gli edifici pubblici non finiti sono molti, così come ripor-

ed the gifts of the garden» (Mukerji, 1997).

In the contemporary city, urban agriculture has developed according to social (participatory agriculture), ecological, economic, cultural, and aesthetic goals, often, but not only, related to the overpopulation of cities (UN Population Division 2005; Wimberley *et al.* 2007).

While there are different definitions of urban agriculture (Smit *et al.*, 1996), urban agriculture linked to landscape architecture plays a crucial role in our cities' ecological and aesthetic development. April Philips, landscape architect and urban planner, affirms that «The sustainable city of the 21st century requires the merging of urbanism with sustainable food systems. Design strategies for agricultural urbanism are about reinventing food into the city and reconnecting people with their local

and regional food systems to promote a healthier, more sustainable lifestyle. They challenge today's industrial food system that currently separates people from their food sources. Urban agriculture is, now more than ever, a movement in transition, and these new urban landscapes are proving to be much more than growing vegetables on abandoned sites» (Philips, 2012).

### Agriculture, hydroponic agriculture, and vertical farms

Vertical farming is not entirely new (Al-Kodmany, 2018), and the Hanging Gardens of Babylon, built around 600 BC, are an emblematic example. But it was early in the last century, in 1915, that Gilbert Ellis Bailey coined the term «vertical farming», writing a book called *Vertical Farming*. He argued that hydroponic farming in a controlled vertical environment would provide

tato dal portale tecnico dei lavori pubblici e dal Sistema Informativo Monitoraggio Opere Incompiute (S.I.M.O.I.), dove è possibile consultare l'elenco delle opere pubbliche lasciate interrotte su tutto il territorio nazionale. Ma a queste opere pubbliche censite, è necessario aggiungere tutte le opere private rimaste incompiute, che sono moltissime e non censite<sup>3</sup>.

Tra le regioni Italiane che più soffrono di questo problema c'è la regione Calabria, in particolare la città Metropolitana di Reggio Calabria è caratterizzata da una serie di strutture private in cemento armato inutilizzate, difficili da riciclare e altrettanto difficili da abbattere per difficoltà economiche e processi culturali<sup>4</sup>. APS *spin off* dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria, dall'osservazione di questo paesaggio degradato, ha sviluppato una ricerca con l'obiettivo di dare un nuovo ciclo vita ad edifici non finiti, caratterizzati principalmente dalla presenza di strutture di elevazione (pilastri) in cemento armato e di piani orizzontali (solai).

La ricerca si è posta una serie di riflessioni critiche da cui partire per dare risposte adeguate:

- Che funzioni possono essere attivate in questi edifici per dare loro un nuovo ciclo vita?
- Come possono essere riutilizzate le strutture in cemento armato senza eccessivi lavori di adeguamento?
- Come rendere questo processo di trasformazione semplice, innovativo e di uso comune?
- Come questi relitti contemporanei della città posso trasformarsi in valori urbani?

La ricerca ha individuato nelle serre verticali (*vertical farms*) la tipologia edilizia capace di creare funzioni specifiche per attività produttive ed economicamente vantaggiose. La funzione della

economic and environmental benefits. In the early 1930s, William Frederick Gericke was one of the pioneers of hydroponic systems at the University of California, Berkeley.

While in the 1980s, Åke Olsson, a Swedish ecological farmer, proposed vertical farming as a means of producing vegetables in the city.

However, Dickson Despommier, an American ecologist professor at the end of the last century, relaunched the concept of vertical agriculture by writing his famous book *Vertical Farms*, where he describes new opportunities and techniques to increase agricultural production in cities.

Since then, new types of buildings have been conceived and designed to host agricultural production, which, by integrating themselves into city's spaces, increasingly affect the fundamental themes of energy consump-

tion, circular economy and recycling of resources, without neglecting social, cultural and aesthetic aspects.

Today, land almost the size of South America is used to grow food to feed animals, and the planet is expected to be home to 9.5 billion people by 2050, concentrated in ever-larger cities (Kozai, 2020). If we continue to urbanise our cities without a different organisation of their activities and metabolism, consuming more than we should as most evolutionary biologists claim, the human species will be relegated «to the fossil record» (Despommier, 2010).

Vertical farms seem to be able to solve several problems: the supply of high-quality food produced with low-energy consumption; water savings; zero pesticide use; environmentally friendly distribution of the food produced.

Many studies (Kozai, 2020) theorise that these types of buildings could



produzione di cibo applicata agli edifici esistenti non finiti ha fornito le basi per una approfondita analisi, focalizzandosi nello sviluppo di un involucro per fornire ambienti chiusi e protetti, dentro i quali organizzare serre verticali produttive.

APS *spin off* UNIRC ha ideato e brevettato<sup>5</sup> un involucro ecologico e sostenibile, capace di adattarsi alle diverse tipologie di edifici non finiti in paesaggi urbani e degradati, secondo un concetto di sostenibilità legato al riciclo e all'economia circolare.

### Descrizione della tecnologia del brevetto

Il principale obiettivo del brevetto è stato quello di inventare un involucro semplice, leggero e

flessibile per potere essere montato indipendentemente su ogni piano degli edifici.

Per la semplicità tecnologica utilizzata, il brevetto può essere industrializzato usando materiali già esistenti, in modo tale da contenere i costi di commercializzazione.

In dettaglio, il sistema dell'involucro per edifici non finiti in cemento armato è costituito da tre elementi principali (Fig. 1):

- angolari di tenuta formati da cinghie con velcro e cricchetti, da montare sui pilastri in cemento armato;
- cinghie di tensione con velcro per avvolgere orizzontalmente i piani degli edifici;
- teli di chiusura di materiale plastico trasparente od opaco, riciclato e riciclabile, provvisti di velcro per essere montati alle cinghie di tensione e agli angolari di tenuta.

Il processo di montaggio del sistema di involucro avviene molto semplicemente. Si fissano le cinghie angolari ai pilastri utilizzando la tecnologia del velcro, in modo da adattarsi facilmente ad ogni forma e grandezza dei pilastri. A questi angolari vengono

allow the conversion of a significant amount of agricultural land into any new or existing ecosystem, even simply leaving it to its natural transformation. Consider, for instance, the expansion of Italian woods since the spaces occupied by traditional agriculture<sup>1</sup> have reduced.

In recent years, the technology for vertical farms recycles existing buildings from an ecological and sustainable perspective. The Ri-Genera project, launched in Veneto, Italy, by Enea, aims to reuse disused warehouses and abandoned buildings creating vertical farms for hydroponic cultivation<sup>2</sup>.

### Ecological reuse of reinforced concrete unfinished buildings structures

Suburbs' landscapes are complex and generate contradictory and imperfect city spaces, sometimes characterised by unfinished, abandoned and unused

buildings. In Italy, there are 546 unfinished public buildings, according to the numbers reported by the website of the Lavori Pubblici and the Sistema Informativo Monitoraggio Opere Incompiute (S.I.M.O.I.). However, to the list of these unfinished public buildings, it is necessary to add all the unfinished private buildings, which are many and not surveyed<sup>3</sup>.

Among the Italian regions that most suffer from this problem, there is the region of Calabria, particularly the metropolitan city of Reggio Calabria, characterised by many unfinished private buildings in reinforced concrete, difficult to recycle and tear down due to economic difficulties and cultural processes<sup>4</sup>.

APS, a spin-off of the Università Mediterranea di Reggio Calabria, developed specific research while observing these degraded landscapes to give a

fissate le cinghie di tensione, tirate con l'ausilio dei cricchetti integrati agli angolari. Così fissati e tirati, gli angolari e le cinghie creano una seconda struttura consistente e resistente sulla quale posso essere stesi i teli in materiale plastico (Fig. 2).

Il sistema così costituito si presenta leggero e componibile senza l'ausilio di malte o colle; è economico e riciclabile; ha una notevole flessibilità di utilizzo e non comporta variazioni di volumi. Il peso aggiunto alle strutture è irrisorio rispetto a qualunque altro sistema di chiusura verticale e non grava sulla capacità sismica delle strutture esistenti, preservandole nelle loro forme e funzioni originali.

La trasparenza dell'involucro sarà in relazione agli edifici esistenti e alla loro esposizione: teli trasparenti nel caso di una migliore esposizione ai raggi diretti del sole, teli opachi nel caso in cui la produzione del cibo sia regolata da luci artificiali. Una totale illuminazione interna per la produzione di cibo verrà supportata da tecnologie a basso consumo pianamente funzionali (Kozai *et al.*, 2020).

La ricerca non ha ancora testato il brevetto con un modello reale o virtuale, per cui mancano livelli funzionali e prestazionali diretti a cui riferirsi.

### Recycling dell'energia grigia per processi urbani virtuosi

Negli ultimi anni sono state presentate un numero crescente di proposte di edifici per *vertical farm*, tuttavia questi progetti non vengono realizzati perché non sono ancora economicamente sostenibili (Al-Kidmany, 2018). Con il riutilizzo delle strutture degli edifici in cemento armato si possono raggiungere due benefici principali: il primo è un abbattimento dei costi per la realizzazione delle *vertical farm*, il secondo riguarda il riutilizzo

new life cycle to unfinished buildings characterised by elevated structures (pillars) in reinforced concrete and horizontal planes (floors).

The research set out a series of critical reflections from which to make appropriate responses:

Which functions can be activated in these buildings to give them a new life cycle?

How can reinforced concrete structures be reused without excessive retrofitting?

How can this process of transformation be made simple, innovative and commonly used?

How can these contemporary city relics be transformed into urban values?

First, the research identified the function of vertical farming for new economic and productive activities to develop into these unfinished buildings. Second, the study focused on creating

an ecological and sustainable building envelope according to recycling and a circular economy, in order to provide closed and protected environments for technological agriculture.

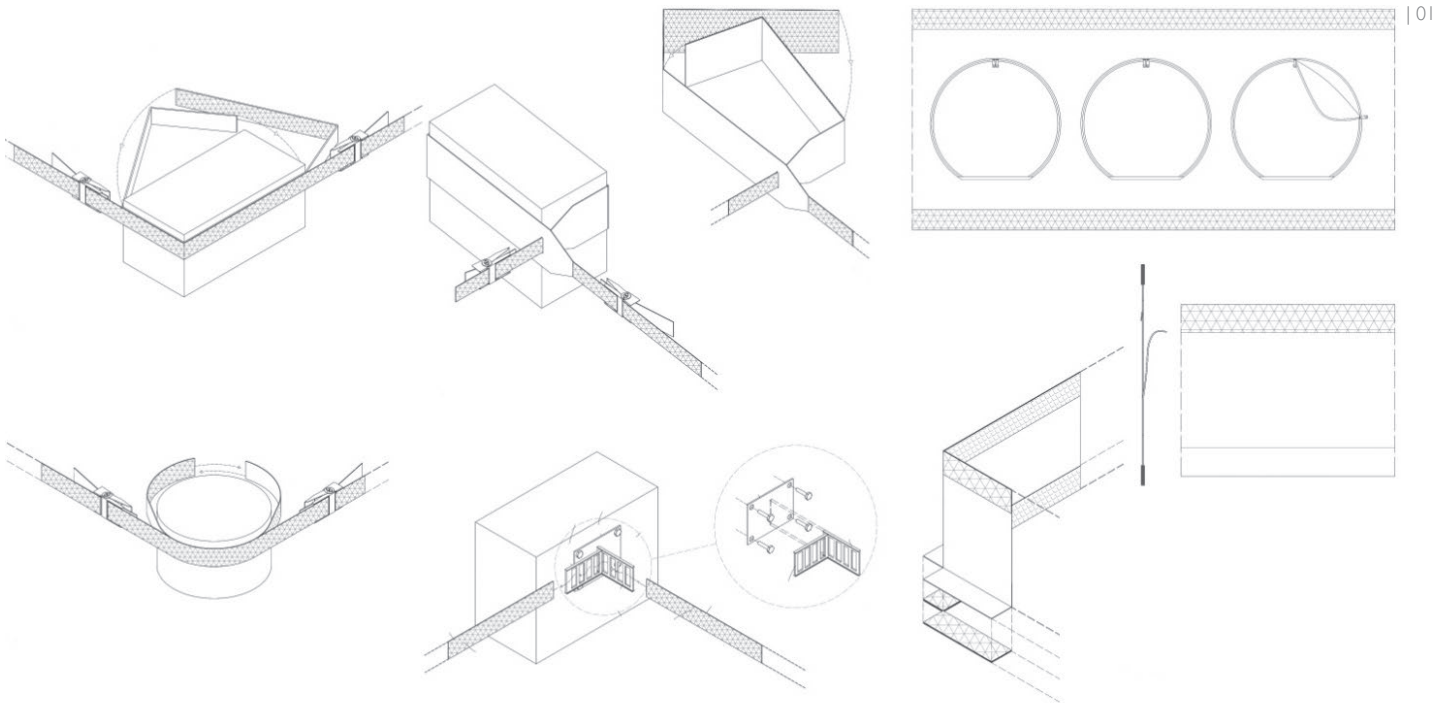
From these assumptions, APS, the spin-off of UNIRC, designed and patented<sup>5</sup> an ecological and sustainable envelope to adapt to different types of unfinished buildings in degraded urban landscapes.

### Patent technology description

The main aim of the patent was to invent a simple, lightweight and flexible envelope to be mounted independently on each floor of unfinished buildings.

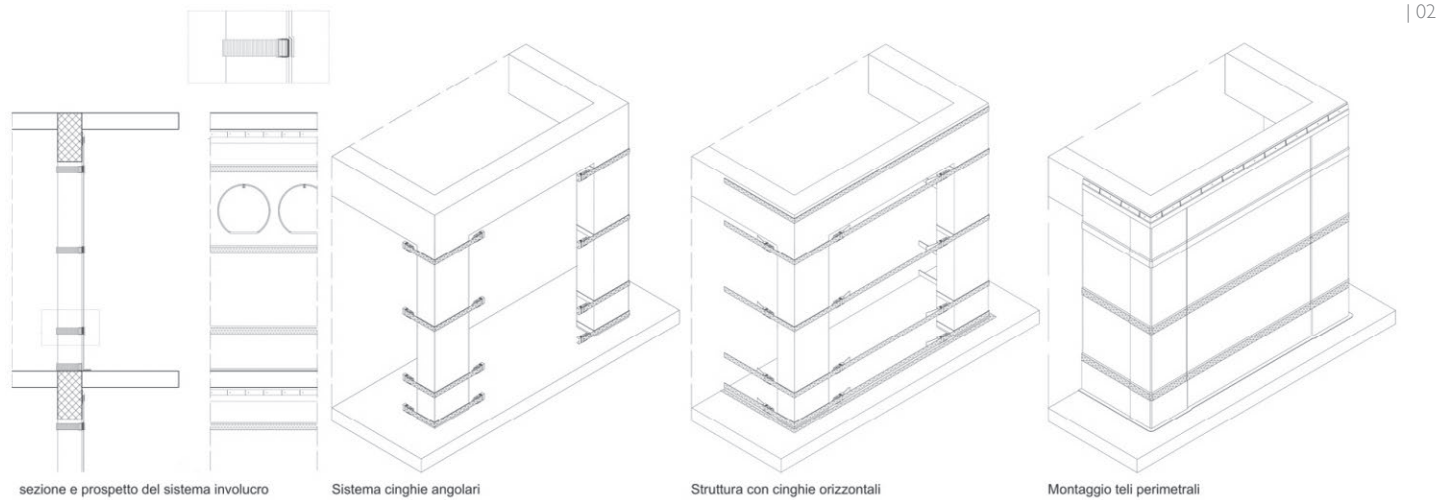
The patent, based on simple technology, can be industrialised using common existing materials to keep commercialisation costs low.

In detail, the envelope system for un-



Cinghie angolari

Teli perimetrali di chiusura



sezione e prospetto del sistema involucro

Sistema cinghie angolari

Struttura con cinghie orizzontali

Montaggio teli perimetrali

dell'energia grigia contenuta nelle strutture non utilizzate (Figg. 3, 4, 5).  
Immaginando un riutilizzo virtuoso dell'energia grigia racchiusa nelle strutture non utilizzate, l'involucro inventa forme innovative e diverse di uso degli edifici non finiti. «In un momento in cui l'architettura è guidata dalle nozioni di rendimento degli investimenti, da sistemi concorrenti di misurazione dell'energia e da efficienze incrementali, potrebbe sembrare provocatorio sostenere che una delle più grandi sfide nella pratica contempo-

ranea non è come viene misurata l'energia incorporata (o operativa), ma come questa energia viene immaginata. Ma questo atto di pensiero proiettivo ha il potenziale di definire l'energia come un catalizzatore per nuove forme di pratica in architettura» (Kennedy, 2017).

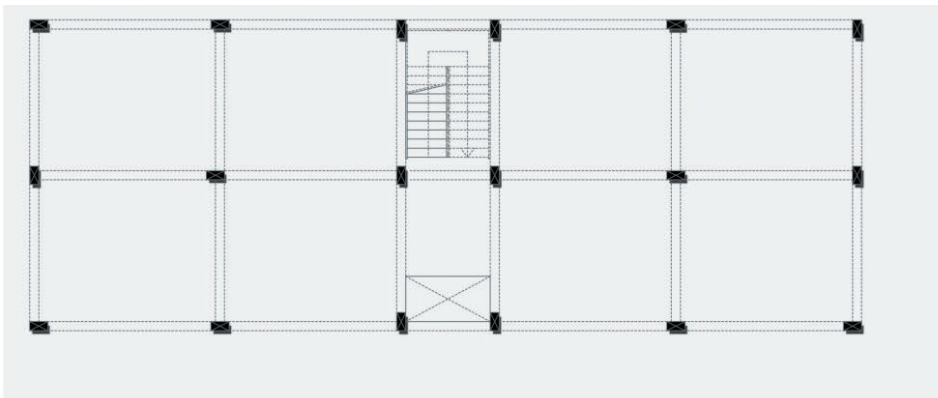
I vantaggi dell'invenzione possono essere sintetizzati in quattro punti:

- economico;
- sociale;

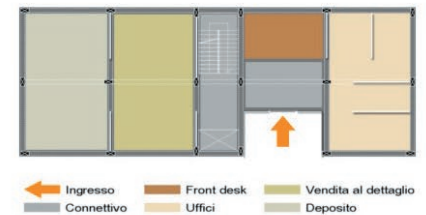
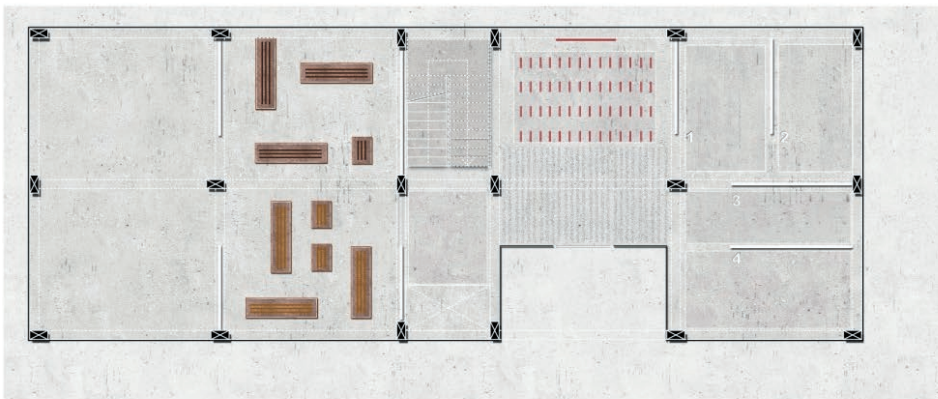
03 |



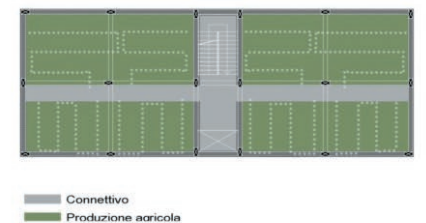




Struttura tipo di edificio in cemento armato di edificio non finito



Ipotesi di organizzazione di pianta al piano terra



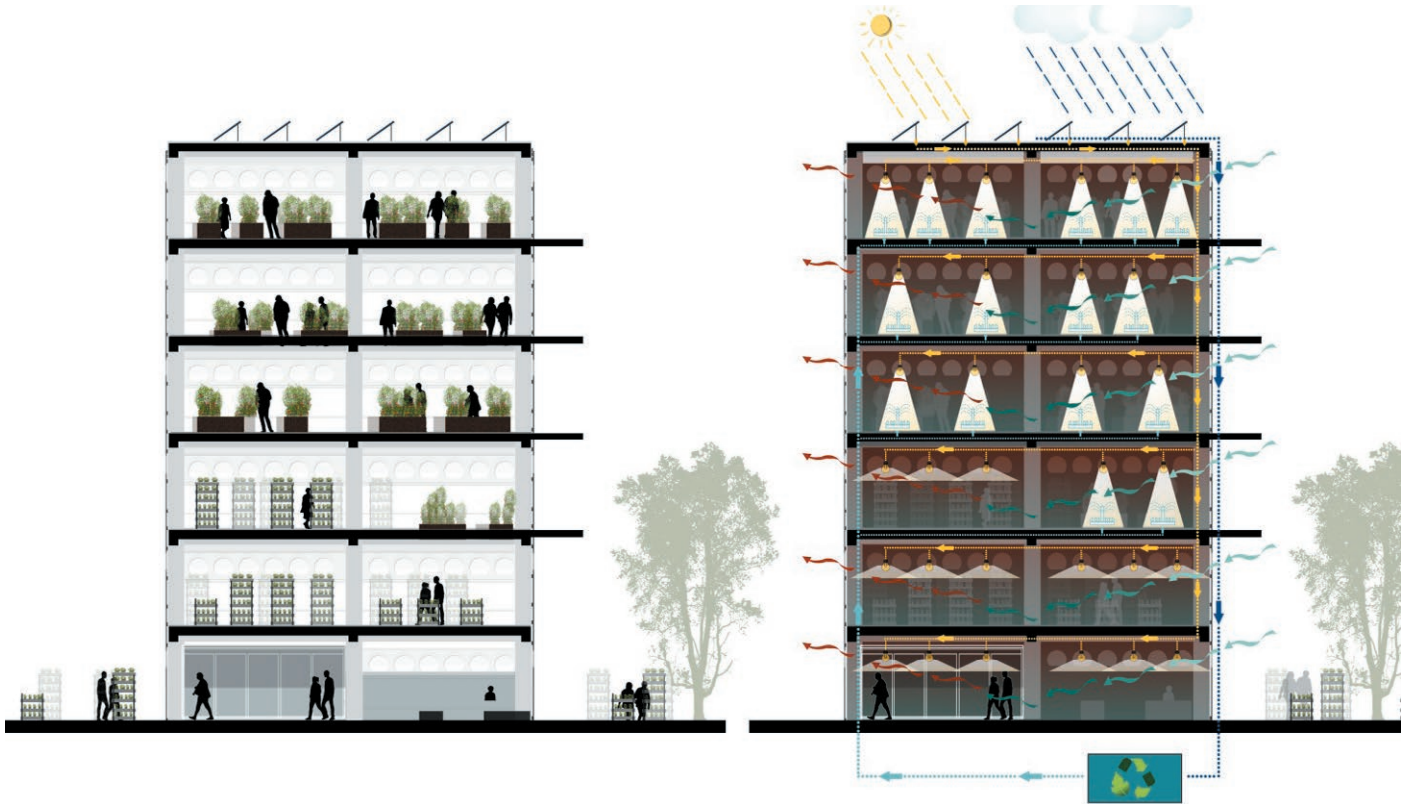
Ipotesi di organizzazione di piano tipo produttivo

finished reinforced concrete buildings consists of three main elements (Fig. 1): perimetric elements formed by straps with Velcro and ratchets, to be mounted around pillars; tensioning straps with Velcro to horizontally wrap the volume of buildings; envelope made of transparent or opaque plastic material, recycled and recyclable, with Velcro to be mounted to tensioning straps and perimetric elements. The mounting system is straightforward. The perimetric elements are attached around pillars using Velcro technology to adapt them quickly to any shape and size of pillars. Tensioning straps are connected to perimetric

elements and pulled with the help of ratchets. Perimetric elements and tensioning straps create a second, strong structure on which it is possible to stretch the plastic sheets (Fig. 2). Thus, the system is light and modular without the aid of mortar or glue; it is economical and recyclable; it has considerable flexibility of use and does not involve changes in volume. The weight added to the structures is negligible compared to any other vertical closure system. It does not weigh on the seismic capacity of existing structures, preserving their original form and function. The transparency of the envelope will be related to the existing buildings and

will react according to exposure to the sun, becoming more or less transparent as needed. Even when having to provide total interior lighting for food production, there are no particular problems, as today's technologies are low consumption and respond flatly to the required functions (Kozai *et al.*, 2020). This research has not investigated or tested functional and performance levels to have direct practical feedback. **Recycling the embodied energy for virtuous urban processes** Although there is an increasing number of proposals for vertical farms, these projects are not implemented

because they are not yet economically viable (Al-Kidmany, 2018). Therefore, reducing the cost of vertical farms is of primary importance. The patent, reusing unfinished buildings' embodied energy, imagines virtuous ecological reuses of concrete structures through innovative recycling processes for new forms of architectural practice (Figs. 3, 4, 5). "At a time when architecture is driven by notions of return on investment, competing systems of energy measurement and incremental efficiencies, it might seem provocative to argue that one of the greatest challenges in contemporary practice is not how embodied (or operational) energy is meas-



- culturale;
- estetico.

Il vantaggio economico riguarda la riutilizzazione di risorse già sostenute per la costruzione delle strutture in cemento armato; la possibilità di produrre prodotti orticoli biologici a basso impatto ambientale; la creazione di nuovi posti di lavoro; la produzione di cibo attraverso diverse tecniche come, per esempio, i sistemi idroponici; il riciclo di acqua e riuso di acqua piovana; nessun utilizzo di pesticidi per un plusvalore economico della qualità dei prodotti.

ured, but how this energy is imagined. However, this act of projective thinking has the potential to define energy as a catalyst for new forms of practice in architecture” (Kennedy, 2017).

The benefits of the invention can be summarised in four points:

- economic;
- social;
- cultural;
- aesthetic.

The economic advantage concerns the reuse of resources already sustained for the construction of reinforced concrete structures; the possibility of producing organic horticultural products with low environmental impact; the creation of new jobs; the production of food through different techniques such as, for example, hydroponic systems; the recycling of rainwater; no use of pesticides for an economic surplus-value of product quality.

From a social point of view, the development of this patent can create a series of activities addressed to the older part of the population, designing spaces and production techniques dedicated to them (Fig. 6).

From a cultural perspective, students might have educational and scientific agricultural, technological and ecological experiments and share cultural values and strategies for the intended use of resources.

The aesthetic advantage is another positive factor of the patent and concerns two different urban scales: the scale of the neighborhood and the scale of the single architectural object. The patent, reusing structures currently dormant within the city, triggers virtuous regeneration processes of the degraded urban fabric, linking them to ecological, environmental and social sustainability.

Da un punto di vista sociale lo sviluppo di questo brevetto può creare una serie di attività indirizzate alla parte più anziana della popolazione, disegnando spazi e tecniche produttive a loro dedicate (Fig. 6).

Alcune serre potrebbero essere usate per coinvolgere gli studenti in esperimenti didattici e scientifici legati all’agricoltura, alla tecnologia e all’ecologia, per promuovere valori culturali condivisi e strategici per un uso consapevole delle risorse.

Il brevetto innesca processi virtuosi di rigenerazione di tessuti

The second scale is related to the architectural object that will be regenerated in its functions and aesthetics. The patent envelope can be transparent, allowing a glimpse of the system from the agriculture inside, or opaque and characterised by graphics and images to make each building used recognisable and unique. It could also be an advertisement diffuser to generate additional economic value (Fig. 7).

The recycling of unused reinforced concrete structures is not only linked to an economic factor, which nevertheless remains of primary importance, but their reuse is also an innovative, proactive and imaginative message in rethinking the spaces and functions of our cities’ fragments. Unfinished buildings or buildings that have finished their life cycle – dismantled from the perimeter and internal structures –

can be reused for a more or less long period as productive vertical farms, becoming landmarks of urban landscapes, bearers of positive messages of an innovative circular economy, speakers of environmental sustainability and promoters for an intelligent regeneration of our cities (Fig. 8).

#### NOTES

<sup>1</sup> Source: [https://www.ilsole24ore.com/art/in-italia-mai-cosi-tante-foreste-secoli-e-futuro-e-biocities-ADXdmPi \(2021\);](https://www.ilsole24ore.com/art/in-italia-mai-cosi-tante-foreste-secoli-e-futuro-e-biocities-ADXdmPi (2021);) [http://www.fao.org/news/story/it/item/1274156/icode/.](http://www.fao.org/news/story/it/item/1274156/icode/)

<sup>2</sup> Source: [https://www.agrifoodtoday.it/innovazione/serre-verticali-enea.html.](https://www.agrifoodtoday.it/innovazione/serre-verticali-enea.html)

<sup>3</sup> Source: [https://www.artribune.com/progettazione/architettura/2021/04/opere-incompiute-italia/.](https://www.artribune.com/progettazione/architettura/2021/04/opere-incompiute-italia/)

<sup>4</sup> Source: [https://www.ilsole24ore.com/art/se-brutto-diventa-categoria-dell-arte-mostra-non-finito-ACbYfgl.](https://www.ilsole24ore.com/art/se-brutto-diventa-categoria-dell-arte-mostra-non-finito-ACbYfgl)



06 | Ipotesi di prospetto di serra verticale su edificio non finito  
*Hypothesis of the vertical farm elevation on an unfinished building*

07 | Scenario notturno di serra verticale su edificio non finito  
*Night scenario of the vertical farm on an unfinished building*

08 | Prospettiva di serra verticale su edificio non finito  
*Perspective of the vertical farm on an unfinished building*

urbani degradati, legandoli a processi di sostenibilità ecologica, ambientale e sociale, rigenerando gli edifici nelle funzioni e nell'estetica. L'involucro del brevetto può essere trasparente, lasciando intravedere il sistema dall'agricoltura al suo interno (Fig. 7), oppure opaco e caratterizzato da grafici e immagini tali da rendere riconoscibile ed unico ogni edificio utilizzato. Potrebbe anche essere un diffusore di pubblicità in modo da generare un ulteriore valore economico.

Il *recycling* delle strutture in cemento armato non utilizzate non è solamente legato ad un fattore economico, che tuttavia rimane di primaria importanza, ma il loro riutilizzo è anche un messaggio innovativo, propositivo e immaginativo nel ripensare gli spazi e le funzioni di alcune nostre città. Edifici non finiti o edifici che hanno finito il loro ciclo vita – smantellati dalle strutture perimetrali ed interne – possono essere riutilizzati per un periodo più o meno lungo come serre verticali produttive, diventando *landmark* di paesaggi urbani, portatori di messaggi positivi di un'economia circolare innovativa, diffusori di sostenibilità ambientale e promotori per una rigenerazione intelligente delle nostre città (Fig. 8).

#### NOTE

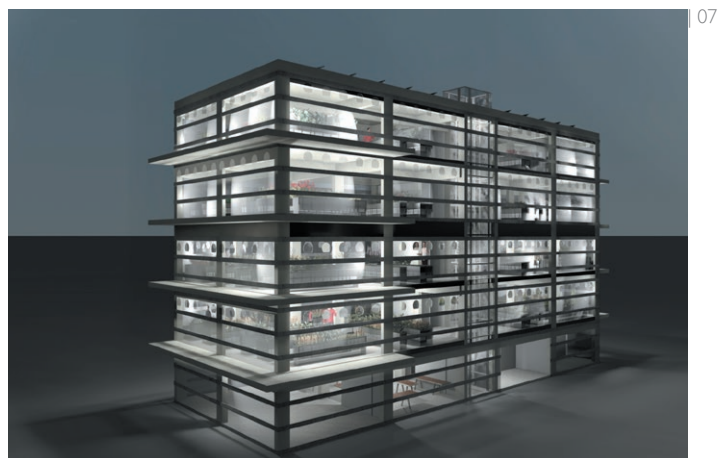
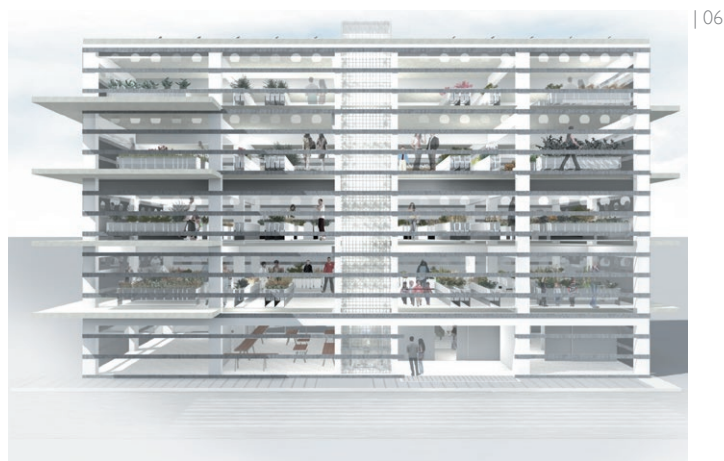
<sup>1</sup> Fonte: <https://www.ilsole24ore.com/art/in-italia-mai-cosi-tante-foreste-secoli-e-futuro-e-biocities-ADXdmPi> (2021); <http://www.fao.org/news/story/it/item/1274156/icode/>

<sup>2</sup> Fonte: <https://www.agrifoodtoday.it/innovazione/serre-verticali-enea.html>

<sup>3</sup> Fonte: <https://www.artribune.com/progettazione/architettura/2021/04/opere-incompiute-italia/>

<sup>4</sup> Fonte: <https://www.ilsole24ore.com/art/se-brutto-diventa-categoria-dell-arte-mostra-non-finito-ACbYfgl>

<sup>5</sup> Patent name "Sistema componibile per serra e serra ottenuta con detto sistema componibile da montarsi su struttura preesistente", owner of APS spin-off Unirc, inventor Valerio Morabito, patent number: 102018000008660.





<sup>5</sup> Nome brevetto “Sistema componibile per serra e serra ottenuta con detto sistema componibile da montarsi su struttura preesistente”, Titolare APS spin off Unirc, inventore Valerio Morabito, numero di brevetto: 102018000008660

## REFERENCES

- Al-Kodmany, K. (2018), “The Vertical Farm: A Review of Developments and Implications for the Vertical City”, *Buildings*, Vol. 8, n. 24, pp. 2-36.
- Al-Kodmany, K. (2018), “The Vertical Farm: A Review of Developments and Implications for the Vertical City”, *Buildings*, Vol. 8, n. 24, pp. 2-36.
- Bailey G. E. (1915), *Vertical Farming*, HardPress Publishing, Miami, USA.
- Cadenasso, M.L., Pickett, S.T.A. and Schwarz, K., (2007), “Spatial heterogeneity in urban ecosystems: reconceptualizing land cover and a framework for classification”, *Frontiers in Ecology and Environment*, Vol. 5, pp. 80-88.
- Despommier, D. (2010), *The vertical farm: feeding the world in the 21st century*, St. Martin's Press, New York, USA, pp. 229.
- Duempelmann, S., Herrington, S. (2014), “Plotting Time in Landscape Architecture”, *Studies in the History of Gardens & Designed Landscapes*, Taylor & Francis, Ltd., London, UK, pp. 1-14.
- Forman, R.T.T. (1995), *Land Mosaic: the Ecology of Landscape and Regions*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Haeckel, E. (1866), *Generelle Morphologie der Organismen*, Brucci und Verlag Von George Reimer, Berlin, Germany.
- Kennedy, S. (2017), “Unpacking the Wall: Three Partial Paradigms”, in Benjamin D. (Ed.), *Embodied Energy and Design. Making Architecture Between Metrics and Narratives*, Lars Müller Publishers, Zurich, Switzerland , pp. 73-79.
- Kozai, T., NiuMichiko, G. AND Takagaki, M. (2015), *Plant Factory. An indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production*, Academic Press, Elsevier, London, UK.
- Kozai, T., NiuMichiko, G. and Takagaki, M. (2015), *Plant Factory. An indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production*, Academic Press, Elsevier, London, UK.
- Lapadula, B.F. (2018), *Giardini e Paesaggi nella Storia. Una guida ragionata*, Pioda Imaging Edizioni, Roma, Italia.
- Lapadula, B.F. (2018), *Giardini e Paesaggi nella Storia. Una guida ragionata*, Pioda Imaging Edizioni, Roma, Italia.
- Leopold, A. (1949), *A Sand County Almanac*, Oxford University Press, New York, USA.
- McHarg, I. (1969), *Design with Nature*, John Wiley & Sons, New York, USA.
- Morabito, V. (2009), “The High Line City Park”, *TopScape Paysage*, Vol. 4, pp. 46-49.
- Morabito, V. (2012), “Brooklyn Bridge Park”, *TopScape Paysage*, Vol. 9, pp.122-125.
- Morabito, V. (2013), “The High Line 2”, *TopScape Paysage*, Vol. 7, pp. 54-57.
- Morabito, V. (2015), “The High Line 3”, *TopScape Paysage*, Vol. 15, pp. 102-105.
- Mougeot, L. (2000), *Urban Agriculture: definition, presence, potentials and risks, and policy challenges*, Cities Feeding People Program Initiative, International Development Research Centre Ottawa, Canada.
- Mukerji, C. (1997), *Territorial Ambitions and the Gardens of Versailles*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 170.
- Philips, A. (2013), *Designing Urban Agriculture*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA.
- Semple, E.C. (1929), “Ancient Mediterranean Pleasure Gardens”, *Geographical Review*, Vol. 19, n. 3, Taylor & Francis, Ltd., London, UK, pp. 420-443.
- Smit, J. (1996), *Urban Agriculture: Progress and Prospect: 1975-2005*, Cities Feeding People Program Initiative, International Development Research Centre, Ottawa, Canada.
- Weller, R. (2014), “Stewardship ovvero la guida responsabile”, *Topscape Paysage*, Vol. 13, pp. 60-62.
- Wenche, E., Dramstad, J.O. and Forman, R.T.T., (1996), *Landscape Ecologies Principles in Landscape Architecture and Land-Use Planning*, Harvard University Graduate School of Design, Island Press e American Society of Landscape Architects, Washington DC, USA.
- Wimberley, R., Fulkerson, G. and Morris, L. (2007), “Predicting a moving target”, *Rural Sociol*, Vol. 28, pp.18-22.
- Wulf, A. (2015), *The invention of nature: Alexander von Humboldt's new world*, Knopf, Borzoi Books, Penguin Random House LLC, Toronto, Canada.

# La riqualificazione degli edifici industriali: una prospettiva di economia circolare

RICERCA E  
SPERIMENTAZIONE/  
RESEARCH AND  
EXPERIMENTATION

Ricerca avanzata (Under 35)

Agata Maniero, Giorgia Fattori,

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale, Università degli Studi di Padova, Italia

agata.maniero@phd.unipd.it

fattorigiorgia94@gmail.com

**Abstract.** A partire dagli anni '70 il fenomeno della dismissione industriale ha generato in Europa un parco di edifici obsoleto e diffuso, collocato in aree altamente strategiche. Il presente contributo, puntando alla re-immissione nel mercato degli edifici industriali abbandonati, si è concentrato sullo sviluppo di moduli abitativi prefabbricati, per il loro recupero secondo il principio del *nested-building*. Il progetto è partito dall'analisi tipologica dei vincoli (architettonici, funzionali e strutturali) degli edifici industriali in calcestruzzo armato del '900 per garantire la replicabilità d'intervento. Infine, per validare le scelte progettuali e tecnologiche, il sistema modulare studiato è stato applicato ad un caso studio reale, il magazzino Greggi (1960) nell'ex-Manifattura Tabacchi di Verona.

**Parole chiave:** Edifici industriali dismessi; Recupero edilizio; Nested-building; Replicabilità d'intervento; Economia circolare.

## Introduzione

Dall'inizio del XX secolo le risorse primarie, ritenute illimitate, sono state utilizzate per la creazione di beni di consumo, generando significative quantità di rifiuti e di emissioni durante il loro ciclo di vita. La presa di coscienza della loro esauribilità con la crisi energetica del 1973 ha messo in luce l'esigenza di adottare un nuovo sistema circolare di economia, basato sulla crescita sostenibile e su un utilizzo efficiente e ciclico (Ellen Macarthur Foundation, 2015).

Anche gli edifici si collocano tra i beni di consumo e la loro produzione in tutta Europa ha seguito per decenni il sistema lineare basato sul *"take, make and dispose"*. I fabbricati abbandonati possiedono tuttavia un valore intrinseco da sfruttare puntando all'estensione del ciclo di vita o al riciclo dei componenti, piuttosto che alla demolizione.

Con la *"Roadmap to a Resource Efficient Europe"* (2011) e il *"Piano di Azioni per l'Economia Circolare"* (2015) l'UE ha rimarcato l'importanza di limitare l'occupazione di nuovo suolo e di prolungare il fine vita dei materiali. Nonostante queste iniziative nel

The requalification  
of industrial buildings:  
a circular economy  
perspective

**Abstract.** Since the 1970s, in Europe the industrial decommissioning phenomenon has led to the generation of an obsolescent and widespread building stock, located in highly strategic areas. This paper, aiming to make abandoned industrial buildings re-enter the market, focused on the development of prefabricated housing modules, according to the nested-building renovation approach. The project started from the constraint's typological analysis (architectural, functional and structural) of 900 reinforced concrete industrial buildings in view of the intervention replicability. Finally, to validate the design and technological choices, the analysed system was applied to a real case study in Verona: the Greggi Warehouse (1960) in the "ex-Manifattura Tabacchi" factory area.

**Keywords:** Abandoned industrial buildings; Building recovery; Nested building; Intervention repeatability; Circular economy.

2020 l'occupazione del suolo in Italia ha continuato ad aumentare con un ritmo di circa 16 ettari al giorno (SNPA, 2020).

Uno dei settori AEC che ha maggiormente risentito del fenomeno di dismissione è quello industriale, che a causa della progressiva obsolescenza dei sistemi di produzione ha accumulato negli anni circa 100 milioni di mq di aree inutilizzate (Bondonio *et al.*, 2005).

Queste ultime sono localizzate nelle vicinanze di nodi strategici viari e spesso inglobate all'interno dei nuclei urbani: la loro riqualificazione assume quindi un ruolo determinante nel processo di trasformazione delle città.

La modularità dei sistemi costruttivi impiegati negli edifici produttivi del Novecento ha generato la presenza di caratteri formali ricorrenti (Mellis, 1953); sussiste perciò la potenzialità di definire un metodo applicabile su larga scala per il loro recupero sistematico che si adatti alle eterogeneità presenti, anziché focalizzarsi su singoli casi studio.

In questo contesto, il presente contributo analizza la tipologia di intervento del *nested-building*, ovvero di moduli abitativi inseriti nell'organismo edilizio esistente, come una potenziale risposta innovativa al tema del recupero e riuso.

L'aspetto più innovativo della ricerca è la replicabilità dei moduli studiati: il progetto infatti non nasce dal singolo caso studio ma attraverso lo studio tipologico del patrimonio industriale del '900. La possibilità di impiegare la soluzione tecnologica in differenti edifici industriali aumenta la loro sostenibilità economica e quindi dell'intero processo di riqualificazione, secondo i principi dell'economia circolare.

I gusci funzionali garantiscono inoltre un'elevata flessibilità spaziale e permettono l'inserimento di nuove e differenti destina-

## Introduction

Since the beginning of the twentieth century, the primary resources, considered unlimited, have been used to create consumer goods, producing significant amounts of waste and emissions during their life cycle. The awareness of their exhaustibility through the 1973 energy crisis highlighted the necessity to adopt a new circular system of economy, based on sustainable growth and cyclical use (Ellen Macarthur Foundation, 2015).

Buildings can also be ranked among consumer goods and their manufacturing throughout Europe has for decades followed the linear system based on *"take, make and dispose"*. However, abandoned buildings have an intrinsic value to be exploited by extending the life cycle of recycling components, rather than demolishing them.

In 2011, the EU published the *"Road-*

*map to a Resource Efficient Europe"* and the *"Circular Economy Action Plan"* in 2015, emphasising the importance of limiting the new soil employment and encouraging recycling. Despite these initiatives, soil occupation in Italy continues to increase at a rate of about 16 hectares per day in 2020 (SNPA, 2020).

One of the AEC sectors that has suffered most from the decommissioning phenomenon is the industrial sector, which, due to the progressive obsolescence of production systems, has accumulated about 100 million square metres of unused areas over the years (Bondonio *et al.*, 2005).

The latter are located close to strategic road nodes and they are often incorporated into urban centres: their redevelopment plays a decisive role in the process of transforming cities.

The modularity of the construction

zioni d'uso con un approccio montaggio-smontaggio alternativo a quello di costruzione-demolizione, grazie al quale il costruito può essere re-insediato e ri-qualificato salvaguardando i caratteri originari.

### Stato dell'arte

La re-immissione sul mercato degli edifici industriali dismessi è collegata alla definizione di adeguati scenari di trasformazione, in relazione alla conoscenza dell'esistente e alla ricerca di tecnologie ad esso compatibili (Antoniadis and Redetti, 2019). Le strategie di intervento esistenti si distinguono in: (Donnarumma, 2013):

- "riconversione produttiva" con il mantenimento della destinazione industriale/produttiva;
- "riconversione funzionale", con l'adattamento del fabbricato a nuove destinazioni d'uso;
- "demolizione", con la sostituzione del fabbricato secondo nuove esigenze urbane.

Tra le altre, la "riconversione funzionale" risponde alla duplice necessità di mantenere le connotazioni espressive e percettive dei manufatti e di soddisfare nuove esigenze urbanistiche (Piemontese, 2008).

Un'ulteriore distinzione può essere fatta in base al rapporto tra l'intervento di riconversione e l'esistente (Turrini, 2013): le soluzioni di "inglobamento" o "incapsulamento" avvolgono esternamente il fabbricato e possono essere collegate o meno con esso; le soluzioni in "contenimento" sono contenute nell'edificio pregresso; le soluzioni in "commistione" possono combinare le due precedenti o prevedere l'aggiunta di volumi/strutture in adesione. Nelle soluzioni in "inglobamento" si inquadra la metodologia

systems used in the production buildings of the twentieth century has generated the presence of recurring formal characters (Mellis, 1953); there is, therefore, the potential to define a large-scale method for their systematic recovery adaptable to the existing heterogeneities, rather than focusing on individual case studies.

In this context, the present research analyses the nested-building intervention, consisting of the housing modules' insertion into existing buildings as a potential innovative response to the theme of recovery and reuse.

The most innovative aspect of the research is the replicability of the modules: the project is born from the typological study of the industrial heritage of the 900 and not from an individual case study. The possibility of using the technological solution in different industrial buildings increases their eco-

nomie sustainability and therefore the entire process of redevelopment, according to the principles of the circular economy.

Moreover, these functional shells guarantee high spatial flexibility, adaptable to the form variety of abandoned industrial buildings. They allow the introduction of new and different functions with an assembly-disassembly approach alternative to that of construction-demolition. Thanks to this method, buildings can be requalified and resettled preserving their original characters.

### State of the art

The aim to return abandoned industrial buildings to market is linked to the identification of appropriate transformation scenarios. These should be based on the knowledge of existing buildings and of technologies com-

denominata *nested-building*, o "scatola nella scatola" (Malighetti, 2016), ovvero l'operazione di inserimento di nuovi volumi all'interno fabbricato, garantendo la conservazione del linguaggio esterno dei manufatti.

Le *nested-cells*, ovvero i singoli volumi inseriti nell'edificio, possono essere di tipo collaborante o non collaborante (Valluzzi *et al.*, 2021). Entrambi permettono un miglioramento delle prestazioni energetiche e funzionali, tuttavia si rapportano in modo differente alla struttura esistente: la prima tipologia riprende con esattezza le volumetrie interne, sostenendo strutturalmente l'edificio originario, la cui funzione viene declassata a mero rivestimento (Malighetti, 2016); i secondi gravano sulle strutture esistenti operando il solo recupero funzionale, permettendo però allo stesso tempo una maggiore flessibilità di intervento poiché autoportanti e indipendenti da queste ultime (Grecchi and Malighetti, 2008). Ambedue possono essere accompagnati dalla demolizione parziale del fabbricato, quali coperture, solai o tramezzature interne. Tra le tecnologie costruttive utilizzate per la realizzazione dei nuovi volumi si possono trovare strutture in cemento armato, acciaio, vetro, o legno, che mirano alla riconoscibilità tramite l'utilizzo dei materiali in contrasto con l'esistente (Malighetti, 2016; Valluzzi *et al.*, 2021). Le diverse soluzioni tecnologiche preclamate presentano tutte sia potenzialità che criticità relative (Tab. 1).

L'applicazione dei moduli abitativi nell'ambito specifico della riqualificazione degli edifici industriali è riportata in letteratura scientifica mediante limitati esempi di singoli casi studio, dimostrando l'evidente assenza di linee guida a livello metodologico (Fig. 1). Lo scopo primario dei diversi esempi è stato di sopprimere maggiormente alle carenze funzionali ed energetiche dell'esistente attraverso l'inserimento di moduli leggeri non struttu-

patibile with them (Antoniadis and Redetti, 2019). Existing intervention strategies are distinguished in (Donnarumma, 2013):

- "Production reconversion" ("*Riconversione produttiva*") by maintaining the industrial destination;
- "Functional reconversion" ("*Riconversione funzionale*") by adapting the building to new uses;
- "Demolition" ("*Demolizione*") with the replacement of the building according to new urban needs.

Among others, the strategy of "functional reconversion" responds to the dual need to maintain the expressive and perceptive connotations of building and to meet new urban necessities (Piemontese, 2008).

A further distinction may be made on the basis of the relationship between the conversion measure and the existing edifice (Turrini, 2013): "Incorpo-

ration" or "Encapsulation" solutions, which envelop the building, whether or not connected to it; "Containment" solutions, enclosed within the previous building; "Mixture" solution, consisting of a combination of the previous two or the adhesion of new volumes/structures.

Among the "incorporation" solutions is the methodology called nested building, or "box in the box" (Malighetti, 2016), consisting of inserting new volumes inside the building that ensure the preservation of the external language.

The nested cells, i.e. the individual volumes inserted in the building following the nested-building methodology, can be divided into collaborating and non-collaborating housing modules (Valluzzi *et al.*, 2021). Both allow an improvement in energy and functional performances. However, they relate in



Tab. 01 | Analisi dei principali sistemi costruttivi impiegati nelle nested-cell  
 Analysis of the main construction systems used in nested cells

01 | Esempi di recupero di edifici industriali attraverso la strategia nested-building in Italia ed Europa  
 Recovery examples of industrial buildings through the nested-building strategy in Italy and Europe

rali. Tale strategia risulta infatti favorita nell'ambito degli edifici industriali dalla loro elevata capacità strutturale e la presenza di ampi ambienti interni (Riva, 2008), che assicura flessibilità e adattabilità a nuovi usi.

Le diverse *nested-cells*, nonostante accomunate da una ridotta variabilità dimensionale dovuta alla modularità intrinseca degli edifici industriali, non presentano caratteri di ripetibilità e/o standardizzazione.

**Obiettivi e metodologia** Alla luce di queste premesse, per favorire una riqualificazione su larga scala in linea con i principi della *circular economy*, la presente ricerca ha scelto come obiettivo la definizione di un modulo abitativo standardizzato, le cui dimensioni fossero desunte dall'analisi tipologica degli edifici industriali "a telaio" in calcestruzzo armato e la cui tecnologia costruttiva fosse compatibile con il contesto.

Alla base della metodologia operativa vi è l'individuazione di linee guida e criteri d'intervento per la fase di sviluppo e inserimento volumetrico della *nested-cell*.

Caratteristiche	Calcestruzzo	Acciaio	Legno	Vetro
Usò in moduli collaboranti	Si	Si	Si	No
Usò in moduli non collaboranti	No	Si	Si	Si
Peso specifico	Alto	Medio	Basso	Medio
Sostenibilità	Bassa	Media	Alta	Media
Reversibilità	No	Si	Si	Si
Facilità Montaggio/ Trasporto	Bassa	Media	Alto	Alta
Caratteristiche termometriche	Medio	Basso	Medio	Medio

Tab. 01

La ricerca è articolata in tre fasi finalizzate all'individuazione di una strategia di riqualificazione efficiente mediante l'utilizzo della tecnologia "scatola nella scatola" (Malighetti, 2016):

1. analisi della "scatola esterna" (preesistenza): fase di studio ed analisi critica finalizzata all'individuazione dei vincoli dimensionali tipologici attraverso lo studio degli edifici industriali del secondo '900;
2. analisi della "scatola interna", (moduli abitativi) ha approfondito lo studio dimensionale, funzionale, strutturale ed energetico del modulo standard, delineando delle linee guida operative d'intervento;
3. validazione del metodo: validazione ricorsiva delle linee guida individuate mediante l'applicazione al caso studio del "Magazzino Gregg", nell'area dell'"ex-Manifattura Tabacchi" di Verona.

**Tecnolopo C 19**  
 Andrea Oliva

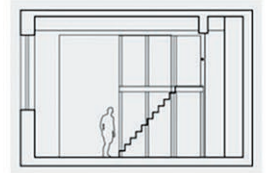
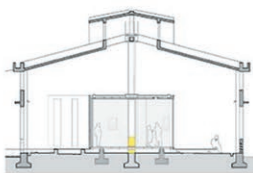
**Houtloods**  
 Bedaux Architects

**Hog house**  
 Zwo / elf

**Z gallery**  
 O-OFFICE Architects

**Loft for**  
 And Architectures

01



Tipologia: Estensiva  
 Materiale preesistenza: Muratura  
 Limiti altezza: No  
 Mat. Modulo: Legno  
 Aggregabile: Si  
 Adattabile: No

Tipologia: Estensiva  
 Materiale preesistenza: Muratura  
 Limiti altezza: Si  
 Mat. Modulo: Legno  
 Aggregabile: Si  
 Adattabile: No

Tipologia: Intensiva  
 Materiale preesistenza: Muratura  
 Limiti altezza: Si  
 Mat. Modulo: Legno  
 Aggregabile: No  
 Adattabile: Si

Tipologia: Estensiva  
 Materiale preesistenza: Calcestruzzo  
 Limiti altezza: No  
 Mat. Modulo: Legno  
 Aggregabile: No  
 Adattabile: No

Tipologia: Intensiva  
 Materiale preesistenza: Calcestruzzo  
 Limiti altezza: No  
 Mat. Modulo: Acciaio  
 Aggregabile: No  
 Adattabile: No

## Risultati

### Analisi della “scatola esterna”

Al fine di determinare i parametri vincolanti per la definizione della metodologia di intervento, si è approfondito lo studio dei caratteri tipologici fondamentali (geometrici, materici, strutturali, impiantistici, ecc.) degli edifici industriali del '900.

In primis è stata analizzata criticamente la tipologia costruttiva, che mostra una distinzione prevalente tra edifici multi-piano a sviluppo verticale e fabbricati mono-piano a sviluppo orizzontale, denominati anche rispettivamente di tipo “intensivo” o “in altezza” ed “estensivo” o “in superficie” (Tagliaventi, 1962). La tipologia intensiva presenta delle luci strutturali inferiori per sostenere i carichi sui solai dei piani superiori, mentre quella estensiva è caratterizzata da luci ed altezze nettamente maggiori. La ricerca si è focalizzata sull'analisi dei fabbricati industriali intensivi, in quanto caratterizzati da maggiori limitazioni dimensionali, sia in altezza che in pianta, ma anche a causa della loro maggiore diffusione territoriale.

Questi edifici accoglievano prevalentemente industrie leggere, tessili, agrarie, magazzini in cui si svolgevano lavorazioni, con macchinari dalle dimensioni modeste. La tecnologia costruttiva maggiormente impiegata era il telaio in calcestruzzo armato con tamponamento in mattoni pieni.

La distribuzione planimetrica era scandita da un'intelaiatura di travi e pilastri con una maglia modulare a passo ripetuto, le cui luci dipendevano dai macchinari impiegati e dalla tipologia di impianto di produzione; inoltre i fabbricati avevano solitamente una forma rettangolare con una delle due dimensioni prevalente, in modo tale da fornire una buona illuminazione naturale (Utz and Campazzi, 1926).

a different way to the existing structure: the first type traces the internal volumes with accuracy, supporting the original building, whose function is downgraded to mere coating (Malighetti, 2016); the latter weigh on the existing structures, operating only a functional recovery, but at the same time they allow greater flexibility of intervention by being self-supporting and independent (Grecchi and Malighetti, 2008). Both can be accompanied by partial demolition of the building, such as roofing, floors or internal partitions.

Among the construction technologies used for the realisation of the new volumes, we can find structures made by reinforced concrete, steel, glass or wood, aiming for recognisability through the use of materials in contrast with the historic building (Malighetti, 2016; Valluzzi *et al.*, 2021). The technological solutions mentioned above

have both pros and cons (Tab. 1).

The application of housing modules to the industrial building's renovation is reported in the scientific literature through limited examples of individual case studies, showing the clear lack of methodological guidelines (Fig. 1). For all the cases analysed, the primary purpose of the intervention was to improve the functional layout and solve energy deficiencies through the insertion of non-structural modules. Moreover, this strategy matches with the high structural capacity and large indoor spaces typical of industrial buildings (Riva, 2008), which grant high flexibility and adaptability to the nested-building addition.

The systems used are generally light, dry, reversible and completely autonomous from the existing structure, as well as suitable for different types of function within them.

Un'analisi della manualistica dell'epoca validata da rilievi in situ ha permesso di ricavare l'interasse delle campate utilizzate in 48 differenti tipologie di manifattura. In questo modo è stato possibile individuare le dimensioni di campata maggiormente diffuse attraverso la distribuzione Gaussiana equivalente, riscontrate nei valori tra i 4 e i 6,5 metri in entrambe le direzioni (Fig. 2).

### Definizione della “scatola interna”

Per lo sviluppo di un modulo standard, adattabile alla eterogeneità degli edifici industriali, in primis sono state individuate le esigenze dei diversi ambiti di interesse coinvolti, per poi tradurle nei relativi criteri operativi (Fig. 3) secondo un approccio esigenziale-prestazionale (UNI, 1983). La metodologia adottata per la definizione della *nested-cell* si è articolata in cinque sotto-fasi (Fig. 4).

La prima di queste è l'analisi dimensionale (Fig. 4a) che risulta strettamente correlata con la tecnologia costruttiva. La struttura scelta utilizza il legno, materiale con basso valore di energia incorporata e alte prestazioni strutturali in rapporto al peso, organizzato in un sistema *Platform Frame*, ovvero un telaio controventato attraverso l'uso di *Oriented Strand Board* (OSB), che garantisce una costruzione a secco limitatamente invasiva, oltre che di rapido montaggio/smontaggio, nel rispetto del criterio di reversibilità.

L'interasse del telaio è di 1,25 m, corrispondente alla lunghezza standard di un pannello OSB, al fine di limitare scarti di lavorazione e di garantire la modularità del sistema. Tale dimensione assicura anche la trasportabilità degli elementi, in quanto rientra nella sagoma limite di 2,55 m x 4 m dei mezzi eccezionali (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 1992). Per garantire

Finally, all the different nested cells share a reduced dimensional variability, due to the modularity of the structural mesh in industrial buildings, and have no repeatability and/or standardisation characteristics.

### Methodology

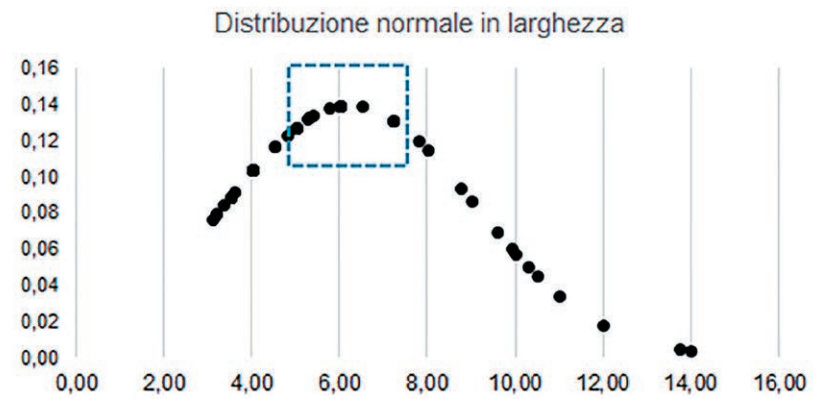
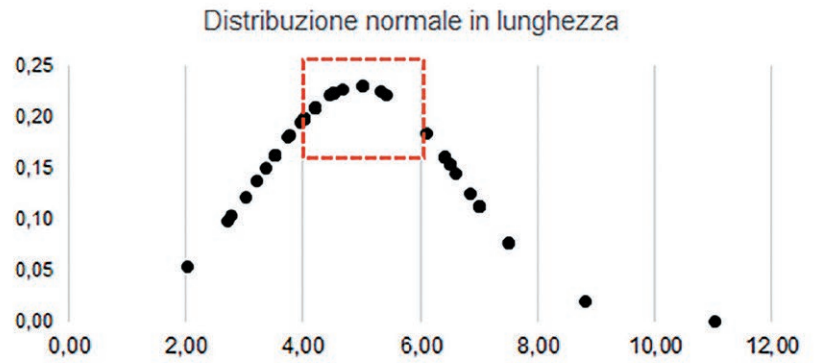
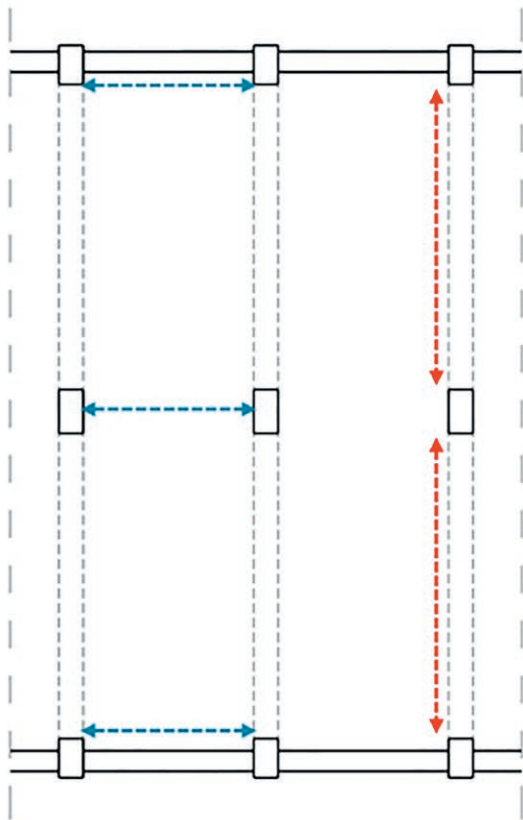
Because of the above, in order to encourage a large-scale redevelopment in line with the principles of the circular economy, the research's objective is to develop a standardised housing module, whose dimensions and construction technology derive from the typological analysis of the 900 industrial buildings concrete “frame”.

The operating methodology includes the identification of guidelines and intervention criteria, for the nested-cell development and its volumetric insertion.

The research has been divided into

three phases, aimed at identifying an efficient recovery strategy for the “box in the box” technology (Malighetti, 2016):

1. Analysis of the “outer box” (pre-existence): in this phase, the study and critical analysis of 900 industrial buildings allowed the typological dimensional constraints to be identified;
2. Analysis of the “inner box”, (living modules): in the second phase, the dimensional, functional, structural and energy study of the typological module aimed to outline operational intervention guidelines;
3. Analysis of the “box-in-box”: during the third and last phase, the application to the case study of the ex-Tobacco Manufactory's “Greggi Warehouse” led to the recursive validation of the guidelines.



		Esigenze	Criteri
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compatibilità strutturale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leggerezza</li> <li>• Indipendenza strutturale</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Miglioramento energetico ed acustico</li> <li>• Comfort e sostenibilità ambientale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensionamento e scelta dell'isolante</li> <li>• Impianti a basso consumo</li> <li>• Materiali riciclabili, con basso valore di energia incorporata</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualità relazionale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compatibilità formale e dimensionale</li> <li>• Accessibilità</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flessibilità spaziale</li> <li>• Adattamento funzionale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modularità</li> <li>• Aggregabilità</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conservazione dell'assetto originario</li> <li>• Salvaguardia di significato e significante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimo intervento</li> <li>• Reversibilità</li> </ul>



infine la compatibilità geometrica il modulo ha dovuto rispettare gli interessi delle campate individuati dall'analisi antecedente, ovvero nei valori compresi tra 4,5 e 6 metri. Tali dati sono stati incrociati con quelli relativi agli spazi minimi di passaggio nel rispetto del requisito di accessibilità (Presidente della Repubblica italiana, 1989). Le dimensioni finali del modulo standard sono di 5,1 x 2,9 x 3,4 m, permettendo il suo inserimento nell'80% dei casi studio analizzati.

In seguito, si è proceduto con lo studio della destinazione d'uso. Per le tre funzioni (direzionale-produttivo, turistico-ricettivo e commerciale) sono state individuate le normative che riportano requisiti dimensionali e servizi minimi (Fig. 4b), elaborando inoltre possibili combinazioni aggregative delle *nested-cells* idonee a ciascuna di esse (Fig. 4c).

Il dimensionamento degli elementi strutturali e delle connessioni è avvenuto tramite la verifica dei comportamenti statico e sismico del singolo modulo tipo e delle sue aggregazioni. La struttura finale si presenta come una combinazione di *Cross Laminated Timber* (CLT) in copertura con il sistema costruttivo a *Platform Frame* per le pareti. L'unico punto di contatto tra modulo ed edificio ha luogo in corrispondenza dell'ancoraggio al solaio esistente delle pareti intelaiate, attraverso apposite connessioni legno-calcestruzzo opportunamente dimensionate (Fig. 4d).

Allo studio strutturale è seguita la progettazione architettonica di stratigrafie e dettagli costruttivi (Fig. 4e). In risposta all'esigenza di miglioramento energetico sono stati definiti i pacchetti di involucro nel rispetto dei requisiti minimi di trasmittanza (DM 26 giugno 2015): gli spessori dovranno essere validati dalle simulazioni energetiche sul caso studio.

## Results

### *Analysis of the "outer box"*

To determine the binding parameters for the intervention methodology definition, the research focused on the analysis of the fundamental typological characteristics (geometric, material, structural, plant, etc.) of the 900 industrial buildings.

In the first place, the construction typology was critically analysed, showing a prevalent distinction between multi-storey buildings with vertical development and mono-storey buildings with horizontal development, also called "intensive" or "in height" and "extensive" or "on the surface" respectively (Tagliaventi, 1962).

The intensive type has lower structural lights to support the floor loads of the upper storeys, while the extensive one is characterised by higher lights and heights.

The research focused on the analysis of intensive industrial buildings because of their greater dimensional limitations, both in height and depth, but also because of their greater territorial diffusion. These buildings mainly housed light industries such as textiles, agriculture or warehouses with machines of modest size. The most commonly used construction technology was the reinforced concrete frame with masonry infill-walls.

The planimetric distribution was marked by a framework of beams and pillars with a modular and regular mesh, whose lights depended on the machines used and the type of production plant; in addition, the shape was rectangular with one prevailing dimension to provide good natural lighting (Utz and Campazzi, 1926).

An analysis of the historical manuals, validated by surveys in situ, has al-

lowed the identification of the distance lengths used for 48 different types of manufacture. In this way, it was possible to identify the most widespread span dimensions through the equivalent Gaussian distribution, corresponding to values between 4 and 6.5 metres in both directions (Fig. 1).

### *Caso studio "scatola nella scatola"*

A seguito dello sviluppo dell'unità abitativa standardizzata se ne è verificata l'applicabilità su di un caso reale. Il fabbricato scelto si localizza geograficamente all'interno del complesso della Manifattura Tabacchi (Fig. 5a), in una posizione strategica nell'area di Verona Sud, all'esterno del perimetro delle mura storiche e vicino alla rete infrastrutturale.

L'edificio Greggi, realizzato negli anni '60, è riconducibile alla tipologia studiata in fase di analisi. Si tratta di un organismo intelaiato in calcestruzzo armato, con tamponamenti in laterizio a vista, avente una forma rettangolare allungata di 112,5x15,0 m e caratterizzato da cinque piani fuori terra e un interrato.

Seguendo le linee guida (Tab. 2), dal punto di vista strutturale l'edificio è scandito da una maglia di pilastri di dimensione notevole in 29 campate longitudinali di 4,00 x 6,25, che rientrano nel *range* della tipologia edilizia (Fig. 5b). Il piano terra ha un'altezza di 5,8 m mentre i piani superiori di 3,80 m. Le aperture presenti risultano sufficientemente ampie per un buon apporto di luce naturale, senza presentare impedimenti al trasporto dei componenti all'interno del fabbricato.

Lo studio preliminare dell'edificio si è concluso con l'analisi del piano della trasformabilità, orientando la scelta della destinazione d'uso verso la funzione direzionale.

La fase di inserimento volumetrico è avvenuta verificando la compatibilità del modulo standard con l'edificio esistente, il cui

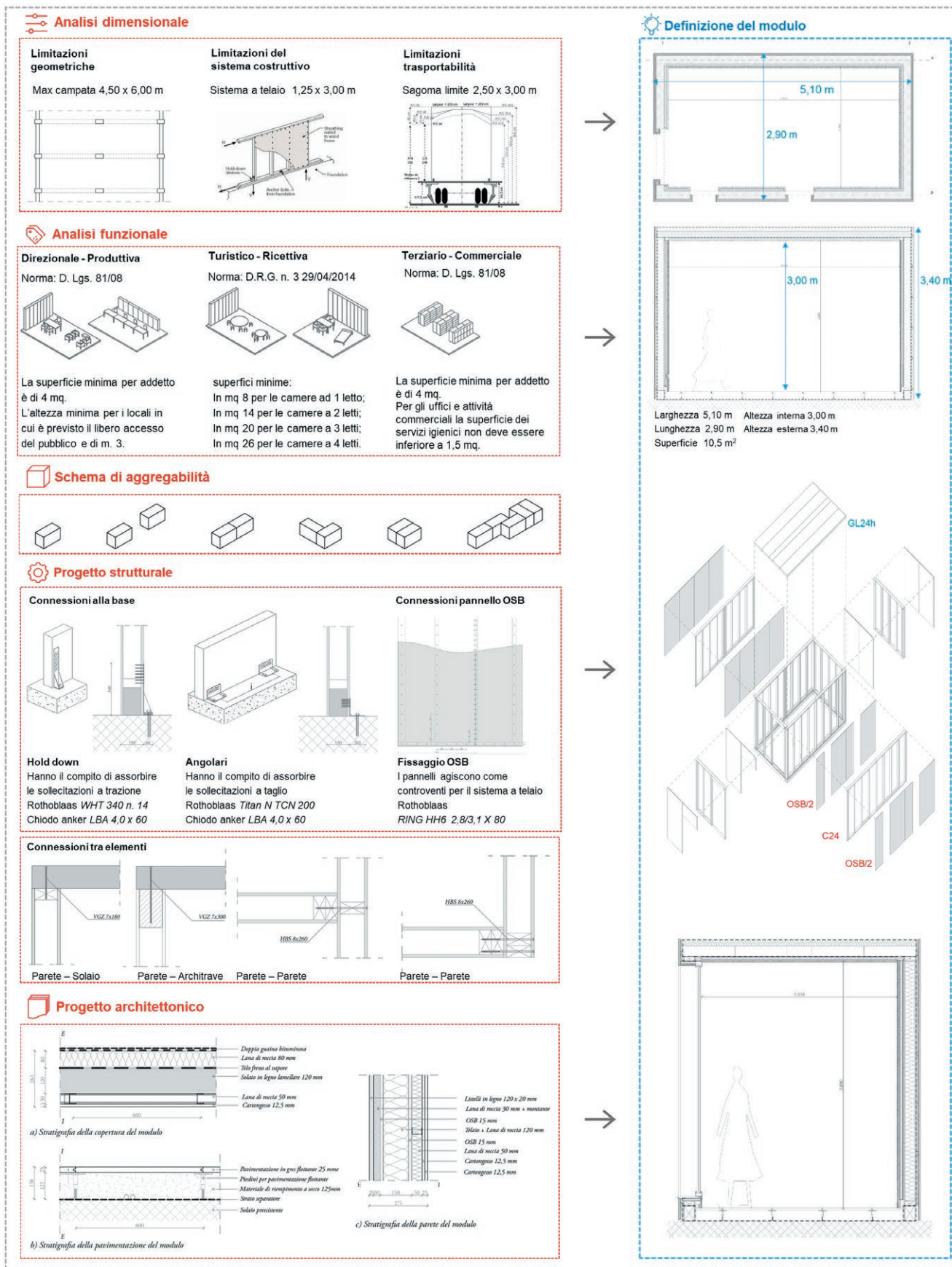
to the construction technology. The chosen structure uses wood, which has a low embodied energy value and high structural performance in relation to weight, organised in a platform frame system, which is a frame braced through oriented strand board (OSB). This solution ensures a minimally invasive dry construction, as well as quick assembly/ disassembly, in compliance with the criterion of reversibility. The span of the frame is 1.25 m, corresponding to the standard length of an OSB panel, in order to limit machining waste and to ensure the modularity of the system. This dimension also ensures the transportability of the elements, as it falls within the limit of 2.5 m x 3 m of exceptional vehicles (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 1992).

### *Design of the "inner box"*

The development of a standard module, adaptable to the industrial buildings' heterogeneity, started from the identification of all the multi-disciplinary needs involved and then translated into relevant operational criteria (Fig. 3), according to the need-performance approach (UNI, 1983).

The methodology adopted for the definition of nested cell was divided into five subphases (Fig. 4). The first of these is the dimensional analysis (Fig. 4a) which is closely related

Finally, in order to ensure geometric compatibility, the module had to re-

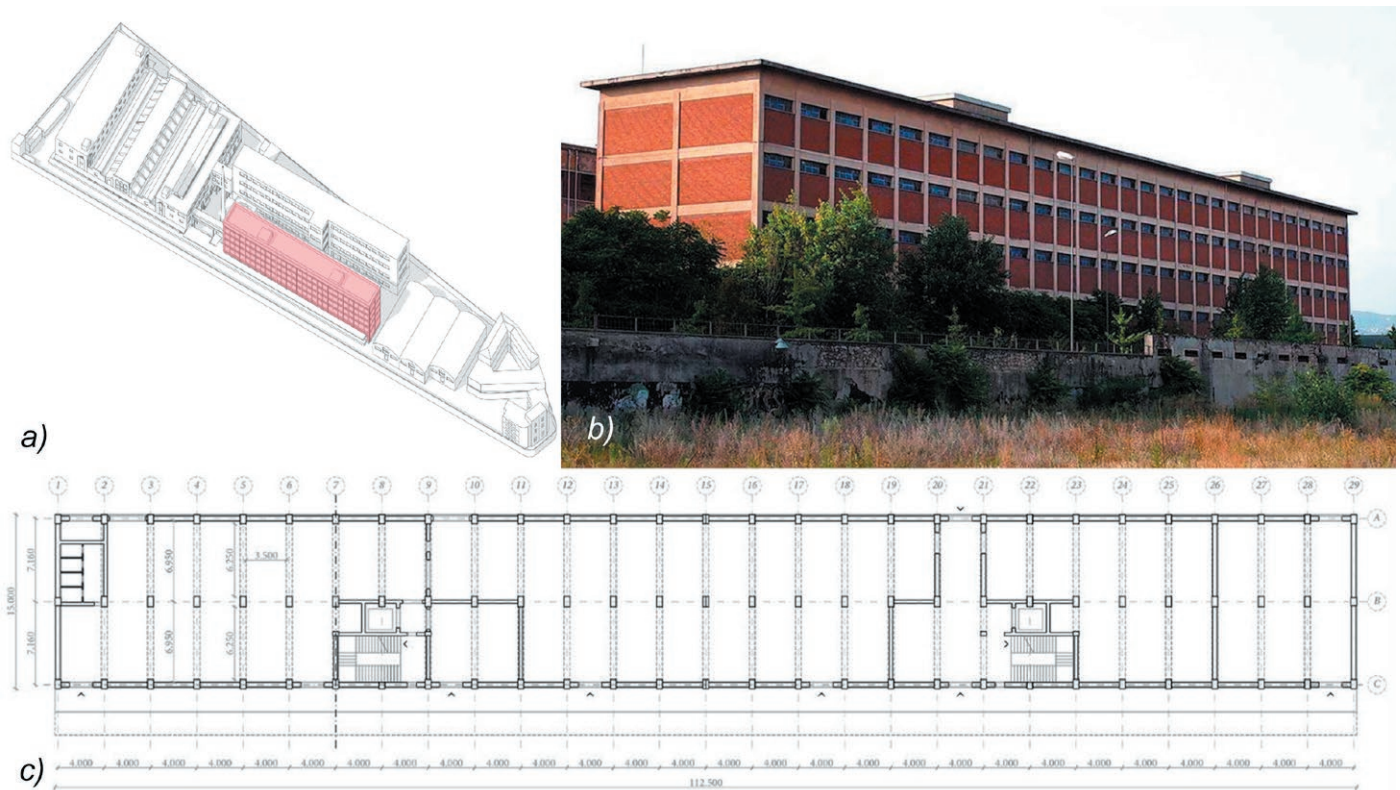




Tab. 02 |

<b>Metodologia operativa</b>	
<b>Fasi metodologiche</b>	<b>Studio preliminare dell'edificio</b>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verifica della capacità strutturale residua</li> <li>2. Verifica degli interassi di campata e delle altezze utili</li> <li>3. Verifica delle aperture esistenti per l'illuminazione e la trasportabilità</li> <li>4. Studio dell'area per l'individuazione di vincoli urbanistici e destinazione d'uso</li> <li>5. Valutazione dell'eventuale demolizione di tramezzature interne e/o riqualificazione degli spazi esistenti</li> </ol>
	<b>Inserimento volumetrico</b>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Studio dell'aggregabilità dei moduli nel rispetto degli spazi minimi, dell'accessibilità e dell'illuminazione naturale</li> <li>2. Studio della configurazione equilibrando il rapporto tra il pieno dei moduli e il vuoto dell'edificio circostante</li> <li>3. Analisi energetica e progetto impiantistico</li> </ol>

05 |



spect the dimension identified by the previous analysis, between 4.5 and 6 metres. These data have been cross-referenced with those relating to minimum passage spaces, answering the accessibility requirement (Presidente della Repubblica italiana, 1989). The final dimensions of the standard module were 5.1 x 2.9 x 3.4 m, allowing its inclusion in 80% of previous cases. Various destinations of use conforming to such dimensions have been found: directional-productive, tourist-receptive, and commercial (Fig. 4b). For these three functions, the regulations indicating dimensional requirements and minimum services have been identified, elaborating the nested cells' aggregative combinations suitable for each of them (Fig. 4c).

The dimensioning of the structural elements and connections was conducted through the verification of the static and seismic behaviour of the module type and its aggregations. The final structure is a combination of cross-laminated timber (CLT) for roofing with the platform frame construction system for walls. The only point of contact between the module and the building takes place in correspondence with the anchorage of the framed walls to the existing slab through appropriate wood-concrete connections (Fig. 4d). The structural study was followed by the architectural design of stratigraphies and construction details (Fig. 4e). In response to the need for energy improvement, the envelope packages

were defined in compliance with the minimum transmittance requirements (DM 26 giugno 2015): the thicknesses will have to be validated by the energy simulations on the case study. The definition of the module ended with the elaboration of operational guidelines for its application in industrial buildings (Tab. 2), to be verified recursively in the application to the case study.

*Case study "box in the box"*  
Following the development of the standardised housing unit, the research verified its applicability to a real case. The chosen building is located geographically within the complex of the "Manifattura Tabacchi" (Fig. 5a), in a strategic position in the South of Verona, outside the perimeter of the

historic walls and close to the infrastructure network. The "Greggi Warehouse", built in the 1960s, can lead back to the typology studied during the analysis phase. It is a framed reinforced concrete organism, with brick infill walls, having an elongated rectangular shape of 112.50 x 15.00 m and characterised by five floors above ground and a basement. Following the guidelines (Tab. 2), the building structure is divided into 29 longitudinal spans of 4.00 x 6.25 m by a grid of significant size pillars, falling within the range of the building typology (Fig. 5b). The ground floor has a height of 5.8 m and the upper floors 3.80 m. The openings are large enough for a good contribution of natural light, without



posizionamento in pianta risulta possibile a tutti i piani. Tuttavia, l'altezza del modulo di 3,38 m non risulta compatibile con il sotto-trave dei piani superiori al primo, a quota 3,1 m. In questi piani si propone pertanto una collocazione perpendicolare alla campata, evitando l'aggregazione trasversale delle celle. La disposizione finale ai piani è avvenuta in molteplici configurazioni aventi l'ambiente nervato come filtro per la distribuzione dei singoli uffici, contenuti nei moduli (Fig. 6c,d). Il loro posizionamento ha dovuto tener conto di accessibilità e illuminazione (Fig. 6a), cercando allo stesso tempo di garantire un elevato interesse planivolumetrico e un equo confronto tra spazio pubblico e semi-privato (Fig. 6b).

La verifica delle performance energetiche è stata condotta in regime stazionario. L'edificio nelle simulazioni è stato suddiviso in un ambiente parzialmente climatizzato, per la zona filtro, e in più locali climatizzati, corrispondenti ai moduli.

La scelta impiantistica si è basata su diversi requisiti come la qualità dell'aria, il ridotto consumo energetico e la flessibilità di configurazione. Quest'ultima è dovuta alla necessità di prevedere l'eventuale smontaggio dei moduli o di possibili modifiche al layout distributivo che implicherebbero una variazione dei parametri di affollamento o dei carichi interni.

Per tale ragione ci si è orientati sulla disposizione di Unità di trattamento aria (UTA) a ciascun piano, permettendo al contempo l'eliminazione dell'ingombro delle canalizzazioni verticali.

All'interno dei moduli, dove è necessario garantire prestazioni maggiori, sono stati inseriti pavimenti radianti connessi a pompe di calore aria-acqua geotermiche. La potenza di progetto per il riscaldamento dell'edificio è risultata della somma delle perdite per trasmissione e le perdite per ventilazione, per un totale di

374,20 kW, a cui vanno sommati i carichi per il raffreddamento dei moduli climatizzati, per un totale di 381,45 kW.

## Conclusioni

Il tema del patrimonio industriale dismesso risulta attuale e di fondamentale importanza come catalizzatore di sviluppo e rigenerazione urbana e per il ruolo che può rivestire nel recupero della memoria storica industriale.

Il principale risultato della presente ricerca è stato la definizione di una *nested-cell* modulare da inserire all'interno degli edifici industriali per il loro recupero e riutilizzo.

L'aspetto più innovativo del sistema sviluppato è la sua replicabilità, che permette di incrementare la sostenibilità economica dell'intero processo di riqualificazione. Il progetto, infatti, non nasce dall'applicazione ad un singolo caso studio ma dall'analisi tipologica del patrimonio manifatturiero del '900, definendo requisiti prestazionali, tecnologie costruttive e dimensioni minime atti a garantire la compatibilità su larga scala. Il modulo-tipo, definito poi nei suoi singoli componenti dal punto di vista architettonico e strutturale, si è mostrato adatto all'inserimento nell'80% degli edifici studiati nella precedente fase di definizione dei vincoli. Le linee guida operative elaborate per il suo inserimento negli edifici produttivi sono inoltre state validate con successo nell'applicazione al caso studio del Magazzino Greggi dell'Ex-Manifattura Tabacchi di Verona, con l'adozione di alcuni accorgimenti configurativi ai piani per evitare l'ingombro delle travi fuori spessore.

I possibili sviluppi futuri della ricerca riguardano la verifica delle linee guida tramite l'inserimento delle *nested-cell* in altri contesti industriali e la costruzione di un prototipo in scala reale con il

presenting obstacles to the transport of components inside the building.

The preliminary study of the building ended with the analysis of the urbanistic plan, orienting the functional choice towards directional purposes.

The volumetric insertion started by verifying the standard module compatibility with the existing building, ensuring the plant positioning on all floors. However, the module height of 3.38 m is not compatible with the 3.1 m sub-beam quotas of the upper planes. On these floors, therefore, a perpendicular placement to the span is proposed, avoiding cross aggregation of cells.

The final plant arrangement was implemented in multiple configurations where the exposed-beam environment works as a filter for the distribution of offices contained in the modules (Fig. 6c,d). Their positioning had to take

into account accessibility and lighting (Fig. 6a), ensuring at the same time a high volumetric interest and a fair comparison between public and semi-private space (Fig. 6b).

The energy performance verification was conducted in stationary conditions. The building in the simulations was divided into a partially air-conditioned environment for the filter area and into several air-conditioned rooms, corresponding to the modules. The MEP choice was based on several requirements such as air quality, reduced energy consumption and configuration flexibility. The latter is related to the possibility of the future disassembly of modules or the change of the layout of the modules, which would involve a change in the parameters of crowding and/or internal loads. For this reason, the focus has been on the arrangement of air handling units

(AHU) on each floor, while allowing the elimination of the encumbrance of vertical ducting.

Inside the modules, where it is necessary to guarantee higher performance, radiant floors connected to air-water geothermal heat pumps have been inserted. The project power for the heating was the sum of the losses for transmission and the losses for ventilation, for a total of 374.20 kW, to which must be added the loads for cooling the air-conditioned modules, for a total of 381.45 kW.

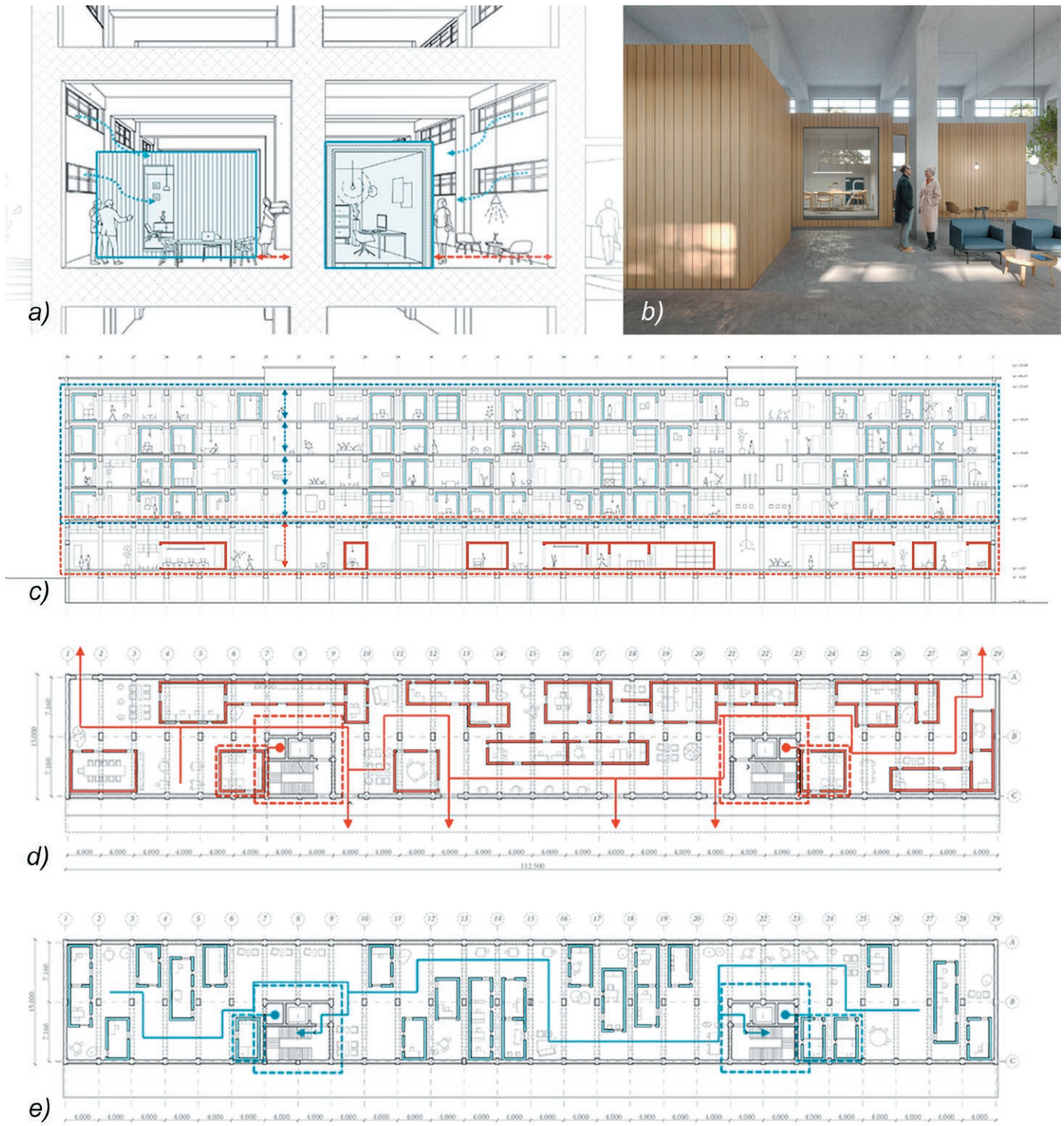
## Conclusion

The theme of abandoned industrial heritage is a topical issue of fundamental importance for the role it can play in the process of improving the urban, social and economic quality of the territory. The main result of the research was the definition of a modular nested cell to

be inserted inside industrial buildings for their recovery.

The most innovative aspect of the research is the replicability of the system developed through aggregating standard modules, increasing the economic sustainability of the redevelopment process. The project is born from the typological analysis of the manufacturing heritage of the 900, which has allowed the definition of performance requirements, construction technologies and minimum dimensions to ensure large-scale compatibility. The typological module, defined in its individual components from an architectural and structural point of view, has been shown to be suitable for inclusion in 80% of the buildings studied in the previous phase of constraints definition. The operational guidelines elaborated for its insertion in the productive buildings have also been validated

06 |



with success in the application to the case study of the Greggi Warehouse of the Ex-manifattura Tabacchi di Verona, with the adoption of some plan configurations compatible with the footprint of the existent beams. The possible future developments of the research concern the verification

of the guidelines through the insertion of nested cells in other industrial buildings and the construction of a prototype with which to investigate more deeply the energetic and structural interaction between building and module. Besides, the research introduces a general reflection about the building

stock, paying particular attention to the principles of the circular economy of raw material, energy and soil consumption. The prerequisite for the application of the proposed strategy must also be accompanied by a cultural change: the industrial suburbs, infrastructure and buildings in a state

of decommissioning must no longer be considered waste, but a resource with which to open new social and economic scenarios.

quale indagare più a fondo l'interazione energetica e strutturale tra edificio e modulo.

La ricerca introduce inoltre a un livello più generale una riflessione sul costruito con un'attenzione particolare ai principi dell'economia circolare. Il presupposto poter applicare questo intervento, riducendo i consumi di materie prime, energia e suolo, deve essere accompagnato anche da un cambiamento culturale: le periferie, gli edifici industriali attivi e dismessi, le infrastrutture devono essere considerati non più uno scarto, ma una risorsa con cui aprire nuovi scenari sociali ed economici.

#### REFERENCES

- Antoniadis, S. and Redetti, E. (2019), *iWRECKS. Questioni, metodi, scenari di trasformazione per i relitti industriali*, Il Poligrafo, Padova, Italia.
- Bondonio, A., Gallegari, G. and Franco, C. (2005), *Stop&Go. Il riuso delle aree industriali dismesse in Italia. Trenta casi studio*, Alinea, Firenze, Italia.
- Donnarumma, G. (2013), "Il fenomeno della dismissione dell'edilizia industriale e le potenzialità di recupero e riconversione funzionale", *International Conference on History of Engineering - V Convegno di Storia dell'Ingegneria*, Vol. II, Cuzzolin, Napoli, Italia.
- Ellen Macarthur Foundation (2015), *Growth Within: a circular economy vision for a competitive Europe*.
- Grecchi, M. and Malighetti, L. (2008), *Ripensare il costruito. Il progetto di recupero e rifunzionalizzazione degli edifici*, Maggioli Editore, Rimini, Italia.
- Malighetti, L.E. (2016), "Metodi e strategie per il recupero nuclei storici minori. Architettura tra tradizione e innovazione: il caso Svizzero di Wespi de Mueron Romeo Architetti", *Techne, Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 12, Firenze University Press, Firenze, Italia, pp. 112-121.
- Mellis, A. (1953), *Gli edifici per le Industrie: evoluzione dell'edificio industriale, organizzazione, distribuzione, circolazioni gli impianti, i servizi generali, i servizi ausiliari, urbanistica ed estetica delle costruzioni industriali*, S. Lattes & C. editori, Torino, Italia.
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (1992), *D.L. 30 aprile 1992, n.285. Nuovo Codice della strada*.
- Ministro dello sviluppo economico di concerto con i Ministri dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare delle infrastrutture e dei trasporti e per la semplificazione e la pubblica amministrazione (2015), *DM 26 giugno 2015. Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici*.
- Piemontese, F. (2008), *Aree dismesse e progetto urbano: architettura, territorio, trasformazione*, Gangemi Editore, Roma, Italia.
- Presidente della Repubblica italiana (1989), *L. 13/89. Disposizioni per favorire il superamento e l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici privati*.
- SNPA (2020), *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*.
- Tagliaventi, I. (1962), *Caratteri delle costruzioni industriali*, C.E.L.I, Bologna, Italia.
- Turrini, U. (2013), *Edifici storici in cemento armato. Dal recupero reversibile di volumetrie alle problematiche strutturali. Ricerca ed attività sperimentale operativa*, Edizioni Libreria Progetto, Padova, Italia.
- UNI (1983), *Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Analisi dei requisiti*.
- Utz, L. and Campazzi, E.N. (1926), *Fabbricati ed impianti industriali moderni. Costruzione dei fabbricati, distribuzione dei locali e del macchinario*, Hoepli, Milano, Italia.
- Valluzzi, M.R. et al. (2021), "Nested Buildings : An Innovative Strategy for the Integrated Seismic and Energy Retrofit of Existing Masonry Buildings with CLT Panels", *Sustainability*, Vol. 13.



Andrea Boeri, Saveria Olga Murielle Boulanger, Giulia Turci, Serena Pagliula,  
Dipartimento di Architettura, Università di Bologna, Italia

andrea.boeri@unibo.it  
saveria.boulanger@unibo.it  
giulia.turci3@unibo.it  
serena.pagliula2@unibo.it

**Abstract.** Il *Green Deal* pone al centro delle politiche la necessità di agire per raggiungere gli obiettivi di neutralità climatica entro il 2050. In questo contesto il ruolo del patrimonio edilizio esistente è rilevante. Nonostante esso sia responsabile del 40% dei consumi energetici, solo l'1% viene coinvolto in interventi di ristrutturazione profonda. Sulla scia delle strategie *Smart City* e al fine di migliorare queste prestazioni, l'Europa propone sperimentazioni come i *Positive Energy Districts* e le strategie Industria 4.0. Il contributo analizza casi studio e progetti innovativi con l'obiettivo di identificare le azioni strategiche più rilevanti e utilizza un caso reale, nella città di Bologna, come contesto base da cui sviluppare una riflessione.

**Parole chiave:** Industria 4.0; Economia circolare; *Positive Energy Districts* (PEDs); *Smart City*; Pianificazione energetica integrata.

## Introduzione

La pianificazione strategica europea pone la necessità di accelerare sulle politiche energetiche e ambientali e sulla messa in atto di azioni ad ampio raggio che abbiano impatti efficaci, immediati e a lungo termine. Il *Green Deal* (2019) mette al centro delle politiche il processo di transizione energetica per raggiungere gli obiettivi di neutralità climatica entro il 2050 (EU Commission, 2019). Configurandosi come percorso a cui ogni stato deve fare riferimento, esso mette in campo alcune azioni prioritarie volte a investire in tecnologie rispettose dell'ambiente, sostenere l'industria nell'innovazione, introdurre forme di trasporto più pulite, economiche e sostenibili, garantire una maggiore efficienza energetica e incrementare le collaborazioni tra attori. In questo contesto le città e il patrimonio edilizio esistente giocano un ruolo rilevante: nonostante il settore edilizio sia responsabile del 40% dei consumi energetici e del 36% delle emissioni di CO<sub>2</sub>, ad oggi solamente l'1% del patrimonio immobiliare viene coinvolto in interventi di ristrutturazione che prevedano

Enabling strategies  
for mixed-used PEDs:  
energy efficiency  
between smart cities  
and Industry 4.0

**Abstract.** The Green Deal places at the centre of its policies the need to act in order to achieve climate neutrality goals by 2050. In this context, the role of cities and, in particular, of already existing buildings is relevant. Although they are responsible for 40% of energy consumption, only 1% are involved in major restructuring processes. In the context of smart city strategies and to improve their performances, Europe proposes various approaches such as *Positive Energy Districts* and *Industry 4.0*. This paper analyses case studies and innovative European projects with the aim of identifying the most relevant strategic actions. Eventually, it presents a real case in the city of Bologna as a basepoint for the reflection proposed.

**Keywords:** Industry 4.0; Circular economy; Positive energy districts (PEDs); Smart city; Integrated energy planning.

azioni profonde di efficientamento energetico e la conseguente riduzione di emissioni climalteranti (EU Commission, 2020). Al fine di raggiungere gli obiettivi di neutralità climatica fissati al 2050 è, quindi, necessario agire con urgenza sul patrimonio esistente.

La ricerca mira a comprendere come coniugare i principi e le tecnologie ICT e gli strumenti dell'industria 4.0 in un approccio di pianificazione integrata che vede nello sviluppo dei *Positive Energy Districts* (PEDs) un significativo fattore di transizione energetica urbana, non solo per le aree residenziali, ma anche per i distretti industriali. Il contributo è articolato in quattro macro-sezioni. La prima offre un'analisi aggiornata dello stato dell'arte; la seconda propone un'analisi qualitativa su casi di studio italiani ed europei e su progetti di ricerca e innovazione; la terza analizza uno specifico caso reale e, l'ultima evidenzia le strategie comuni, relazionandole sinergicamente in una proposta complessiva.

## *Smart City*, Industria 4.0 e *Positive Energy Districts*: uno stato dell'arte interrelato

Il tema della *Smart City* emerge verso la fine del secolo scorso in risposta alla necessità di evoluzione di una città basata sull'utilizzo dell'auto e sull'estensivo consumo di risorse (Bonomi, Masiero, 2014). La *Smart City* come concetto, infatti, nasce dall'idea di una crescita intelligente (*Smart Growth*) a cui si sono progressivamente interlacciati i temi di una città connessa (*wired city*), digitale (*digital city*), ubiqua (*ubiquitous city*) (Boulanger, 2020; Nam&Pardo, 2011). Da

## Introduction

The European strategic goals set the need to accelerate the spread of energy and environmental policies as well as on the implementation of wide-ranging actions with effective, immediate and long-term impacts. The Green Deal (2019) puts the energy transition at the centre of European policies as a way to achieve climate neutrality goals by 2050 (EU Commission, 2019). Being a reference path for all European members, it puts in place some priority actions aimed at investing in environmentally friendly technologies, supporting innovation, introducing cleaner, economic and sustainable forms of private and public transport, guaranteeing greater energy efficiency and, finally, increasing collaboration between actors.

In this context, cities and the building stock play an important role: although

the construction sector is responsible for 40% of energy consumption and 36% of CO<sub>2</sub> emissions (EU Commission, 2020), actually only 1% of the real estate assets are annually involved in restructuring interventions that include deep energy efficiency actions and a consequent reduction of climate emissions (EU Commission, 2020). In order to achieve the climate neutrality objectives set for 2050, it is, therefore, necessary to act urgently on existing assets.

The research aims to understand how to combine ICT principles and technologies together with the tools of Industry 4.0 in an integrated planning approach that sees the development of *Positive Energy Districts* (PEDs) as a potential significant factor in urban energy transition, not only for residential areas, but also for industrial districts. The contribution is divided into four sections. The first offers an

queste prime concettualizzazioni, il tema ha subito diverse evoluzioni, specializzandosi verso l'identificazione di percorsi di cambiamento specifici come, per esempio applicati al settore industriale (Industria 4.0) o alla dimensione più energetica e climaticamente neutrale del distretto urbano (PED).

La nuova Strategia Industriale Europea (Marzo 2020) sottolinea la necessità di allinearsi agli obiettivi del *Green Deal* e spinge il settore industria verso la transizione ponendo le basi della cosiddetta IV Rivoluzione Industriale (EU Commission, 2020). A partire dall'ultimo decennio, la maggioranza dei Paesi europei si è dotata di piani d'azione, strumenti strategici e infrastrutture innovative per facilitare l'ammmodernamento del sistema industriale in una logica 4.0 (Büchi *et al.*, 2020), con i Piani Nazionali Integrati per l'energia e il Clima (PNIEC). Con il termine "Industria 4.0" si intende la rivoluzione digitale nel campo della produzione di beni e servizi che coinvolge la trasformazione dell'intera catena della produzione industriale attraverso la fusione della tecnologia digitale con l'industria convenzionale (EU Commission, 2015).

Le relazioni tra Industria 4.0 e Smart City sono molteplici (Kauf, 2020). In effetti, il concetto di Industria 4.0 fa leva sulle innovazioni digitali per ottimizzare i processi di produzione in una logica più efficace ed intelligente (Siafiullin *et al.*, 2019). Come affermato anche in Singh *et al.* (2020) e Lom *et al.* (2016), ci troviamo di fronte alla IV Rivoluzione Industriale in cui, grazie alla crescente digitalizzazione del settore e attraverso l'introduzione di nuove tecnologie si tende all'efficientamento e all'automazione dei processi interni di produzione e gestione (*Smart Production*), all'integrazione di sistemi per la collaborazione tra aziende (*Smart Services*) e alla riduzione dei consumi energetici, agendo

sia sul miglioramento delle performance del processo produttivo che sull'efficienza e sulla sostenibilità degli stabilimenti industriali (*Smart Energy*) (Boston Consulting Group, 2021; Singh *et al.*, 2020; Lom *et al.*, 2016).

Rendere effettive queste strategie è possibile attraverso incentivi a livello nazionale ed attraverso finanziamenti europei di progetti di ricerca e sviluppo. In Italia, in particolare, nel 2020, attraverso il Piano Nazionale Impresa 4.0 in azione per il triennio 2017-2020 (MISE, 2017) e il Piano Transizione 4.0 (2020-2023) sono stati previsti una serie di incentivi economici e agevolazioni per lo sviluppo digitale delle imprese agendo su tre assi paralleli e complementari: credito di imposta per beni strumentali, ricerca, sviluppo, innovazione e *design* e, infine, formazione 4.0. (MISE, 2020).

Accanto alle strategie di Industria 4.0, una seconda specificazione delle strategie *Smart City*, viene fornita dal concetto emergente dei *Positive Energy Districts* (PEDs). Queste esperienze sono di interesse per la loro applicazione a livello di quartiere piuttosto che di singolo edificio. Il concetto di PEDs è stato introdotto nel 2018 nell'ambito dello *Strategic Energy Technology Plan* (SET-Plan) e trova attuazione nel Piano di Implementazione 3.2 volto a sostenere la pianificazione, la diffusione e la replicabilità in tutta Europa di 100 Distretti ad Energia Positiva entro il 2025 (SET Plan 3.2, 2018). I PEDs sono definiti come aree urbane efficienti e flessibili dal punto di vista energetico ed a basse emissioni di gas serra che mirano a produrre annualmente un surplus di energia rinnovabile attraverso l'integrazione di soluzioni innovative (JPI Urban Europe, 2020).

La pianificazione dei distretti industriali e la loro integrazione nel contesto urbano in un'ottica smart, sostenibile e di efficienza

updated analysis of the state of the art; the second proposes a qualitative analysis of Italian and European case studies and research and innovation projects; while the third analyses a specific real case. Finally, the last section highlights some common strategies, connecting them synergically in a holistic approach proposed within this contribution.

#### **Smart city, Industry 4.0 and Positive Energy Districts: an interconnected state of the art**

The smart city theme emerged towards the end of the last century in response to the need to evolve a city based on the use of cars and the extensive consumption of resources (Bonomi, Masiero, 2014). The smart city as a concept, in fact, was born from the idea of developing an intelligent growth (smart growth). This original idea intertwined

other definitions progressively in itself, meeting, for example, those referring to a connected city (wired city), a digital city (digital city), or even a ubiquitous city (Boulanger, 2020; Nam & Pardo, 2011). From these first conceptualisations, which can be traced back to the late 1900s and early 2000s, the theme has undergone several evolutions, specialising its features into the identification of specific paths of change, applied, for example, to the industrial sector (i.e. Industry 4.0) or to the larger dimension of energy and climate neutral urban districts (i.e. PEDs).

The new European Industrial Strategy (March 2020) underlines the need to align with the objectives of the Green Deal and pushes the industry sector towards a climate neutrality transition, laying the foundations for the so-called IV Industrial Revolution (EU Commission, 2020). Since the last decade, the

majority of European countries have equipped themselves with action plans, strategic tools and innovative infrastructures in order to facilitate the modernisation of the industrial system in a 4.0 logic (Büchi *et al.*, 2020), especially through the drafting of the Integrated National Plans for Energy and Climate (PNIEC). The term "Industry 4.0" defines the digital revolution in the field of goods and services production and it involves the transformation of the entire industrial production chain – suppliers, plants, distributors and the product itself – through the fusion between digital technology and conventional industry (EU Commission, 2015). There are many relationships between Industry 4.0 and smart city (Kauf, 2020). Indeed, the concept of Industry 4.0 leverages digital innovations to optimise production processes in a more effective and intelligent logic (Siafiullin

*et al.*, 2019). As also stated in Singh *et al.* (2020) and Lom *et al.* (2016), we are facing the 4th Industrial Revolution in which, thanks to the growing digitalisation of the industrial sector and through the introduction of new technologies, sensors and software, there is a tendency towards efficiency and automation of internal production processes and management (smart production), the integration of systems to encourage collaboration between companies and external structures (smart services) and the reduction of energy consumption, acting both on improving the performance of the production process and on the efficiency and sustainability of industrial plants (smart energy) (Boston Consulting Group, 2021; Singh *et al.*, 2020; Lom *et al.*, 2016).

Making these strategies effective is possible through national incentives and European funding dedicated to re-

energetica è un processo complesso che vede nello sviluppo dei *Positive Energy Districts* (PEDs) una possibile cornice strategica in cui agire. Nel contesto articolato e ancora in corso di definizione, lo sviluppo di PEDs in aree urbane ad uso misto rappresenta un tema di ricerca particolarmente promettente (SCIS, 2020). L'elemento chiave della progettazione di questi distretti risiede in un processo integrato e flessibile, volto a garantire una risposta efficace alle dinamiche complesse che intercorrono tra la realtà residenziale e quella industriale, a soddisfare le esigenze di tutti gli *stakeholder* coinvolti nel processo e a calare le strategie urbane di pianificazione spaziale ed energetica del contesto specifico in cui l'intervento si inserisce (Boeri *et al.*, 2020).

### Metodologia e obiettivi

La ricerca si è svolta utilizzando una metodologia qualitativa basata su due approcci paralleli:

- aggiornamento dello stato dell'arte e identificazione di strategie ricorrenti attraverso l'analisi di casi di studio a scala europea. L'aggiornamento è stato sviluppato sui tre temi di *Smart City*, *Industria 4.0* e PED. I casi studio e i progetti, invece, sono stati identificati all'interno delle più innovative e recenti sperimentazioni a scala europea, con particolare riferimento ai quartieri PED e ai progetti *Smart City*;
- studio di un caso reale, individuato nel quartiere Roveri-Pilastro della città di Bologna (Italia), dove diverse strategie di transizione sono in corso. Le ricerche sul quartiere permettono di formulare una prima analisi sull'opportunità di alcune di queste strategie in un contesto specifico.

A partire da questa doppia analisi, obiettivo del contributo è identificare alcune linee strategiche efficaci per supportare l'e-

search and innovation projects, such as the Horizon 2020 programme and the upcoming Horizon Europe. In Italy, in particular, in 2020, through the National Business Plan 4.0 –in operation for the three-year period 2017- 2020 – (MISE, 2017) and the Transition Plan 4.0 (2020-2023), a series of economic incentives and concessions for the digital development of companies have been provided, acting on three parallel and complementary axes: tax credit for capital goods, research, development, innovation and design and, finally, training 4.0 (MISE, 2020).

Alongside the Industry 4.0 strategies, a second specification of smart city strategies is provided by the emerging concept of Positive Energy Districts (PEDs). These experiences are of significant interest for their application at neighbourhood level. The concept of PEDs was introduced in 2018 as part of the

Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan) and it is implemented through the Implementation Plan 3.2 aimed at supporting the planning, dissemination and replicability across Europe of 100 Positive Energy Districts by 2025 (SET Plan 3.2, 2018). PEDs are defined as energy efficient and flexible urban areas with low greenhouse gas emissions and the production of a surplus of energy from renewable sources. The integration of innovative solutions, materials and technology is also embedded in the approach (JPI Urban Europe, 2020).

The planning of industrial districts and their integration into the urban context from a smart, sustainable and energy efficiency perspective is a complex process that sees the development of Positive Energy Districts (PEDs) as a possible operative and strategic framework. In this complex and multi-layered context, the development of

voluzione di quartieri misti esistenti in quartieri più sostenibili, intelligenti e collaborativi, favorendo una profonda conoscenza di potenzialità e barriere, ma anche l'interrelazione tra attori, tecnologie e strategie.

### Casi studio in Europa e Italia: analisi di soluzioni e strategie integrate alla scala del quartiere

#### Quartieri PED in Europa

Al fine di identificare alcune strategie, soluzioni e strumenti significativi adottati nelle sperimentazioni PED in contesti

misti, è stata eseguita una ricognizione di casi studio (JPI Urban Europe, 2020; Bossi *et al.*, 2020) (Tab. 1).

Tra i sei progetti analizzati, la cui distribuzione geografica è mostrata in figura 1, appare di particolare rilievo il caso austriaco, dove il governo ha finanziato il programma *City of Tomorrow* con l'intento di sostenere la decarbonizzazione del paese e la diffusione su larga scala di risorse rinnovabili. In questo contesto vengono promossi i *Plus-Energy Districts*, ovvero aree urbane densamente popolate e caratterizzate da una destinazione d'uso mista dove si mira a soddisfare la domanda energetica sfruttando le risorse locali, promuovendo il coinvolgimento degli *stakeholders* e attivando un processo di digitalizzazione crescente. Gli ultimi due progetti illustrati nella tabella, *Hydrogen district* e *Pfaff-Quartier*, pur non avendo come obiettivo centrale la realizzazione di PEDs, adottano strategie e soluzioni rilevanti. Nel distretto Pfaff nella città di Kaiserslautern in Germania, in particolare, è in programma la realizzazione di un distretto neutrale. Attraverso un processo di co-progettazione, il progetto si basa su un sistema integrato di pianificazione e di recupero di alcuni edifici industriali dismessi e su un riutilizzo circolare delle ri-

PEDs in urban areas with mixed uses represents a particularly promising research topic (SCIS, 2020). It is possible to argue that one of the key elements for making these districts effective is an integrated and flexible process, aimed at guaranteeing an effective response to the complex dynamics between residential and industrial realities. But satisfying the needs of all the stakeholders involved in the process and applying the urban spatial and energy planning strategies to the specific context in which the intervention is inserted are also part of these core elements (Boeri *et al.*, 2020).

#### Methodology and objectives

The research was carried out mainly using a qualitative method based on two parallel approaches:

- updating the state of the art and the identification of recurring strategies

through the analysis of case studies at European level. This part of the literature review was developed on the three interrelated themes of smart city, Industry 4.0 and PED. However, case studies and funded projects were identified within the most innovative and recent experiments, with particular reference to PED neighbourhoods and smart city projects;

- a study of a real case, identified in the Roveri-Pilastro district of the city of Bologna (Italy), where various transition strategies are ongoing. The applied research on this neighbourhood allowed us to formulate an initial analysis on the effectiveness and applicability of some of these strategies in this specific context.

Starting from this double analysis, the objective of the contribution is to identify some effective strategic lines



<b>Smart Energy Åland - Åland, Finland</b>	
Period: in operation 2014 - 2019   Funding schemes: Public-private-people partnership   Source: <a href="https://flexens.com/the-demo/">https://flexens.com/the-demo/</a>	
<b>Strategies</b>	<b>Solutions and Tools</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-renewable generation capacity decarbonising the heating and transportation systems;</li> <li>-citizen engagement and promotion of the prosumer concept;</li> <li>-new companies development and jobs creation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-storage technologies;</li> <li>-new digital services;</li> <li>-wind power park;</li> <li>-solar panels;</li> <li>-Smart Energy Åland platform;</li> <li>-business models.</li> </ul>
<b>Zorrotzaurre district - Bilbao, Spain</b>	
Period: in implementation 2019 - 2024   Funding schemes: H2020 project ATELIER   Source: <a href="https://smartcity-atelier.eu/">https://smartcity-atelier.eu/</a>	
<b>Strategies</b>	<b>Solutions and Tools</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- reconversion and re-use of old industrial buildings;</li> <li>- e-mobility promotion;</li> <li>- involvement of local citizens</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- geothermal and hydrothermal renewable energy system;</li> <li>- interactive shelters to inform citizens;</li> <li>- electric public transportation;</li> <li>- Bilbao energy masterplanning.</li> </ul>
<b>Groningen North and South district - Groningen, Netherlands</b>	
Period: in implementation 2018 - 2023   Funding schemes: H2020 project MAKING CITY   Source: <a href="http://makingcity.eu/groningen/">http://makingcity.eu/groningen/</a>	
<b>Strategies</b>	<b>Solutions and Tools</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- according to "Next City" plan the aim is to turn the city of Groningen into a real-life lab for energy transition;</li> <li>- PED approach developed in MAKING-CITY;</li> <li>- retrofitting of residential buildings;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- smart thermostats and sensors to real-time measuring of energy consumption;</li> <li>- solar panels;</li> <li>- geothermal heating system;</li> <li>- "SolaRoad" cycling lane and smart charging stations for electric vehicles.</li> </ul>
<b>Zukunftsquartier - Wien, Austria</b>	
Period: in planning 2018 - 2024   Funding schemes: City of Tomorrow national programme   Source: <a href="https://nachhaltigwirtschaften.at/en/sdz/">https://nachhaltigwirtschaften.at/en/sdz/</a>	
<b>Strategies</b>	<b>Solutions and Tools</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- saving resources and decarbonisation;</li> <li>- realisation of innovative energy showcase quarters in Vienna;</li> <li>- optimize the user behaviour to minimize energy consumption;</li> <li>- active citizens involvement through co-creation and workshops</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- energy (both electricity and heat) exchanged with the (public) networks;</li> <li>- photovoltaic systems and geothermal heat pumps;</li> <li>- Life cycle assessment (LCA) and Life cycle costs (LCC);</li> <li>- SWOT analysis.</li> </ul>
<b>Hydrogen district - Hoogeveen, Netherland</b>	
Period: in planning 2018 - 2021   Funding schemes: Public-Private partnership   Source: <a href="https://www.waterstofhoogeveen.nl/">https://www.waterstofhoogeveen.nl/</a>	
<b>Strategies</b>	<b>Solutions and Tools</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- decarbonizing the energy system and making city area's emission free;</li> <li>- new hydrogen-based district near an industrial area;</li> <li>- transferable solutions to be applied in existing residential areas;</li> <li>- open innovation as a strategy to share knowledge.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hydrogen central heating boiler;</li> <li>- photovoltaic;</li> <li>- renewable energy from solar and wind converted to green hydrogen;</li> </ul>
<b>Pfaff-Quartier - Kaiserslautern, Germany</b>	
Period: in planning 2017 - 2022   Funding schemes: EnStadt national project   Source: <a href="https://pfaff-quartier.de/index.php/de/">https://pfaff-quartier.de/index.php/de/</a>	
<b>Strategies</b>	<b>Solutions and Tools</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- climate neutral district on the area of the former sewing machine factory;</li> <li>- stakeholders involvement in the planning process through survey to understand how the Pfaff-Quarter must be designed to meet their specific needs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- photovoltaic;</li> <li>- industrial waste heat from a company close to the quarter at medium temperature;</li> <li>- heat pumps;</li> <li>- energy masterplanning</li> </ul>

to support the evolution of existing mixed-use neighbourhoods into more sustainable, intelligent and collaborative areas, inducing a deeper knowledge on potentialities and barriers, but also on the possible interrelations between actors, integrated technologies and other integrated approaches.

**Case studies in Europe and Italy: analysis of integrated solutions and strategies at the neighbourhood scale**  
*PED neighbourhoods in Europe*  
 In order to identify the most significant strategies, solutions and tools adopted in PED trials in mixed contexts, a survey of case studies has been performed

starting from the official documentation (JPI Urban Europe, 2020; Bossi *et al.*; 2020) (Tab. 1).  
 Among the six projects analysed – geographical distribution shown in Figure 1 – the Austrian case is of particular importance. Here, the government financed the City of Tomorrow pro-

gramme with the aim to support the decarbonisation of the entire country and a consequent large-scale diffusion of renewable resources. In this context, so-called plus-energy districts are promoted, i.e. densely populated urban areas characterised by a mixed-use destination with the aim to satisfy the

orse grazie al quale gli edifici residenziali vengono supportati nel fabbisogno energetico di riscaldamento dal calore prodotto come scarto dei processi produttivi.

### Progetti di ricerca europei Smart City Horizon 2020

Sono stati, quindi, analizzati 14 progetti sviluppati nell'ambito del programma "Smart Cities and Communities Lighthouse projects"<sup>1</sup> finanziati dal programma europeo H2020. La tabella 2 riporta i progetti più rilevanti.

### Esperienze nel contesto italiano

Un'analisi esplorativa di tipo qualitativo ha permesso di individuare alcuni progetti di ricerca nel contesto italiano (Tab. 3). La figura 2 mostra la distribuzione dei progetti sul territorio nazionale. Tra questi i progetti IRIS e DERRIS hanno l'obiettivo di sostenere le PMI nel migliorare la risposta agli eventi estremi generati dal cambiamento climatico. Il fine è pragmatico: dotare le imprese e le pubbliche amministrazioni di strumenti attuativi per valutare come attuare gli impatti generati dal cambiamento climatico. Il portale *web* sviluppato dal progetto IRIS<sup>2</sup> e il CRAMTool<sup>3</sup> sviluppato nel corso del progetto DERRIS, rendono possibile valutare le principali vulnerabilità climatiche e di valutare quali soluzioni di adattamento applicare.

### L'area Roveri-Pilastro di Bologna: potenziali strategie di transizione verso un PED district

caratterizzata dal comparto residenziale di Pilastro, una signifi-

energy demand by exploiting local resources, promoting the involvement of stakeholders and activating a growing digitalisation process. The last two projects illustrated in the table, Hydrogen district and Pfaff-Quartier, adopt relevant strategies and solutions which are interesting for the purposes of this paper, even if they do not have the realisation of PEDs as their central objective. In particular, the construction of a climate-neutral district is planned in the Pfaff district, in the city of Kaiserslautern, Germany. Through a co-design process, the project is based on an integrated system of planning and recovery of some abandoned industrial buildings. Additionally, a circular reuse of resources is promoted with the aim to support residential buildings in fulfilling their heating energy needs using waste from industrial production processes.

L'area Roveri-Pilastro (Fig. 3) è un ampio quartiere periurbano a nord-est della città di Bologna (circa 400 ettari). In particolare, la zona nord è prevalentemente

*European research projects Smart City Horizon 2020*  
Additionally, 14 projects were analysed under the "Smart Cities and Communities Lighthouse projects"<sup>1</sup> programme funded by the European research and development programme H2020. Table 2 shows the most important projects, also identifying the main actions undertaken.

*Experiences in the Italian context*  
An exploratory qualitative analysis on the Italian context is provided in Table 3.  
Figure 2 shows the distribution of these projects across the national territory. Among these, the IRIS and DERRIS projects aim to support SMEs in improving their response to extreme events generated by climate change. The aim is pragmatic: equipping companies and public administrations



cativa esperienza di housing sociale costruito a partire dagli anni '60. La zona sud è invece caratterizzata dalla presenza del comparto produttivo chiamato Le Roveri. L'area appare rilevante per la ricerca poiché presenta alcune potenzialità di evoluzione verso la transizione energetica a scala di quartiere in una logica integrata. In particolare:

- presenza di uno dei parchi fotovoltaici più grandi d'Europa, sui tetti di CAAB, con una produzione di 11.350.000 Kw/h di energia primaria;
- presenza di aziende attente ai temi del cambiamento climatico e dell'energia, che possono fungere da traino. È il caso di FIVE, leader nella produzione di biciclette elettriche, il cui stabilimento è il primo edificio produttivo nZEB (nearly Zero Energy Building) della città;
- presenza di aziende che necessitano una riduzione dei consumi energetici per contenere i costi di manutenzione;
- presenza di residenze obsolete ed energivore nell'area di Pilastro, accompagnate dalla necessità di ridurre fenomeni di povertà energetica;

with implementation tools to mitigate the impacts generated by climate change. In this regard, the web portal developed by the IRIS<sup>2</sup> project and the CRAMTool<sup>3</sup>, developed under the DERRIS project, makes it possible to assess the main climatic vulnerabilities to which companies are exposed and to evaluate the best adaptation solutions.

### The Roveri-Pilastro area of Bologna: potential transition strategies towards a PED district

The Roveri-Pilastro area (Fig. 3) is a large peri-urban district in the north-east of the city of Bologna (about 400 hectares). In particular, the northern area is mainly characterised by the residential sector of Pilastro, a significant expanse of social housing built in the 1960s in response to the housing emergency due to migrations from southern Italy and nowadays satisfying

more global migrations. The southern area is instead characterised by the presence of the production district called Le Roveri. The area appears relevant for the research as it has several evolution potentials towards a climate-neutral district. In particular some key factors are interesting:

- the presence of one of the largest photovoltaic parks in Europe on the roofs of CAAB, characterised by a production of 11,350,000 Kw/h of primary energy;
- the presence of companies attentive to the issues of climate change and energy, able to act as facilitators for the area. This is the case of FIVE, a leader in the production of electric bicycles, whose plant is the first nZEB (nearly Zero Energy Building) production building in the city;
- the high presence of industrial buildings of different sizes needing

<b>1 - SmartEnCity – Towards Smart Zero CO2 Cities across Europe</b>		
<b>Cities involved:</b> Vitoria-Gasteiz (Spain), Tartu (Estonia), Sonderborg (Denmark)	2016 – 2021	
<b>Follower:</b> Lecce (Italy), Asenovgrad (Bulgaria)	Source: <a href="https://smartencity.eu/">https://smartencity.eu/</a>	
<b>Main actions:</b> buildings' retrofitting, infrastructures integration, sustainable mobility and ICT		
<b>2 - Remourban - REgeneration MObel for accelerating the smart URBAN transformation</b>		
<b>Cities involved:</b> Valladolid (Spain), Nottingham (UK), Tepebasi/Eskisehir (Turkey); <b>Follower:</b> Seraing (Belgium), Miskolc (Hungary)	2015 - 2020	
<b>Main actions:</b> urban regeneration model for integration of energy, mobility and ICT	Source: <a href="http://www.remourban.eu/">http://www.remourban.eu/</a>	
<b>3 - Triangulum – The Three Point Project: Demonstrate. Disseminate. Replicate</b>		
<b>Involved Cities:</b> Manchester (United Kingdom), Stavanger (Norway), Eindhoven (Netherlands)	2015 - 2020	
<b>Main actions:</b> zero/low energy districts, integrated infrastructures and sustainable urban mobility	Source: <a href="http://triangulum-project.eu/">http://triangulum-project.eu/</a>	
<b>4 - GrowSmarter</b>		
<b>Involved Cities:</b> Stockholm (Sweden), Cologne (Germany), Barcelona (Spain); <b>Follower:</b> Valetta (Malta), Suceava (Romania), Porto (Portugal), Cork (Ireland), Graz (Austria)	2015 - 2019	
<b>Main actions:</b> low energy districts, integrated Infrastructures, sustainable Urban Mobility	Source: <a href="http://www.grow-smarter.eu/">http://www.grow-smarter.eu/</a>	
<b>5 - REPLICATE – REnaissance of Places with Innovative Citizenship and TEchnolgy</b>		
<b>Involved Cities:</b> Bristol (United Kingdom), San Sebastián (Spain), Florence (Italy) <b>Follower:</b> Essen (Germany), Nilüfer (Turkey), Lausanne (Switzerland)	2016 - 2021	
<b>Main actions:</b> smart city business models, and tailor-made solutions in the areas of energy, transport and ICT	Source: <a href="http://replicate-project.eu/">http://replicate-project.eu/</a>	
<b>6 - Smarter Together – Smart and Inclusive Solutions for a Better Life in Urban Districts</b>		
<b>Involved Cities:</b> Munich (Germany), Lyon (France), Vienna (Austria); <b>Follower:</b> Santiago de Compostela (Spain), Sofia (Bulgaria), Venice (Italy)	2016 - 2021	
<b>Main actions:</b> living labs, low energy districts, Smart Data management platform, integrated infrastructures, sustainable mobility	Source: <a href="http://smarter-together.eu/">http://smarter-together.eu/</a>	
<b>7 - SHARM-LLM – Sharing Cities</b>		
<b>Involved Cities:</b> Lisbon (Portugal), London (United Kingdom) and Milan (Italy); <b>Follower:</b> Bordeaux (France), Burgas (Bulgaria), Warsaw (Poland)	2016 - 2021	
<b>Main actions:</b> buildings retrofitting, electric mobility, energy management systems, smart lamp posts, urban sharing platform	Source: <a href="http://www.sharingcities.eu/">http://www.sharingcities.eu/</a>	
<b>8 - mySMARTLife – Transition of EU cities towards a new concept of Smart Life and Economy</b>		
<b>Involved Cities:</b> Nantes (France), Hamburg (Germany), Helsinki (Finland); <b>Follower:</b> Bydgoszcz (Poland), Rijeka (Croatia), Palencia (Spain)	2016 - 2021	
<b>Main actions:</b> Advanced Urban Planning focused on Inclusive Cities, Smart People and Smart Economy.	Source: <a href="https://www.mysmartlife.eu/mysmart-life/">https://www.mysmartlife.eu/mysmart-life/</a>	
<b>9 – RUGGEDISED – Designing smart, resilient cities for all</b>		
<b>Involved Cities:</b> Rotterdam (Netherlands), Glasgow (Scotland), Umeå (Sweden) <b>Follower:</b> Brno (Czech Republic), Gdansk (Poland), Parma (Italy)	2016 - 2021	
<b>Main actions:</b> ICT, e-mobility and energy solutions	Source: <a href="http://www.ruggedised.eu">www.ruggedised.eu</a>	
<b>10 - IRIS Smart cities – Integrated and Replicable Solutions for Co-Creation in Sustainable Cities</b>		
<b>Involved Cities:</b> Utrecht (The Netherlands), Nice (France), Gothenburg (Sweden); <b>Follower:</b> Vaasa (Finland), Alexandroupolis (Greece), Santa Cruz de Tenerife (Spain), Focsani (Romania)	2017 - 2022	
<b>Main actions:</b> renewables and energy positive districts, flexible energy management and storage, Intelligent mobility solutions, Digital transformation and services, Citizen engagement and co-creation.	Source: <a href="https://irissmartcities.eu/">https://irissmartcities.eu/</a>	
<b>11 - STARDUST - Holistic and Integrated Urban Model for Smart Cities</b>		
<b>Involved Cities:</b> Pamplona (Spain), Tampere (Finland), Trento (Italy); <b>Follower:</b> Cluj-Napoca (Transylvania), Derry (Ireland), Kozani (Macedonia), Litoměřice (Czech Republic)	2017 - 2022	
<b>Main actions:</b> technical green solutions in the energy, mobility and ICT, citizen engagement and innovative business models	Source: <a href="http://stardustproject.eu/">http://stardustproject.eu/</a>	
<b>12- MatchUP-MAXimizing the UPscaling and replication potential of high-level urban transformation strategies</b>		
<b>Involved Cities:</b> Valencia (Spain), Dresden (Germany), Antalya (Turkey); <b>Follower:</b> Herzliya (Israel), Kerava (Finland), Ostend (Netherlands), Skopje (Macedonia)	2017 - 2022	
<b>Main actions:</b> Local multiple communities, solutions in the energy, mobility and ICT	Source: <a href="https://www.matchup-project.eu/">https://www.matchup-project.eu/</a>	
<b>13 - MAKING-CITY - Energy efficient pathway for the city transformation: enabling a positive future</b>		
<b>Involved Cities:</b> Groningen (Netherlands), Oulu (Finland); <b>Follower Cities:</b> Bassano del Grappa (Italy), Kadiköy (Turkey), León (Spain), Lublin (Poland), Trenčín (Slovakia), Vidin (Bulgaria)	2018 - 2023	
<b>Main actions:</b> Urban energy system transformation towards low-carbon cities, based on Positive Energy District (PED) concept.	Source: <a href="http://makingcity.eu/">http://makingcity.eu/</a>	
<b>14 - +CityxChange - Positive City Exchange</b>		
<b>Involved Cities:</b> Trondheim (Norway), Limerick (Ireland); <b>Follower Cities:</b> Alba Iulia (Romania), Pisek (Czech Republic), Võru (Estonia), Smolyan (Bulgaria), Sestao (Spain)	2018 - 2023	
<b>Main actions:</b> Positive Energy Districts and integration of smart positive energy solutions.	Source: <a href="https://cityxchange.eu/">https://cityxchange.eu/</a>	



**LabZERO, Zero Emission Research Option - Bari, Italy**

Period: in operation | Funding schemes: Puglia Programme on Scientific Research | Source: <https://research.poliba.it/labs-networks/labzero>

**Strategies**

- industrial solutions integration in the building sector;
- multidisciplinary research approach;
- cooperation with industrial developers, public territorial bodies, public administrations and Municipalities, and relevant research actors.

**Solutions and Tools**

- fast prototyping of equipment and devices for smart city and home automation;
- testing of components for smart grids and microgrids;
- Electrical Vehicles infrastructures, smart charging and Vehicle to Grid (V2G);
- High performance building material;
- Solar heating and cooling.

**Ravenna Green Port - Ravenna, Italy**

Period: ended | Funding schemes: EmiliaRomagna Programme on Scientific Research | Source: <https://www.ravennagreenport.com/>

**Strategies**

- enhancing the Ravenna port area in term of spatial quality, energy efficiency and environmental sustainability;
- applied research;
- synergy among main involved stakeholders

**Solutions and Tools**

- sustainable mobility
- buildings retrofitting;
- energy mapping;
- spaces reactivation ( e.g.Darsena PopUP project)

**IRIS project - Modena and Ferrara, Italy**

Period: ended | Funding schemes: Life programme | Source: <https://www.lifeiris.eu/>

**Strategies**

- promoting climate action in industrial sector;
- promoting synergies between adaptation measures and environmental policies;
- stakeholder's involvement.

**Solutions and Tools**

- main climatic risk factors identification;
- abacus of the main adaptation actions;
- Climate Adaptation Plan;
- financial tools for adaptation.

**DERRIS project - Torino, Italy**

Period: ended | Funding schemes: Life programme | Source: <http://www.derris.eu/derris-in-italia/>

**Strategies**

- transferring knowledge about the risks of climate change to SMEs
- promoting climate action in industrial sector;
- developing innovative forms of public-private partnership;

**Solutions and Tools**

- risk assessment e risk management related to climate change on industry sector;
- self-assessment tools to measure risk and to adopt prevention measures;
- "adaptation managers" as a figure for climate risk management;
- Climate Adaptation Plan.

- presenza di spazi *in nuce* (capannoni non utilizzati, aree verdi non sfruttate) che potrebbero essere riconvertiti;
- presenza di una attiva comunità, caratterizzata da numerose associazioni, ma anche da problematiche sociali;
- presenza di attori locali interessati allo sviluppo dell'area (tra questi la municipalità, l'università, Confindustria, ENEA, Confartigianato, ecc.).

Sull'area sono in corso ricerche condotte dall'Università di Bologna, Dipartimento di Architettura, in partnership con altri soggetti attivi sull'area e sul territorio. In particolare, i seguenti progetti sono rilevanti:

- GECCO - *Green Energy Community*, finanziato da EIT Climate-KIC e attivo da luglio 2019, ha l'obiettivo di innescare un percorso virtuoso di condivisione energetica tra aziende e cit-

a reduction in energy consumption;

- the presence of obsolete, sometimes in decay, and of general highly energy-intensive buildings in the Pilastro area, accompanied by spread phenomena of energy poverty;
- the presence of spaces that could be converted (e.g. unused warehouses, unexploited green areas);
- the presence of an active community, characterised by numerous associations, but also by social challenges linked to multiple reasons;
- the presence of local actors interested in the development of the area (including the municipality, the university, Confindustria, ENEA, Confartigianato, etc.).

Several research projects are ongoing in the area, some of them with the collaboration or leadership of the University of Bologna Department of Architecture, in partnership with other

actors active in the area and in the territory. In particular, the following projects are relevant as they are applying energy improvement and transition to neutrality strategies:

- GECCO - Green Energy Community, funded by EIT Climate-KIC and active since July 2019, aims to trigger a virtuous path of energy sharing between companies and citizens through the creation of an energy community.
- GRETA - Green Energy Transition Actions, recently funded by the H2020 programme, aims to understand drivers and barriers on the involvement of citizens in the energy transition processes, by formulating Transition Paths and Energy Citizenship Contracts.
- ENEA Roveri Smart Village - a project launched in 2017 by ENEA aimed at supporting the sustainable

regeneration of the Roveri industrial area. Focusing on the need to increase good energy efficiency practices in industrial areas, the project proposed a replicable transformation model for production sites in urban areas.

- NEIGHBOURHOOD ECONOMIC - Project funded in 2017 by EIT Climate-KIC, with the aim of identifying possible mitigation and adaptation actions, taking into account a resilient perspective, generating social capital and intercepting new lines of financing.

The following paragraph proposes a conclusive reflection developed on the basis of the analysis of the case studies and on the real case, which outlines some potential development axes for mixed neighbourhoods in a PED and smart logic, exploiting the opportunities offered by Industry 4.0.

**Discussion and conclusions**

The implementation of integrated strategies for energy optimisation between residences and the production sector on a neighbourhood scale has strong potential for implementation. The analysis of case studies and European projects as well as the area of Roveri-Pilastro allow us to identify some preferential development axes that could be applied not only to the Bologna case but also to other mixed neighbourhoods in Italy. By adapting and expanding the Industry 4.0 scenarios and their categorisation, the following levels of intervention are proposed, accompanying them with operational tactics, intended as the most successful application strategies. The specific tactics are summarised in Figure 4.

1. Interoperability and resource sharing. Interoperability can be un-

- tadini attraverso la realizzazione di una comunità energetica nel distretto produttivo e abitativo della zona Roveri-Pilastrò.
- GRETA - *G*reen *E*nergy *T*ransition *A*ctions, finanziato recentemente da H2020, si propone di supportare il coinvolgimento dei cittadini nei processi di transizione energetica, formulando dei Percorsi di Transizione volti a guidare le comunità verso differenti livelli di consapevolezza sulle tematiche energetiche.
  - ENEA Roveri *Smart Village* - progetto avviato nel 2017 da ENEA volto a sostenere la rigenerazione in chiave sostenibile dell'area industriale Roveri. Concentrandosi sulla necessità di incrementare buone pratiche di efficienza energetica nelle aree industriali, il progetto propone un modello di trasformazione replicabile per gli insediamenti produttivi in area urbana.
  - NEIGHBOURHOOD ECONOMIC - Progetto finanziato nel 2017 da EIT *Climate-KIC*, coinvolge l'area Pilastrò, con l'obiettivo di identificare le possibili azioni di mitigazione e adattamento in grado di trasformare in un'ottica resiliente gli spazi urbani, di generare capitale sociale e di intercettare nuove linee di finanziamento.

Nel paragrafo che segue viene proposta una riflessione sviluppata sulla base delle analisi dei casi studio e sul caso reale, che delinea alcuni potenziali assi di sviluppo per quartieri misti in una logica PED e *smart*, sfruttando le opportunità offerte da Industria 4.0.



**Discussione e conclusioni** L'implementazione di strategie integrate di ottimizzazione energetica tra residenze e comparto produttivo su scala quartiere ha forti potenzialità di implementazione. L'analisi dei casi studio e la ricerca su un contesto reale permettono di identificare alcuni assi preferenziali che potrebbero essere applicati non solo al caso bolognese ma anche ad altri quartieri misti in Italia. Adattando e ampliando gli scenari Industria 4.0 e la loro categorizzazione, si propongono i seguenti livelli di intervento, accompagnandoli a tattiche operative, intese come strategie applicative di maggior successo. Le tattiche sono riassunte in figura (Fig. 4).

1. Interoperabilità e condivisione di risorse. L'interoperabilità può essere intesa non soltanto come capacità di mettere in rete informazioni e dati, ma anche risorse. Le esperienze delle Comunità Energetiche sono rilevanti poiché permettono di creare sistemi circolari e più resilienti tra attori del territorio, fornendo una gestione ottimizzata delle risorse, e costruendo reti di condivisione sociale.
2. Virtualizzazione. Come riportato in diversi progetti, la virtualizzazione del reale può contribuire al raggiungimento di diversi obiettivi, specialmente se supportata da dati e







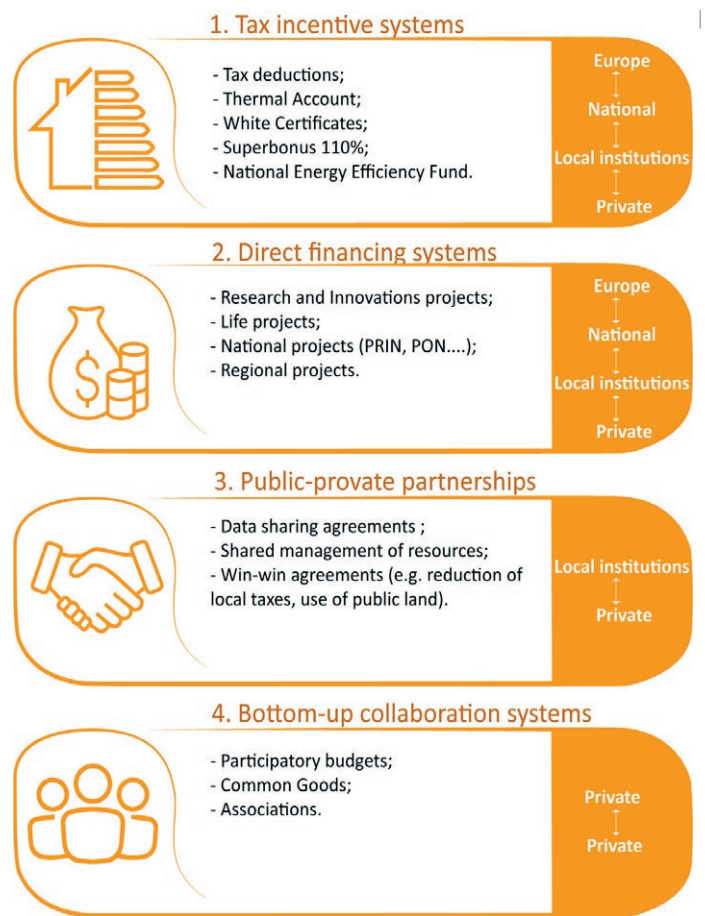
da visualizzazioni 2D o 3D del contesto: incremento della conoscenza dei singoli attori sull'ambiente costruito; visualizzazione di situazioni emergenziali, come la necessità di interventi su edifici ma anche allerte; identificazione rapida di soluzioni di mitigazione (per esempio attraverso automatismi di risposta), ecc. Tali sistemi, conosciuti anche come Digital Twin, possono svolgere una duplice funzione: da un

derstood not only as the ability to create connections between information and data, but also between resources and services. The experiences of the Energy Communities, in particular, are relevant because they allow the creation of circular and more resilient systems, providing, on the one hand, an optimised management of resources, and on the other, by building social shared networks.

2. Virtualisation. As reported in several projects, the virtualisation of reality can contribute to the achievement of various objectives, especially if supported by data on a 2D or 3D visualisation: increasing the knowledge of individual players on the built environment; visualisation of emergency situations, such as the need for interventions on buildings but also alerts related to specific

events; fast identification of mitigation solutions (for example, through automatic response mechanisms), etc. These systems, also known as digital twins, can perform a dual function: on the one hand, they allow a reading of the context by citizens and actors of the urban sector, and on the other hand, they can be interpreted in depth by experts.

3. Decentralisation. While virtualisation provides relevant management opportunities, it is not able to give all the answers to specific situations alone. Decentralisation is, therefore, a fundamental aspect that must be combined with the previous one. From this point of view, it is not only the digital environment that must have autonomous nodes (as proposed by Industry 4.0 and the world of ICT) but also the built environment, for example, through in-



lato permettere una lettura del contesto da parte dei cittadini e degli attori del comparto urbano, dall'altro essere interpretati in maniera approfondita da esperti.

3. Decentralizzazione. Se la virtualizzazione fornisce opportunità di gestione rilevante, da sola non appare in grado di dare tutte le risposte alle diverse situazioni. La decentralizzazione è dunque un aspetto fondamentale che deve essere

person local desks or similar (Paia *et al.*, 2020).

4. Real-time data. The collection of highly qualitative data is one of the most critical aspects on which the smart city is based. In fact, the availability and quality of data is not automatic and must be built consciously.

5. Services. The Industry 4.0 guidelines place the creation of external services at the centre of business development. This collaborative aspect also appears important in a logic of sharing between different subjects in the dimension of large neighbourhoods.

6. Modularity. The theme of modularity and flexibility are central to this analysis, since the most efficient systems are able to absorb any emergencies and cope with unexpected events. The recent pandemic has

highlighted this aspect as a priority, both to businesses and to individuals.

Figure 5 summarises the main systems of fiscal incentives, direct financing, public-private partnerships and bottom-up collaboration and innovation which are the most common operational tools for grounding the above strategies.

In conclusion, the contribution proposes the identification of some strategic axes and operational tactics for the creation of more efficient and resilient neighborhoods in Italy, systematising the potential provided by mixed, residential and productive fabrics. These axes can be explained in a set of enabling technologies and strategies extended from the Industry 4.0 development lines, integrated with actions, policies and tools that appear to be more effective in the case studies



combinato al precedente. Da questo punto di vista, non è solo l'ambiente digitale che deve avere nodi autonomi ma anche l'ambiente costruito (Paia *et al.*, 2020).

4. Dati in tempo reale. La raccolta di dati di qualità è uno degli aspetti più critici su cui la *Smart City* si sta confrontando. La disponibilità e la qualità dei dati non è infatti un elemento scontato.
5. Servizi. Le linee guide Industria 4.0 mettono al centro dello sviluppo delle imprese la creazione di servizi verso l'esterno. Questo aspetto collaborativo appare importante anche in una logica di condivisione tra soggetti diversi nella dimensione di quartieri ampi.
6. Modularità. Il tema della modularità e della flessibilità sono centrali in questa analisi, poiché i sistemi più efficienti sono in grado di assorbire eventuali emergenze e di far fronte ad imprevisti. La recente pandemia ha messo in evidenza questo aspetto in maniera prioritaria, sia alle imprese che ai singoli.

La figura 5 riassume i principali sistemi di incentivazione fiscali, di finanziamento diretti, di accordi (*partnership*) pubblico privati e di collaborazione e innovazione bottom-up che risultano essere gli strumenti operativi più ricorrenti per la messa a terra delle strategie sopra riportate.

In conclusione, il contributo propone l'individuazione di alcuni assi strategici e tattiche operative per la realizzazione in Italia di quartieri più efficienti e resilienti, mettendo a sistema le potenzialità fornite da tessuti misti, residenziali e produttivi. Tali assi possono trovare esplicitazione in un insieme di tecnologie abilitanti e strategie mutate dalle linee di sviluppo Industria 4.0, integrate ad azioni, politiche e strumenti che appaiono di maggior efficacia nei casi studio e nelle esperienze

individuare. L'originalità della ricerca verte sulla messa in relazione di ambiti che attualmente hanno punti di connessione limitati: strategie PED, *Smart Cities* e Industria 4.0 applicati ad aree complesse, come quelle residenziali e produttive. Le future applicazioni di queste tattiche nei progetti di ricerca in corso sull'area bolognese potranno fornire ulteriori sviluppi e risultati di discussione più approfonditi e basati su un maggior numero di dati.

#### NOTE

<sup>1</sup> Fonte: <https://smartcities-infosystem.eu/scc-lighthouse-projects>

<sup>2</sup> Fonte: <http://www.lifeiris.eu/azioni/web-portal/>

<sup>3</sup> Fonte: <http://www.derris.eu/cram-tool/>

#### REFERENCES

- Boeri, A., Longo, D., Roversi, R. and Turci, G. (2020), "Positive Energy Districts: European research and pilot projects. Focus on the Mediterranean area", *Sustainable Mediterranean Construction*, Vol.12, pp. 22-27.
- Bonomi, A. and Masiero, R. (2014), *Dalla Smart City alla Smart Land*, Marsilio, Venezia, Italia.
- Bossi S., Gollner, C. and Theierling, S. (2020), "Towards 100 Positive Energy Districts in Europe: Preliminary Data Analysis of 61 European Cases", *Energies*, Vol.13(22):6083.
- Boston Consulting Group (2021), Boston Consulting Group website, available at: <https://www.bcg.com/it> (accessed 2 February 2021).
- Boulanger, S. (2020), *Smarter and Greener. A technological path for Urban Complexity*, Franco Angeli, Milano, Italia.
- Büchi, G., Cugno, M. and Castagnoli R. (2020), "Smart factory performance and Industry 4.0, Technological Forecasting and Social Change", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol.150.

and in the experiences identified. The originality of the research concerns the linking of areas that currently have limited connection points: PED strategies, smart cities and Industry 4.0 applied to complex areas, such as those which are a mixture of residential and production. Future applications of these tactics in ongoing research projects in the Bologna area may provide further developments and more in-depth discussion results based on more data.

#### NOTES

<sup>1</sup> Source: <https://smartcities-infosystem.eu/scc-lighthouse-projects>

<sup>2</sup> Source: <http://www.lifeiris.eu/azioni/web-portal/>

<sup>3</sup> Source: <http://www.derris.eu/cram-tool/>

- EU (2021), EU Smart Cities Information System website, available at: <https://smartcities-infosystem.eu/> (accessed 2 February 2021).
- European Commission (2015), Digital transformation of European industry and enterprises, Strategic Policy Forum on Digital Entrepreneurship, Bruxelles, Belgium.
- European Commission (2019), The European Green Deal, COM (2019) 640 final.
- European Commission (2020) A Renovation Wave for Europe - greening our buildings, creating jobs, improving lives, COM (2020) 662 final.
- European Commission (2020), "Efficienza energetica nell'edilizia", available at: <https://ec.europa.eu/info/news> (accessed 2 February 2021).
- European Commission (2020), *A New Industrial Strategy for Europe*, COM (2020) 102 final.
- European Commission (2020), *A New Industrial Strategy for Europe*, COM (2020) 102 final.
- JPI Urban Europe (2020), "PED Booklet. Europe Towards Positive Energy Districts. A compilation of projects towards sustainable urbanization and the energy transition", available at: <https://jpi-urbaneurope.eu/> (accessed 2 February 2021).
- JPI Urban Europe and SET Plan Action 3.2 (2020), "White Paper on PED Reference Framework for Positive Energy Districts and Neighbourhoods", available at: <https://jpi-urbaneurope.eu/ped/> (accessed 2 February 2021).
- Kauf, S. (2020), "Smart City in the era of the fourth industrial revolution", *Zeszyty Naukowe. Organizacja i Zarządzanie/Politechnika Śląska*, Vol. 145, pp. 211-220.
- Lom, M., Pribyl, O., and Svitek, M. (2016), "Industry 4.0 as a part of smart cities", *2016 Smart Cities Symposium Prague (SCSP)*, IEEE, Prague, Czech Republic, pp. 1-6.
- Ministero dello Sviluppo Economico (2017), "Piano Nazionale Impresa 4.0", available at: <https://www.mise.gov.it/> (accessed 4 February 2021).
- Ministero dello Sviluppo Economico (2020), "Piano nazionale Transizione 4.0", available at: <https://www.mise.gov.it/> (accessed 4 February 2021).
- Nam, T. and Pardo, T.A. (2011), "Conceptualizing Smart City with dimensions of technology, people and institutions", *Proceedings of the 21th annual int. Conf. On digital government research*, College Park, MD, USA, pp. 282-291.
- Piaia, E., Turillazzi, B., Boeri, A. and Longo, D. (2020), "Industria 4.0 e industria delle costruzioni: il progetto di ricerca europeo P2ENDURE", *Design in the digital age. Technology, nature, culture*, Santarcangelo di Romagna, Italia, pp. 176-179.
- Safiullin, A., Krasnyuk, L. and Kapelyuk, Z. (2019), "Integration of Industry 4.0 technologies for smart cities development", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 497.
- SCIS - Smart Cities Information System (2020), "Positive Energy District solution booklet", available at: <https://indd.adobe.com/> (accessed 2 February 2021).
- SET Implementation Plan 3.2 (2018), "Europe to become a global role model in integrated, innovative solutions for the planning, deployment, and replication of Positive Energy Districts", available at: <https://setis.ec.europa.eu/> (accessed 2 February 2021).
- Singh, U. and Sharad, A. (2020) "The Smart City: A Holistic Approach," *11th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)*, Kharagpur, India, pp. 1-7.

Lidia Errante, Alberto De Capua,

Dipartimento di Architettura e Territorio, Università degli Studi "Mediterranea" di Reggio Calabria, Italia

lidia.errante@unirc.it

adecapua@unirc.it

**Abstract.** Il contributo propone lo scenario di ricerca meta-progettuale di riqualificazione edilizia sostenibile del quartiere INA Casa "Sbarre Inferiori" a Reggio Calabria attraverso una duplice riflessione. Da un lato, le potenzialità trasformative, tecnologiche e formali, del patrimonio residenziale pubblico realizzato nell'ambito del Piano INA Casa. Dall'altro, l'estensione del ciclo di vita dei manufatti e il miglioramento della qualità spaziale degli alloggi secondo un approccio circolare, *low-tech* ed ecologico. L'esito progettuale prevede un abaco di addizioni tecnologiche in bio XLAM pensate secondo principi di *Design for Disassembly*, che consente il riutilizzo dei moduli in nuove configurazioni spaziali e funzionali, e il *remanufacturing* e il riciclo degli elementi a fine vita.

**Parole chiave:** Sostenibilità edilizia; *Design for disassembly*; Economia circolare; INA Casa; *Remanufacturing*.

## La qualità dello spazio residenziale

La riqualificazione del patrimonio residenziale pubblico italiano è al centro dell'attuale dibattito politico, professionale e accademico. Sia per l'obsolescenza strutturale e tecnologica dello stock abitativo nazionale, realizzato per il 51% prima del 1970 secondo modelli speculativi, in assenza di normativa antisismica e con classe energetica tra F e G<sup>1</sup>, sia per le sfide di trasformazione e adattamento dell'abitazione poste dalle circostanze della pandemia. Queste ultime hanno imposto un repentino cambio di abitudini, usi, consumi e stili di vita, spesso esasperando pregresse condizioni di sofferenza spaziale e abitativa, dalla scala domestica a quella urbana della residenza.

Il contributo esplora tali dimensioni attraverso tre prospettive tematiche applicate a un caso studio di sperimentazione. La necessità di «un approccio aperto, sistemico, processuale», scientifico perché verificabile e metodologicamente replicabile (Perriccioli, 2015). La scelta di soluzioni progettuali contestualizzate alle condizioni tecniche, ambientali, economiche e sociali dei

Design for Disassembly and the rehabilitation of public housing stock. A case study

**Abstract.** This contribution presents the meta-design research scenario of the sustainable building redevelopment of the INA Casa "Sbarre Inferiori" district in Reggio Calabria based on a twofold reflection. On the one hand, the transformative potential, both technological and formal, of the public housing stock created under the INA Casa Plan. On the other, the extension of the life cycle of the buildings and the improvement of the spatial quality of the housing according to a circular, low-tech and ecological approach. The result is an abacus of technological additions in bio-xlam conceived according to the principles of *Design for Disassembly*, which allows the reuse of the modules in new spatial and functional configurations, and the *remanufacturing* and recycling of the elements at the end of their life.

**Keywords:** Sustainable buildings; Design for Disassembly; Circular economy; INA Casa plan; *Remanufacturing*.

luoghi di intervento e alle diverse scale, urbana e architettonica (Zucchi, 2011). La preferenza per la riqualificazione e manutenzione dell'esistente, opposta alla demolizione e ricostruzione, attraverso la valorizzazione del manufatto e interventi di natura innovativa ed espressiva (Paris and Bianchi, 2019).

Sulla scorta di questi principi, è in corso l'attività di ricerca meta-progettuale in Edilizia Sostenibile (ICAR/12), finalizzato allo "Sviluppo di un sistema innovativo e sostenibile finalizzato alla valutazione della qualità ambientale e del contenimento dei consumi energetici degli edifici residenziali" finanziato nell'ambito del POR Calabria FEST FSE 2014-2020. La ricerca è orientata alla riqualificazione dei quartieri residenziali pubblici, muovendo dalla necessità di identificare metodologie, criteri e scenari di trasformazione per agire sulla qualità dell'abitare domestico e urbano. L'approccio metodologico adottato (CE100, 2016), prevede quattro *step*: l'individuazione e l'analisi del caso di studio; la costruzione del quadro esigenziale; la formulazione di scenari meta-progettuali; la comparazione degli scenari per la formulazione di criteri di riqualificazione dell'esistente. Il presente contributo descrive i risultati parziali dei primi tre *step*, utili ad indagare le possibilità analitiche e metodologiche offerte dagli strumenti e dalla normativa vigente. Attraverso il quarto e ultimo *step* di comparazione dei risultati formali e prestazionali degli scenari si valuterà la sostenibilità degli approcci progettuali adottati.

## Il caso studio

I criteri adottati per la scelta dell'ambito e del caso studio di riferimento sono:

- realizzazione precedente al 1970;
- posizione urbana periferica/decentrata;

I criteri adottati per la scelta dell'ambito e del caso studio di

## The quality of residential space

The redevelopment of Italy's public housing stock is at the centre of the current political, professional and academic debate. This is because of both the structural and technological obsolescence of the national housing stock, 51% of which was built before 1970 according to speculative models, with no anti-seismic regulations and with energy classes between F and G<sup>1</sup>, and the challenges of transforming and adapting housing posed by the circumstances of the pandemic. The latter imposed a sudden change in habits, uses, consumption and lifestyles, often exacerbating previous conditions of spatial and living distress, from the domestic to the urban scale of the residence.

The contribution explores these dimensions through three thematic perspectives applied to an experimental case study: the need for "an open, sys-

temic, processual approach", scientific because it is verifiable and methodologically replicable (Perriccioli, 2015); the choice of design solutions contextualised to the technical, environmental, economic and social conditions of the place and the different scales, urban and architectural (Zucchi, 2011); the preference for the requalification and maintenance of the existing, opposed to demolition and reconstruction, through the enhancement of the buildings and innovative and expressive interventions (Paris and Bianchi, 2019). Based on these principles, the meta-design research activity in Sustainable Building (ICAR/12) is under way, working towards the "Development of an innovative and sustainable system aimed at assessing the environmental quality and containment of energy consumption of residential buildings" financed under the POR



- spazi di pertinenza residenziale non caratterizzati o incompleti;
- uso di tecnologie costruttive in opera umida;
- assenza di interventi strutturali straordinari.

Tali criteri mirano a individuare un caso studio pressoché inalterato rispetto alle sue condizioni di partenza o che non interessato da rilevanti trasformazioni architettoniche o urbane tali da determinare aberrazioni socio-tecniche e socio-spaziali legate a fenomeni di *displacement* o *gentrification*. Pertanto, anche dove non esplicitamente dichiarato, la ricerca riflette sull'impatto che la riqualificazione, la rigenerazione e la trasformazione dell'esistente hanno sulla dimensione del quartiere e della comunità.

La ricerca individua nei modelli residenziali e urbani del Piano INA Casa un corollario di azioni e interventi per l'abitare ancora oggi credibili in relazione allo sforzo compiuto per «elevare la qualità della progettazione architettonica e urbanistica» considerati *tout court* come una «potenziale risorsa per la città attuale» (Di Biagi, 2001). Principi di qualità possono essere riscontrati sulle scelte architettoniche, tipologico-formali e tecnologico-costruttive, la cui combinazione consente l'implementazione delle strutture e la sostituzione di uno o più elementi dell'organismo edilizio. Gli interventi INA Casa, realizzati tra il 1949 e il 1963, rientrano nello *stock* abitativo che, anagraficamente, necessita di riqualificazione quantomeno sotto il profilo energetico e prestazionale. All'interno dell'ampia letteratura sul Piano INA Casa, il quartiere Sbarre Inferiori di Reggio Calabria è stato scelto come caso studio, offrendo possibilità di indagare un progetto meno noto (Fig. 1). Nonostante la mancata attribuzione d'autore al progetto, il quartiere Sbarre presenta tutti i caratteri di pregio distintivi di altri più noti interventi.

Calabria FEST ESF 2014-2020. The research is oriented towards the requalification of public residential districts, starting from the need to identify methodologies, criteria and transformation scenarios to act on the quality of domestic and urban living. The methodological approach adopted (CE100, 2016) involves four steps: the identification and analysis of the case study; the construction of the requirements framework; the formulation of meta-design scenarios; the comparison of scenarios for the formulation of criteria for the redevelopment of the existing. This contribution describes the partial results of the first three steps. The fourth and last step of comparing the formal and performance results of the scenarios will assess the sustainability of the adopted design approaches.

#### The case study

The criteria adopted for the choice of the reference framework and case study are:

- construction before 1970;
- peripheral/decentralised urban location
- uncharacterised or incomplete residential spaces;
- use of wet construction technologies;
- absence of extraordinary structural interventions.

These criteria aim to identify a case study that is virtually unaltered to its initial conditions or not affected by significant architectural or urban transformations so as to determine socio-technical and socio-spatial aberrations linked to phenomena of displacement or gentrification. Therefore, even where not explicitly stated, the research reflects on the impact that re-



#### Il quartiere Sbarre Inferiori

Collocato nella zona di espansione sud della Città Metropolitana di Reggio Calabria, il quartiere si trova in rapporto di prossimità urbana con il centro storico, distante circa 3,5 km. La forma urbana mostra un equilibrato rapporto di copertura per l'ampia distanza tra gli edifici. I corpi di fabbrica non versano in condizioni di degrado strutturale, ma evidenziano la diffusa necessità di una riqualificazione energetica e prestazionale.

L'analisi del caso studio è stata condotta attraverso il rilievo fotografico, il ridisegno dei manufatti, l'analisi socio-demografica, bio-climatica e socio-spaziale. Insieme alle fonti bibliografiche e statistiche consultate, l'indagine d'archivio ha permesso di ricostruire la vicenda progettuale e di studiarne i carteggi originali, utili al ridisegno dell'intero quartiere dalla scala urbana a quella del dettaglio tecnologico<sup>2</sup>.

Il quartiere Sbarre Inferiori (1959-1964) conta 26 corpi di fabbrica orientati in modo ottimale rispetto agli assi cardinali, ognuno di 5 piani fuori terra e privo di ascensore. Le cinque tipologie

development, regeneration and transformation of the existing have on the dimension of the neighbourhood and the community.

In the residential and urban models of the INA Casa Plan, the research identifies a corollary of actions and interventions for living that are still credible today with the effort made to "raise the quality of architectural and urban design" considered simply a "potential resource for today's city" (Di Biagi, 2001). Quality principles can be found in the architectural, typological-formal and technological-constructive choices, whose combination allows the implementation of structures and the replacement of one or more elements of the building organism. The INA Casa interventions, carried out between 1949 and 1963, are part of the housing stock that, due to its age, requires requalification at least in terms

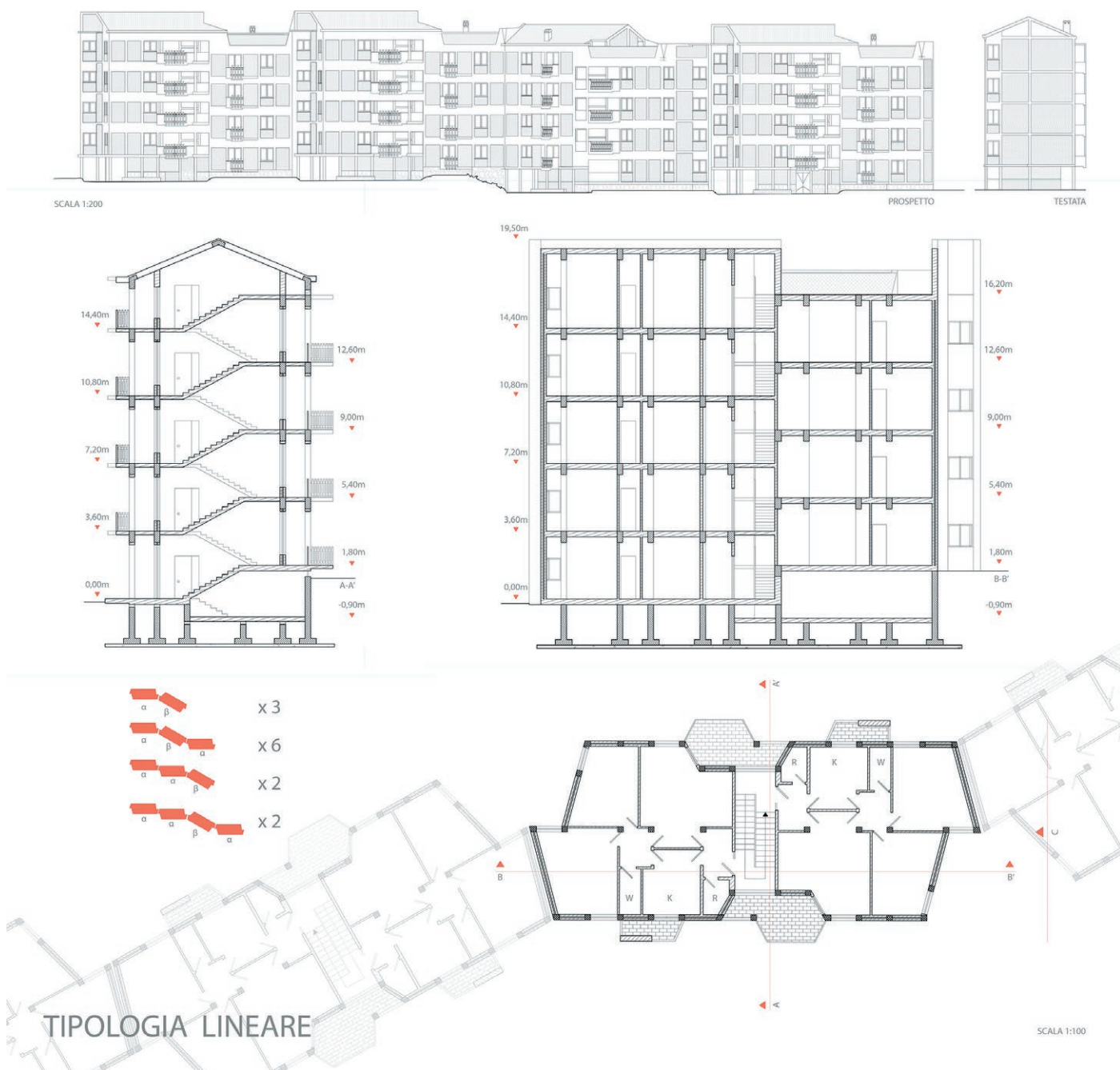
of energy and performance. Within the extensive literature on the INA Casa Plan, the Sbarre Inferiori district of Reggio Calabria was chosen as a case study, offering the possibility of investigating a lesser-known project (Fig. 1). Despite the lack of authorship attribution to the project, the Sbarre Inferiori neighbourhood presents all the distinguishing features of other better-known interventions.

#### The Sbarre Inferiori district

Located in the southern expansion zone of the Metropolitan City of Reggio Calabria, the neighbourhood is in close urban proximity to the historic centre, approximately 3.5 km away. The urban shape shows a balanced coverage ratio due to the large distance between buildings. The buildings are not in a state of structural deterioration but show a widespread need for

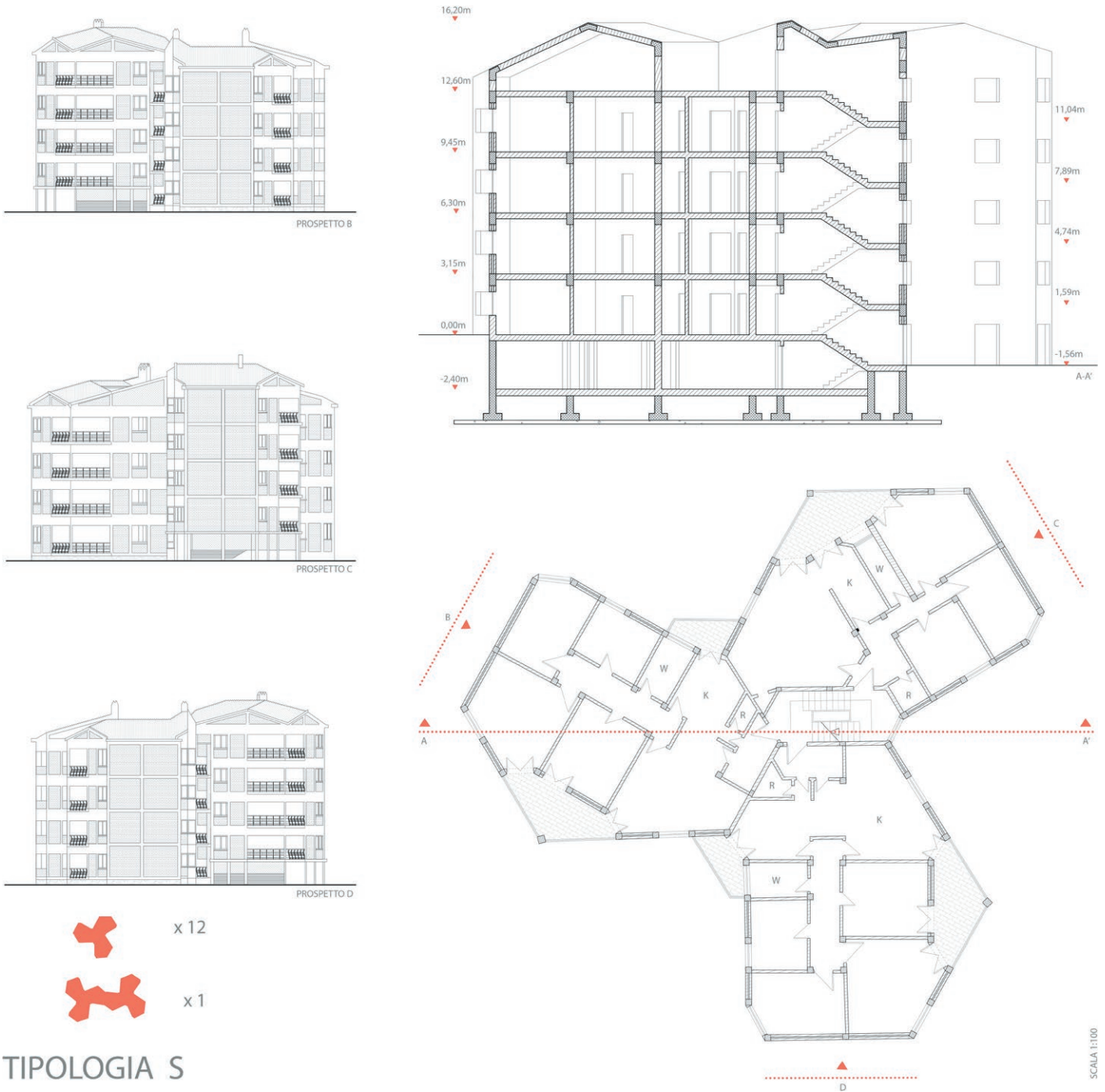
aggregative (Figg. 2, 3) A, B, C e C-bis costituiscono le aggregazioni lineari dei moduli alfa e beta, a loro volta diversamente inclinati rispetto all'asse stradale. Ogni modulo ospita due unità immobiliari di 75 mq a quote sfalsate, serviti da un unico corpo scala. La tipologia S (o Stella) è data dall'aggregazione di tre corpi esagonali e ospita tre unità immobiliari di 95 mq poste a quote

sfalsate e servite dall' unico corpo scala. La differenza di quota tra gli appartamenti dona ritmo al prospetto, reso dinamico da tali discontinuità controllate. Ogni edificio era originariamente posto su *pilotis*, non più visibili a causa di successive modificazioni da parte degli occupanti.





03 |



## TIPOLOGIA S

energy and performance upgrading. The analysis of the case study was carried out through photographic survey, redesign of the buildings, socio-demographic, bio-climatic and socio-spatial analysis. Together with the bibliographical and statistical sources consulted, the survey in the historical archive allowed the reconstruction of the design process and the study of the original correspondence, which was useful for redesigning the entire neighbourhood from the urban to the

technological detail scale<sup>2</sup>. The Sbarre Inferiori district (1959-1964) consists of 26 buildings optimally oriented to the cardinal axes, each with 5 floors above ground and no elevator system. The five aggregative typologies (Figs. 2, 3) A, B, C and C-bis constitute the linear aggregations of the alpha and beta modules, which are inclined differently to the street axis. Each module has two 75 m<sup>2</sup> units at staggered heights, served by a single staircase. Type S (or Stella) results in three hexag-

onal bodies with three apartments each of 95 m<sup>2</sup> at staggered heights, served by a single staircase. The difference in height between the flats gives rhythm to the elevation, made dynamic by these controlled discontinuities. Each building was built on pilotis, no longer visible due to subsequent modifications by the occupants. The building technology is traditional, with a reinforced concrete frame structure, concrete floors and brick infill. The structural pitch and material

choices are revealed on the façade by the thickness of the stringcourses and pillars, which form a plastered grid framing the exposed brick cladding. The 496 building units have double facing, ensuring natural internal ventilation. The surface area of the flats, the typological distribution and the correct orientation of most of the buildings constitute a bioclimatic opportunity. Socio-demographic analysis indicates a significant increase in the age of the



La tecnologia costruttiva è tradizionale, con struttura intelaiata in calcestruzzo armato, solai latero-cementizi e tamponature in laterizio. Il passo strutturale e le scelte materiche sono rivelate in facciata dagli spessori dei marcapiani e dei pilastri che formano una griglia intonacata che incornicia il rivestimento in laterizio a vista. Le 496 unità immobiliari presentano doppio affaccio, garantendo una ventilazione interna naturale. La superficie degli appartamenti, la distribuzione tipologica e il corretto orientamento della maggior parte degli edifici costituiscono un elemento favorevole in termini bioclimatici.

L'analisi socio-demografica indica un notevole aumento dell'età della popolazione residente con potenziali problematiche di accessibilità degli alloggi. Dall'osservazione empirica e dal rilievo fotografico emergono invece numerosi episodi di degrado antropico e abuso edilizio.

### **Il quadro esigenziale e operativo**

I risultati dell'indagine sul caso studio costituiscono, per la ricerca, la base del quadro esigenziale di massima redatto a partire dalle indicazioni dell'art. 14, Commi 1 e 2 del "Codice degli Appalti Pubblici, Documenti propeudeutici alla progettazione di competenza dell'amministrazione: quadro esigenziale e documento di indirizzo alla progettazione"<sup>3</sup>.

Il quartiere non versa in stato di grave degrado architettonico o strutturale, suggerendo però la necessità di operare una diffusa sanatoria degli abusi. I più comuni sono la sostituzione impropria ed eterogenea dei serramenti e la chiusura totale o parziale di logge, balconi, vani impianti e cantinati. La mancanza di isolamento termico nella muratura perimetrale, la diffusa presenza

resident population with potential problems of housing accessibility. On the other hand, empirical observation and the photographic survey reveal numerous episodes of anthropic degradation and building abuse.

### **The requirements and operational framework**

The results of the investigation of the case study constitute the basis for the research into the preliminary requirements framework drawn up based on the indications of Article 14, Paragraphs 1 and 2 of the "Public Contracts Code, Documents preparatory to the design of the project"<sup>3</sup>.

The neighbourhood does not show severe architectural or structural deterioration, requiring a widespread amnesty of abuses. The most common are the improper and heterogeneous replacement of windows and doors

and the total or partial closure of loggias, balconies, plant rooms and cellars. The lack of thermal insulation in the perimeter walls, the widespread presence of aluminium or PVC single-glazed windows and doors and the lack of a central heating system compromise the energy performance of the dwellings, equipped with electric heating and cooling systems. Only a few have private access to the methane supply. There is difficult accessibility to the dwellings and public spaces, due to the lack of lifts and elevators and poor maintenance.

### *Possible actions and interventions*

The research identifies priorities, objectives, targets and actions pursuable for the environmental quality of residential space, differentiated by indoor and outdoor (Tab. 1). The four policy objectives are (CEN, 2011; 2019): im-

di serramenti in alluminio o pvc con vetro singolo e la mancanza di impianto di riscaldamento centralizzato compromettono la prestazione energetica degli alloggi, dotati di sistemi riscaldamento e raffrescamento ad energia elettrica. Solo alcuni alloggi accedono privatamente alla fornitura di metano. Si rileva una difficile accessibilità agli alloggi, per la mancanza di ascensori o montacarichi, e agli spazi pubblici di pertinenza residenziale, per la loro scarsa manutenzione.

### *Azioni e interventi possibili*

La ricerca individua priorità, obiettivi, target e azioni perseguibili per la qualità ambientale dello spazio residenziale, differenziati per *indoor* e *outdoor* (Tab. 1). I quattro obiettivi programmatici sono (CEN, 2011; 2019): il miglioramento della qualità degli spazi pubblici di pertinenza residenziale, della qualità ambientale dello spazio residenziale, del fabbisogno energetico e della convivenza con le contingenze della pandemia. Quest'ultimo, trasversale agli altri, mira a favorire la normalizzazione di comportamenti sostenibili anche in una prospettiva post-pandemica. Per ogni obiettivo, due o più target specifici evidenziano alcuni possibili interventi perseguibili alla scala dell'alloggio, dell'edificio o dello spazio esterno. I target si riferiscono: all'accessibilità, ai servizi, alla comunità, al rapporto edificio-ambiente, alla qualità spaziale degli alloggi, alle prestazioni energetiche, alla dotazione di energia pulita e accessibile, all'adeguamento degli spazi per il distanziamento fisico e nei casi di isolamento, tali temi sono stati già affrontati dagli autori, nel protocollo regionale per l'edilizia sostenibile (De Capua, 2017; 2020). Questi suggeriscono un corollario implementabile di paradigmi progettuali, nel tentativo di formulare una grammatica di azioni formalmente e

proving the quality of public spaces; improving the environmental quality of residential spaces; energy demands; co-existing with the contingencies of the pandemic. The latter, transversal to the others, encourage the normalisation of sustainable behaviours in a post-pandemic perspective. For each objective, two or more specific targets highlight possible interventions at the scale of the dwelling, building or outdoor space. The targets refer to accessibility, services, community, building-environment relationship, the spatial quality of housing, energy performance, clean and accessible energy provision, the adaptation of spaces for physical distancing and in cases of isolation. Such issues have been addressed by the authors in the regional protocol for sustainable building (De Capua, 2017; 2020). These suggest an implementable corollary of design

paradigms, a grammar of formal and technological actions open to different approaches, strategies, material and spatial choices. This methodological structure is a first result, preliminary to the continuation of the research itself.

### *The meta-design scenario*

In the third step of the methodology, three meta-design scenarios were formulated to integrate many actions or paradigms of transformation, according to different but comparable formal and technological approaches, in anticipation of the definition of the design paradigms.

The first of the three scenarios will be presented here, acting on the form of the neighbourhood and the building through a low-tech embrace and structural grafts according to Design for Disassembly principles (Spósito, 2020). The two interventions at the

tecnologicamente aperte ad abbracciare differenti approcci, strategie e scelte materiche e compositive più disparate. Tale struttura metodologica è un primo risultato analitico e strategico, propedeutico al prosieguo della ricerca stessa.

### Lo scenario meta-progettuale

Nel terzo *step* della metodologia sono formulati tre scenari meta-progettuali che integrano il maggior numero di azioni o paradigmi di trasformazione, secondo approcci formali e tecnologici differenti ma comparabili, in previsione della definizione dei paradigmi progettuali.

Sarà qui presentato il primo dei tre scenari, che agisce sulla forma del quartiere e dell'edificio attraverso un abbraccio *low-tech* e su innesti strutturali secondo principi di *Design for Disassembly* (Sposito, 2020). I due principali interventi alla scala edilizia sono il ripristino delle condizioni di progetto e l'ampliamento della volumetria delle unità abitative. Quest'ultimo con un sistema intelaiato in acciaio, adiacente al corpo di fabbrica ma strutturalmente indipendente, sostiene uno spazio *buffer* tra l'edificio e l'ambiente (Fig. 4) posto in corrispondenza dei muri ciechi e delle logge. La nuova struttura riprende il passo del fabbricato, con la travatura reticolare che fa il paio con il marcapiano intonaco, in continuità morfologica e compositiva con l'esistente, nel rispetto del valore architettonico e formale dei manufatti. Il rivestimento delle addizioni, in dogato di legno, riprende il ricorso orizzontale dei mattoni a vista in facciata.

Lo spazio *buffer* mira alla riconfigurazione funzionale degli alloggi introducendo nuovi ambienti addizionali. Questi sono stati studiati secondo un abaco tipologico di soluzioni spaziali alloggiabili nella struttura secondaria in acciaio (Fig. 5). Ogni

building scale are the restoration of the design conditions and the expansion of the volume of the housing units. The latter, with a steel-framed system, adjacent to the building but structurally independent, supports a buffer space between the construction and the environment (Fig. 4) located at the blind walls and loggias. The new structure resembles the pace of the building, with the reticular truss matching the plastered stringcourse, in morphological continuity with the existing one, respecting the architectural and formal value of the artefacts. The external material of the additions, made of wooden staves, simulates the horizontal use of exposed brick on the façade.

The buffer space aims to functionally reconfigure the apartments by introducing new additional rooms. These have been designed according to a typological abacus of spatial solutions

fixed in the secondary steel structure (Fig. 5). Each additional unit is in continuity with the building through the total or partial demolition of the external perimeter wall (as in the case of grafting on the blind front) or the replacement of the window frame (as in the integration with the existing loggias). In addition to altering the typological-spatial layout of the dwellings, the addition contributes to improving energy performance thanks to the functional stratification of bio-*xlam* construction technology.

### Sustainable approaches and circular strategies

The scenario of functional additions – the first of three still in progress – develops three sustainability strategies. The first concerns a low-tech strategy, without introducing extremely sophisticated engineering components that

Obiettivi	Target	Azioni	
		[outdoor]	[indoor]
1. Miglioramento della qualità degli spazi pubblici di pertinenza residenziale	1.1 Accessibilità urbana (fisica e sociale)	Ridefinizione degli spazi esterni in funzione della loro facile manutenzione ordinaria e straordinaria	
		Messa in sicurezza e ridefinizione della gerarchia dei percorsi della mobilità carrabile, ciclabile e pedonale	
	1.2 Servizi urbani di prossimità	Diversificazione degli spazi e delle attività per il tempo libero	
2. Miglioramento della qualità ambientale dello spazio residenziale	2.1 Comunità sostenibili	Attivazione e rigenerazione di beni comuni urbani	
	2.2 Rapporto edificio-ambiente	Incremento superfici a verde e alberature	Addizioni funzionali
	2.3 Qualità spaziale degli alloggi		Ridefinizione delle pezzature degli alloggi Ridefinizione delle unità funzionali
3. Ottimizzazione del fabbisogno energetico del quartiere e degli edifici	3.1 Prestazioni energetiche		Sostituzione dei serramenti Miglioramento della dotazione di impianti Spazi buffer Installazione di opportuno isolamento termico interno / esterno
		3.2 Dotazione di energia pulita e accessibile	Integrazione di tecnologie di produzione energetica attraverso superfici pavimentate captanti
	4. Convivenza con le contingenze della pandemia	4.1 Adeguamento degli spazi al distanziamento fisico	Previsione di ampi spazi pubblici e arredi disposti per favorire sia la socialità che il distanziamento
4.2 Adeguamento degli spazi nei casi di isolamento		Previsione di spazi di pertinenza residenziale per l'attività fisica all'aperto	Previsione di spazi multifunzionali, implementabili e flessibili

unità addizionale è posta in continuità con l'edificio attraverso la demolizione totale o parziale del muro perimetrale esterno nel caso di innesto sul fronte cieco o la sostituzione dell'infilso nell'integrazione con le logge esistenti. Oltre ad agire sull'assetto tipologico-spaziale degli alloggi, l'addizione contribuisce al miglioramento delle prestazioni energetiche grazie alla stratificazione funzionale della tecnologia costruttiva in bio *XLAM*.

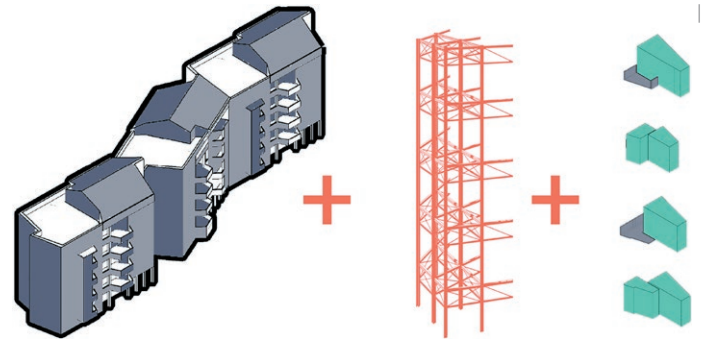
could jeopardise the use of the new spaces or their implementation by users. The second is the use of prefabricated and ecological construction technologies and the third is the focus on Design for Disassembly and remanufacturing criteria (Campioli, 2018). The research also explores the possibility of further scenarios for the use of additions.

### The low-tech approach

Compatible with the low-cost approach, the low-tech approach (Dixit, 2019) explores easy-to-install design solutions that take advantage of the bioclimatic possibilities of the original context and are easy for occupants to manage. The scenario presented here adopts this approach in the retrofitting of the building – with the installation of internal thermal insulation panels, the replacement of windows and doors

and the upgrading of centralised systems – and in the extraordinary intervention of additional units.

The choice of low-impact technology does not compromise the results in terms of energy performance or the formal quality of the intervention. The well-known Pritzker Prize-winning Lacaton & Vassal and Druot project in Bordeaux (FR) for the Cité du Grand Parc (2016) shows how the addition of buffer spaces to the façade improved the spatial quality and sustainability of the housing (Paris and Bianchi, 2019). Davidson Rafailidis's Selective Insulation project in Hexham (UK) for an artist's studio demonstrates how it is possible to act on the indoor environment of an 1849 building made of load-bearing masonry without thermal insulation, and therefore energy-intensive, through a technologically and materially essential solution. The



### Approcci sostenibili e strategie circolari

Lo scenario delle addizioni funzionali – il primo di tre in corso di elaborazione – sviluppa tre

strategie di sostenibilità. La prima riguarda l'adozione di approcci *low-tech*, senza introdurre componenti impiantistiche eccessivamente sofisticate che potrebbero pregiudicare la fruizione dei nuovi spazi o la loro implementazione da parte degli utenti. Il ricorso a tecnologie costruttive prefabbricate ed ecologiche. L'attenzione a criteri di *Design for Disassembly* e di *remanufacturing* (Campioli, 2018). È stata infatti approfondita la possibilità di ulteriori scenari di utilizzo delle addizioni.

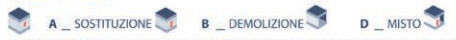
#### L'approccio *low-tech*

Compatibile con quello *low-cost*, l'approccio *low-tech* (Dixit, 2019) esplora soluzioni progettuali di semplice posa in opera

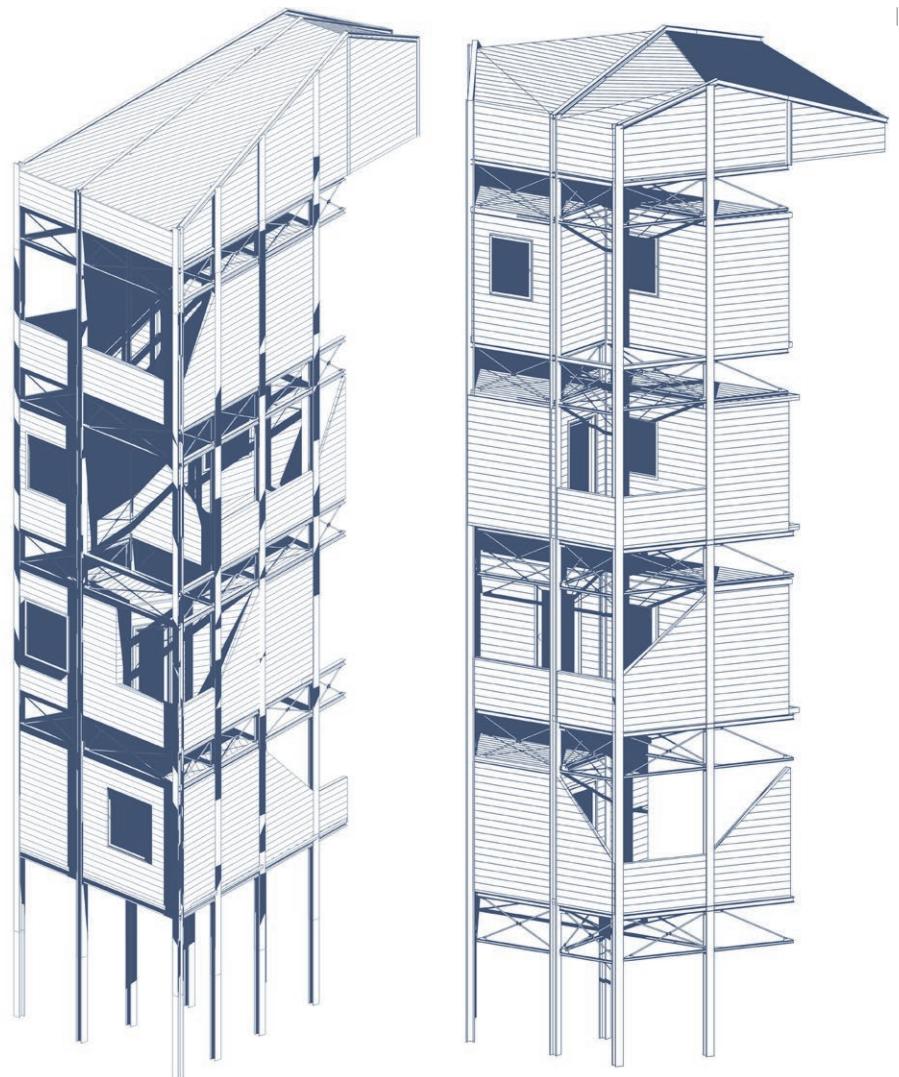
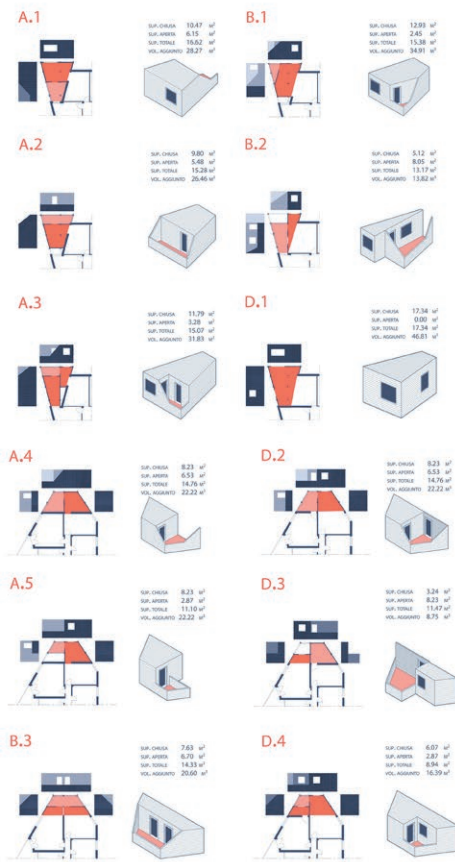
che, sfruttando le possibilità bioclimatiche del contesto di partenza, siano di facile gestione per gli occupanti. Lo scenario in esame adotta questo approccio nella riqualificazione ordinaria – con l'installazione di pannelli termoisolanti interni, la sostituzione dei serramenti e il potenziamento degli impianti centralizzati – e nell'intervento straordinario delle unità addizionali.

La scelta di un approccio a basso impatto tecnologico non pregiudica i risultati di performance energetica o di qualità formale dell'intervento. L'ormai noto progetto dei premio Pritzker

#### CONNESSIONI



#### MORFOLOGIA





Lacaton & Vassal e Druot a Bourdeaux (FR) per la *Cité du Gran Parc* (2016) mostra come attraverso l'aggiunta di spazi *buffer* si siano migliorate la qualità spaziale e la sostenibilità degli alloggi (Paris and Bianchi, 2019). L'intervento *Selective Insulation* di Davidson Rafailidis, realizzato a Hexam (UK) per lo studio di un'artista, dimostra invece come sia possibile agire sull'ambiente *indoor* di un edificio del 1849 in muratura portante priva di isolamento termico, e pertanto energivoro, attraverso una soluzione tecnologicamente e materialmente essenziale. Il risultato è una tasca calda, un dispositivo termoisolante all'interno di un piccolo ambiente di lavoro realizzata attraverso un'intelaiatura in listelli di legno rivestiti da una superficie plastica che trattiene il calore raccolto durante le ore di luce naturale<sup>4</sup>.

#### Tecnologia costruttiva

Lo scenario meta-progettuale presentato ha approfondito la scelta costruttivo-tecnologica di elementi prefabbricati in bio-XLAM<sup>5</sup>. Insieme al sistema intelaiato, l'X-LAM rappresenta la più diffusa tecnologia costruttiva in legno a secco, senza l'impiego di colle. Il sistema Bio-XLAM<sup>5</sup> utilizza tavolati di abete certificati Pefc. Le pareti portanti sono realizzate attraverso strati ortogonali assemblati con graffe in acciaio carbonizzato zincato. Ogni parete è dotata di canali per il passaggio degli impianti e permette l'installazione di diverse tipologie di pannelli termoisolanti in fibra di legno o porta intonaco esterno con cavedio di ventilazione. Il lato interno può essere rivestito in pannelli di gesso-fibra pre-intonacati o con il legno a vista. L'assenza di adesivi nella stratigrafia dei pannelli riduce l'inerzia termica della parete massiccia (0,07

result is a warm pocket, a thermo-insulating device inside a small working environment created through a frame made of wooden slats covered with a plastic surface that retains the heat collected during the hours of natural light<sup>4</sup>.

#### Building technology

The meta-design scenario presented explored the construction-technological choice of prefabricated bio-xlam<sup>5</sup> elements. Together with the framed system, xlam represents the most widespread dry wood construction technology without the use of glues. The bio-xlam system<sup>5</sup> uses PEFC-certified fir boards. The load-bearing walls are composed of orthogonal layers assembled with galvanised, carbonised steel staples. Each wall is equipped with channels for the passage of the electrical systems and supports differ-

ent types of thermal insulation panels in wood fibre or external plasterboard with a ventilation cavity. The internal side of the wall can be covered in pre-plastered gypsum fibre panels or with exposed wood. The absence of adhesives in the panels' stratigraphy reduces the thermal inertia of the solid wall (0.07 W/m K) compared to one in glued xlam (0.13 W/m K) with the same specific weight. The absence of glues and chemical additives guarantees the healthiness of the new environments and the thermo-hygrometric well-being of the home thanks to the performance of the entire construction package.

#### Design for Disassembly

The concept of DfD, which is relatively new in the construction industry, is derived from Design for Environment and considers the sustainability of the

W/m K) se confrontata con una in XLAM incollato (0,13 W/m K) a pari peso specifico. L'assenza di colle e additivi chimici garantisce la salubrità dei nuovi ambienti e il benessere termo-igrometrico dell'abitazione grazie alle prestazioni dell'intero pacchetto costruttivo.

#### Design for Disassembly

Il concetto di DfD, relativamente nuovo nel panorama delle costruzioni, discende dal *Design for Environment* e tiene conto della sostenibilità del progetto in funzione dell'impatto ambientale, sociale e produttivo (Guy and Ciarimboli, 2007). Il DfD mira ad estendere il ciclo di vita dell'edificio o di sue parti prevedendo scenari d'uso alternativi e limitando i rifiuti e gli scarti della demolizione e/o costruzione. I criteri di DfD implicano precise scelte di processo e di progetto già nelle fasi iniziali, come scenari di *remanufacturing*, il piano di disassemblaggio dei manufatti e la previsione di smaltimento degli scarti (Salama, 2019). Per questa ragione il progetto ricorre a:

- tecnologie costruttive a secco;
- materiali riutilizzabili, naturali, biodegradabili e riciclabili come *recycling feedstock*;
- soluzioni di design bioclimatico per ridurre la presenza di componenti non riciclabili.

Questi accorgimenti facilitano azioni di trasformazione, implementazione e demolizione dei manufatti, la selezione di elementi, materiali e componenti e loro riparazione, riuso o riciclo. Pertanto il progetto dovrà essere orientato a forme e tipologie architettoniche dinamiche e adattive, a organizzazioni spaziali multiple, complesse e variabili e ad aggiornamenti tecnologici durante il suo ciclo di vita (Guy and Ciarimboli, 2007).

project and its environmental, social and production impact (Guy and Ciarimboli, 2007). DfD aims to extend the life cycle of the building, or parts of it, by providing alternative use scenarios and limiting waste and scrap from demolition and or construction. DfD criteria imply precise process and design choices from the early stages, such as remanufacturing scenarios, the disassembly plan of the artefacts and the waste disposal forecast (Salama, 2019). For this reason, the project makes use of:

- dry construction technologies;
- reusable, natural, biodegradable and recyclable materials such as recycling feedstock;
- bioclimatic design solutions to reduce the presence of non-recyclable components.

These measures facilitate the transformation, implementation and demoli-

tion of the buildings, the selection of elements, materials and components and their repair, reuse or recycling. Therefore, the design should be oriented towards dynamic and adaptive architectural forms and typologies, multiple, complex and variable spatial organisations and technological updates during its life cycle (Guy and Ciarimboli, 2007).

The design of the additional units and the used construction technologies, in steel for the structures and bio-xlam for the additions, allow the remanufacturing of the elements and the recycling of materials at the end of their life, meeting the following DfD criteria (Fig. 6):

- Flexibility, adaptability, versatility and multi-functionality of the chosen material;
- Reduction in the amount of material used;

Il progetto delle unità aggiuntive e le tecnologie costruttive adottate, in acciaio per le strutture e in bio-XLAM per le addizioni, consentono il *remanufacturing* degli elementi e il riciclo dei materiali a fine vita, rispondendo ai seguenti criteri di DfD (Fig. 6):

- Flessibilità, adattabilità, versatilità e multifunzionalità del materiale scelto;
- Riduzione della quantità di materiale utilizzato;
- Modularità degli elementi e/o delle connessioni;
- Sostituzione di impianti meccanizzati con soluzioni passive;
- Evitare l'uso di adesivi, resine, colle o pitture;
- Evitare giunti o connessioni tra elementi che ne pregiudicano la riutilizzabilità.

#### Scenari di *remanufacturing*

Il progetto delle addizioni prevede due scenari di utilizzo. Il primo di ampliamento degli alloggi attraverso le unità aggiuntive in bio-XLAM ancorate alla struttura secondaria in acciaio. Un abaco di alternative indica diverse soluzioni tipologiche e funzionali che sfruttano in modo flessibile lo spazio utile dato dalla maglia strutturale. L'adozione di criteri di DfD consente, al variare delle necessità, l'implementazione, sostituzione o rimozione dell'unità. Il secondo scenario di utilizzo prevede lo sviluppo delle unità sul piano orizzontale e verticale per un massimo di tre piani fuori terra, alloggiare su una nuova fondazione senza l'ausilio di strutture secondarie. Le innumerevoli aggregazioni, usi e funzioni possibili possono generare, nelle configurazioni più complesse, nuove unità immobiliari a corte interna. Tale condizione è garantita dall'autonomia funzionale di ogni unità e dai solai, di base e copertura.

- Modularity of the elements and/or connections;
- Replacement of mechanised implants with passive solutions;
- Avoiding the use of adhesives, resins, glues or paints;
- Avoidance of joints or connections between elements that affect their reusability.

#### *Remanufacturing scenarios*

The design of the additions envisages two use scenarios. The first is the extension of the accommodation through additional bio-xlam units anchored to the secondary steel structure. A list of alternatives indicates different typological and functional solutions that flexibly exploit the useful space provided by the structural grid. The adoption of DfD criteria allows, as needs change, the implementation, replacement or removal of the unit. The second use

scenario envisages the development of the units on the horizontal and vertical planes for a maximum of three floors above ground, housed on a new foundation without the aid of secondary structures. The multiple aggregations, uses and functions can generate, in the most complex configurations, new building units with internal courtyards. This condition is guaranteed by the functional autonomy of each unit and by the floors, base and roof.

#### Conclusions

This contribution, in the context of wider research on the sustainable regeneration and requalification of the existing, refers to the residential neighbourhoods of the second post-war period, from the building to the urban scale, with a view to an overall reduction of the environmental impacts of anthropisation processes. The ecologi-

#### Conclusions

cal transition of building projects and processes, the sustainable regeneration of spaces and social commons, such as housing, requires an effort of innovation in a multiscale perspective. Both by remedying the technological and performance obsolescence of buildings, and by guaranteeing safety, healthiness and a better (and real) quality of life for resident communities for their development, the project, as an instrument of welfare and cultural and social progress of the territory, can give futuristic answers in this sense.

The originality of the research lies in the analysis of innovative approaches in the management of resources, materials and processes, combined to explore solutions oriented towards environmental and social sustainability, experimenting with forms that end users can understand, choose and implement over time.

The research considers the implications of these innovations on the design culture, looking at EU and national indications that promote more ecological material choices, with impacts on the environment, economic and production sectors. The academic research in technology offers arguments for the definition of a new design and environmental quality affecting the substance of transformations, promoting the innovation of strategies oriented to human and environmental health. The meta-design nature of the experimentation allows at least two possible future developments. The definition of criteria for the recovery of existing buildings that put green building technologies and CAM into a system, and the verification of the interventions eligible for funding (so-called eco bonus). To overcome the obstacle of the heterogeneous ownership

dell'esistente che mettano a sistema tecnologie costruttive *green* e i CAM e la verifica degli interventi ammissibili agli strumenti di finanziamento (cd. eco bonus). Per superare l'ostacolo dell'eterogeneità dell'assetto proprietario in luogo di residenze pubbliche si è avviato un dialogo con l'amministrazione esistente che sta seguendo la sperimentazione proposta.

NOTE

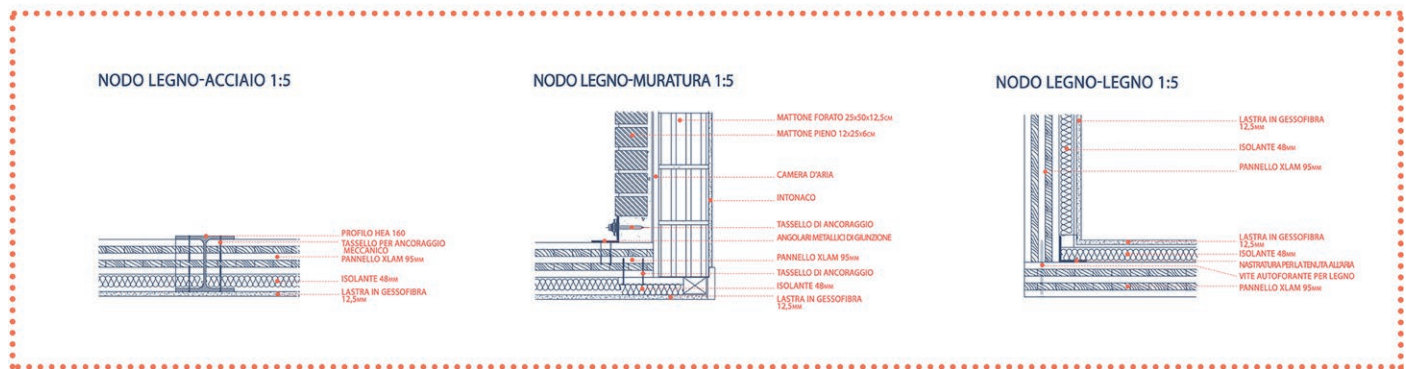
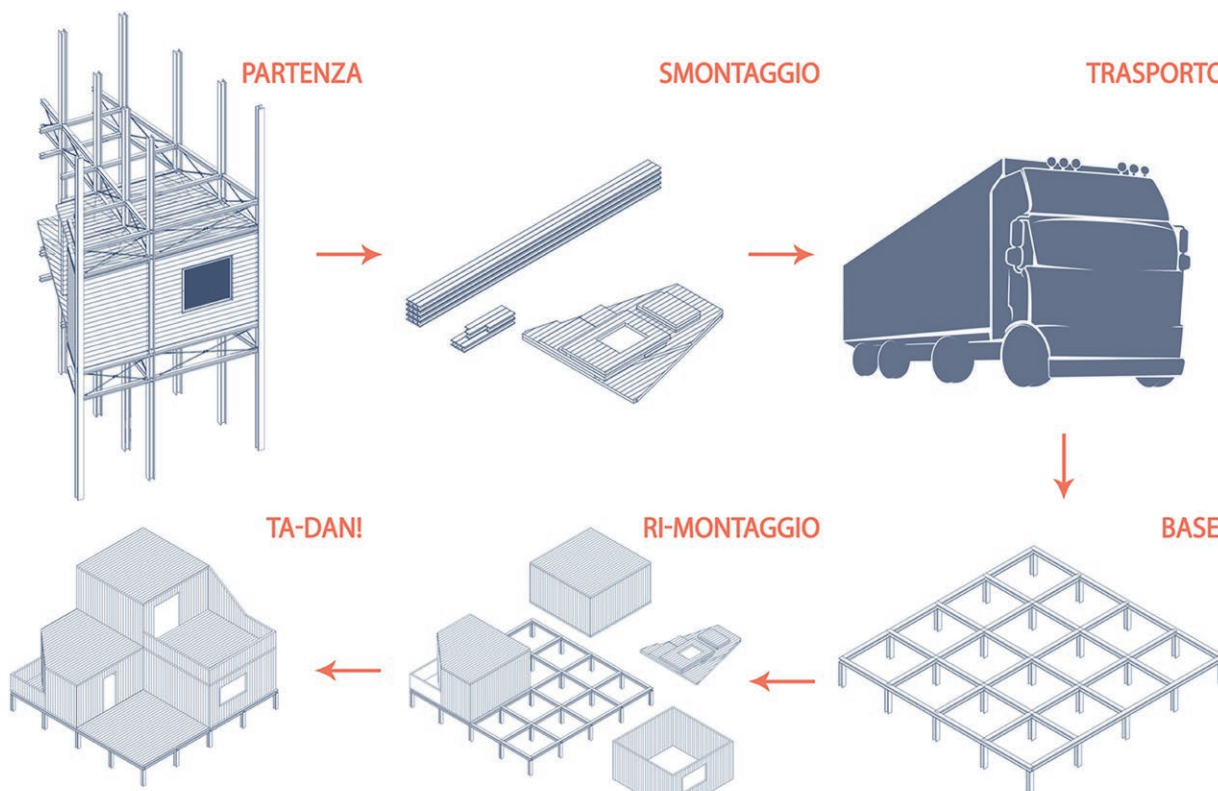
<sup>1</sup> Secondo il Report del 2020 "Risparmio ed efficienza energetica" del Servizio Studi XVIII Legislatura della Camera dei Deputati.

<sup>2</sup> Sono stati consultati l'Archivio di Stato e l'Archivio Storico del Comune di Reggio Calabria e gli archivi degli uffici ATERP (già IACP) per gli elaborati di progetto realizzati dal gruppo di professionisti guidati dall'arch. Longo.

<sup>3</sup> In conformità con il D. Lgs. 18 aprile 2016, n.50. Codice dei Contratti Pubblici.

<sup>4</sup> Il progetto è consultabile al link: <https://www.davidsonrafailidis.net/selective-insulation/>.

<sup>5</sup> Il sistema Bio-XLAM è stato sperimentato, registrato e prodotto dall'azienda Ligna Construct.





## REFERENCES

- Campioli, A., Dalla Valle, A., Ganassali, S. and Giorgi, S. (2018), "Progettare il ciclo di vita della materia: nuove tendenze in prospettiva ambientale", *Techne Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 16, pp. 86-95.
- CE100 (2016), "Circularity in the Built Environment. Case Studies. A Compilation of case Studies from the CE100", available at: [www.ellenmacarthur-foundation.org/assets/downloads/Built-Env-Co.Project.pdf](http://www.ellenmacarthur-foundation.org/assets/downloads/Built-Env-Co.Project.pdf) (accessed 18 October 2020).
- CEN (2011), EN 15978:2011 *Sustainability of construction works – Assessment of environmental performance of buildings – Calculation method*.
- CEN (2019), EN 15804:2012+A2:2019 – *Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products*.
- Circle Economy (2020), "The Circularity Gap Report", available at: <https://www.circle-economy.com/resources/circularity-gap-report-2020> (accessed 18 October 2020).
- De Capua A and Ciulla V. (2017), "Osservatorio P.A.R.C.O. Caratterizzazioni per la qualità ambientale indoor", *Techne Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 14, p. 209-217.
- De Capua A. (2020), "The P.A.R.C.O. Protocol for Sustainable Project. An Analysis for Indoor Environmental Quality", in Bevilacqua C., Calabrò F. and Della Spina L., *New Metropolitan Perspectives. Knowledge Dynamics and Innovation-driven Policies Towards Urban and Regional Transition*, Vol. II, n. 178, , Springer, p. 2131-2142.
- Di Biagi, P. (2001), *La grande ricostruzione: il piano Ina-Casa e l'Italia degli anni cinquanta*, Donzelli Editore.
- Dixit, M.K. (2019), "Life cycle recurrent embodied energy calculation of buildings – A review", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 209, pp. 731-754.
- Guy, B., and Ciarimboli, N. (2007), *DfD – Design for Disassembly in the built environment: a guide to closed-loop design and building*, Pennsylvania State University, Seattle, USA.
- Paris, S. and Bianchi, R. (2019), *Ri-abitare il moderno. Il progetto per il rinnovo dell'housing*, Quodlibet, Macerata, Italia.
- Perriccioli, M. (2015), *Re-cycling Social Housing. Ricerche per la rigenerazione sostenibile dell'edilizia residenziale sociale*. CLEAN, Napoli, Italia.
- Salama W. (2019), *Design for Disassembly*, Lambert Academic Publishing, Chisinau, Republic of Moldova.
- Zucchi, V. (2011), *Riqualificazione ambientale dello spazio residenziale*, Franco Angeli.

structure instead of public housing, a dialogue has been started with the existing administration which is following the proposed experimentation.

<sup>5</sup> The Bio-XLAM system was tested, registered and produced by the Ligna Construct company.

## NOTES

<sup>1</sup> According to the 2020 Report "Risparmio ed efficienza energetica" of the "Servizio Studi XVIII Legislatura della Camera dei Deputati".

<sup>2</sup> The "Archivio di Stato", the "Archivio Storico del Comune di Reggio Calabria" and the archives of ATERP offices (formerly IACP) were consulted for the project documents developed by the professional team led by Arch. Longo.

<sup>3</sup> In accordance with the "D. Lgs. 18 aprile 2016, n.50. Codice dei Contratti Pubblici".

<sup>4</sup> The project is available at: <https://www.davidsonrafaelidis.net/selective-insulation/>.

Marianna Rotilio,

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura e Ambientale, Università degli Studi di L'Aquila, Italia

marianna.rotilio@univaq.it

**Abstract.** Nel settore delle costruzioni si sta verificando la penetrazione dei nuovi paradigmi dell'Industria 4.0 e dell'economia circolare al fine di rispondere ad istanze di efficienza energetica, ottimizzazione nell'impiego delle risorse, automazione e monitoraggio delle attività produttive. Pertanto nel presente articolo si intende illustrare una attività di ricerca industriale e sviluppo sperimentale che ha condotto alla creazione di un innovativo prodotto denominato MULTIFid. Esso è costituito da un pannello intelligente, economico ed a basse emissioni, realizzato con gli scarti della lavorazione industriale di carta e cartone che intende contribuire allo sviluppo della tecnologia abilitante fondamentale dei "Materiali avanzati" per le Fabbriche Intelligenti.

**Parole chiave:** Innovazione di prodotto; Industria 4.0; Materie prime secondarie; Cartone ondulato; Rfid.

## Introduzione

Nell'industria delle costruzioni si sta assistendo da anni ad un crescente orientamento verso processi più sostenibili, con un focus particolare sulle risorse e i materiali con impatti ambientali inferiori sull'intero ciclo di vita. L'orientamento normativo europeo va a sostegno della promozione del mercato delle materie prime secondarie, in linea con quanto sostenuto nel Piano d'azione dell'Unione Europea per l'economia circolare COM(2015) 614 final 02.12.2015 e nell'osservanza del 7th Environment Action Programme. Esistono degli studi sperimentali in tal senso, ad esempio Gounni *et al.* (2019) e Bourguiba *et al.* (2020) indagano rispettivamente le prestazioni termiche di isolante termico per l'edilizia derivante dai rifiuti tessili e da scarti di piume d'oca, Milovanovic *et al.* (2012) studiano le prestazioni di un pannello in calcestruzzo con integrata lana minerale prodotta con vetro e silice di riciclo. Nel contesto specifico dei materiali prodotti da scarti vegetali Zhou *et al.* (2010), Binici *et al.* (2020), Cascone *et al.* (2019; 2020), Pászatory *et al.* (2020), Viel *et al.* (2019) studiano nuove soluzioni di isolamento termico per l'edilizia costituite ri-

spettivamente da fibra di cotone senza leganti, gambi di girasole e di grano con additivi, rifiuti alimentari, scarti agricoli, corteccia vegetale, residui di canapa e pannocchia di mais. Purtroppo però nella maggior parte dei casi queste sperimentazioni non trovano applicazione all'interno della filiera dei materiali da costruzione per molteplici motivazioni. Per il contesto italiano ad esempio, la stessa Commissione Europea ha individuato nella mancanza delle opportune procedure di certificazione uno dei principali ostacoli alla loro diffusione.

Riflessioni diverse si possono elaborare invece in merito ai nuovi paradigmi dell'Industria 4.0 e dell'*Internet of Things*, infatti lo studio dello stato dell'arte ha evidenziato la presenza di nuovi ambiti di ricerca ma anche di numerose applicazioni. I principali campi di utilizzo delle nuove tecnologie in edilizia sono quelli della manutenzione predittiva, verifiche prestazionali, monitoraggio dei materiali da costruzione, soluzioni per l'efficienza energetica, ottimizzazione della sicurezza sul lavoro. Wenig *et al.* (2008) impiegano sistemi di monitoraggio wireless in un ponte strallato, Valero *et al.* (2015) analizzano i principali campi di diffusione dei sensori Rfid nel mondo delle costruzioni, identificando l'ambito del tracciamento di mezzi e risorse, la combinazione con altre tecnologie ed il tema della sicurezza dei lavoratori. Nel campo specifico del monitoraggio dei materiali messi in opera, Stojanović *et al.* (2010), Strangfeld e Klawe (2021), Strangfeld *et al.* (2019) e Rotilio *et al.* (2018) impiegano sensori per monitorare rispettivamente il contenuto di acqua in mattoni in argilla e per blocchi di calcestruzzo, l'umidità di massetti e materiali isolanti, del cemento armato, delle costruzioni in legno Xlam. Infine, un forte incremento nell'impiego di sistemi intelligenti si sta verificando nell'ambito nella sicurezza sui luoghi di

## Product innovation between circular economy and Industry 4.0

**Abstract.** In the construction sector, the new Industry 4.0 and circular economy paradigms are currently playing an increasingly important role in order to respond to demands for energetic efficiency, optimisation of resource usage, automation and production activities monitoring. Therefore, this article aims to illustrate industrial research and an experimental development activity that led to the creation of an innovative product named MULTIFid. It consists of an intelligent, economical and low-emission panel, made with waste from the paper and cardboard industrial manufacturing process which intends to contribute to the development of the fundamental enabling technology of "Advanced Materials" for Intelligent Factories.

**Keywords:** Product innovation; Industry 4.0; Secondary raw materials; Corrugated cardboard; Rfid.

## Introduction

For years in the construction industry, there has been a growing orientation towards more sustainable processes, with a particular focus on resources and materials with lower environmental impacts over the entire life cycle. The European regulatory orientation supports the promotion of the secondary raw materials market, in harmony with what is claimed in the European Union Action Plan for the circular economy COM (2015) 614 final 02.12.2015 and in compliance with the 7th Environment Action Programme. There are experimental studies in this respect. For instance, Gounni *et al.* (2019) and Bourguiba *et al.* (2020) respectively investigate the thermal performance of thermal insulation for buildings generated from textile waste and goose down scraps; Milovanovic *et al.* (2012) studied the performance of a

concrete panel with integrated mineral wool produced with recycled glass and silica. In the specific context of materials produced from vegetable waste, Zhou *et al.* (2010), Binici *et al.* (2020), Cascone *et al.* (2019, 2020), Pászatory *et al.* (2020) and Viel *et al.* (2019) study new thermal insulation solutions for buildings which respectively consist of cotton fibre without binders, sunflower and wheat stalks with additives, food waste, agricultural waste, vegetable bark, hemp residues and corncob. Unfortunately, however, in the majority of cases, these experiments cannot be applied within the building materials supply chain, for multiple reasons. In the Italian context, for example, the European Commission itself has identified the lack of appropriate certification procedures as one of the main obstacles to their spread. On the other hand, different consid-

lavoro, mediante il diffondersi di wearable technologies (Wu *et al.*, 2019), piattaforme automatizzate di gestione della sicurezza (Ding *et al.*, 2013), monitoraggio di presenza nonché delle attività svolte in condizioni di rischio.

Alla luce di quanto argomentato, nel presente articolo si intende illustrare parte di una attività di ricerca industriale e sviluppo sperimentale, svolta in sinergia tra due aziende ed università, che ingloba in sé i nuovi paradigmi dell'Industria 4.0 e dell'economia circolare, per la promozione della sicurezza sul lavoro nelle fabbriche. Tale attività è finalizzata alla creazione di una innovazione di prodotto che si concretizza in "MULTIFid - Pannelli multifunzionali per le nuove fabbriche intelligenti".

## MULTIFid

### *Obiettivi e metodologia*

Il progetto MULTIFid ha come obiettivo principale quello di creare un prodotto innovativo costituito da un pannello intelligente, economico ed a basse emissioni, realizzato con gli scarti della lavorazione industriale di carta e cartone (Rotilio and De Berardinis, 2020).

All'interno del pannello è integrato un sistema di comunicazione passivo che impiega tecnologia Rfid per il soddisfacimento di differenti esigenze. In particolare le principali funzioni che esso è chiamato a svolgere consistono nel monitoraggio della posizione dei lavoratori al fine di garantire la sicurezza nelle aree di rischio, il miglioramento termico dell'involucro edilizio nel quale il pannello sarà installato ed il monitoraggio delle condizioni di umidità del pannello stesso. Le prime due innovative funzioni rispondono ad esigenze specifiche nell'ambito del programma "Fabbrica intelligente" di cui all'area tematica nazionale di riferimento dell'"Industria intelligente e sostenibile, energia

erations may be elaborated on the new Industry 4.0 and Internet of Things paradigms; in fact, the study of the state of the art has highlighted the existence of new research areas and several available applications. The main application fields of new technologies in construction are those related to predictive maintenance, performance checks, the monitoring of building materials, solutions for energy efficiency and workplace safety optimisation. Wenig *et al.* (2008) employ wireless monitoring systems on a cable-stayed bridge, Valero *et al.* (2015) analyse the main diffusion fields of RFID sensors in the construction world, identifying the scope of tracking means and resources, the combination with other technologies and the issue of worker safety. In the particular context of monitoring the materials used, Stojanović *et al.* (2010), Strangfeld and

Klawe (2021), Strangfeld *et al.* (2019) and Rotilio *et al.* (2018) employ sensors to supervise the water content in clay bricks and concrete blocks, the humidity of screeds, insulating materials, reinforced concrete and cross laminated timber constructions respectively.

Finally, a sharp increase in the use of intelligent systems is taking place in the field of workplace safety, through the spread of wearable technologies (Wu *et al.*, 2019), automated safety management platforms (Ding *et al.*, 2013), the monitoring of presence and activities performed in risky conditions.

In view of what has been argued, this paper aims to illustrate part of an industrial research project and experimental development activity, carried out in synergy between two companies and a university, which incorporates

ed ambiente". Nello specifico MULTIFid intende contribuire allo sviluppo della tecnologia abilitante fondamentale dei "Materiali avanzati". Infine la terza funzione consente di superare la principale criticità del materiale costituente il pannello, mediante un monitoraggio continuo.

Il progetto prevede la realizzazione di due tipologie di pannello "A" e "B". Il primo tipo impiega la polpa di carta opportunamente trattata al fine di renderla compatibile con la stampa 3D; il secondo invece utilizza singoli layers di cartone ondulato disposti secondo più strati. L'analisi dello stato dell'arte ha evidenziato come in edilizia siano già presenti prodotti a base di carta e cartone, ad esempio in ambito strutturale per la realizzazione di casseforme, negli impasti di conglomerato cementizio per finalità di alleggerimento; per la realizzazione di parti d'opera; per l'isolamento acustico e per quello termico. In questo ultimo campo di interesse per gli obiettivi di MULTIFid, i prodotti diffusi in commercio si dividono in due ambiti principali: quello dei materiali "sfusi", impiegati come riempimento, e quello dei materassini o pannelli a base di fiocchi di cellulosa miscelati con fibre di sostegno. Esistono inoltre studi sperimentali, oltreché brevetti, inerenti l'impiego di pannelli e componenti in carta e cartone in edilizia, Asdrubali *et al.* (2016), Distefano *et al.* (2018), ma, di fatto, nessun prodotto è in grado di svolgere le funzioni definite nel progetto di ricerca oggetto del presente articolo. Per quanto argomentato appare evidente come MULTIFid sia un prodotto fortemente innovativo dato dalla integrazione tra l'architettura di sostegno al sistema sensoriale, ovvero il pannello, ed il sistema sensoriale stesso. L'approccio metodologico (Fig. 1) consta di quattro fasi principali inerenti lo studio dello stato dell'arte finalizzato alla definizione delle specifiche di progetto; lo svilup-

the new Industry 4.0 and circular economy paradigms, in order to promote workplace safety in factories. The aim of this activity is to create a product innovation that takes the form of "MULTIFid - Multifunctional panels for new intelligent factories".

## MULTIFid

### *Purpose and methodology*

The main goal of the MULTIFid project is to create an innovative product that consists of an intelligent, economical and low-emission panel, made with waste from paper and cardboard industrial manufacturing (Rotilio and De Berardinis, 2020).

A passive communication system is integrated inside the panel which uses RFID technology to satisfy different needs. In particular, the main functions that it is expected to perform are the monitoring of the position of

workers in order to ensure safety in risk areas, the thermal improvement of the building envelope in which the panel will be installed and the monitoring of the humidity conditions of the panel. The first two innovative functions fulfil specific needs within the "Smart Factory" programme that is cited in the national reference area of "Smart and sustainable industry, energy and environment". In detail, MULTIFid intends to contribute to the development of the fundamental enabling technology of "Advanced Materials". In the end, the third function allows the main criticality of the material which forms the panel to be overcome through constant monitoring. The project provides for the construction of two typologies of panels, respectively named "A" and "B". The first typology uses paper pulp properly treated in order to make it suitable for



po dei due sistemi, costruttivo e sensoriale; l'integrazione tra i due mediante l'esecuzione di test e verifiche; la progettazione e realizzazione di box prototipale del "Sistema MULTIFid". Poiché il progetto si fonda su processi di natura principalmente sperimentale, è evidente come l'approccio metodologico sia basato su una procedura di tipo iterativa con implementazione e miglioramento continuo dei risultati.

Ad oggi il processo metodologico descritto è stato completamente sviluppato per il pannello di tipo "B", oggetto del presente articolo, mentre è in corso di svolgimento per il pannello di tipo "A", qui non argomentato.

### Progettazione e prototipazione del Sistema Pannello

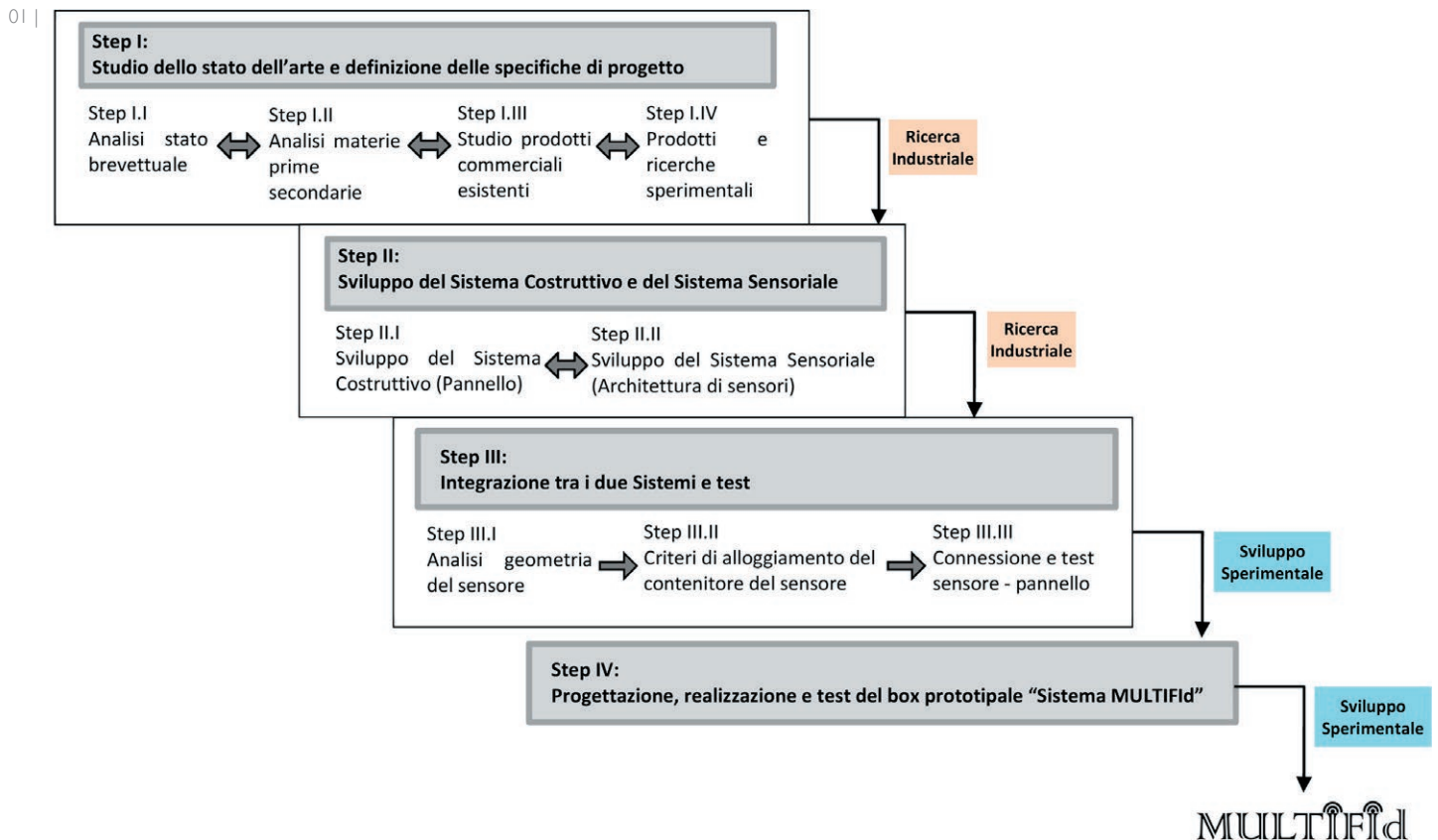
I punti cardine sui quali si è basato il progetto sono stati i seguenti:

- accoppiabilità dei singoli *layer* di cartone ondulato di riciclo derivanti dall'attività industriale del co-proponente;
- creazione di un sistema modulare che soddisfi necessità di versatilità d'uso, adattabilità e reversibilità;
- velocità di produzione ed industrializzazione;
- facilità di trasporto e di montaggio;

- soddisfacimento prestazioni termo-igrometriche del pannello da utilizzarsi come strato isolante;
- integrabilità del sistema sensoriale.

Il *concept* attorno a cui ruota l'idea, prevede che i pannelli siano caratterizzati dall'assemblaggio mediante incollaggio di fogli di cartone ondulato. La forza del sistema è nella sua semplicità poiché aggiungendo o sottraendo *layer* sarà possibile aumentare o diminuire lo spessore dei pannelli adattandoli alle esigenze della Fabbrica Intelligente. I *layer* sono stati disposti secondo tre differenti orientamenti, parallelo, ortogonale 1x1 e ortogonale 2x2. Al suo interno il pannello ingloba delle asole per l'alloggiamento dell'architettura sensoriale. In merito alla finitura, è stato previsto che il pannello abbia un trattamento di protezione incendio mediante vernici già presenti in commercio, nonché strato di completamento realizzato mediante stampa sul cartone. Tale finitura è stata preferita ad altre tipologie compatibili poiché, a seguito di prove, è risultata quella che meno inficia il segnale del sistema sensoriale.

Le principali tipologie di cartone di riciclo a disposizione del co-proponente impiegate per lo sviluppo del Sistema Pannello sono state le seguenti:



Tab 01 | Riepilogo dei principali dati tecnici dei sei prototipi progettati (elaborazione grafica di M. Rotilio)  
 Summary of the main technical features of the six prototypes designed (M. Rotilio elaboration)

Tipo	Materia prima	Tipologia di cartone	Tipo di sezione	Onda	Peso (Kg)
b)1	Cartone ondulato di riciclo	KSKSK/54545/BC	Layer ortogonali 2x2	BC	12,30
b)2		KSKSK/54545/BC	Layer paralleli	BC	12,30
b)3		KSKSK/54545/BC	Layer ortogonali 1x1	BC	12,30
b)4		PBMMMMTB/66263/EE	Layer paralleli	EE	25,05
b)5		PBMMMMTB/66263/EE	Layer ortogonali 1x1	EE	25,05
b)6		PBMMMMTB/66263/EE	Layer ortogonali 2x2	EE	25,05

- KSKSK/54545/BC;
- PBMMMMTB/66263/EE.

A partire da tale materiale sono stati progettate sei differenti tipologie di prototipo di pannello (Tab. 1; Fig. 2).

Dal punto di vista dell'integrazione dei sensori Rfid, all'interno del sistema modulare ideato è stata progettata una asola tenendo presenti tre elementi principali:

- la geometria dei sensori;
- il posizionamento dell'alloggiamento di contenimento del sensore nello spessore nel pannello;
- l'integrazione e la connessione tra il sensore ed il pannello.

In merito al primo punto sono state progettate tre tipi di asole differenti poiché i sensori da impiegare hanno tre diverse geometrie. In relazione al posizionamento dell'alloggiamento di contenimento del sensore nello spessore nel pannello, sono state effettuate differenti prove al fine di capire quale fosse la posizione che, fra quelle ipotizzate, inficiasse meno la comunicazione tra gli elementi del sistema sensoriale. Poiché in grado di assicurare la migliore trasmissione del segnale, l'asola è stata posizionata verso il lato del pannello a contatto con l'ambiente interno della Fabbrica Intelligente ed in particolare nel centro di tale pannello. L'asola è stata concepita in modo tale da essere posizionata immediatamente prima dell'ultimo layer di cartone ondulato, al fine di essere completamente nascosta, non inficiare la successiva finitura superficiale del pannello e proteggere il sensore da ogni manomissione o estrazione da parte di personale non autorizzato.

In relazione al fissaggio *sensor-layer*, è stata prevista una connessione a secco per mezzo di viti. Tale sistema risulta consoli-

dato dall'analisi dei prodotti commerciali in cartone oltre al fatto che le tre tipologie di sensori risultano già dotate di asole per alloggiare viti.

Il processo di integrazione contempla tre fasi descritte in figura 3. Preliminarmente verranno incollati i singoli *layer*, a meno dell'ultimo, e predisposta l'asola secondo le indicazioni progettuali. In seguito verrà alloggiata e fissata una delle tre tipologie di sensori, infine verrà incollato l'ultimo *layer* (Fig. 3).

Il sistema di integrazione progettato e descritto è tale che, in caso di necessaria sostituzione/controllo del sensore, si andrebbe eventualmente a sacrificare solamente l'ultimo layer del pannello, recuperando il sensore senza difficoltà. Ciò a differenza di alcuni sistemi già brevettati che contemplano un fissaggio del sensore per mezzo di colle che, in caso di rimozione, causerebbero il danneggiamento e/o la perdita dell'intero pannello.

La fase progettuale illustrata è stata svolta tenendo conto dei macchinari già in dotazione del co-proponente, al fine di garantire la produzione industriale del prodotto, la cui destinazione finale sarà quella della commercializzazione. La velocità di produzione conseguita risulta pari a circa dieci minuti per il pannello con cartone onda BC e quindici minuti per onda EE. Tali tempi sono comprensivi della realizzazione dell'asola e dell'alloggiamento dell'Rfid.

Sui prototipi realizzati sono state svolte differenti tipologie di test e prove di laboratorio per verificare il conseguimento degli obiettivi di MULTIFid. Nello specifico, per verificare la conduttività termica dei pannelli, oltre al calcolo ai sensi della UNI ISO 6946:2008, sono state svolte analisi mediante *Guarded Hot Box*,

3D printing; on the other hand, the second one uses single layers of corrugated cardboard arranged in several layers. The analysis of the state of the art has highlighted that in construction there are already products based on paper and cardboard. For instance, they are used in the structural field for the construction of formwork, in the mix of concrete for lightening purposes, for the construction of parts in some building elements and for acoustic and thermal insulation. In this last field of interest for the MULTIFid goals, the products available on the market are divided into two main areas: one of "loose" materials used as filling, and one of mats or panels based on cellulose flakes mixed with supporting fibres. There are also experimental studies, as well as a patent, concerning the use of paper and cardboard panels and components in

construction, Asdrubali *et al.* (2016), Distefano *et al.* (2018), but, factually, no product is able to perform the functions defined in the research project dealt with in this paper. According to what is argued, it is clear that MULTIFid is a highly innovative product due to the integration between the sensory system and its supporting architecture, i.e. the panel. The methodological approach (Fig. 1) consists of four main phases: the study of the state of the art aimed at defining the project specifications; the development of the two systems, constructive and sensory; their integration, thanks to tests and verifications; the design and construction of a prototype box of the "MULTIFid System". Since the project is based on processes with a mainly experimental nature, it is obvious that the methodological approach is based on an iterative procedure with

implementation and continuous improvement of results. Nowadays, the methodological process described has been fully developed for the type "B" panel which is the object of this paper, while it is in progress for the type "A" panel which is not discussed here.

#### Design and prototyping of the panel system

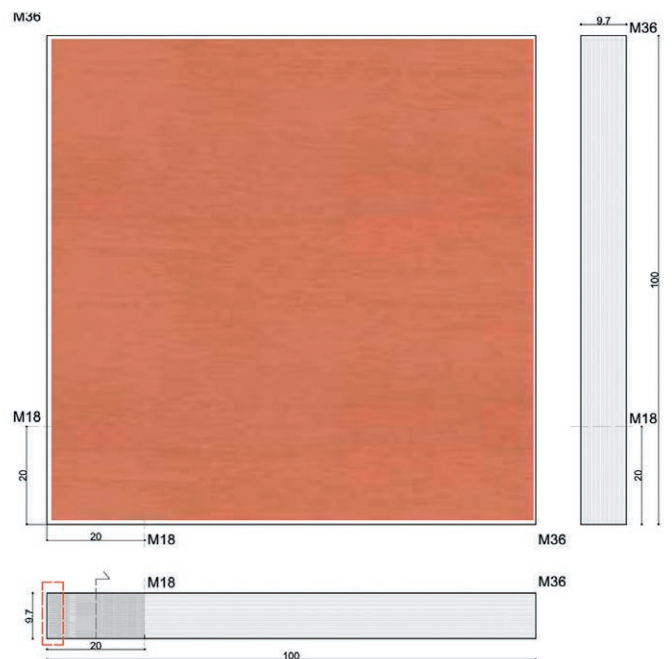
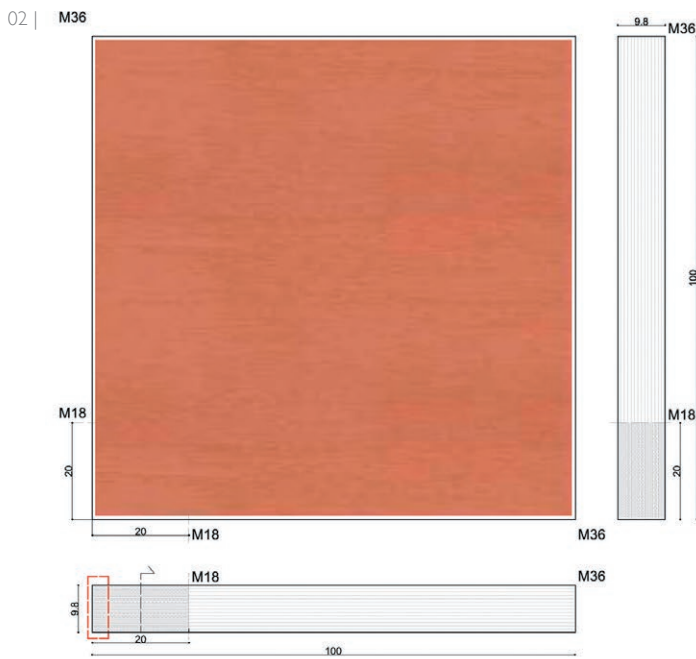
The key points on which the project was based were the following:

- junction of the different layers of recycled corrugated cardboard derived from the industrial activity of the co-proposer;
- creation of a modular system that satisfies the need for versatility of use, adaptability and reversibility;
- quickness of production and industrialisation;
- ease of transport and assembly;

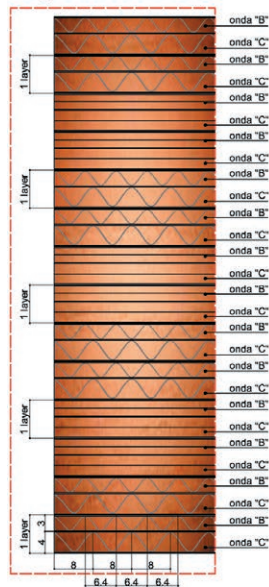
- fulfilment of the thermo-hygrometric performance of the panel to be used as an insulating layer;
- integrability of the sensory system. The concept around which the idea revolves is that the panels are characterised by the assembly of gluing sheets of corrugated cardboard. The highlight of the system is in its simplicity because thanks to the addition or subtraction of layers, it will be possible to increase or decrease the thickness of the panels, adapting them to the needs of the Intelligent Factory. The layers were placed according to three different orientations: parallel, orthogonal 1x1 and orthogonal 2x2. The panel incorporates internal slots to ease the sensorial architecture. As regards the finishing, it was expected that the panel has a fire protection treatment through paints already on the market and a completion layer created with printing on

progettata ad hoc dai consulenti, oltreché prove termoflussimetriche. I risultati conseguiti sono tali che i valori di conducibilità dei pannelli di tipo "B" oscillano, a seconda del tipo (Tab. 1), tra 0,044 W/mK e 0,064 W/mK pertanto, non solo soddisfano i  $K_{pi}$  di progetto, ma risultano in linea con i valori di lambda di altri prodotti edili destinati all'isolamento termico. Pertanto il sistema pannello progettato può essere impiegato al fine di conseguire il miglioramento termico dell'involucro delle fabbriche (Fig. 4).

Contemporaneamente alle attività descritte, necessarie per la definizione del cosiddetto sistema costruttivo, sono state condotte quelle per la definizione del sistema sensoriale. L'architettura di MULTIFI è stata pensata con l'obiettivo di implementare la sicurezza nelle fabbriche mediante il controllo dell'ingresso dei lavoratori nelle aree di rischio e dell'interazione uomo-macchina e uomo-robot. Il posizionamento del pannello sulle pareti della fabbrica consente la suddivisione del volume interno in porzio-



**Dettaglio costruttivo**

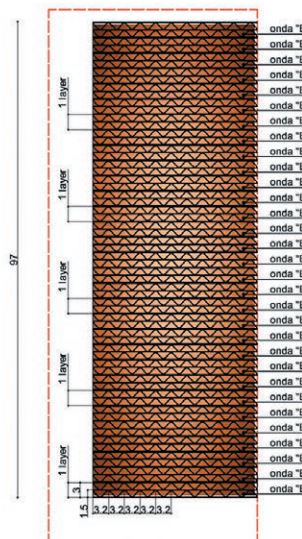


**Descrizione tecnica**

Pannello di tipo b)	
Prototipo	n. 1
Materia prima	Cartone ondulato di riciclo
Lunghezza	100 cm
Larghezza	100 cm
Spessore	9,8 cm
Tipo di sezione	Layer ortogonali 2X2
Tipologia di cartone	KSKSK/54545/BC
Copertina esterna	carta Kraft 200g/mq
Semichimica	127 g/mq in onda B
Foglio teso	carta Kraft 200g/mq
Semichimica	127 g/mq in onda C
Copertina interna	carta Kraft 200g/mq
Altezza onda "B"	3 mm
Passo onda "B"	6,4 mm
Numero di onde	155 in un metro
Altezza onda "C"	4 mm
Passo onda "C"	8 mm
Numero di onde "C"	125 in un metro
Altezza layer	7 mm (onda B+C)
Peso pannello	12,3 kg
n. Layer	14
Peso layer	0,88 kg



**Dettaglio costruttivo**

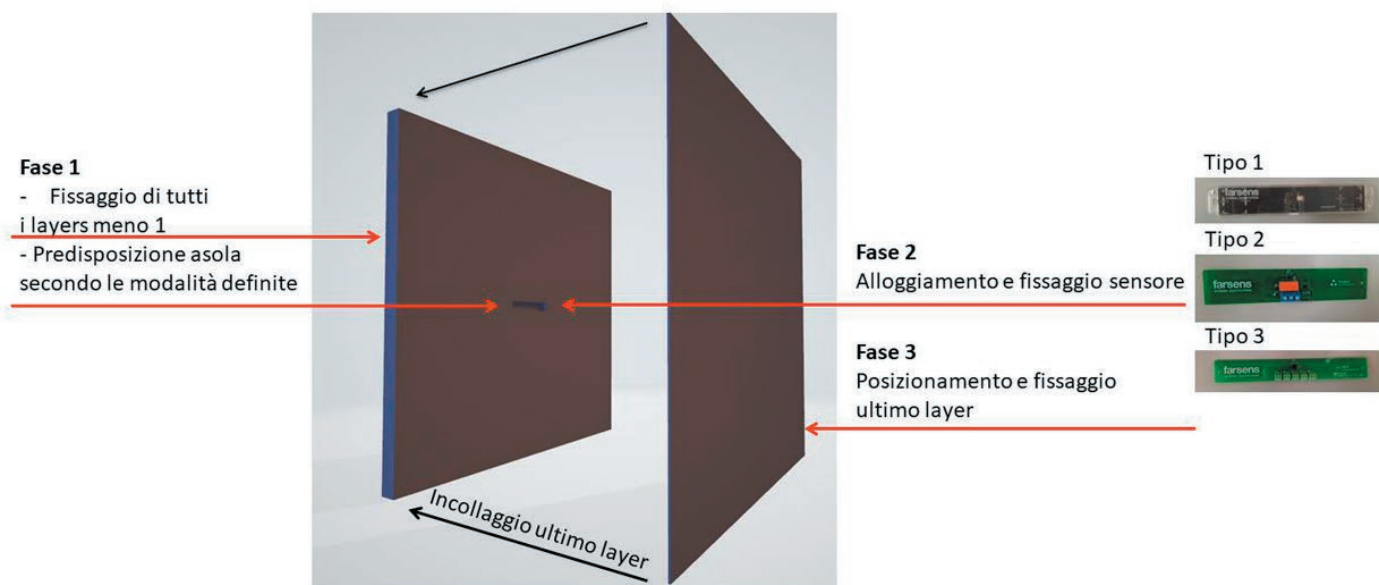


**Descrizione tecnica**

Pannello di tipo b)	
Prototipo	n. 4
Materia prima	Cartone ondulato di riciclo
Lunghezza	100 cm
Larghezza	100 cm
Spessore	9,7 cm
Tipo di sezione	Layer paralleli
Tipologia di cartone	PBMMMTB/66263/EE
Patinato bianco	190 g/mq
M	150 g/mq in onda E
M	112 g/mq
M	150 g/mq in onda E
TB	125 g/mq
Altezza onda "E"	1,5 mm
Passo onda "E"	3,2 mm
Numero di onde	312 in un metro
Altezza layer	3 mm (onda E+E)
n. Layer	31
Peso layer	0,81 kg







ni univocamente identificabili mediante coordinate cartesiane. In tal modo la posizione di ogni risorsa presente all'interno del volume, se dotata di *smart tag*, potrà essere sempre nota. Questo sistema può mitigare il rischio in numerosissime condizioni di pericolo, come ad esempio nel caso di lavoratore isolato, nell'ipotesi di dover effettuare un recupero di uomo a terra, oppure nell'eventualità che un operatore non autorizzato entri nell'area di rischio di una macchina/robot. Il tutto gestito anche da remoto, mediante *alert*, *warning* e comunicazioni dirette ai soccorritori e al RSPP, Responsabile del Servizio Prevenzione e Protezione, aziendale. Il sistema progettato si compone di *tag* con *chip* ed antenna; ulteriore antenna che colloquia con quella del *tag* attraverso le onde radio; *reader* che da una parte scambia dati con

i *tags* Rfid e dall'altra s'interfaccia a un sistema informatico cui è collegato; *middleware* di interfaccia. Infine il pannello è equipaggiato con sensori di umidità per il monitoraggio continuo. In analogia al sistema costruttivo, anche quello sensoriale è stato oggetto di numerosi test e prove di laboratorio per verificare la corretta trasmissione dei segnali e l'effettivo funzionamento. L'ultima attività prevista consiste nella progettazione esecutiva del sistema di fissaggio dei pannelli e nella progettazione e realizzazione del box "Sistema MULTIFid" (Fig. 5). Tale box riproduce in versione prototipale l'interno di una Fabbrica Intelligente e consentirà di calibrare il sistema mediante test e verifiche individuando eventuali problematiche a posteriori e possibili soluzioni di perfezionamento ed ottimizzazione.

the cardboard. This finishing was preferred to other compatible typologies because, after some tests, it was found to be the one that least affected the signal of the sensory system.

The main typologies of recycled cardboard at the disposal of the co-proposer used for the development of the Panel System were the following:

- KSKSK/54545/BC;
- PBMMMTB/66263/EE.

Starting from this material, six different types of panel prototypes were designed (Tab. 1; Fig. 2).

From the perspective of the integration of RFID sensors, a slot was designed within the modular system taking into account three main elements:

- the geometry of the sensors;
- the position of the casing containing the sensor in the panel thickness;
- the integration and connection between the sensor and the panel.

In terms of the first point, three different slot typologies were designed because the sensors to be used have three different geometries. In relation to the position of the casing containing the sensor in the thickness of the panel, different tests were carried out in order to understand which was the position that, among the ones hypothesised, least affected the communication between the elements of the sensory system. Due to its ability to ensure the best signal transmission, the slot was positioned towards the panel side in contact with the internal environment of the smart factory and, in particular, in the centre of this panel.

The slot was designed in such a way as to be placed immediately before the last layer of corrugated cardboard in order to be completely hidden, to prevent the damage of the subsequent surface finishing of the panel and to protect

the sensor from any manipulation or extraction by unauthorised personnel. Regarding the fixing between sensor and layers, a dry connection with metal screws was provided. This system is consolidated by the analysis of commercial cardboard products in addition to the fact that the three types of sensors are already equipped with slots to house the screws.

The assembly process involves three phases described in figure 3. Firstly, the individual layers will be glued with the exception of the last one, and the slot will be prepared according to the design indications. Subsequently, one of the three types of sensors will be housed and fixed and lastly, the remaining layer will be glued (Fig. 3).

The integration system designed and described is such that, in the event of a necessary replacement/control of the sensor, only the last layer of the panel

would be sacrificed, recovering the sensor without difficulty, unlike some already patented systems that contemplate a sensor fixing through glues which, in case of removal, would cause damage and/or loss of the entire panel. The design phase illustrated was conducted taking into account the machinery already supplied by the co-proposer, in order to guarantee the industrial manufacturing of the product; its final destination will be that of marketing. The production speed achieved is approximately ten minutes for the BC corrugated cardboard panel and fifteen minutes for the EE one. These times include the realisation of the slot and the housing of the RFID.

Different types of tests and laboratory trials were carried out on the prototypes to verify the achievement of the MULTIFid goals. Specifically, in addition to the calculation pursuant to UNI

04 | Produzione dei pannelli e test. Linea A, alcuni dei prototipi prodotti e delle macchine industriali impiegate. Linea B, finitura superficiale del pannello, scatti inerenti le fasi di costruzione della Guarded Hot Box e di test. Linea C, output grafico rispettivamente di analisi termoflussimetrica (a sinistra), e Guarded Hot Box (a destra), (elaborazione grafica di M. Rotilio)  
 Panel production and testing. Line A, some of the prototypes produced and the industrial machines used. Line B, surface finishing of the panel, shots of the Guarded Hot Box construction and testing phases. Line C, graphical output of thermofluximetric analysis (left), and Guarded Hot Box (right) respectively (M. Rotilio elaboration)

Grazie all'impiego di materiale di riciclo ed al citato processo di ottimizzazione della fase di produzione industriale, è stato stimato che il pannello completo di finitura, protezione al fuoco e dotato di sensore, avrà un costo di immissione sul mercato pari a circa 13-15 euro al metro quadrato. Tale valore risulta leggermente inferiore rispetto al costo medio dei più diffusi prodotti edili destinati all'isolamento termico che, però, non sono multifunzionali o intelligenti poiché privi del sistema sensoriale.

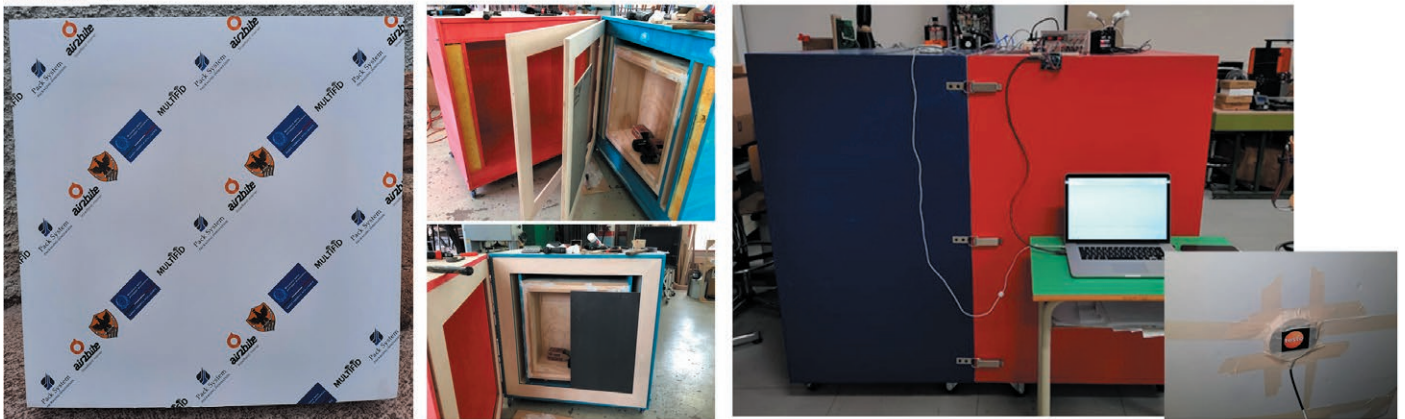
### Conclusioni

Il progetto MULTIFId, sebbene ancora in fase di svolgimento per il pannello di tipo "A" e di implementazione per il pannello di tipo "B", ha già permesso di conseguire innovativi risultati nell'ambito delle tematiche dell'economia circolare e dell'Industria 4.0, in linea con le principali normative nazionali e comunitarie in materia. Al fine della sua immissione sul mercato, per il sistema ideato è stato già depositato brevetto industriale, attualmente in corso di defini-

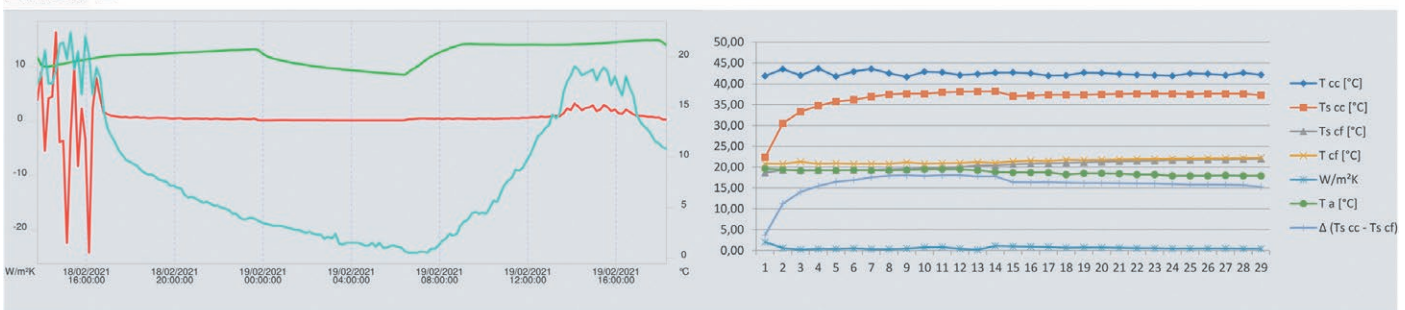
04 |



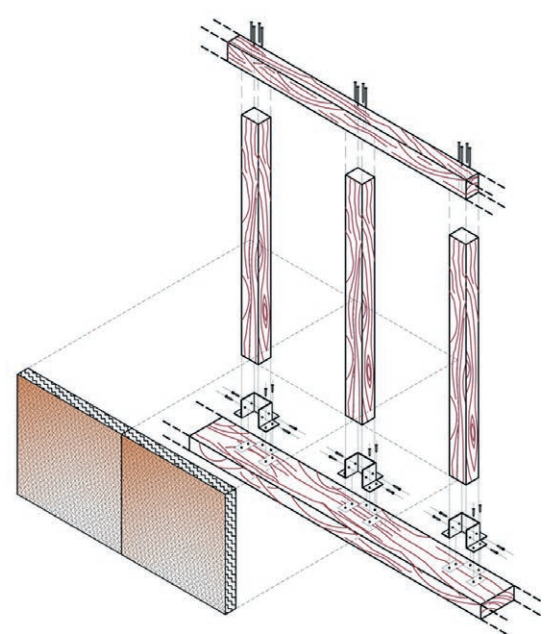
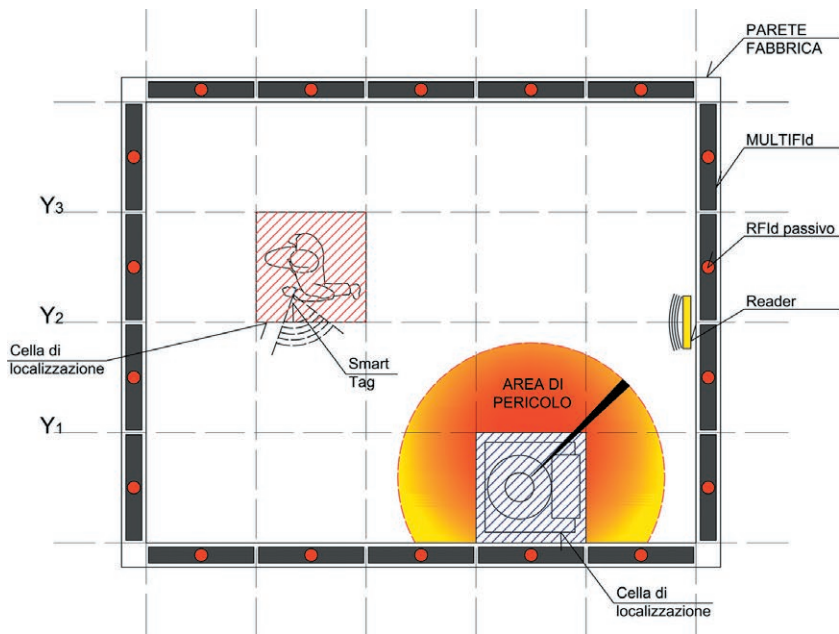
**Linea A**



**Linea B**



**Linea C**



zione. In seguito sarà possibile avviare le procedure di certificazione e le altre previste dal D. Lgs. 106.2017 che adegua la normativa nazionale al regolamento (UE) n. 305.2011. MULTIFid offre numerose potenzialità di sviluppo in relazione alla crescente domanda di gestione e controllo degli edifici intelligenti poiché il sistema sensoriale può essere messo in comunicazioni con ulteriori sistemi smart. Infine, costituisce un valido esempio di fattiva collaborazione tra aziende ed ente di ricerca e si configura come una reciproca opportunità di crescita che ha alla base la condivisione delle risorse, dei mezzi e del know-how.

ISO 6946: 2008, analyses were carried out to verify the thermal conductivity of the panels thanks to the use of the Guarded Hot Box, designed ad hoc by the consultants, and heat flow tests with a heat flow meter. The results achieved prove that the conductivity values of type "B" panels oscillate between 0.044 W/mK and 0.064 W/mK, according to the type (Tab. 1). Therefore, they not only satisfy the project  $K_{pi}$ , but they are consistent with the lambda values of other construction products which are used for thermal insulation. Consequently, the designed panel system may be used in order to achieve thermal improvement of the factory envelope (Fig. 4). At the same time as the activities described, which are necessary for the definition of the so-called constructive system, the tasks to define the sensory system were carried out. The MULTI-

Fid architecture was designed with the aim of implementing safety in factories through the control of aspects such as the entry of workers into risk areas and man-machine and man-robot interaction. The panel position on the walls of the factory allows the partition of the internal volume into portions that can be uniquely identified through Cartesian coordinates. In this way, the position of each resource within the volume can always be known if it is equipped with a smart tag. This system may mitigate the risk in many dangerous conditions, such as in the case of an isolated worker in the hypothesis of a man-down recovery, or in the event that an unauthorised operator enters the risk area of a machine/robot. All these things may be managed remotely, through alerts, warnings and direct communications to the rescuers and to the corporate HPPS, Head of the

#### RINGRAZIAMENTI

La ricerca illustrata è parte del progetto "MULTIFid - Pannelli multifunzionali per le nuove fabbriche intelligenti", finanziato dal Fondo per la Crescita Sostenibile, Sportello Fabbrica Intelligente, D.M. 05.03.2018 Capo III.

Soggetti coinvolti: aziende, 2bite S.r.l. come capofila e Pack System S.r.l. come co-proponente, oltre a due dipartimenti dell'Università degli Studi di L'Aquila in qualità di consulenti. Nello specifico il DIIIE per l'azienda capofila ed il DICEAA per il co-proponente. L'autore pertanto ringrazia la 2bite S.r.l. (T. Gabriele), la Pack System S.r.l. (L. Mastrodicasa) ed i referenti del DIIIE (Prof. V. Stornelli, Prof. F. Cucchiella) e del DICEAA (Prof. P. De Bernardinis).

Prevention and Protection Service. The designed system consists of a tag with chip and antenna, an additional antenna that communicates with tag one through radio waves, a reader that, on the one hand, exchanges data with RFID tags and, on the other, interfaces to a computer to which it is connected via an interface middleware. Moreover, the panel is equipped with humidity sensors for continuous monitoring. Similar to the construction system, the sensory system has also been the subject of many tests and laboratory trials to verify the correct signal transmission and efficient operation. The last planned activity concerns the executive design of the panel fixing system and the design and construction of the "MULTIFid System" box (Fig. 5). This box reproduces the interior of an Intelligent Factory in a prototype version and will allow the sys-

tem to be calibrated through tests and checks, identifying any subsequent issues and possible refinement and optimisation solutions. Thanks to the employment of recycled material and the optimisation process of the industrial production phase mentioned above, it has been estimated that the panel, suit of finishing, fire protection and equipping with a sensor will cost about 13-15 euros per square metre. This value is slightly lower than the average cost of the most popular construction products intended for thermal insulation which, however, are not multifunctional or intelligent due to the lack of the sensory system.

#### Conclusions

Although still in progress for the type "A" panel and under implementation for the type "B" panel, the MULTIFid project has already enabled the achieve-



## REFERENCES

- Asdrubali, F., Pisello, A.L., D'Alessandro, F., Bianchi, F., Fabiani, C., Cornicchia, M. and Rotili, A. (2016), "Experimental and numerical characterization of innovative cardboard based panels: Thermal and acoustic performance analysis and life cycle assessment", *Building and Environment*, Vol. 95, pp. 145-159.
- Binici, H., Aksogan, O., Dincer, A., Luga, E., Eken, M. and Isikaltun, O. (2020), "The possibility of vermiculite, sunflower stalk and wheat stalk using for thermal insulation material production", *Thermal Science and Engineering Progress*, Vol. 18, pp. 100567.
- Bourguiba, A., Touati, K., Sebaibi, N., Boutouil, M. and Khadraoui, F. (2020), "Recycled duvets for building thermal insulation", *Journal of Building Engineering*, Vol. 31, pp. 101378.
- Cascone, S.M., Nobile, V., Russo, G., Tomasello, N. and Vitale, M., (2019), "Dalla progettazione alla dismissione del manufatto edilizio secondo i principi dell'economia circolare", *Ingegno e costruzione nell'epoca della complessità, Forma urbana ed individualità architettonica*, Proceedings of Colloqui. AT.e 2019, pp. 920-927.
- Cascone, S.M., Tomasello, N. and Vitale, M. (2020), "Materiali naturali per l'isolamento termico degli edifici", in Cascone, S.M., Margani, G. and Sapienza, V. (Eds.), *New Horizons for Sustainable Architecture*, Proceedings of Colloqui.AT.e 2020, pp. 964-973.
- Ding, L.Y., Zhou, C., Deng, Q.X., Luo, H.B., Ye, X.W., Ni, Y.Q. and Guo, P. (2013), "Real-time safety early warning system for cross passage construction in Yangtze Riverbed Metro Tunnel based on the internet of things", *Automation in Construction*, Vol. 36, pp. 25-37.
- Distefano, D.L., Gagliano, A., Naboni, E., Sapienza, V. and Timpanaro, N. (2018), "Thermophysical characterization of a cardboard emergency kit-house", *Mathematical Modelling of Engineering Problems*, Vol. 5, n. 3, pp. 168-174.
- Gounni, A., Mabrouk, M.T., El Wazna, M., Kheiri, A., El Alami, M., El Bouari, A. and Cherkaoui, O. (2019), "Thermal and economic evaluation of new insulation materials for building envelope based on textile waste", *Applied Thermal Engineering*, Vol. 149, pp. 475-483.
- Milovanovic, B., Stirmer, N. and Milicevic, I. (2012), "The sustainable prefabricated wall panel system made of recycled aggregates", *International Symposium on Life Cycle Assessment and Construction*, Nantes, France.
- Pásztory, Z., Börcsök, Z. and Tsalagkas, D. (2019) "Density optimization for the manufacturing of bark-based thermal insulation panels", in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science - Proceedings of 5th International Conference on Environment and Renewable Energy*, Vol. 307, No. 1, pp. 012007.
- Rotilio M., Pantoli L., Muttillio M. and Annibaldi V. (2018), "Performance Monitoring of Wood Construction Materials by Means of Integrated Sensors", *Key Engineering Materials*, Vol. 792, pp. 195-199.
- Rotilio, M. and De Berardinis P. (2020), "L'economia circolare e l'Industria 4.0 per la sicurezza dei lavoratori. Un nuovo prodotto multifunzionale", in Cascone, S.M., Margani, G., Sapienza, V. (Eds.), *New Horizons for Sustainable Architecture*, Proceedings of Colloqui.AT.e 2020, pp. 834-847.
- Stojanović, G., Radovanović, M., Malešev, M. and Radonjanin, V. (2010), "Monitoring of Water Content in Building Materials Using a Wireless Passive Sensor", *Sensors*, Vol. 10, pp. 4270-4280.
- Strangfeld C. and Klewe T. (2021), "Hygrometric Moisture Measurements Based on Embedded Sensors to Determine the Mass of Moisture in Porous Building Materials and Layered Structures", in Rizzo P. and Milazzo A. (Eds.) *European Workshop on Structural Health Monitoring*. Proceedings of EWSHM 2020, Lecture Notes in Civil Engineering..
- Strangfeld, C., Johann, S. and Bartholmai, M. (2019), "Smart RFID Sensors Embedded in Building Structures for Early Damage Detection and Long-Term Monitoring", *Sensors*, Vol. 19, pp. 5514.
- Valero, E., Adán, A. and Cerrada, C. (2015), "Evolution of RFID Applications in Construction: A Literature Review", *Sensors*, Vol. 15, pp. 15988-16008.
- Viel, M., Collet, F. and Lanos, C. (2019), "Development and characterization of thermal insulation materials from renewable resources", *Construction and Building Materials*, Vol. 214, pp. 685-697.
- Wenig J.H., Loh C.H., Lynch J.P., Lu K.C., Lin P.Y. and Wang Y. (2008), "Output-only modal identification of a cable-stayed bridge using wireless monitoring systems", *Engineering Structures*, Vol. 30, n. 7, pp. 1820-1830.
- Wu, F., Wu, T. and Yuce, M.R. (2019), "An Internet-of-Things (IoT) Network System for Connected Safety and Health Monitoring Applications", *Sensors*, Vol. 19, n. 1, pp. 21.
- Zhou, X., Zheng, F., Li, H. and Lu, C. (2010), "An environment-friendly thermal insulation material from cotton stalk fibers", *Energy and Buildings*, Vol. 42, n. 7, pp. 1070-1074.
- ment of innovative results in the area of circular economy and Industry 4.0, in harmony with the main national and EU regulations on this matter. In order to be placed on the market, an industrial patent has already been registered for the designed system, currently under definition. Subsequently, it will be possible to start the certification procedure and the others provided for by Legislative Decree 106.2017 which adapts the national legislation to Regulation (EU) no. 305.2011. MULTIFID offers several potential developments in relation to the growing demand for the management and control of intelligent buildings because the sensory system may be put in communication with further smart systems. Lastly, it represents a valid example of effective collaboration between companies and research institutes and it is configured as a mutual growth opportunity based on the sharing of resources, means and know-how.

## ACKNOWLEDGMENTS

The research illustrated is part of the "MULTIFID - Multifunctional panels for new smart factories" project, financed by the Fund for Sustainable Growth, Smart Factory Desk, Ministerial Decree 05.03.2018 Chapter III. Stakeholders: companies, 2bite S.r.l. as leader and Pack System S.r.l. as co-proposer, in addition to two departments of the University of L'Aquila as consultants. Specifically, Department DIIIIE for the lead company and Department DICEAA for the co-proposer. Therefore, the author thanks 2bite S.r.l. (T. Gabriele), Pack System S.r.l. (L. Mastrodicasa) and those responsible for the research for DIIIIE, Prof. V. Stornelli and Prof. F. Cucchiella, and for DICEAA, Prof. P. De Berardinis.

Cristina Visconti,

Dipartimento di Architettura, Alma Mater Studiorum University of Bologna Università di Bologna, Italia

cristina.visconti2@unibo.it

**Abstract.** L'economia circolare applicata al contesto urbano è correlata a obiettivi di sostenibilità incentrati sulle performance ambientali trascurando implicazioni sociali e politiche nel tentativo di attuare un *equilibrio circolare* all'interno del paradigma neoliberale. Discutendo tale criticità l'articolo espone una prospettiva divergente basata sul dialogo tra Decrescita, Circolarità e Tecnologia attraverso l'analisi di tre casi di assemblaggi socio-tecnici: *Transitions Towns*; *Repair Cafe*; *Community Gardens*. La ricerca rintraccia l'efficacia di pratiche urbane in cui la circolarità è sviluppata oltre interazioni puramente economiche e parametri di eco-efficienza, contribuendo a definire il potenziale di una città circolare della decrescita incentrata su inclusività, giustizia sociale e reciprocità.

**Parole chiave:** Circolarità; Decrescita; Transizione; Assemblaggi socio-tecnici; *Low-tech*.

## Circolarità e città sostenibile

La premessa comune della trasposizione dell'economia circolare (EC) alle città è quella di combinare crescita economica e sostenibilità (Corvellec *et al.*, 2020; Ghisellini *et al.*, 2016) attraverso strategie basate sulla narrazione dell'innovazione ed efficienza nell'uso delle risorse (Kębłowski *et al.*, 2020; Calisto *et al.*, 2020; Korhonen *et al.*, 2018), come nei modelli delle *eco-cities*, *smart cities*, *zero-waste cities*, *biomimetic cities* (Prendeville *et al.*, 2018).

L'articolo discute una posizione alternativa nel dibattito sulle città circolari che problematizza la necessità di riorientare narrazioni *techno-modernizzanti* di *eco-efficienza* tipiche della Circolarità verso una visione di Decrescita, come quadro teorico e pratico per includere limiti socio-ecologici, equità e democrazia (Martinez-Alier, 2010; Kallis *et al.*, 2018; March, 2018; Schröder *et al.*, 2019; Calisto *et al.*, 2020). Limitazioni nell'applicazione dei concetti di EC in ambito urbano possono essere riscontrate sia nella mancanza di integrazione degli aspetti sociali, comportamentali e politici (Inigo *et al.*, 2019) che nella normalizzazione di modi di produ-

## Degrowing circular cities: emerging socio-technical experiments for Transition

**Abstract.** The circular economy applied to the urban context is linked to sustainability objectives focused on environmental performances overlooking socio-political implications, in order to achieve a circular balance within the neoliberal paradigm of business-nature-society in a continuous growth scenario. This paper discusses this criticality, articulating a counter perspective based on the debate of degrowth, circularity and technology through the analysis of three cases of socio-technical assemblages: *Transition Towns*; *Repair Cafes*; *Community Gardens*. The research individuates the effectiveness of urban practices in which the circularity is implemented beyond purely economic interactions or eco-efficiency parameters, defining the potentialities of a degrowing circular city based on inclusiveness, social justice and reciprocity.

**Keywords:** Circularity; Degrowth; Transition; Socio-technical assemblages; *Low-tech* living.

zione e consumo altamente energivori (Valenzuela *et al.*, 2017). A partire da tale dibattito l'articolo delinea lo stato dell'arte sul dialogo tra città circolari, Decrescita e ruolo della tecnologia discutendo tre casi specifici. Attraverso l'analisi di *Transitions Towns*, *Repair Cafes*, *Community Gardens*, concettualizzati come assemblaggi tra società-ecologia-tecnologia, la ricerca ha come obiettivo individuare fattori e attributi necessari per sviluppare nelle pratiche urbane aspetti della circolarità in grado di introdurre le dimensioni dell'inclusività, convivialità, solidarietà, reciprocità, efficaci per ripensare le città come spazio in cui possano prosperare sia gli esseri umani che gli ecosistemi, superando la retorica di modernizzazione e di consumo dell'EC (Hobson *et al.*, 2016).

## Città circolare della Decrescita

In letteratura sia l'EC che la sostenibilità sono concetti contestati (Corvellec *et al.*, 2020; Calisto *et al.*, 2020; Korhonen *et al.*, 2018) e sebbene la circolarità assume una posizione critica rispetto al modello lineare di sviluppo urbano, né la crescita urbana né quella economica sono messe in discussione nel tentativo di attuare un *equilibrio circolare* all'interno del paradigma neoliberale basato su una relazione di profitto tra capitale-natura-società (Kębłowski *et al.*, 2020). Tale limite è rilevabile dalla mancanza di studi che dimostrino come l'EC possa operare efficacemente in un contesto di continua crescita separando il sistema produttivo economico dalla degradazione ambientale (Calisto *et al.*, 2020; Homrich *et al.*, 2018) e dalla scarsa attenzione che hanno approcci alternativi come quello della Decrescita che riformulano le potenzialità dell'EC in chiave riparativa dei sistemi di produzione e consumo (Raworth, 2017).

## Circularity in emerging sustainability city models

The fundamental circular economy (CE) premise of combining economic growth with sustainability (Corvellec *et al.*, 2020; Ghisellini *et al.*, 2016) has been applied to the city within a wide range of viewpoints that are based essentially on "the growth is good" narrative, innovation, and resource efficiency (Kębłowski *et al.*, 2020; Calisto *et al.*, 2020; Korhonen *et al.*, 2018), implying heterogeneous sustainable city models (e.g. *eco-cities*; *smart cities*; *zero-waste cities*; *biomimetic cities*) (Prendeville *et al.*, 2018). By questioning these *techno-modernising* and *eco-efficiency* narratives, this paper discusses an emerging counter-position of the debate on circular cities towards the *degrowth principle* as a theoretical and practical framework to include socio-ecological limits, equity and plural democracy

(Martinez-Alier *et al.*, 2010; March, 2018; Schröder *et al.*, 2019; Calisto *et al.*, 2020). Limitations in the application of CE concepts to cities have been recognised first in the lack of integration of social, behavioural and political aspects (Inigo *et al.*, 2019) and second in the normalisation of the material and energy-intensive modes of production and consumption (Valenzuela *et al.*, 2017). Drawing on this debate, this paper aims to outline the state of the art about emerging perspectives on circular cities and degrowth as well as on the role of technology which contributes to the definition of the meaning of "*degrowing circular city*" through a socio-technical approach. Three cases – *Transition Towns*; *Repair Cafes*; *Community Gardens* – are, then, analysed exemplifying the multi-dimensional interaction of the society-ecology-technology spheres. The research objective is to

La possibile sinergia tra Decrescita e Circolarità si rintraccia nella riduzione e rallentamento dei flussi di risorse per consentire alla società urbana di prosperare nel rispetto dei limiti ecologici planetari (Calisto *et al.*, 2020, Schröder *et al.*, 2019, Ghisellini *et al.*, 2016, Hobson, 2016). La “città circolare in decrescita” fornisce un modello concettuale in cui le pratiche di consumo/produzione sono trasformate nell’ottica del “ripensare, ridurre, riparare, rilocalizzare, democratizzare e ridistribuire” (Università di Utrecht, 2020). Un esempio concreto è il modello della *doughnut city* che applicano la *doughnut economy* (Raworth, 2017) ridefinisce la città in chiave “umana”, come luogo in cui le scelte individuali e collettive sono mediate all’interno di un continuum i cui estremi sono limiti ecologici (inquinamento, perdita di biodiversità, cambiamento climatico) e valori sociali (equità, distribuzione della ricchezza, salute, accesso alle risorse) (Van Der Bosch, 2019) (Fig. 1).

### Circolarità, Decrescita e Tecnologia

Centrale nel dialogo tra Decrescita e Circolarità è la relazione tra innovazione e tecnologia. L’EC enfatizza il ruolo della tecnologia nel riequilibrare il ciclo di vita degli oggetti, beni di consumo ed edifici marcando un atteggiamento ottimistico ed ideologico sul progresso tecnologico in grado di assicurare il funzionamento dei sistemi di produzione anche in uno scenario di scarsità di risorse (Kerschner *et al.*, 2018; Schröder *et al.*, 2019). In opposta tendenza storicamente la teoria della Decrescita ha discusso criticamente sia il ruolo della tecnologia (Grunwald, 2018; Kerschner *et al.*, 2018; March, 2018) che la questione urbana (Savini, 2021). In tale dibattito si può trovare una sinergia tra Decrescita e Circolarità nel ruolo di nuovi assemblaggi socio-tecnici urbani che applicano nella pratica criteri di sufficienza, convivialità,

individuate enabling factors necessary to develop circularity in urban practices beyond the economic dimension and eco-efficiency parameters helping inclusiveness, conviviality, solidarity and reciprocity to thrive. Conclusions are outlined on how a *degrowing circular* paradigm can be effective to shape cities in which both humans and ecosystems can thrive to overcome a modernisation rhetoric and the neoliberal and consumeristic context in which CE is constrained (Hobson *et al.*, 2016).

### Degrowing circularity

In literature, CE and sustainability are contested concepts (Corvellec *et al.*, 2020; Calisto *et al.*, 2020; Korhonen *et al.*, 2018) and so they tension the models on which cities are physically built as well as how they are organised, referring to a complexity of socio-political interactions.

Even though circularity challenges the limits of a linear model of urban development, its application in cities is based on infinite urban and economic growth trajectories characterised by a “circular” balance within the neoliberal paradigm of business-nature-society (Kębłowski *et al.*, 2020). This limitation is leveraged by a lack of studies on how the CE can effectively operate in a context of continued economic growth, decoupling the economic productivity from the environmental degradation (Calisto *et al.*, 2020; Homrich *et al.*, 2018). Poor attention is paid to alternative approaches to circularity such as Degrowth that reformulates CE in a more regenerative and redistributive perspective conceptualizing restorative systems of production and consumption in cities (Raworth, 2017). A search of synergies between degrowth and circularity can rely on narrowing and

giustizia sociale. Le trasformazioni socio-tecniche in tal senso possono contribuire a ridurre il volume di produzione della società in termini di materiali ed energia migliorando nel contempo la qualità della vita (Kallis *et al.*, 2018).

### Esperimenti socio-tecnici per la Transizione

Gli assemblaggi socio-tecnici urbani possono essere interpretati come dispositivi che definiscono «forme di relazione con il mondo e con gli altri, in quanto (incarnano e modellano) le relazioni sociali [...], strumenti che riflettono le relazioni di potere, implicando la sfera delle azioni e pratiche collettive» (Muraca and Neuber, 2018). Autori classici della letteratura della Decrescita come Illich, Castoriadis, Latouche, Ellul (Martinez-Alier *et al.*, 2010) hanno contribuito a ridisegnare il ruolo della tecnologia nella società in chiave di convivialità, solidarietà e semplicità volontaria. A partire da tale complessità in questo articolo vengono discusse le caratteristiche degli assemblaggi socio-tecnici urbani che implementano i principi di Circolarità e Decrescita. A tal fine sono analizzate tre strategie *Reduce-Repair-Relocalise* applicate in casi che sperimentano opzioni *low-tech* per l’autosufficienza (*Transition Towns*), riparazione di oggetti di uso quotidiano (*Repair Cafes*) e produzione alimentare a scala locale (*Community Gardens*). Gli esempi sono stati selezionati nella varietà di casi documentata dalla letteratura come digitalizzazione democratica applicata alle *Smart Cities* e alle tecnologie ITC (March, 2018), housing (Cattaneo *et al.*, 2013), eco-comunità (Xue, 2014), servizi idrici decentralizzati (Domenech *et al.*, 2013), in quanto rappresentativi di pratiche consolidate nell’ambiente urbano, diffuse a scala globale e con carattere *bottom-up*.

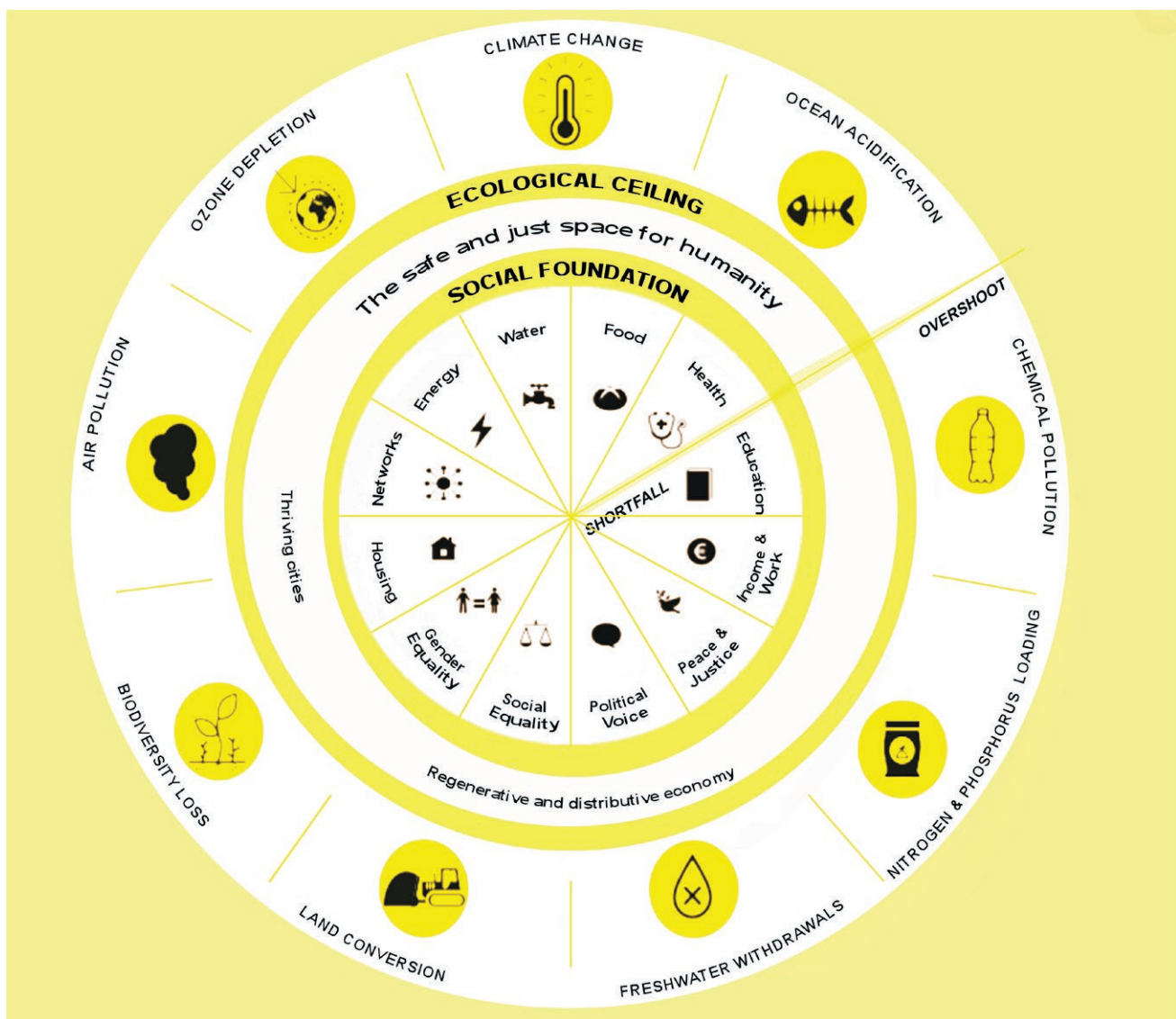
slowing material flows to allow urban human society to thrive within ecological planetary boundaries (Calisto *et al.*, 2020; Schröder *et al.*, 2019; Ghisellini *et al.*, 2016; Hobson, 2016). In doing so, the idea of a “circular degrowing city” can be seen as an umbrella that questions consumption/production practices in cities towards a “rethink, reduce, repair, relocalise, democratise and redistribute” (University of Utrecht, 2020) framework. A materialisation of this process can be represented by the *doughnut cities* available within the model of *doughnut economy* (Raworth, 2017)<sup>3</sup>. The fundamental asset of such a model is to envision a “human” city made by a balanced interaction between sustainability, social justice and quality of life, where individual and collective choices are mediated within a continuum whose extremes are represented by an ecological ceiling and

social basement (Van Der Bosch, 2019) (Fig. 1).

### Perspectives on circularity, degrowth and technology

Key issues emerged from the dialogue between degrowing and circular principles. They are related to the role of innovation and technology. On the one hand, CE places great focus on how technology can improve the waste-free technical loop and regenerate biological ones (Corvellec *et al.*, 2020), often having a propensity for an ideological commitment to optimistic expectations about technological progress (Kerschner *et al.*, 2018, Schröder *et al.*, 2019). On the other hand, even if historically *degrowth* discussed the role of technology (Grunwald 2018; Kerschner *et al.*, 2018; March, 2018) and the urban question (Savini, 2021) with a critical perspective, both topics are





fundamental to formulate the idea of a degrowing circular city. In such debate a common ground can be found – as suggested by Kerschner *et al.* (2018) and March (2018) – in the role of new urban socio-technical assemblages that rely on a synergy between degrowth and circularity beyond theory, offering practices in which sufficiency, conviviality and social justice are combined with the reduction of resource depletion and ecological footprint. Socio-technical transformations can indeed reduce society's throughput (of material and energy) while improving the quality of life (Kallis *et al.*, 2018).

### Socio-technical experiments for transition

Urban socio-technical assemblages can be interpreted as innovative technological devices as forms “of relation to the world and to others, as (they

embody and shape) social relationships [...], tools that reflect power relations, frame the sphere of actions and collective practices” (Muraca and Neuber, 2018). Originally, classic authors of degrowth literature such as Illich, Castoriadis, Latouche, Ellul (see Martinez-Alier *et al.*, 2010 for a review) have been oriented to redraw the technological perspectives towards conviviality, solidarity and voluntary simplicity. Therefore, in this article we investigate the characteristics of socio-technical assemblages which in the current scenario embed the principles of *circularity* and *degrowth* in the urban context. For this purpose, 3 degrowing circular strategies (Reduce-Repair-Relocalise) have been examined. They are the experienced-based cases of low-tech options for self-sufficiency in *Transition Towns*, fault repair in everyday objects in *Repair Cafes* and

local food production in *Community Gardens*. These have been selected as representative of well consolidated urban practices in the large number of cases explored by literature such as democratic digitalisation for information and communication technologies (March, 2018), housing (Cattaneo *et al.*, 2013), eco-communities (Xue, 2014) and the decentralised supply of urban water (Domenech *et al.*, 2013).

### Transition towns, low-tech options as grass-root innovations

Transition town movement, with more than worldwide 1000 initiatives, is a civil society movement with the aim of triggering local and self-organising actions able to respond to climate change and oil peak questions through a transition towards low-carbon lifestyles, self-sufficiency, community empowerment, and participatory governance

(Seyfang, 2012; Hopkins, 2011; Feola *et al.*, 2013). Circularity is a concept embedded in transition practices that has been developed with experiments on local currencies or sharing economies as well on grassroots technology such as solar shower bags, washing lines, alternative heating and cooling methods, phytoremediation and compost toilets. These options for self-sufficiency represent microscale socio-technical innovations that highlight the role of low-tech devices in supporting individuals and communities in a process of less resource-demand or simpler ways of life (Trainer, 2010). This relies on deep behavioural changes to be achieved through sustainable everyday practices (Jalas *et al.*, 2017). The potentiality of devices that do not rely on electricity or fossil fuels, or use passive or direct (non-electric) solar, wind, or human-powered en-

*Città in Transizione, dispositivi low-tech come innovazioni dal basso*

Il *Transition Town Movement* sviluppato a scala globale con oltre 1000 iniziative ha l'obiettivo di innescare azioni locali e auto-gestite in grado di rispondere ai cambiamenti climatici attraverso una transizione verso stili di vita *low-carbon*, auto-sufficienza, *empowerment* della comunità e *governance* partecipativa (Seyfang, 2012; Hopkins, 2011; Feola *et al.*, 2013). La circolarità è incorporata nelle pratiche di transizione con esperimenti su valute locali ed economie della condivisione, nonché su tecnologie auto-prodotte dal basso come docce solari, metodi di raffrescamento e riscaldamento alternativi e passivi, fitodepurazione e bagni a secco. Queste opzioni per l'autosufficienza rappresentano un'innovazione socio-tecnica alla micro-scala che evidenzia il ruolo dei dispositivi *low-tech* nel supportare gli individui e le comunità in un processo di transizione verso stili di vita meno esigenti in termini di risorse e di conseguenza più semplici (Trainer, 2010). Ciò si basa su profondi cambiamenti comportamentali che implicano l'adattamento a pratiche quotidiane sostenibili (Jalas *et al.*, 2017). La potenzialità di dispositivi che non necessitano elettricità o combustibili fossili, che utilizzano energia solare, eolica o umana sia passiva che diretta, implica un cambiamento comportamentale verso una "vita *low-tech*" che può essere complementare a una decarbonizzazione alla meso-scala e alla macro scala perseguita in modo strutturale come trasformazione socio-tecnica (Feola *et al.*, 2013; Alexander *et al.*, 2018). Le innovazioni dal basso delle iniziative di Transizione rappresentano una strategia per la riduzione della domanda in grado di abbassare il consumo energetico complessivo delle famiglie del 36% (Alexander *et*

ergy, implies a deep behavioural shift towards a "low-tech living" that can be complementary to a macroscale and mesoscale decarbonisation pursued in a structural way as socio-technical transformation (Feola *et al.*, 2013; Alexander *et al.*, 2018). The transition grassroots innovations can be seen as demand-reduction strategies able to reduce overall household energy consumption by 36%, making households more resilient and less energy dependent (Alexander *et al.*, 2018).

#### *Repair cafes, re-thinking of technical skills and technological know-how*

Repair cafes are spreading worldwide, including in Italy (Ghisellini *et al.*, 2020), as physical hubs or social gatherings where citizens can recover everyday objects from small electronic appliances to clothes, either with the help of volunteer experts or by

attending courses for small domestic repairs. An analysis of 377 repair cafes worldwide (Charter and Keiller, 2016) showed that this community service experiment is a citizen-led social innovation that deals with the creation of circularity and degrowth at a micro-scale level. Even though a quantitative impact of this practice is not yet available, the high replicability of this experiment and evidence in qualitative data shows that this socio-technical practice has great potential to spread the concept of circularity in urban practices. In fact, the practice is leveraged by: awareness on the necessity to reduce consumption of new goods, engagement in the spread of more sustainable lifestyles, promotion of culture of reparability and longevity. Participants in these activities engaged in a transition towards a sustainable lifestyle and, simultaneously, accomplished a collec-

al., 2018), rendendo le famiglie più resilienti e meno dipendenti dalle infrastrutture energetiche centralizzate.

#### *Repair café, know-how tecnologico inclusivo*

I *Repair Cafés*, in rapida diffusione in tutto il mondo con esempi anche in Italia (Ghisellini *et al.*, 2020), possono essere considerati come luoghi fisici o incontri sociali dove i cittadini possono riparare oggetti di uso quotidiano (da piccoli apparecchi elettronici ad abiti) sia con l'aiuto di esperti volontari sia frequentando corsi per imparare ad effettuare piccole riparazioni domestiche. L'analisi di 377 *Repair Cafés* ha mostrato che questo esperimento come servizio alla comunità sia un'innovazione sociale guidata dai cittadini in grado di sviluppare circolarità e decrescita alla micro-scala (Charter and Keiller, 2016). Sebbene gli impatti quantitativi di questa pratica non siano ancora valutati, l'elevata replicabilità di questo esperimento e le ricerche qualitative condotte ne dimostrano l'elevato potenziale nel diffondere il concetto di circolarità nelle pratiche urbane. I partecipanti a queste iniziative personalmente coinvolti nella transizione verso uno stile di vita sostenibile basato su una cultura della riparabilità e longevità al contempo operano un ripensamento collettivo delle competenze tecniche e del *know-how* tecnologico in chiave più democratica. Questa prospettiva *peer-to-peer* in una logica di condivisione ha la potenzialità di responsabilizzare i cittadini sia verso l'uso della tecnologia sia sull'opportunità di ridefinire una conoscenza dal basso che confluisca in innovazioni socio-tecniche indipendenti dalle logiche economiche e determinate dal coinvolgimento diretto dei cittadini implicando un impegno individuale e collettivo.

tive re-thinking of technical skills and technological know-how in a more democratic manner. This peer-to-peer perspective in a logic of sharing and *doing together* has the potential to empower citizens through both the use of technology and the opportunities to set grassroots knowledge for socio-ecological and socio-technical innovation.

#### *Community gardens, hubs for do-it-yourself sustainability*

The emerging practice of community garden is gaining popularity as a regenerative response to urban decay addressing social and economic stressors, increasing healthy food choices, promoting civic engagement, mental and physical health, social inclusion, income generation, identity, empowerment and self-reliance (Kingsley *et al.*, 2019). The multidimensionality of community garden-

ing as a *soft infrastructure* (Miller, 2019) lies in the fact that food production is re-localised locally and able to provide spaces for synergic measures to reduce environmental impacts while improving well-being. In the gardening practice, from a circularity and degrowth perspective, a crucial aspect is represented by the shift from the role of consumers to prosumers (Nelson *et al.*, 2020). This indicates how collaborative value creation or commons-based production can trigger empowerment in self-providing and self-organised practices, thus influencing significant changes in consumption and in patterns of resource use. Beyond the pure food production, community gardens are socio-technical assemblages because they experiment sustainable do-it-yourself solutions at community level such as wastewater treatment, rainwater har-

### Orti Comunitari, hub per una sostenibilità Do-It-Yourself

La pratica degli orti comunitari (*Community Gardens*) trova sempre maggiore popolarità come risposta rigenerativa a condizioni di vulnerabilità e degrado urbano capace di mitigare fattori di stress sociali ed economici, promuovere scelte alimentari consapevoli, impegno civico, salute mentale e fisica, inclusione sociale, identità e autosufficienza (Kingsley *et al.*, 2019). La multi-dimensionalità di tale pratica come infrastruttura *soft* (Miller, 2018), combina la rilocalizzazione a scala di prossimità della produzione alimentare e benefici ambientali come l'aumento della biodiversità con un concreto miglioramento del benessere dei cittadini. In un'ottica di Circolarità e Decrescita, un aspetto cruciale dei *Community Gardens* è rappresentato dalla trasformazione dei cittadini dal ruolo di consumatori a quello di *prosumer* (Nelson *et al.*, 2020). Ciò indica come la creazione di valore di tipo collaborativo e una produzione collettiva basata sui beni comuni e di prossimità possa innescare l'*empowerment* dei cittadini attraverso pratiche di auto-produzione auto-gestite, influenzando così cambiamenti significativi nei consumi e nei modelli di uso delle risorse. Al di là della pura produzione alimentare, gli orti comunitari possono essere considerati come assemblaggi socio-tecnici perché spazi che sperimentano soluzioni *do-it-your-self* per la sostenibilità su scala comunitaria come il trattamento delle acque reflue, raccolta dell'acqua piovana, utilizzo dell'energia solare, riciclo dei rifiuti organici, con impatti evidenti sulla vivibilità, prestazioni ambientali, riduzione del consumo di energia e di materiali (Miller *et al.*, 2019).

vesting, solar energy utilisation, solid waste recycling with effective impacts on livability, environmental performance, energy reduction and flow of materials (Miller, 2019).

#### Outcomes

The study of the Transition Towns, Repairs Cafes, and Community Gardens highlights the way they represent experiments in which citizens engage with different types of circularities beyond market-based interactions (Hobson, 2016). They are, in fact, *degrowing technologies* and convivial tools capable of recovering the autonomy of individuals in satisfying human needs, social solidarity, friendship and mutual giving (Ilich, 1973). Table 1 synthesises the criteria (conviviality, appropriateness, feasibility, viability) proposed by Kerschner *et al.* (2018) for the evaluation of degrowth technologies.

The analysis suggests that the idea of a degrowing circular city can be driven through the co-production of forms of sharing and devices capable of coupling ecological, social and technical aspects. Since literature on CE has paid little attention to alternatives to growth thinking such as degrowth (Calisto *et al.*, 2020) and its relation to urban socio-technical assemblages, this study contributes first with a review of the main conceptual strands in the current debate on the topic and, second, with a reflection on dimensions such as inclusiveness, conviviality, solidarity and reciprocity that are often neglected in technology topics.

#### Shifting the socio-technical imaginary of growth

In conclusion, strategies of *reduce, repair and relocalise* as grassroots innovations, if implemented in both urban

### Risultati

Dallo studio dei tre casi emerge come questi esperimenti dal basso rappresentino pratiche urbane in cui i cittadini sperimentano diversi aspetti della circolarità oltre le interazioni di tipo puramente economico (Hobson, 2016). Nella loro dimensione socio-technica possono essere considerati come «tecnologie della decrescita e strumenti di convivialità» in grado di «ristabilire l'autonomia degli individui nel soddisfare i bisogni umani, la solidarietà sociale, le relazioni interpersonali e la reciprocità» (Ilich, 1973). Un'analisi dei criteri per la valutazione delle tecnologie della decrescita basata sugli attributi proposti (Kerschner *et al.*, 2018) (convivialità, appropriatezza, fattibilità, realizzabilità) è illustrata in tabella 1 al fine di rintracciare le caratteristiche degli assemblaggi socio-tecnici esaminati. Tale esame suggerisce che l'idea di una *città circolare in decrescita* può essere veicolata attraverso la coproduzione di forme di condivisione e di dispositivi capaci di coniugare aspetti ecologici, sociali e tecnici. Lo studio a partire dalle limitazioni riscontrate nella letteratura sull'EC contribuisce a riflettere su dimensioni come l'inclusività, la convivialità, la solidarietà e la reciprocità, trascurate nella discussione del ruolo della tecnologia nell'applicazione della Circolarità in campo urbano.

### Cambiamento dell'immaginario socio-tecnico

In conclusione, le strategie di *Reduce, Repair and Relocalise* come innovazioni dal basso, benché esaminate solo in una limitata selezione di casi, possono riconoscersi come traiettorie emergenti che se implementate e inglobate sia a livello di politiche che di progetti a scala urbana possono:

policies and projects, are expected to significantly:

1. influence a shift in business-as-usual growth-oriented political, economic and urban models;
2. structure actions suitable to include autonomy, direct democracy and self-government within the circular solutions;
3. create a synergic vision between degrowth society, circularity and technology.

Finding the gaps in the current application of CE principles within the cities and outlining alternatives can nurture a cultural shift from a techno-conception of sustainable growth towards a degrowth vision oriented to well-being, happiness, prosperity and social justice. This suggests the need to create and experiment new socio-technical imaginaries in which low-tech living, self-sufficiency, conviviality and

sharing are key aspects of a socio-economic and environmental transition.

#### NOTES

<sup>1</sup> The first city to apply this model officially is Amsterdam through a holistic urban policy experimented in seventeen urban blocks and based on three value chains: food and organic waste, consumer goods and the built environment (City of Amsterdam *et al.*, 2019).



1. influenzare un cambiamento nei modelli politici ed economici urbani orientati alla crescita;
2. strutturare azioni adatte a includere principi di autonomia, democrazia diretta, autogoverno e inclusione all'interno di misure che veicolino la circolarità;
3. creare una visione sinergica tra società della decrescita, circolarità e tecnologia.

Rintracciare le lacune nell'attuale applicazione dei principi di EC nella pratica urbana e delineare alternative può, alimentare un cambiamento culturale, riorientare la concezione della tecnologia a servizio della crescita sostenibile verso una visione della Decrescita che vede nella tecnologia uno *strumento di convivialità* mirato al benessere, alla felicità, alla prosperità e alla giustizia sociale. Ciò suggerisce la necessità di sperimentare nuovi immaginari socio-tecnici in cui la vita *low-tech*, l'autosufficienza, la convivialità, la collaborazione sono aspetti chiave di una transizione sia socio-economica che politica e ambientale.

NOTE

<sup>1</sup> Amsterdam ha adottato ufficialmente tale modello attraverso una politica urbana basata su tre catene di valore: produzione alimentare e rifiuti organici, beni di consumo e ambiente costruito (City of Amsterdam *et al.*, 2019).

REFERENCES

Alexander, S. and Yacoumis, P. (2018), "Degrowth, energy descent, and 'low-tech' living: Potential pathways for increased resilience in times of crisis", *Journal of Cleaner Production*, Vol.197, pp. 1840-1848.

Calisto Friant, M., Vermeulen, W. and Salomone R. (2020), "A typology of circular economy discourses: Navigating the diverse visions of a contested paradigm", *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 161.

Cattaneo, C. and Gavaldà, M. (2010), "The experience of rurban squats in Collserola, Barcelona: what kind of degrowth?", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 18, n. 6, pp.581-589.

Charter, M. and Keiller, S. (2016), *The Second Global Survey of Repair Cafés: A Summary of Findings*, The Centre for Sustainable Design, University for the Creative Arts.

City of Amsterdam, Circle Economy and Raworth, K. (2019), *Report: Building blocks for the new strategy Amsterdam Circular 2020-2025*.

Corvellec, H., Böhm, S., Stowell, A. and Valenzuela, F. (2020), "Introduction to the special issue on the contested realities of the circular economy", *Culture and Organization*, Vol. 26, n. 2, pp. 97-102.

Domenech, L., March, H. and Saurí, D. (2013), "Degrowth initiatives in the urban water sector? A social multi-criteria evaluation of non-conventional water alternatives in Metropolitan Barcelona", *J. Clean. Prod.* Vol. 38, pp. 44-55.

Feola, G. and Nunes, J.R. (2013), *Failure and Success of Transition Initiatives: a study of the international replication of the Transition Movement. Research Note 4*, Walker Institute for Climate System Research, Reading, United Kingdom.

Tab.01 |

STRATEGIES/CASES	REDUCE/Transitions towns	REPAIR/Repair cafes	RELOCALISE/Community Gardens
<b>KEY CHARACTERISTICS</b>	Autonomy, low-tech options, decentralization, self-sufficiency	Reduction of waste, reduction of consumption of new goods, self-sufficiency	Local food production, do it your self-devices, autonomy, decentralization
<b>CRITERIA</b>			
<b>Feasibility</b> the compatibility of the effort with the external constraints imposed by the environment/biophysical limits (Gomiero, 2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presence of adequate environmental, climatic and spatial conditions</li> <li>• Households' adaptability in terms of spaces and supply systems</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Availability of personal time</li> <li>• Availability of material and tools for repairing</li> <li>• Availability of publicly available spaces</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Availability of areas for gardening</li> </ul>
<b>Viability</b> capability to maintain function and structure to support human activity within socio-ecological metabolism (internal conditions) (Muraca <i>et al.</i> , 2018; Gomiero, 2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Low-cost solutions and economic saving for energy/water demand</li> <li>• Deep change in behavioral pattern and everyday practices</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presence of local networks</li> <li>• Gratuity/ Sharing Economy</li> <li>• Strong civic and ecological engagement</li> <li>• Volunteering</li> <li>• Availability of personal time</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Communal, collective or public land ownership</li> <li>• Presence of local networks</li> </ul>
<b>Appropriateness</b> describes technologies developed, adapted, repaired and maintained with local material and know-how (Alexander <i>et al.</i> , 2018).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacity of householders to adapt to low-tech devices</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peer-to peer engagement</li> <li>• Collective knowledge</li> <li>• Endogenous technical skills</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Community know-how</li> <li>• Collective knowledge</li> </ul>
<b>Conviviality</b> potentiality of tools capable to recover the autonomy of individuals in satisfying human needs, social solidarity, friendship and mutual giving (Ilich, 1973; Kershner <i>et al.</i> , 2018; Vetter 2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Self-sufficiency</li> <li>• Autonomy from energy networks and centralized infrastructures</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Collective sharing of technical skills</li> <li>• Mutual giving</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Collaborative commons-based production</li> <li>• Collective knowledge</li> <li>• Solidarity</li> </ul>

- Ghisellini, P. and Ulgiati, S. (2020), "Circular economy transition in Italy. Achievements, perspectives and constraints", *J. Clean. Prod.*, Vol. 243.
- Ghisellini, P., Cialani C. and Ulgiati S. (2016), "A Review on Circular Economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems", *J. Clean. Prod.*, Vol. 114, pp. 11-32.
- Grunwald, A. (2018), "Diverging pathways to overcoming the environmental crisis: a critique of eco-modernism from a technology assessment perspective", *J. Clean. Prod.*, Vol. 197, n. 2, pp. 1854-1862.
- Hobson, K. and Lynch, N. (2016), "Diversifying and de-growing the circular economy: Radical social transformation in a resource-scarce world", *Futures*, Vol. 82, pp. 15-25.
- Homrich, A.S., Galvão, G., Abadia, L.G. and Carvalho, M.M. (2018), "The circular economy umbrella: trends and gaps on integrating pathways", *J. Clean. Prod.*, Vol. 175, pp. 525-543.
- Hopkins R. (2011), *The Transition companion*. Totnes, Green Books, United Kingdom.
- Illich, I. (1973), *Tools for Conviviality*, Harper and Row, New York, United State.
- Inigo, E. A. and Blok, V. (2019), "Strengthening the Socio-Ethical Foundations of the Circular Economy: Lessons from Responsible Research and Innovation", *J. Clean. Prod.*, Vol. 233, pp. 280-291.
- Jalas, M., Hyysalo, S., Heiskanen, E., Lovio, R., Nissinen, A., Mattinen, M., Rinkinen, J., Juntunen, J. K., Tainio, P. and Nissilä, H. (2017), "Everyday experimentation in energy transition: A practice-theoretical view", *J. Clean. Prod.*, Vol. 169, pp. 77-84.
- Kallis, G., Kostakis, V., Lange, S., Muraca, B., Paulson, S. and Schmelzer, M. (2018), "Research on degrowth", *Annu. Rev. Environ. Resour.*, Vol. 43.
- Kębłowski W., Lambert D. and Bassens D. (2020), "Circular economy and the city: an urban political economy agenda", *Culture and Organization*, Vol. 26, n. 2, 142-158.
- Kerschner, C., Wächter, P., Nierling, L. and Ehlers, M.H. (2018), "Degrowth and Technology: Towards feasible, viable, appropriate and convivial imaginaries", *J. Clean. Prod.*, Vol. 197, pp. 1619-1636.
- Kingsley, J., Foenander, E. and Bailey, A. (2019), "You feel like you're part of something bigger: exploring motivations for community garden participation in Melbourne, Australia", *BMC Public Health* 19, 745.
- Korhonen, J., Nuur, K., Feldmann, A. and Birkie, S. (2018), "Circular economy as an essentially contested concept", *J. Clean. Prod.*, Vol. 175, pp. 544-552.
- March, H. (2018), "The Smart City and other ICT-led techno-imaginaries: Any room for dialogue with Degrowth?", *J. Clean. Prod.*, Vol. 197, pp. 1694-1703.
- Martínez-Alier, J., Pascual, U., Vivien and F.-D., Zaccai, E. (2010), "Sustainable de-growth: mapping the context, criticisms and future prospects of an emergent paradigm", *Ecol. Econ.*, Vol. 69, 1741-1747.
- Miller, M. (2019), "Food, water, energy, waste: an examination of socio-technical issues for urban prosumers: Part 2 (Results and Discussion)", *Energy Procedia*, Volume 161, 2019.
- Muraca, B. and Neuber, F. (2018), "Viable and convivial technologies: considerations on climate engineering from a degrowth perspective", *J. Clean. Prod.*, Vol. 197, n. 2.
- Predeville, S., Cherim, E. and Bocken, N. (2018), "Circular Cities: Mapping Six Cities in Transition", *Environmental Innovation and Societal Transitions*, Vol. 26, pp. 171-194.
- Raworth, K. (2017), *Doughnut Economics: Seven ways to think like a 21st-century economist*. Chelsea Green Publishing, Chelsea, United Kingdom.
- Savini, F. (2021), "Towards an urban degrowth: Habitability, finity and polycentric autonomism", *Environment and Planning A: Economy and Space*, Vol. 0, pp. 1-20.
- Schröder, P., M. Bengtsson, M. Cohen, P. Dewick, J. Hoffstetter and J. Sarkis (2019), "Degrowth Within: Aligning Circular Economy and Strong Sustainability Narratives", *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 146, pp. 190-191.
- Seyfang, G. and Haxeltine, A. (2012), "Growing Grassroots Innovations: Exploring the Role of Community-Based Initiatives in Governing Sustainable Energy Transitions", *Environment and Planning C: Government and Policy*.
- Trainer, T. (2010), *The transition to a sustainable and just world*, Envirobook, Sydney.
- Utrecht University (2020), "From Circular Economy to Circular Society", available at: <https://www.uu.nl/en/events/online-utrecht-degrowth-symposium-from-circular-economy-to-circular-society>.
- Valenzuela, F. and Böhm S. (2017), "Against Wasted Politics: A Critique of the Circular Economy", *Ephemera*, Vol. 17, n. 1, pp. 23-60.
- Van der Bosch, H. (2019), "Humane cities. Always humane. Smart if helpful", available at: <https://is.gd/6DTYuV>.
- Vetter, A. (2018), "The Matrix of Convivial Technology assessing technologies for degrowth", *J. Clean. Prod.*, Vol. 197, n. 2, pp. 1778-1786.
- Xue, J. (2014), "Is eco-village/urban village the future of a degrowth society? An urban planner's perspective", *Ecol. Econ.*, Vol. 105, pp. 130-138.

# Approccio circolare per l'innovazione tecnologica con scarti della filiera agroindustriale

RICERCA E  
SPERIMENTAZIONE/  
RESEARCH AND  
EXPERIMENTATION

Corrado Carbonaro, Roberto Giordano, Jacopo Andreotti, Denis Faruku,  
Dipartimento di Architettura e Design, Politecnico di Torino, Italia

corrado.carbonaro@polito.it  
roberto.giordano@polito.it  
jacopo.andreotti@polito.it  
denis.faruku@polito.it

**Abstract.** Il settore delle costruzioni è oggi in grado di fungere da catalizzatore di processi circolari in sinergia con diverse filiere industriali, comprese quelle che includono il riutilizzo di sottoprodotti vegetali, potenzialmente utilizzabili come materie prime seconde (MPS). Tali processi trovano collocazione in un cluster di ricerca, descritto attraverso quattro progetti, articolati secondo un metodo di lavoro sperimentale, di monitoraggio prestazionale e di verifica di impatto ambientale. Le attività del cluster hanno portato alla collaborazione tra aziende e università, ponendo le premesse di innovazioni di processo e di prodotto, evidenziando la necessità di implementare strumenti e policies per rendere efficienti le filiere di recupero e stoccaggio delle MPS.

**Parole chiave:** Simbiosi industriale; Riciclaggio scarti agro-industriali; Prototipi circolari; Tecnologie circolari; Tecnologie edili innovative.

## Leconomia circolare dei prodotti: quadro normativo e linee di tendenza

Il supporto internazionale e locale alla “liberalizzazione dell’uso dei rifiuti” e alla normazione delle procedure sta sortendo l’effetto di moltiplicare le azioni di riuso e riciclo di Materie Prime Seconde (MPS) nell’Architettura. L’obiettivo, già promosso all’interno del documento presentato dall’UE circa l’economia circolare per la progettazione degli edifici (EU Commission, 2020), è quello di innescare un mercato locale o nazionale del rifiuto, nel momento in cui la filiera di raccolta e trasformazione sia ormai stabilmente in grado di auto-alimentarsi. Il mercato del rifiuto è in costante ascesa: piattaforme informatiche, quali Waste-outlet, Recycle Blu, BaleBid, forniscono lo spazio virtuale per vendere o concedere gratuitamente un rifiuto a chi ne sia interessato. Ciò produce, da un lato, una riduzione dei costi di smaltimento, dall’altro, la possibilità di accedere a delle MPS a basso costo. Il processo di normazione ha inciso fortemente sullo sviluppo del mercato, delle competenze e

Il supporto internazionale e locale alla “liberalizzazione dell’uso dei rifiuti” e alla normazione delle procedure sta sortendo l’effetto di moltiplicare le azioni

A circular approach to technological innovation with waste from the agri-industrial supply chain

**Abstract.** Today’s construction sector is able to act as a catalyst for circular processes in synergy with various industrial supply chains, including those that include the reuse of plant by-products, which can potentially be used as secondary raw materials (SRM). These processes fall within a research cluster described through four projects, articulated on the basis of an experimental work method, performance monitoring and assessment of environmental impact. The activities of the cluster have led to collaboration between companies and universities, laying the foundations for process and product innovation, highlighting the need to implement tools and policies to streamline SRM recovery and storage chains.

**Keywords:** Industrial symbiosis; Recycling of agri-industrial waste; Circular prototypes; Circular technology; Innovative building technologies.

delle tecnologie; In Italia sono stati introdotti i requisiti minimi ambientali (CAM) con il D.L. 19 aprile 2017, n. 56. I CAM prevedono che negli appalti pubblici per la progettazione o la costruzione di edifici, siano adottati dei criteri ambientali obbligatori che afferiscono sia alla fase di progettazione sia alla scelta dei sistemi tecnologici adottati. Per i materiali da costruzione, a seconda della tipologia, la norma individua limiti minimi di contenuto di materia riciclata e criteri premianti in relazione al contenuto di materiale rinnovabile o riciclabile. Ciò ha certamente segnato un punto di svolta, “destabilizzando” il processo di elaborazione e gestione delle procedure di appalto e innescando lo sviluppo di professionalità e processi d’innovazione tecnologica, certamente positivi per il settore delle costruzioni.

In Italia, il processo di transizione verso tecnologie che utilizzino risorse da MPS, è stato ulteriormente accelerato con il D. L. 17 marzo 2020, n.18, il quale ha introdotto il cosiddetto “superbonus”, una misura fiscale incentivante per la quale le spese di riqualificazione energetica sostenute dal 1° luglio 2020 al 31 dicembre 2021, possono essere detratte fiscalmente per il 110% del costo dell’opera, a patto che i materiali utilizzati per le riqualificazioni siano conformi ai requisiti minimi dei CAM. Tali norme e incentivi hanno avuto effetti diretti sia sull’utenza pubblica (CAM) sia su quella privata (superbonus), determinando da parte dei produttori di materiali edili una spinta alla riconversione circolare dei prodotti offerti, pena l’esclusione della parte più ampia del mercato edile del biennio 2020-2022.

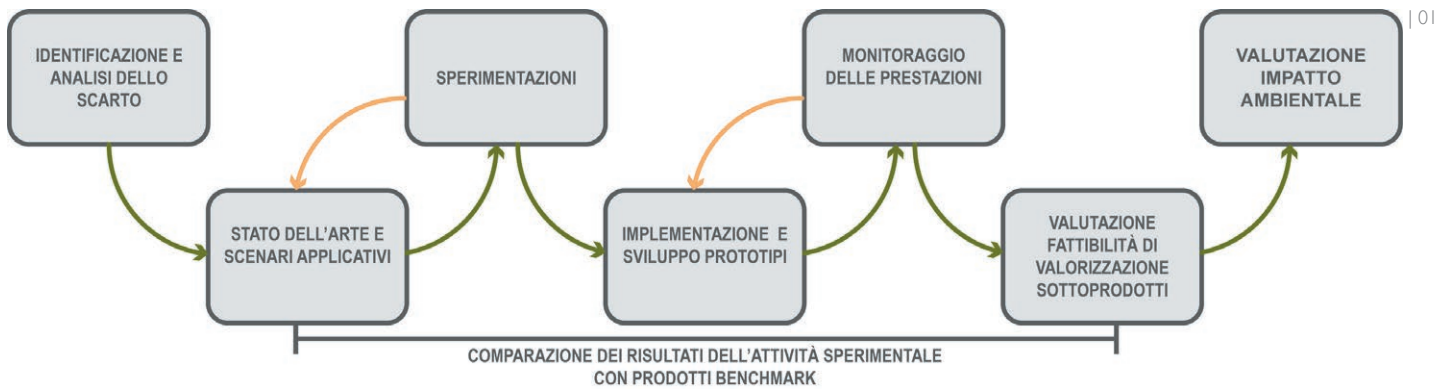
In questo quadro normativo, appare evidente la necessità di individuare strategie che inneschino sinergie industriali di filiera,

## The circular economy of products: regulatory framework and trends

International and local support for the “liberalisation of the use of waste” and for the standardisation of its procedures is multiplying the reuse and recycling of secondary raw materials (SRM) in architecture. The aim, already promoted in the document presented by the EU on the circular economy for the design of buildings (EU commission, 2020), is to trigger a local or national market for waste, now that the collection and processing chain is firmly able to sustain itself. The waste market is growing steadily: IT platforms, such as Waste-outlet, Recycle Blu and BaleBid, provide virtual space to sell or give away your waste for free to anyone interested. On the one hand, this reduces disposal costs, and, on the other, it offers access to low-cost SRM. The standardisation

process has strongly impacted the development of the market, skills and technologies, as in the Italian case concerning the introduction of minimum environmental requirements (CAM). Introduced by Legislative Decree no. 56 of 19 April 2017, they stipulate that, in public contracts for the design or construction of buildings, mandatory environmental criteria relating to both the design phase and the choice of technological systems adopted must be implemented. In the case of building materials and depending on the type, the standard identifies minimum limits of recycled material content and rewarding criteria in relation to the content of renewable or recyclable material. This has definitely marked a turning point, destabilising the process of drafting and managing procurement procedures, and triggering the development of professionalism and





con l'obiettivo di sfruttare le MPS o i sottoprodotti derivanti dalle altrui produzioni. Tradizionalmente le filiere o i cluster produttivi si sono sviluppate prevalentemente tra aziende del medesimo settore produttivo, ma negli ultimi anni il modello dell'economia circolare ha imposto una nuova tendenza, che favorisce lo sviluppo di collaborazioni tra ambiti industriali non tradizionalmente affiliati. Il motivo risiede nel fatto che ottimizzare le filiere d'ambito, già rese efficienti, sia più oneroso rispetto al processo di innovazione di prodotto, innescata, ad esempio, da sinergie con il mondo agricolo e forestale. È necessario quindi sviluppare competenze trasversali e sistemi locali che coinvolgano soggetti produttivi di differenti ambiti, affinché ogni risorsa naturale e MPS disponibile sia sfruttata completamente e nella maniera più efficace (Munaro *et al.*, 2020).

### Un metodo per l'innovazione

Le attività di ricerca di seguito descritte sono state condotte da un team di ricerca del Dipartimento di Architettura e Design del Politecnico di Torino con il supporto del Laboratorio Sistemi Tecnologici Innovativi (LaSTIn).

technological innovation processes, which are clearly positive for the construction sector. In Italy, the process of transition to technologies that use resources from SRM has been further accelerated by the passing of Legislative Decree no. 18 of 17 March 2020, which introduced the so-called "superbonus". This is a tax incentive for which spending for energy requalification incurred between 1 July 2020 and 31 December 2021 can be deducted for tax purposes. The amount deductible is 110% of the cost of the work, as long as the materials used for the requalification comply with the minimum requirements of the CAM. These rules and incentives have had direct effects on both public (CAM) and private (superbonus) users, encouraging the manufacturers of building materials to adopt a circular reconversion of the products offered, or otherwise be excluded from the

bulk of the construction market in 2020-2022. In this regulatory framework, there is a clear need to identify strategies that trigger industrial supply chain synergies, with the aim of exploiting SRM or by-products from other processes. Traditionally, supply chains or production clusters have developed mainly between companies in the same production sector, but in recent years the circular economy model has imposed a new trend, coinciding with the development of collaborations between industrial sectors that are not traditionally affiliated. The reason lies in the fact that optimising already highly efficient supply chains is more costly than the process of product innovation triggered, for example, by synergies with the agricultural and forestry sectors. This makes it necessary to develop transversal expertise and local systems

Pur trattandosi di progetti che hanno raggiunto differenti livelli di sviluppo, si caratterizzano secondo un approccio comune: identificazione e prima analisi dello scarto; definizione dello stato dell'arte e definizione delle sue possibili applicazioni; sperimentazioni e prima valutazione dei risultati conseguiti; implementazione dell'attività sperimentale e sviluppo di prototipi; monitoraggio delle prestazioni dei prototipi; valutazione della fattibilità di valorizzazione degli scarti come materie prime seconde; valutazione dell'impatto ambientale evitato per effetto del recupero e riciclaggio degli scarti (Fig. 1).

In relazione della tipologia di scarto – altresì definito *output* – il tempo dedicato a ogni fase è variabile: in alcuni casi si connota per una certa programmabilità, in altri, al contrario, attraverso un'evoluzione variabile non definibile a priori. Ciò non è però da ricondurre a una mancata competenza dei processi programmatici, è da ricondurre alle condizioni spesso incerte di chi opera in progetti di ricerca finalizzati a perseguire gli obiettivi dell'economia circolare; condizioni che prevedono che i processi di produzione siano concepiti in modo aperto, dando avvio a connessioni in cui i flussi di *output* di un sistema possano diventare flussi di *input* (materie prime seconde) in grado di alimentarne un altro.

that involve production companies from different sectors, so that every available natural resource and SRM is fully and effectively exploited (Munaro *et al.*, 2020).

### A method for innovation

The research activities described below were carried out by a research team from the Department of Architecture and Design of Politecnico di Torino with the support of the Innovative Technological Systems Laboratory (LaSTIn). Although the projects have reached different levels of development, they are characterised by a common methodological approach: identification and initial analysis of waste; definition of the state of the art and of its possible applications; experimentation and initial assessment of the results attained; implementation of the experimental

activity and development of prototypes; monitoring of the mechanical and physical/technical performance of the prototypes; assessment of the feasibility of exploiting waste as a secondary raw material; assessment of the environmental impact avoided as a result of waste recovery and recycling (Fig. 1).

In relation to the type of waste - also referred to as *output* - the time dedicated to each phase is variable: in some cases, it is characterised by a certain degree of programming, in others by a variable evolution that cannot be defined in advance. This is not, however, due to a lack of expertise in planning processes, but due to the often uncertain conditions of those who work in research projects aimed at pursuing the goals of the circular economy, which envisage that production processes be conceived in an open manner, initiating

Il punto di partenza è meno definito sia in merito alle proprietà intrinseche del residuo sia nel perimetro della ricerca che ha contorni più incerti. In passato il rifiuto era conosciuto a priori, poiché proveniva da attività di costruzione e demolizione, dove materiali e componenti erano “parte” delle abilità cognitive degli attori del processo edilizio (Gangemi, 2004; Antonini, 2001). L'avvio di processi virtuosi di recupero era influenzato più dai limiti di natura normativa o dal moderato ed eterogeneo numero di centri di trasformazione.

Oggi si assiste a un parziale rovesciamento delle condizioni, il quadro legislativo prevede norme in grado di facilitare i processi di riciclaggio, mentre i rifiuti avviati a recupero sono aumentati (Italia del Riciclo, 2020); ciò che è cambiato è il rifiuto all'origine. Operare in un contesto di tipo circolare, comporta inevitabilmente un approccio di tipo ipotattico, nel quale l'*output* non è conosciuto a priori, lo si incontra e lo si studia in conformità alle condizioni specifiche di un contesto di riferimento (geografico, sociale ed economico).

Un sistema circolare deve prevedere una sinergia pianificata e consolidata tra le aree urbane ed extra urbane limitrofe (ARUP, 2017), dove le prime si occupano di gestire i processi di riciclaggio per sfruttarli in edilizia, mentre le seconde orientano la produzione e la raccolta di scarti in relazione al fabbisogno delle filiere produttive.

I risultati dei progetti di ricerca qui presentati ne sono una plastica dimostrazione. Sono stati sviluppati in un territorio a cavallo tra il Piemonte e la Rhône-Alpes, con un certo tipo di vocazione agricola. I rifiuti e i sottoprodotti sono stati messi a disposizione da un settore oggi trainante per l'economia locale: il settore agrotecnico, che sta dimostrando un particolare interesse

connections in which the output flows of one system can become input flows (secondary raw materials) capable of feeding another.

The starting point is less clearly defined, both in terms of the intrinsic properties of the residue and the perimeter of the research, which has more uncertain contours.

In the past, however, waste was known a priori, as it came from construction and demolition activities, where materials and components were “part” of the cognitive skills of the players in the building process (Gangemi, 2004; Antonini, 2001). The start of virtuous recovery processes was influenced more by regulatory limits or by a moderate and heterogeneous number of transformation and recycling centres.

Today, we are witnessing a partial reversal of conditions. The legislative framework includes provisions to

facilitate recycling processes and the amount of waste sent for recycling has increased (Italia del Riciclo, 2020); what has changed is the waste at the origin. Operating in a circular context inevitably involves a hypo-tactical approach, in which the output is not known a priori, it is encountered and studied in compliance with the specific conditions of a reference context (geographical, social and economic).

A circular system should envisage a planned and consolidated synergy between neighbouring urban and extra-urban areas (ARUP, 2017), where the former are responsible for managing recycling processes to exploit them in the construction sector, while the latter direct the production and collection of waste in relation to the needs of production chains.

The results of the research projects presented here are a plastic demonstration

a intercettare le innovazioni di un'economia circolare.

Ne discende che uno dei principali compiti del ricercatore è, in primo luogo, di comprendere i caratteri del contesto e – successivamente – di progettare scenari di riciclo.

Il laboratorio, qui da intendere nella sua accezione di luogo dove si svolgono attività di carattere empirico, ha un compito strategico, poiché è qui che - sulla base di uno stato dell'arte che contempla studi non solo circoscritti al settore delle costruzioni - si svolgono i primi, talvolta incerti, esperimenti. La fase di sperimentazione iniziale è però anche quella più stimolante, dove in alcuni casi si assemblano i rifiuti e/o i sottoprodotti con le materie prime impiegate in edilizia; la produzione di numerosi campioni e provini è fase necessaria per definire il migliore mix tra i componenti. Non a caso la definizione adottata è *mix design*, ovvero, progettazione della miscela.

L'enfasi su una o più delle attività descritte all'inizio di questo paragrafo può inoltre condurre alla realizzazione di due tipologie di esperienze complementari ma distinte. In relazione a un quadro di obiettivi specifici dei progetti di ricerca, in alcuni casi il lavoro è finalizzato alla progettazione di un nuovo prodotto. In altri è invece la progettazione della filiera, nella quale alcuni strumenti di analisi e di valutazione, a partire dalla *Life Cycle Assessment* (LCA), sono utilizzati come indicatori per valutare l'efficienza ambientale delle trasformazioni che si intendono apportare a un processo produttivo. Che si parli di innovazione di prodotto o che si faccia riferimento all'innovazione di processo, lavorare nell'ambito di ricerche connesse all'economia circolare, conduce spesso a immaginare nuove professionalità (figure intermedie in grado di favorire una prima valorizzazione di un scarto in una futura MPS) cui spetta il compito di trasforma-

of this. They were developed in an area between Piedmont and the Rhône-Alpes region, with a certain type of agricultural vocation. The waste and by-products were made available by the agri-technical sector, which is now a driving force in the Piedmontese economy and is displaying a particular interest in intercepting the innovations of a circular economy.

It follows that one of the main tasks of the researcher is, firstly, to understand the characteristics of the context and only subsequently to design recycling scenarios.

The laboratory, understood here as a place where empirical activities are carried out, has a strategic role to play, as it is here that the first, sometimes uncertain, experiments are carried out – on the basis of a state of the art that contemplates studies that go beyond the construction sector – trusting in

a positive match between results and expectations. The initial experimentation phase is also the most stimulating, with waste and/or by-products being assembled, in some cases with materials traditionally used in the construction process, in which the production of numerous samples and specimens is a necessary step to define the best mix of components. It is no coincidence that the definition adopted is *mix design*.

Emphasis on one or more of the activities described at the beginning of this paragraph may also lead to the realisation of two complementary but distinct types of experience. In relation to a framework of specific research goals, in some cases the work is aimed at designing a new product. In others, the focus is on the design of the supply chain, in which certain analysis and evaluation tools, starting with *Life*

Tab. 01 | Quadro sinottico reale e stimato delle filiere agroindustriali, elaborazione degli autori  
*Real and estimated synopsis of agri-industrial supply chains, elaboration by the authors*

Regione Piemonte	Nocciola		Vite	Mais	Frumento	Riso	Canapa
Superficie coltivata (ha)	25.418		43.872	138.891	68.495	111.632	47
Sottoprodotto	Guscio	Cuticola	Raspo	Tutolo	Paglia	Paglia	Canapulo
Lavorazione che produce il residuo	Scusciatura con piastre battenti	Tostatura ad infrarossi	Pigiatura con rulli	Cippatura con kit Harcob <sup>1</sup>	Trebbiatura	Trebbiatura	Trebbiatura
Resa ad ettaro del sottoprodotto (t/ha)	1,98	0,032	0,33	1,3	4	3	5,5
Disponibilità potenziale annua (t/anno)	50.485	822,7	14.418	180.558	273.980	334.896	258,5
Valore medio di mercato (euro/t)	195	NA	NA	65	55-100 <sup>2</sup>	70	6
Ricavi potenziali (euro)	9.844.575	NA	NA	11.736.270	15.068.900	23.442.720	1.551
					27.398.000		

Tab. 01

re un lavoro sperimentale in un nuovo modello di sviluppo del contesto, ovvero del territorio indagato.

Un'ulteriore conferma delle complementarità che può essere rintracciata tra sviluppo di prodotto e di processo, la si trova nella sintesi delle ricerche descritte di seguito, nelle quali il punto di partenza comune è rappresentato dalla tipologia dei sottoprodotti, tutti derivanti da scarti della lavorazione agricola. Operare in modo continuativo su questa tipologia di scarti, pur in un sistema fragile per le ragioni sopra esposte, ha portato al coinvolgimento di alcuni attori del territorio, che hanno consentito al team di ricerca di acquisire nuove conoscenze, favorendo un successivo travaso di *know-how*, da una ricerca a all'altra. Ne è nato un cluster di ricerche denominato *all you can't eat* (Giordano *et al*, 2020) la cui finalità principale è di valorizzare dei sottoprodotti, che non entrano nella catena alimentare dell'uomo e che possono trasformarsi in input per nuovi prodotti o nuovi processi.

Nell'ambito di *all you can't eat* sono stati condotte analisi rivolte alla comprensione delle fasi che generalmente caratterizzano la produzione: dalla raccolta, ai processi di lavorazione, fino al prodotto finito. La tabella 1 restituisce un quadro sinottico del

cluster; per alcune tipologie di prodotti agricoli sono stati individuati i relativi sottoprodotti, le rese per ettaro, i quantitativi potenzialmente disponibili e i prezzi di vendita (fonti: ISTAT, ENAMA e Borsa Merci Piemonte).

### Prodotti e processi circolari: la sintesi di alcune esperienze

Sono di seguito illustrati quattro progetti condotti nell'ambito del Cluster All You Can't Eat. I primi due si rivolgono principalmente a un'innovazione di processo, i successivi a un'innovazione di prodotto.

CIBUS (*Circular economy In the Building Sector from agri-food waste*) è un progetto di ricerca, sviluppato nell'ambito del bando Talenti della Società Civile promosso da Fondazione Giovanni Gorla e Fondazione CRT con l'obiettivo di esplorare le modalità di reimpiego dei settori corilicolo e vitivinicolo. La ricerca ha coinvolto un gruppo di aziende del territorio piemontese, afferenti a diversi settori: agricolo (Az. Agricola F.lli Durando, Portacomaro, AT), biomedicale (Nobil Bio Ricerche, Portacomaro, AT) ed edile (Sarotto Group, Narzole, CN).

L'indagine sui processi della filiera della nocciola ha evidenziato

Cycle Assessment (LCA), are used as indicators to assess the environmental efficiency of the transformations to be made to a production process. Consequently, whether we are talking about product innovation or process innovation, working in the field of research related to the circular economy often leads to imagining new professional figures (intermediate figures capable of promoting an initial transformation of waste into a future SRM) who have the task of transforming an experimental work into a new model of development of the context, i.e. of the territory investigated.

Further confirmation of the complementarity that can be traced between product and process development can be found in the synthesis of the researches described below, in which the common starting point is represented by the type of by-products, all of which

originate from agricultural processing waste. Continuous work on this type of waste, even in a system which is fragile due to the reasons outlined above, has led to the involvement of a number of players in the area, who have allowed the research team to acquire new knowledge, favouring a subsequent transfer of know-how from one research project to another. This led to the creation of a research cluster called *all you can't eat* (Giordano *et al.*, 2020), the main aim of which is to exploit by-products that do not enter the human food chain and can be transformed into inputs for new products or processes.

Within the framework of *all you can't eat*, analyses have been carried out to understand the phases that generally characterise production: from harvesting to processing and the finished product. Table 1 offers a synoptic

picture of the cluster; the relative by-products, yields per hectare, potentially available quantities and sales prices have been identified for some types of agricultural products (sources: ISTAT, ENAMA and Borsa Merci Piemonte).

### Circular products and processes: a synthesis of some experiences

Four projects conducted within the All You Can't Eat cluster are illustrated below. The first two are mainly aimed at process innovation, the subsequent ones at product innovation.

CIBUS (*Circular economy In the Building Sector from agri-food waste*) is a research project developed within the framework of the *Talenti della Società Civile* call for proposals promoted by *Fondazione Giovanni Gorla* and *Fondazione CRT*, with the aim of exploring ways of reusing the agricultural and viticultural sectors. The re-

search involved a group of companies in the Piedmont region, all belonging to different sectors: agriculture (Az. Agricola F.lli Durando, Portacomaro, AT), biomedical (Nobil Bio Ricerche, Portacomaro, AT) and construction (Sarotto Group, Narzole, CN).

The survey on the processes of the hazelnut supply chain showed that production is characterised by a large number of by-products. About 56% of the total harvest is made up of residues. More specifically, 54% are shells and the remaining 2% are cuticles. In the first case, the by-product is obtained from shelling operations, while from the roasting process it is possible to separate the hazelnuts from the cuticle, the protective layer that envelops the fruit.

There aren't, however, virtuous recovery and recycling cycles to offset this quantity of residues (51.307 t/year).



come la produzione sia caratterizzata da un ingente quantitativo di sottoprodotti. Infatti, circa il 56% del totale raccolto è costituito da residui. Più specificatamente, il 54% è costituito da gusci e il restante 2% da cuticole. Nel primo caso, il sottoprodotto è ricavato dalle operazioni di sgusciatura, mentre dal processo di tostatura è possibile separare le nocciole dalla cuticola, lo strato protettivo che avvolge il frutto.

A tale quantitativo di residui (51.307 t/anno) non corrispondono però cicli virtuosi di recupero e riciclaggio. Attualmente, infatti, il guscio è utilizzato principalmente nel settore energetico, mentre la cuticola trova impiego come ammendante per terreni. In tal senso CIBUS ha evidenziato le potenzialità di applicazione dei gusci come aggregato leggero per malte e conglomerati. La stabilità chimico-fisica del sottoprodotto, assimilabile a quella del legno, nonché la possibilità di macinare il prodotto ottenendo diverse pezzature, ne facilita le operazioni di stoccaggio, trasporto e applicazione. Nel caso della cuticola, in virtù dell'elevato contenuto di polifenoli (Yuan, 2018), è stato ipotizzato di estrarre le molecole per produrre cosmetici e, successivamente, recuperare la cuticola esausta per realizzare pannelli da rivestimento (Fig. 2).

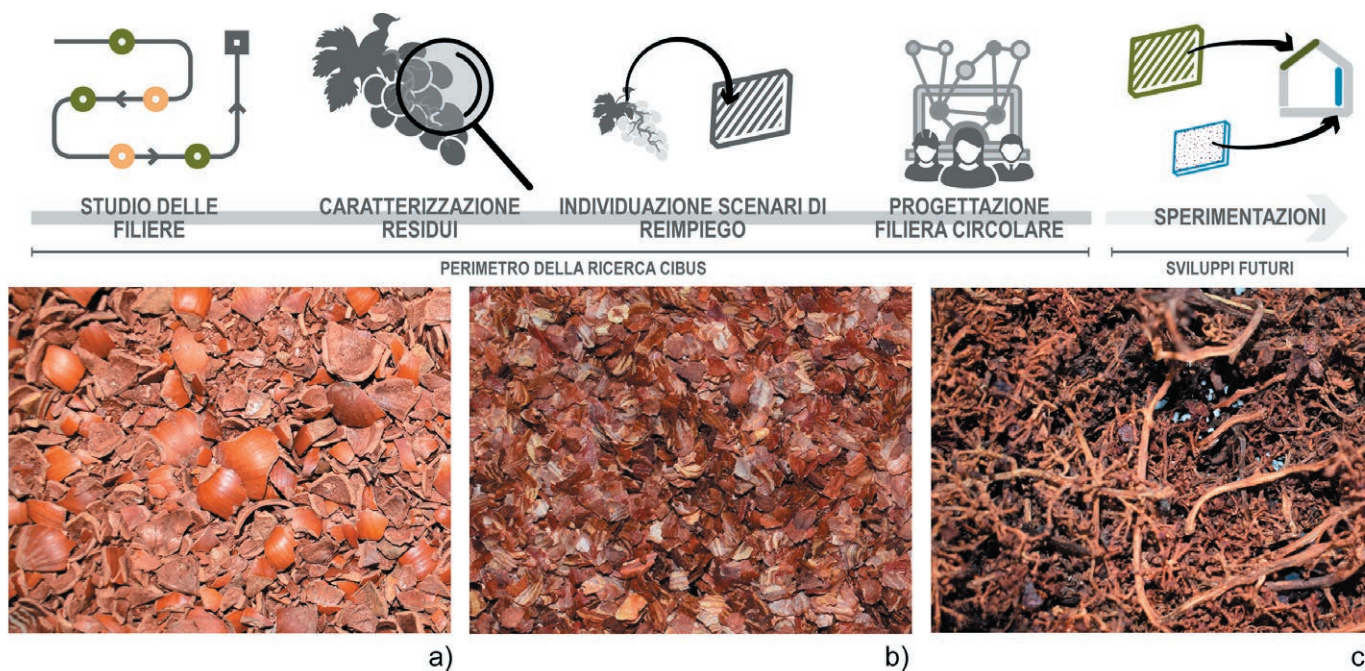
L'analisi sulla filiera vitivinicola ha definito il quadro dei sottoprodotti ottenibili lungo il processo produttivo (Fig. 2). In particolare, il mosto ha una resa in vino del 70%, mentre il 30% sono sottoprodotti (4% raspi, 14% vinacce e 12% feccia). In particolare i raspi sono una risorsa potenzialmente disponibile (14.418 t/

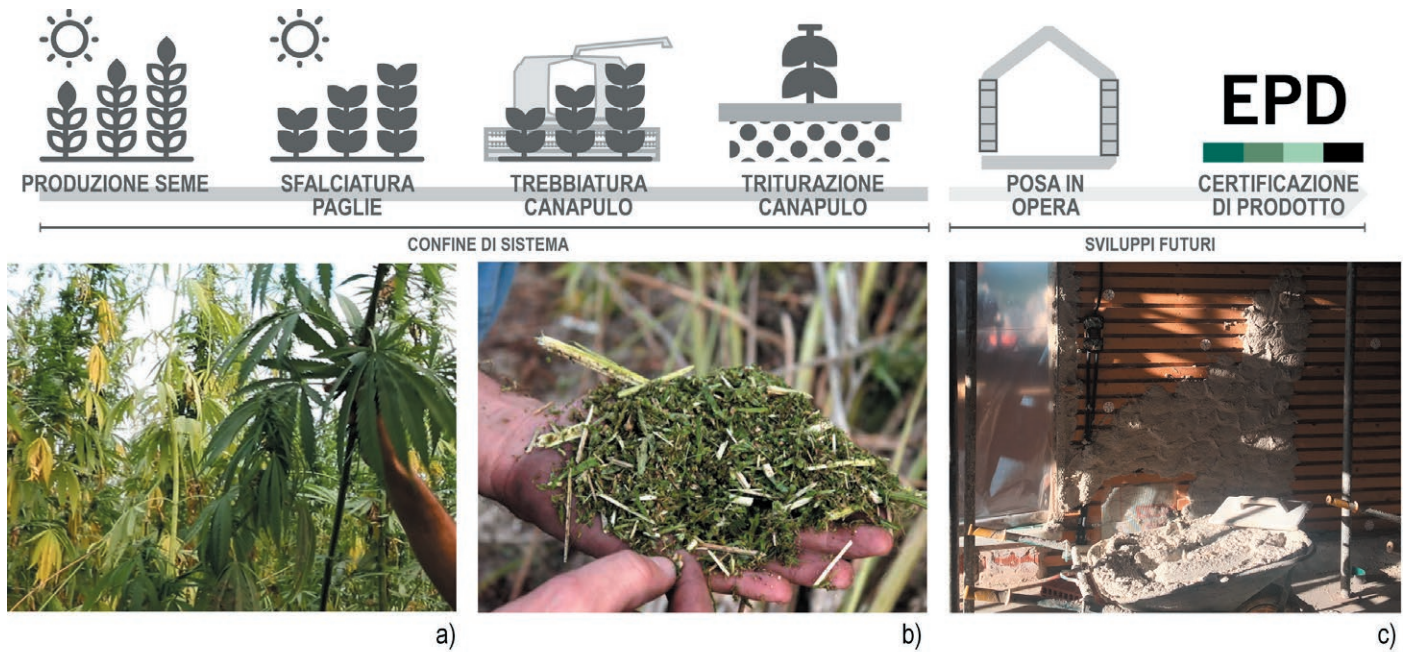
anno) ma non valorizzata, da sperimentare nella produzione di pannelli, sfruttando la lignina presente nel residuo come legante. Lo "Studio di filiera della canapa" è stato realizzato in accordo con l'azienda Calcelegnocanapa (Cervere, CN) nell'ambito di una consulenza per le Scuole Edili di Cuneo. Cinque imprese produttrici di tecnologie edilizie sono state coinvolte al fine di individuare: strategie di riduzione degli impatti ambientali, eventuali forme di innovazione e procedure di certificazione ambientale di prodotto. Uno degli studi svolti, sulla base della metodologia LCA (ISO 14040:2006), ha inteso valutare il processo innovativo di valorizzazione del canapulo, sottoprodotto ricavato dalle operazioni di trebbiatura, come aggregato per il settore delle costruzioni.

L'azienda coinvolta, ha avviato una coltivazione di canapa autoctona a Cervere su un terreno agricolo di 2,6 ettari. Tale varietà di canapa si caratterizza per le quantità di canapulo prodotto grazie all'altezza media della pianta (ca. 6 m) e al diametro del fusto (3/5 cm). Poiché al momento la sostenibilità economica della produzione di canapa deriva in larga parte dalla vendita del seme, l'azienda ha sviluppato un nuovo modello di business per valorizzare il sottoprodotto di minor valore: il canapulo ricavato dall'apparato vegetale (5,5 t/ha).

Lo studio si è sviluppato a partire dai requisiti tecnologici dell'aggregato di canapulo (come la densità o la granulometria), valutandone i processi di lavorazione (Fig. 3). Successivamente è stato condotto lo studio LCA per valutare gli impatti ambientali

02 |





del processo produttivo dell'azienda e, infine, sono stati elaborati scenari alternativi di produzione e di innovazione dei processi che compongono la filiera. Nella prima fase sono stati analizzati i principali flussi di *input* e *output* legati alla produzione di 1 t di canapulo valutando l'impatto ambientale, in termini di *Embodied Energy* (EE), contenuto di energia primaria del materiale, pari a 3990 MJ/t e *Embodied Carbon* (EC), indicatore delle emissioni di CO<sub>2</sub> eq contenute nel materiale, pari a 282,2 kgCO<sub>2</sub> eq/t. Per la fase di confronto degli scenari di implementazione del processo produttivo, sono state sostituite le apparecchiature per la raccolta, sminuzzatura e vaglio del canapulo, incentivando la transizione verso fonti energetiche rinnovabili, e sono stati calcolati i nuovi impatti ambientali.

Currently, the shell is mainly used in the energy sector, while the cuticle is used as a soil conditioner. In this sense, CIBUS has highlighted the potential application of shells as a light aggregate for mortars and conglomerates. The chemical and physical stability of the by-product, similar to that of wood, as well as the possibility of grinding the product to obtain different sizes, facilitates storage, transport and application. In the case of the cuticle, due to its high polyphenol content (Yuan, 2018), the extraction of the molecules for use in the production of cosmetics has been considered, followed by the recovery of the used cuticles to make cladding panels (Fig. 2). The analysis on the wine supply chain defined the framework of the by-products obtainable along the production process (Fig. 2). Must, in particular, has a 70% yield in wine, while 30%

is accounted for in by-products (4% stalks, 14% marc and 12% lees). The stalks are a potentially available resource (14.418 t/year) but are not exploited. They should undergo experimentation for use in the production of panels, exploiting the lignin present in the residue as a binder. The "Hemp supply chain study" was carried out in agreement with Calcegnocanapa, a company located in Cervere, in the province of Cuneo, as part of a consulting activity for Cuneo Building School. Five building technology companies were involved in order to identify strategies to reduce environmental impacts, possible forms of innovation and environmental product certification procedures. The aim of one of the studies carried out, on the basis of the LCA methodology (ISO 14040:2006), was to assess the innovative process of the valorisation

I risultati dello scenario ipotetico hanno evidenziato una riduzione potenziale del consumo energetico del 50% e una diminuzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> del 36%.

ECOFFI (*Ecological Concrete Filled Fibers*) è un progetto di ricerca condotto in collaborazione con Sarotto Group s.a.s (Narzole, CN) e Vicat Group (L'Isle d'Abeau, FR), con l'obiettivo di sviluppare conglomerati in calcestruzzo leggero attraverso il riciclaggio di sottoprodotti agricoli locali.

ECOFFI è stato suddiviso in tre fasi. Inizialmente, è stata condotta un'indagine sulle principali colture piemontesi, da cui è emerso che le quantità di residui potenzialmente riciclabili derivano dalla coltivazione del mais e del riso.

Nella seconda fase sono stati sperimentati i sottoprodotti agri-

of shives, a by-product obtained from threshing operations, as an aggregate for the construction sector.

The company involved in the research has begun cultivating native hemp in Cervere (CN) on 2.6 hectares of farmland. This variety is characterised by the quantity of hemp produced, thanks to the average height of the plant (approx. 6 m) and the diameter of the stem (3/5 cm).

As the economic sustainability of hemp production is currently derived mainly from sales of the seeds, the company has developed a new business model to promote the least valuable by-product: the shives available from the plant (5.5 t/ha). The study was developed starting from the technological requirements of the shive aggregate (such as density or grain size) and assessing its processing (Fig. 3). Subsequently, the LCA study

was carried out to assess the environmental impacts of the company's production process and, lastly, alternative production and innovation scenarios of the processes that make up the supply chain were elaborated. During the first phase, the main input and output flows related to the production of one ton of shive were analysed, assessing the environmental impact in terms of Embodied Energy (E.E.), the primary energy content of the material, which was 3990 MJ/t, and Embodied Carbon (C.C.), an indicator of the CO<sub>2</sub> eq emissions contained in the material, which were 282.2 kgCO<sub>2</sub> eq/t.

When comparing the production process implementation scenarios, the equipment for collecting, shredding and screening shive was replaced, encouraging the transition to renewable energy sources, and the new environmental impacts were calculated.



coli nella realizzazione di diversi campioni di cui gli ingredienti impiegati nella formulazione del calcestruzzo sono: cemento naturale Prompt (legante), acqua, acido citrico (additivo), tutolo di mais (aggregato) e paglia di riso (fibra). Ogni mix design è stato progettato con percentuali variabili di legante e aggregato. Il tutolo è stato setacciato per identificare le classi granulometriche ottimali (0,85-1,04 mm e 2-6,3 mm). I risultati ottenuti sui primi campioni hanno evidenziato problemi di coesione per via delle proprietà igroscopiche del tutolo e per presenza di interstizi tra i granuli, colmata poi da fibra costituita da paglia di riso tritata (2-10 cm) per confezionare dei mix design coesi.

Successivamente sono state determinate la misura della densità apparente ( $\rho = 540 \text{ kg/m}^3$ ) e la resistenza caratteristica media a compressione  $R_{ck}$  (UNI EN 772-1:2015, UNI EN 772-6:2002) su provini maturati a 30 giorni. Il valore  $R_{ck}$  ottenuto è pari a 0,5 MPa, per deformazioni del 10%, dato che non si discosta da prodotti benchmark utilizzati a fini comparativi<sup>3</sup>. Per quanto riguarda le prestazioni termiche (UNI EN 12664:2002, UNI EN 12667:2002), la conducibilità termica ( $\lambda = 0,088 \text{ W/mK}$ ) è stata monitorata presso i laboratori del Dipartimento di Energia del Politecnico di Torino, il valore  $\lambda$  ha consentito di determinare la trasmittanza termica ( $U_{40cm} = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) di un blocco (20 x 30 x 40 cm). Il blocco soddisfa i requisiti previsti per le zone climatiche E e F.

Terminate le attività di monitoraggio (Fig. 4) è stato effettuato uno studio LCA per valutare gli impatti ambientali relativi a 1 kg di prodotto. L'EE da fonti non rinnovabili e rinnovabili (3,03 MJ/kg), è in linea con valori determinati per blocchi in calcestruzzo alleggeriti (Giordano, 2010), inoltre la quota di energia primaria da fonti rinnovabili (14%) è risultata superiore alla media. L'EC (-0,16 kgCO<sub>2</sub>/kg), classifica il provino come "carbon neutral", per via del "credito" di carbonio assorbito dai componenti vegetali durante il ciclo di crescita.

Il progetto di sviluppo industriale SI2 (*Sistemi Isolanti Innovativi*), finanziato dalla Regione Piemonte sui fondi POR-FESR (2010-2014), ha sviluppato sette prodotti da costruzione sulla base di un approccio integrato tra aziende manifatturiere di prodotti edili (Vimark e Artimestieri), un'azienda di lavorazione di materie derivanti dall'agricoltura (Agrindustria), due dipartimenti universitari (DAD e DENERG del Politecnico di Torino), l'Agenzia Territoriale per la Casa di Torino e CLUSTER srl.

Il progetto ha sviluppato soluzioni circolari per la riqualificazione di edifici esistenti: tre termointonaci (uno con tutolo di mais e paglia e due con sughero da tappi di scarto), un massetto termico e una pittura termica (con sughero da tappi di scarto) e un intonaco termodinamico con materiali a cambiamento di fase. In una prima fase sono state selezionate un ventaglio di

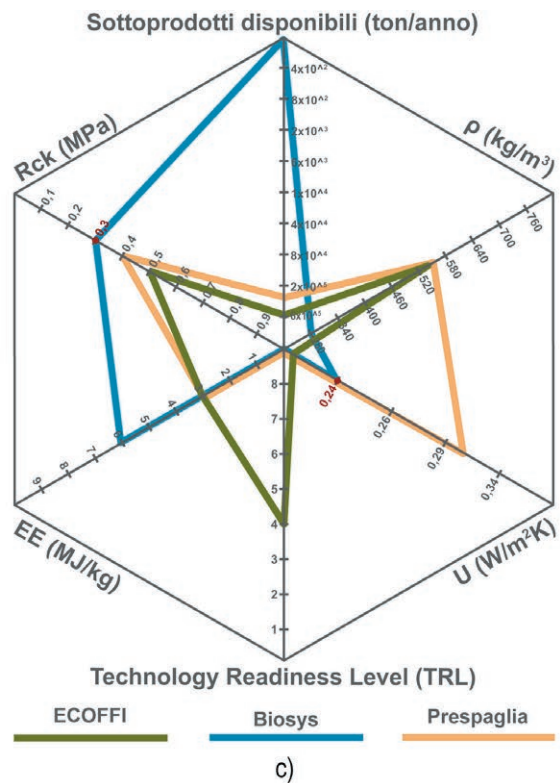
04 |



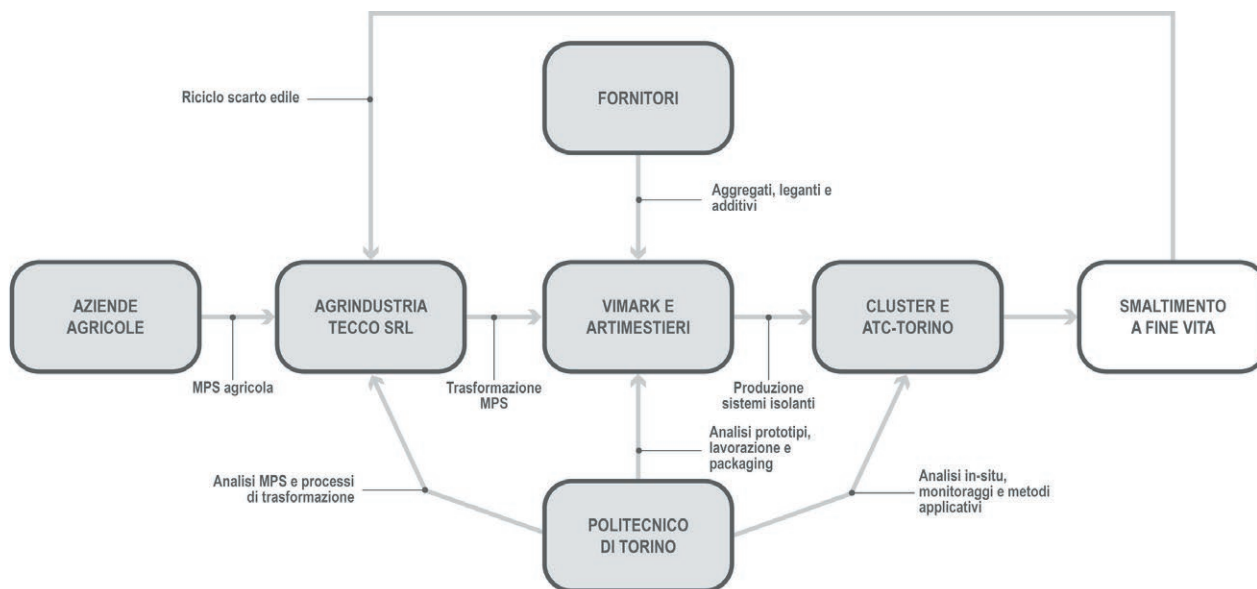
a)



b)







The results of the hypothetical scenario showed a potential reduction in energy consumption of 50% and a 36% decrease in CO<sub>2</sub> emissions. ECOFFI (*Ecological COncrete Filled Fibers*) is a research project conducted in collaboration with Sarotto Group s.a.s (Narzole, CN) and Vicat Group (L'Isle d'Abeau, FR), with the aim of developing lightweight concrete conglomerates by recycling local agricultural by-products. ECOFFI was divided into three phases. Initially, a survey of the main crops in Piedmont was carried out, revealing that the largest quantities of potentially recyclable residues came from the cultivation of corn and rice. The second phase experimented with agricultural by-products, creating several samples. The ingredients used in the formulation of the concrete were: prompt natural cement (binder), wa-

ter, citric acid (additive), corn cob (aggregate) and rice straw (fibre). Each mixture was designed with varying percentages of binder and aggregate. The cob was sieved to identify the optimal particle size classes (0.85-1.04 mm and 2-6.3 mm). The results obtained on the first samples showed cohesion problems due to the hygroscopic properties of the cob and the presence of gaps between the granules. These gaps were subsequently filled with chopped rice straw fibre (2-10 cm) to make cohesive design mixtures. The measurement of the apparent density ( $\rho = 540 \text{ kg/m}^3$ ) and the average characteristic compressive strength  $R_{ck}$  (UNI EN 772-1:2015, UNI EN 772-6:2002) were then determined on specimens matured for 30 days. The  $R_{ck}$  value obtained was 0.5 MPa for deformations of 10%, a figure that was in line with the benchmark products used for

comparative purposes<sup>3</sup>. The measurement of the apparent density ( $\rho = 540 \text{ kg/m}^3$ ) and the average characteristic compressive strength  $R_{ck}$  (UNI EN 772-1:2015, UNI EN 772-6:2002) were then determined on specimens matured for 30 days. The  $R_{ck}$  value obtained was 0.5 MPa for deformations of 10%, a figure that does not differ from benchmark products used for comparative purposes<sup>3</sup>. As far as thermal performance is concerned (UNI EN 12664:2002, UNI EN 12667:2002), thermal conductivity ( $\lambda = 0.088 \text{ W/mK}$ ) was monitored at the laboratories of the Energy Department of the Polytechnic of Turin. The  $\lambda$  value made it possible to determine the thermal transmittance ( $U_{40cm} = 0.22 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) of a block (20 x 30 x 40 cm). The block met the requirements for climate zones E and F. Upon completion of the monitoring activities (Fig. 4) an LCA study was

carried out to assess the environmental impacts related to 1 kg of product. The E.E. from non-renewable and renewable sources (3.03 MJ/kg) is in line with values determined for lightweight concrete blocks (Giordano, 2010). The share of primary energy from renewable sources (14%) was higher than average. The E.C. (-0.16 kgCO<sub>2</sub>/kg) classifies the sample as "carbon neutral", due to the carbon "credit" absorbed by the plant components during the growth cycle. The industrial development project SI2 (Sistemi Isolanti Innovativi), financed by the Piedmont Region using POR-FESR funds (2010-2014), developed seven building products based on an integrated approach between building product manufacturing companies (Vimark and Artimestieri), a company that processes agricultural by-products (Agrindustria), two university

MPS derivanti da filiere agricole piemontesi sulla base di analisi di laboratorio di tipo meccanico (prove a compressione, trazione e flessione) tecnologiche (densità, imbibizione, compatibilità legante-aggregato, viscosità e lavorabilità) termo-fisiche (conduttività termica) e ambientali (LCA).

La validazione delle formulazioni è stata ottenuta attraverso ad un processo iterativo costituito da progetto/verifica/implementazione (Fig. 5), che ha portato le miscele ad una configurazione finale con prestazioni in linea con i prodotti sul mercato. In particolare, per gli intonaci, la selezione dei materiali e delle lavorazioni in ottica circolare è risultata vincente per ottenere un prodotto a basso impatto ambientale sia nella fase di produzione sia nella fase d'uso. Ad esempio, un kg di intonaco sperimentale (VGT 014) con tutolo di mais e paglia di frumento, ha un E.C. di 0,081 kgCO<sub>2</sub>eq contro lo 0,0854 kgCO<sub>2</sub>eq del termo intonaco di benchmark con EPS, mentre i valori di trasmittanza termica tra i due sono allineati (rispettivamente  $\lambda=0,086$  W/mK e  $\lambda=0,087$  W/mK). Le prestazioni termiche di laboratorio sono state confermate dalla campagna di monitoraggio su edifici dimostratori, i quali hanno fornito risposte positive in merito alle fasi di applicazione, alla compatibilità su supporti (laterizio, pietra) e alle performance termiche in situ (Carbonaro *et al.*, 2016).

## Conclusioni

In relazione alle esperienze maturate risulta evidente che al fine di favorire la diffusione dei principi dell'economia circolare, è necessario sviluppare sistemi locali che coinvolgano soggetti di differenti settori, in modo che ogni risorsa (a partire dai rifiuti) sia sfruttata nella maniera più efficace. Un'azione sinergica tra soggetti normalmente non abituati alla collaborazione, richiede

departments (DAD and DENERG at Politecnico di Torino), the Agenzia Territoriale per la Casa di Torino and CLUSTER srl.

The project developed circular solutions for the renovation of existing buildings: three thermal plasters (one made with corn cob and straw and two made with cork obtained from used bottle corks), a thermal screed and a thermal paint (with cork from waste corks) and a thermodynamic plaster with phase change materials. In the first step, a range of MPS from Piedmontese agricultural supply chains were selected on the basis of mechanical (compression, traction and flexural tests), technological (density, imbibition, binder-aggregate compatibility, viscosity and processability), thermophysical (thermal conductivity) and environmental (LCA) laboratory tests. The validation of the formulations

was obtained from a design/verification/implementation process (fig. 5), which brought the mixtures to a final configuration with performances in line with the products on the market. For the plasters in particular, the selection of materials and processes from a circular point of view was successful in obtaining a product with a low environmental impact both during production and use. For example, one kg of experimental plaster (VGT 014) with corn cob and wheat straw has an E.C. of 0.081 kgCO<sub>2</sub>eq, compared to 0.0854 kgCO<sub>2</sub>eq of the benchmark thermal plaster with EPS, while the thermal transmittance values between the two are similar ( $\lambda=0.086$  W/mK and  $\lambda=0.087$  W/mK respectively). Thermal performance in the laboratory was confirmed by the monitoring campaign on demo buildings, which provided positive responses regard-

però competenze e saperi interdisciplinari che gli organismi di ricerca sono in grado di assolvere in tutto, o in parte, poiché già dotati di metodi e strumenti in grado di affrontare le sfide dell'innovazione. In particolare, all'architetto-ricercatore spetta il compito di governare i processi che possono portare alla valorizzazione di uno scarto e alla nascita di nuovi prodotti e di coordinare i saperi degli specialisti di volta in volta coinvolti nell'attività di ricerca.

I partner dei progetti hanno inoltre maturato competenze con possibili ricadute sul piano economico, che possono condurre a ulteriori sviluppi dei risultati. Si delineano altresì nuove potenziali figure imprenditoriali, coerenti con i nuovi modelli di business "circolari".

Vi sono ovviamente da considerare alcune criticità che competono la verifica dei requisiti connessi alla normativa tecnica che regola il settore delle costruzioni e limiti che riguardano la disponibilità delle risorse agro industriali che sono il risultato di processi di lavorazione stagionali.

Vi è infine da sottolineare l'indispensabile ruolo che possono assolvere gli organi del territorio, cui spetta il compito di sostenere anche economicamente l'innovazione di processo e di prodotto, e, di conseguenza, facilitare una transizione fattivamente circolare.

## RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano i partner industriali coinvolti nei progetti di ricerca citati.

Un grazie ai colleghi del gruppo di ricerca di Tecnologia e Ambiente del DAD, i colleghi del DENERG e il personale del LaSTIn (Politecnico di Torino).

ing application, compatibility on substrates (brick, stone) and in-situ thermal performance (Carbonaro *et al.*, 2016).

## Conclusions

In relation to the experiences gained, it is clear that in order to promote the dissemination of the principles of the circular economy, it is necessary to develop local systems involving players from different sectors, so that every resource (starting with waste) can be exploited in the most effective way. A synergic action between players who are not normally used to working together requires interdisciplinary skills and knowledge that can be supplied, in full or in part, by research organisations, as they already have the methods and tools needed to meet the challenges of innovation. The architect-researcher, in particular, is responsible

for managing the processes that can lead to the use of waste and the creation of new products, and for coordinating the knowledge of the specialists involved in the research activity.

The project partners have also acquired skills with potential economic spin-offs, which can lead to further development of the results. New potential entrepreneurial figures are also emerging, consistent with the new "circular" business models. Obviously, there are some critical issues to be considered, such as the verification of the requirements related to the technical regulations governing the construction sector and limitations concerning the availability of agri-industrial resources generated by seasonal processing. Lastly, it is important to emphasise the fundamental role that can be played by local authorities, whose job is to support process and product innovation,

## NOTE

<sup>1</sup> Il kit Harcob è un'attrezzatura ausiliaria per mietitrebbie da mais.

<sup>2</sup> Il valore medio di mercato oscilla in base al periodo della raccolta e alle dimensioni delle balle di paglia.

<sup>3</sup> I prodotti benchmark utilizzati per la comparazione sono il Biosys e Prespaglia.

## REFERENCES

Antonini E. (Ed), (2001) *Residui da Costruzione e Demolizione: una risorsa ambientale sostenibile*, Franco Angeli, Milano, Italia.

Arup (2017), *The urban bio-loop: growing, making and regenerating*, Arup, Milano, Italia.

Carbonaro, C., Tedesco, S., Thiebat, F., Fantucci, S., Serra, V. and Dutto M., (2016) "An integrated design approach to the development of a vegetal-based thermal plaster for the energy retrofit of buildings", *Energy and Buildings*, Vol. 124, pp. 46-59.

European commission (2020), "Circular Economy principles for building design", available at: [https://ec.europa.eu/docsroom/documents/39984/](https://ec.europa.eu/docsroom/documents/39984/attachments/1/translations/en/renditions/native)

[attachments/1/translations/en/renditions/native](https://ec.europa.eu/docsroom/documents/39984/attachments/1/translations/en/renditions/native), (accessed 15 February 2021).

Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile (Ed) (2020), "L'Italia del Riciclo", available at: <https://www.fondazionevilupposostenibile.org/> (accessed 15 February 2021).

Gangemi V. (Ed.) (2004), *Riciclare in Architettura*, Clean, Napoli, Italia.

Giordano, R., Montacchini, E.P. and Tedesco, S., (2020), "All you can't eat: research and experiences from agri-food waste to new building products in a circular economy perspective", in Salomone, R., Cecchin, A., Deutz, P., Raggi, A., Cutaia, L. (Eds.), *Industrial symbiosis for the circular economy: operational experiences*, Springer, pp. 149-164.

Giordano, R. (2010), *I Prodotti per l'edilizia sostenibile. La compatibilità ambientale dei materiali nel processo edilizio*, Napoli, Esselibri.

Munaro, M.R., Tavares, S.F. and Bragança, L. (2020), "Towards circular and more sustainable buildings: A systematic literature review on the circular economy in the built environment", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 260, 121134.

Yuan, B., Lu, M., Eskridge, K.M., Isom, I.D. and Hanna, M.A. (2018), "Extraction, identification, and quantification of antioxidant phenolics from hazelnut (*Corylus avellana* L.)", *Shells, Food chemistry*, Vol. 244, pp. 7-15.

also at economic level, thereby facilitating an effectively circular transition.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank the industrial partners involved in the research projects mentioned.

Thanks also go to our colleagues from the Technology and Environment research team at the DAD, our colleagues at DENERG and the staff of LaSTIn (Politecnico di Torino).

## NOTES

<sup>1</sup> The Harcob kit is a piece of auxiliary equipment for corn harvesters.

<sup>2</sup> The average market value oscillates depending on the harvest period and the size of the straw bales.

<sup>3</sup> The benchmark products used for comparison are Biosys and Prespaglia.



Rossella Roversi, Danila Longo, Martina Massari, Serena Orlandi, Beatrice Turillazzi,  
Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Bologna, Italia

rossella.roversi@unibo.it  
danila.longo@unibo.it  
m.massari@unibo.it  
serena.orlandi4@unibo.it  
beatrice.turillazzi@unibo.it

**Abstract.** Il Patrimonio Culturale può rappresentare un fattore chiave nei processi circolari a scala urbana che innescano relazioni tra gli utenti e l'ambiente circostante, generando nuovo capitale urbano e valorizzando le capacità individuali e collettive. Il tema è affrontato attraverso una revisione di letteratura accademica e documentazione di policy e da un'analisi comparativa di due percorsi di rigenerazione condotti a Bologna e Bogotá: il progetto H2020 ROCK – Regeneration and Optimisation of Cultural Heritage in creative and Knowledge cities (GA 730280), sulla storica zona universitaria, e le sperimentazioni sull'ex scalo ferroviario Ravone del progetto OBRAS – Opportunities for Boosting urban capabilities, sviluppato parallelamente anche sulla Stazione de La Sabana a Bogotá, in Colombia.

**Parole chiave:** Rigenerazione urbana; Patrimonio Culturale; Usi temporanei; *Living lab*; Innovazione sociale.

## Introduzione

La ricerca sulla città circolare pone la sfida del riuso del patrimonio culturale e la sua rigenerazione tradotta all'interno di un sistema complesso e adattivo, caratterizzato da un equilibrio instabile in costante mutamento: una condizione che necessita una gestione innovativa dei processi di trasformazione urbana, che considerino l'interdipendenza tra sottosistemi economici, sociali, ecologici (Boeri *et al.*, 2019; Fusco Girard and Nocca, 2019). In questa lettura, il patrimonio culturale e le sue caratteristiche identitarie acquisiscono una duplice valenza: diventano sia depositari di conoscenza sia leve di sviluppo (Biehl *et al.*, 2015). Questo appare ancora più cruciale in un periodo di crisi prolungata, che vede da un lato una drastica riduzione dell'esperienza diretta della cultura, con una pesante transizione verso repliche culturali digitali, e dall'altro pone l'accento sulla scarsità di luoghi pubblici, adattabili in tempi rapidi per fruire dell'offerta

## Cultural heritage as activator of circular urban dynamics

**Abstract.** Cultural heritage can represent a key factor in circular processes on an urban scale that trigger relationships between users and the surrounding environment, generating new urban capital and enhancing individual and collective capacities. This topic is addressed through a review of academic literature and policy documents and a comparative analysis of two regeneration processes carried out in the cities of Bologna and Bogotá: the H2020 ROCK – Regeneration and Optimisation of Cultural Heritage in creative and Knowledge cities (GA 730280) project – on the historical university area, and the experiments on the former Ravone railway station of the OBRAS – Opportunities for Boosting urban capabilities project – developed in parallel on the La Sabana Station in Bogotá, Colombia.

**Keywords:** Urban regeneration; Cultural heritage; Temporary uses; Living lab; Social innovation.

culturale in sicurezza. La pandemia di Covid-19 inoltre ha accelerato alcuni processi già in corso, richiamando alla *preparedness* urbana come fattore da includere nella pianificazione che incorpora la resilienza dei sistemi socio-ecologici in maniera diffusa (Lee *et al.*, 2020). La *preparedness* supera il controllo dello spazio urbano per sostenere la convivenza con l'incertezza e richiama alcuni atteggiamenti operativi nei confronti del progetto della città: dalla flessibilità e adattabilità dei progetti, alla prossimità dei sistemi di governo urbano, al coinvolgimento stabile dei cittadini nei processi di trasformazione.

Le molte sperimentazioni di processi di rigenerazione urbana adattiva del patrimonio culturale rappresentano un'utile risorsa conoscitiva per iniziare a mettere in pratica una diversa visione e ruolo delle città. Si assiste con sempre maggiore frequenza a tentativi da parte delle amministrazioni pubbliche di coinvolgere sistematicamente diversi livelli di conoscenza, istituzioni, risorse e attori, nello sviluppo dei cosiddetti "esperimenti di innovazione urbana" (Bulkeley and Castán Broto, 2013): *living lab* urbani, pratiche di ricerca-azione, laboratori di partecipazione, sono solo alcuni esempi di forme di interazione e co-creazione, in cui l'urbano diventa materia progettuale e i cittadini diventano a loro volta ricercatori. Si tratta di progetti che si collocano tra indagine e prototipazione, utili alle istituzioni urbane per poter sperimentare soluzioni rapide per problemi complessi, prima di procedere con una programmazione a lungo termine.

I casi esposti nel presente contributo consentono di delineare un quadro comparativo tra processi di rigenerazione urbana inne-

## Introduction

Research on the circular city poses the challenge of reusing and regenerating cultural heritage translated within complex and adaptive systems, characterised by an unstable, changing balance: a condition that requires an innovative management of urban transformation processes, which consider the interdependence between economic, social, ecological subsystems (Boeri *et al.*, 2019; Fusco Girard and Nocca, 2019).

In this regard, cultural heritage and its identity acquires a double value: it becomes both repository of knowledge and lever of development (Biehl *et al.*, 2015). This seems even more crucial in a period of prolonged crisis, which sees, on the one hand, a drastic reduction in the direct experience of culture, with a heavy transition to digital cultural replicas, and on the other

hand, emphasises the scarcity of public places, to be quickly adapted to enjoy the cultural offer safely. The Covid-19 pandemic accelerated some ongoing processes, calling for urban preparedness as a factor to be included in planning that incorporates resilience of socio-ecological systems in a widespread manner (Lee *et al.*, 2020). Preparedness goes beyond the control of urban space to support living with uncertainty and invokes some operational attitudes towards city design: from the flexibility and adaptability of projects, to the proximity of urban governance systems, to the stable involvement of citizens in transformation processes. The many experiments of adaptive cultural heritage regeneration processes represent a useful cognitive resource to start putting into practice a different vision and role of cities. There are increasingly frequent attempts by pub-

scata dalla messa in valore del patrimonio culturale. Due “tipi” di patrimonio culturale (porzione di centro storico vs archeologia industriale) e di comunità di riferimento (studenti, residenti del centro storico, operatori culturali vs industrie creative, associazioni ambientali, culturali) accomunati dall’applicazione di un analogo approccio che integra sperimentazione di azioni-innesco, prototipi di micro-trasformazione urbana e processi partecipativi, per delineare un quadro di confronto utile a ragionare sull’efficacia di questi processi e sul loro ruolo in una fase di uscita dalla crisi del Covid-19.

### **Il ruolo del patrimonio nella città circolare**

Le città europee, negli ultimi 30 anni, hanno sperimentato diverse strategie nel tentativo di governare e rimarcare il ruolo del patrimonio culturale rispetto alle dinamiche complesse che caratterizzano i contesti contemporanei (UNESCO, 2016; 2017). L’attenzione al patrimonio culturale urbano è mutata nel tempo, da settore specialistico di competenza di storici dell’arte, oggetto di un approccio conservativo, a una risorsa che attraversa trasversalmente i diversi orientamenti di *policy*: dalla digitalizzazione del patrimonio culturale, al patrimonio come bene comune inclusivo, fino alla sua resilienza ai cambiamenti climatici (Vecco, 2010; Sonkoly and Vahtikari, 2018; EC, 2019).

Nel 2014, il Consiglio Europeo ha approvato le “Council conclusions on cultural heritage as a strategic resource for a sustainable Europe” adottando la definizione e condividendo il ruolo del patrimonio culturale fissato dalla Convenzione di Faro (CdE, 2005). Lo stesso anno l’UE redige il documento “Conclusions on participatory governance of cultural heritage”, in cui gli sta-

lic administrations to systematically involve different levels of knowledge, institutions, resources and actors in the development of so-called “urban innovation experiments” (Bulkeley and Castán Broto, 2013): urban living labs, action-research practices and participatory laboratories are just some examples of forms of interaction and co-creation, in which the urban context becomes the subject of design and citizens become researchers. These projects lie between investigation and prototyping, useful to urban institutions in order to test rapid solutions to complex problems, before proceeding with long-term planning.

The cases presented in this paper provide a comparative picture of cultural heritage-led urban regeneration processes. Two “types” of cultural heritage (portion of the historic centre vs industrial archaeology) and reference

communities (students, residents of the historic centre, cultural operators vs creative industries, environmental and cultural associations) share the application of a similar approach that integrates experimentation of iconic actions, prototypes of urban micro-transformation and participatory processes, with the aim of outlining a critical framework of comparison useful for considering their effectiveness and role in the exit from the crisis of Covid-19.

#### **The role of heritage in the circular city**

In the last 30 years, European cities have experimented with different strategies to govern and emphasise the role of cultural heritage with respect to the complex dynamics that characterise their contexts (UNESCO, 2016; 2017). The focus on urban cultural

ti membri sono invitati a adottare un approccio multi-livello, multi-stakeholder e partecipativo nella gestione del patrimonio culturale, identificato come elemento fondamentale delle strategie di rigenerazione (Barca, 2017). L’impatto combinato di un solido orientamento alla transizione ecologica e di uno sviluppo urbano guidato dal patrimonio culturale è esplorato da tempo dalle policy europee: le politiche ambientali e di lotta al cambiamento climatico si sono sempre più interfacciate con l’applicazione dei principi dell’economia circolare al patrimonio delle città europee, fino a costruire un quadro coeso e unitario nel *New Green Deal*. Il piano di azione del *Green Deal* (EC, 2019) include e riconduce in modo significativo la dimensione culturale a molteplici aspetti: dall’economia circolare al riuso adattivo del patrimonio, al rafforzamento della resilienza delle comunità attraverso il patrimonio e la conoscenza situata. L’intersezione tra patrimonio culturale e transizione climatica appare dunque sempre più rafforzata (ICOMOS, 2019), superando la tendenza a tenere i due temi separati nella ricerca e nella definizione delle politiche.

Secondo Fusco Girard, il riuso funzionale del patrimonio culturale è il presupposto della città circolare, intesa come manifestazione spaziale/territoriale dell’economia circolare: la strategia *Green Deal* è interpretata e riformulata nella dimensione umana/sociale le cui componenti chiave sono la capacità di cooperazione, la collaborazione, l’integrazione tra più soggetti e le attività di trasformazione delle eterogeneità in sinergie (Fusco Girard, 2019). Il patrimonio culturale diventa una piattaforma di co-creazione a supporto del *Green Deal*, nel *New European Bauhaus* che fonde arte e scienza in uno “spazio di creazione collaborativa tra varie discipline e parti interessate” (EC, 2021). Il *Bauhaus* europeo nasce da un appello

heritage has changed over time, starting from an area of expertise of art historians, to the object of a conservation approach, to a resource that crosses different policy orientations: from the digitisation of cultural heritage to heritage as an inclusive common good, to its resilience to climate change (Vecco, 2010; Sonkoly and Vahtikari, 2018; EC, 2019).

In 2014, the European Council endorsed the “Council conclusions on cultural heritage as a strategic resource for a sustainable Europe” by adopting the definition and sharing the role of cultural heritage set by the Faro Convention (CoE, 2005). In the same year, the EU drafted the “Conclusions on participatory governance of cultural heritage”, in which member states are invited to adopt a multi-level, multi-stakeholder and participatory approach in the management of cultural

heritage, identified as a key element of regeneration strategies (Barca, 2017). The combined impact of a robust ecological transition orientation and heritage-led urban development has long been explored by European policies: environmental and climate change policies have increasingly interfaced with the application of circular economy principles to the heritage of European cities, to the point of building a cohesive and unified framework in the New Green Deal. The Green Deal action plan (EC, 2019) includes and brings back the cultural dimension to multiple aspects: from the circular economy to the adaptive reuse of heritage, to strengthening community resilience through heritage and situated knowledge. The intersection between cultural heritage and climate transition appears to be increasingly strengthened (ICOMOS, 2019), overcoming

dell'attuale presidente della Commissione Europea a lavorare in modo interdisciplinare tra le arti e la cultura, i settori ambientale ed economico, per affrontare le sfide globali del cambiamento climatico, dell'inquinamento, della digitalizzazione e dell'aumento demografico. L'obiettivo è quello di costruire un movimento europeo, basato su un design collaborativo e uno spazio creativo, per avvicinare gli obiettivi climatici alle persone. Il New Bauhaus mira anche a trarre vantaggio dalla relazione tra sostenibilità e patrimonio culturale, in linea con il *Work Plan for Culture 2019-2022* (EC, 2018). Le specificità e le dinamiche complesse che caratterizzano ogni contesto urbano richiedono tuttavia di adattare le *policy* europee con nuove forme di approccio flessibile e multi-scalare, capaci di guidare i processi di trasformazione e rigenerazione, combinando diverse tipologie di patrimonio culturale, paesaggio architettonico, questioni ambientali e climatiche, conflitti sociali e vincoli di natura economica.

**Processi circolari guidati dal patrimonio culturale: le esperienze dei progetti ROCK e OBRAS**

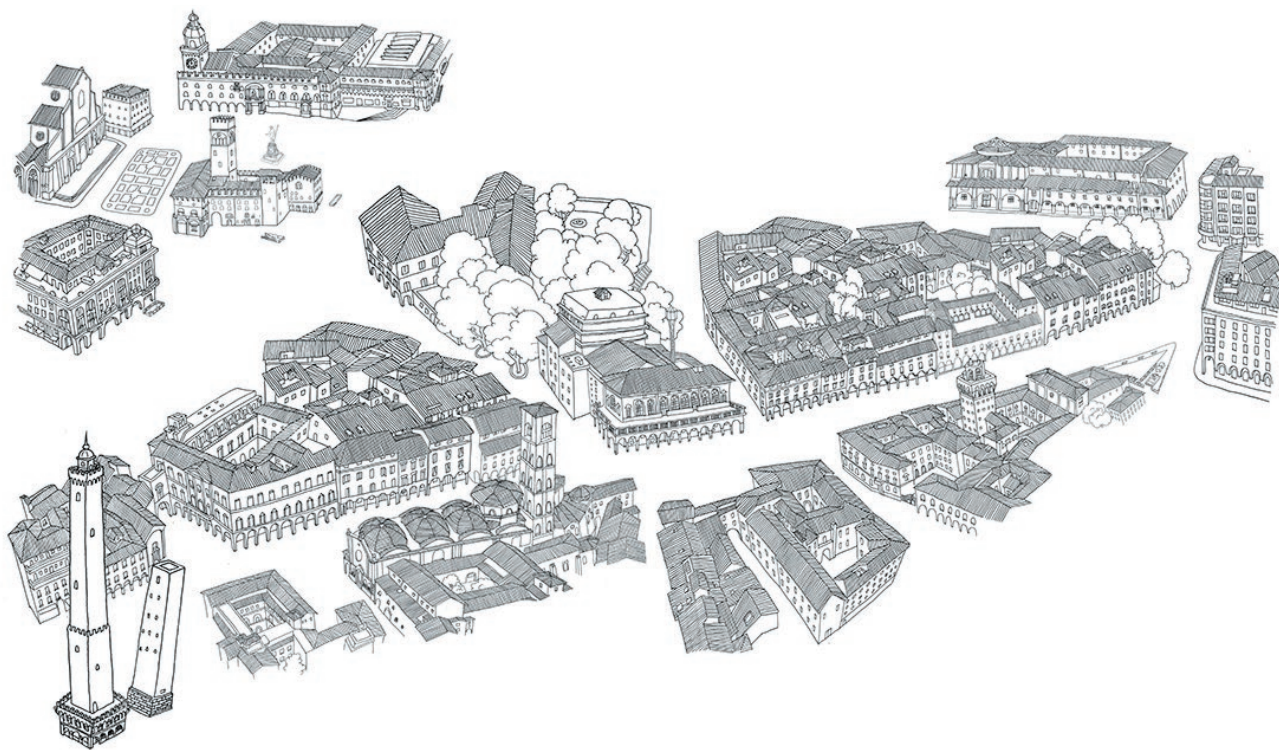
La costruzione di nuovi modelli di sviluppo urbano trae ispirazione da sistemi circolari (Marin and

Come sottolineato dall'Agenda Europea 2030 – in particolare con l'Obiettivo 11 – cultura e creatività rappresentano risorse chiave per lo sviluppo di “città e

Maulder, 2018) che prevedono di applicare metodologie multi-livello e multi-scala per mettere in collegamento il potenziale delle aree urbane e i loro spazi sottoutilizzati con l'ecosistema dei diversi stakeholder locali, e le risorse disperse nella città. Un processo di cambiamento che attiva un ciclo continuo di mutualismo, coordinazione e interazione (Vernay and Singh, 2012) che porta, in ultimo, a una crescita inclusiva con impatto positivamente distribuito alle diverse comunità.

Un'attivazione che può trovare nella sperimentazione di interventi a piccola scala, reversibili, temporanei e a basso costo, mirati a ridisegnare collettivamente spazi urbani di qualità, un ambito di sperimentazione di forme alternative di relazione tra sistemi separati, oltre che l'opportunità di scambio di conoscenze tra una pluralità di attori coinvolti. Partendo dal riconoscimento del potenziale delle risorse esistenti, tali approcci si propongono di consolidare e accrescere il valore dei luoghi dismessi e tracciare nuovi modelli di collaborazione tra amministratori, cittadini, mondo della ricerca, operatori economici e culturali, attraendo allo stesso tempo nuove risorse e partnership.

È questo l'approccio circolare di ricerca-azione-ricerca (Gianfrate *et al.*, 2020) seguito dal progetto EU H2020 ROCK (Figg. 1, 2) e dal progetto OBRAS (Figg. 3, 4) finanziato dal progetto Dipartimenti Eccellenti del MIUR. Entrambe le esperienze propongono processi di trasformazione urbana condotti a partire





02 | ROCK – Area di progetto, Piazza Verdi (crediti: Margherita Caprilli)  
ROCK – Design Area, Piazza Verdi (credits: Margherita Caprilli)

03 | OBRAS – Area di progetto de la Estación de la Sabana, Bogotá, febbraio 2020. (crediti: OBRAS)  
OBRAS – Design Area of Estación de la Sabana, Bogotá, february 2020. (credits: OBRAS)

04 | OBRAS – Area di progetto Scalo Ravone, Bologna Dicembre 2019. (crediti: OBRAS)  
OBRAS – Design Area Ravone Railway station, Bologna december 2019. (credits: OBRAS)

dalla messa in valore del patrimonio culturale in contesti urbani differenti, ma accomunati dalla metodologia di progetto e di intervento. Un approccio tentativo, laboratoriale, che sperimenta usi temporanei, ospitati da micro-architetture reversibili, non solo ideate ma realizzate attraverso processi partecipativi.

### *Il modello circolare nella rigenerazione dei centri storici: il progetto ROCK a Bologna*

Il progetto ROCK applica un metodo di trasformazione circolare ai centri storici, intesi come terreno di sperimentazione per strategie innovative di rigenerazione guidate dal patrimonio culturale. Il progetto è stato finanziato nel 2017 nell'asse Climate – Greening the Economy in risposta alla call Cultural Heritage as a driver for sustainable growth del programma Horizon 2020 Innovative Action e si è concluso a dicembre del 2020 (GA 730280); è stato coordinato dal Comune di Bologna con il supporto scientifico dell'Università di Bologna e ha coinvolto 10 città europee. Di queste, sette hanno svolto il ruolo di città modello e tre – tra cui Bologna – hanno applicato strategie analoghe, adattandole ai rispettivi e specifici contesti locali.

A Bologna il progetto ha interessato l'area universitaria: un settore del centro storico con un patrimonio culturale diffuso, di valore, ma largamente sottoutilizzato e poco conosciuto. Una realtà fisicamente centrale ma marginale nelle relazioni con il resto della città. L'approccio proposto da ROCK utilizza la sperimentazione di micro-azioni, con il coinvolgimento degli stakeholder e degli agenti urbani nella co-produzione di conoscenza. L'approccio è inquadrato come *Living Lab* urbano, gestito da Fondazione Innovazione Urbana (FIU), *city agency* di

the tendency to keep the two themes separate in research and policymaking. According to Fusco Girard, the functional reuse of cultural heritage is the prerequisite for the circular city, understood as a spatial/territorial manifestation of the circular economy: the Green Deal strategy is interpreted and reformulated in the human/social dimension whose key components are the capacity for cooperation, collaboration, integration between multiple actors and activities to transform heterogeneities into synergies (Fusco Girard, 2019). Cultural heritage becomes a platform for co-creation in support of the Green Deal, in the New European Bauhaus that merges art and science in a “collaborative creation space between various disciplines and stakeholders” (EC, 2021). The European Bauhaus stems from a call by the current President of the European Commission to work across disciplines

between the arts and culture, environmental and economic sectors to address the global challenges of climate change, pollution, digitisation and population growth. The goal is to build a European movement, based on collaborative design and creative space, to bring climate goals closer to people. The New Bauhaus also aims to take advantage of the relationship between sustainability and cultural heritage, in line with the Work Plan for Culture 2019-2022 (EC, 2018). However, the specificities and complex dynamics that characterise each urban context require the adaptation of European policies with new forms of flexible and multi-scalar approaches, capable of guiding transformation and regeneration processes, combining different types of cultural heritage, architectural landscape, environmental and climate issues, social conflicts and economic constraints.



| 02



| 03



| 04

### **Circular processes driven by cultural heritage: the experiences of the ROCK and OBRAS projects**

As emphasised by the European Agenda 2030 – particularly with Goal 11 – culture and creativity represent key resources for the development of “more sustainable cities and communities”. The construction of new models of urban development draws inspiration from circular systems (Marin and Maulder, 2018) that involve multi-level

and multi-scale methodologies to connect the potential of urban areas and their underutilised spaces with the ecosystem of different local stakeholders and the widespread resources in the city. It is a process of change that activates a continuous cycle of mutualism, coordination and interaction (Vernay and Singh, 2012) that ultimately leads to inclusive growth with a positively distributed impact to different communities.



05 | ROCK, Workshop di co-progettazione e autocostruzione in Piazza Scaravilli, Bologna, giugno 2019  
ROCK, Co-design and self-building workshop in Piazza Scaravilli, Bologna, June 2019

06 | ROCK, Workshop di co-progettazione e autocostruzione in Piazza Rossini, Bologna, settembre 2019  
ROCK, Co-design and self-building workshop in Piazza Rossini, Bologna, September 2019

riferimento della città di Bologna (Figg. 5, 6). Il processo, oltre all'identificazione di necessità e aspettative di stakeholder e comunità, ha visto la costante riflessione, co-progettazione, test e valutazione di azioni progettuali inedite e in alcuni casi provocatorie. Tra queste, interventi di installazioni temporanee in due piazze precedentemente utilizzate a parcheggio hanno aperto a nuove opportunità per usi culturali e aggregativi in spazi pubblici che prima erano negati (Figg. 5, 6). La rapidità di esecuzione e la reversibilità delle proposte (due installazioni modulari in legno e elementi vegetali) ha consentito di sperimentare alternative progettuali inusuali, a loro modo radicali, incorporando il rischio di fallire, ri-pensare e ri-proporre varianti più efficaci. Questo metodo ricorsivo ha anche permesso alla componente istituzionale di procedere con più rapidità verso le soluzioni che si sono dimostrate di maggior successo, generando decisioni politiche di trasformazione permanente e non più temporanea degli spazi, avendo prima verificato la loro efficacia e gradimento da parte dei cittadini.

#### *La ricucitura delle periferie di prima industrializzazione: il progetto OBRAS a Bologna e Bogotá*

Un approccio analogo è quello seguito da OBRAS, un progetto di ricerca-azione finanziato dal programma Dipartimenti Eccellenti del MIUR (2018-2022) finalizzato all'elaborazione di metodologie e proposte per la riattivazione di luoghi abbandonati della città: una sperimentazione che è stata testata nelle città di Bologna (ex Scalo Ravone) e Bogotá (*La Estación de la Sabana*). Il patrimonio di riferimento, come nel caso di ROCK, ha una forte valenza storica, identitaria e testimoniale ma è costituito da aree ex ferroviarie progressivamente dismesse, un tempo pe-

An activation that exploits the experimentation of small-scale, reversible, temporary and low-cost interventions, aimed at collectively redesigning quality urban spaces, exploring alternative forms of relationship between separate systems, as well as granting the opportunity for exchange of knowledge between a plurality of actors involved. Starting from the recognition of the potential of existing resources, these approaches aim to consolidate and enhance the value of disused places and to draw out new models of collaboration between administrators, citizens, the world of research, economic and cultural operators, while at the same time attracting new resources and partnerships.

This is the circular research-action-research approach (Gianfrate *et al.*, 2020) followed by the EU H2020 ROCK project (Figs. 1, 2) and by the

OBRAS project (Figs. 3, 4) funded by MIUR's Dipartimenti Eccellenti project. Both experiences propose urban transformation processes carried out starting from the enhancement of cultural heritage in different urban contexts, sharing the project and intervention methodology, a tentative laboratory approach, experimenting with temporary uses, hosted by reversible micro-architectures, not only designed but realised through participatory processes.

#### *The circular model in the regeneration of historical centres: the ROCK project in Bologna*

The ROCK project applies a circular transformation method to historical centres, understood as a testing ground for innovative cultural heritage-led regeneration strategies. The project was funded in 2017 in the Cli-



mate – Greening the Economy axis in response to the Cultural Heritage as a driver for sustainable growth call of the Horizon 2020 Innovative Action programme and ended in December 2020 (GA 730280). It was coordinated by the Municipality of Bologna with the scientific support of the University of Bologna and involved 10 European cities. Among these, seven played the role of model cities and three – including

Bologna – applied similar strategies, adapting them to their respective and specific local contexts.

In Bologna, the project involved the university area: a sector of the historic centre with a widespread presence of high-value cultural heritage, largely underutilised and little known. This area is physically central but marginal in its relationship with the rest of the city. The ROCK approach proposes

riferiche, ma oggi ritornate nevralgiche rispetto alle dinamiche metropolitane di estensione radiale delle due città. Aree che si distinguono per la presenza di grandi contenitori svuotati dalle precedenti funzioni, ancora in buono stato di conservazione, separati da ampi spazi aperti che descrivono vuoti urbani inaccessibili. Il progetto è stato affrontato ponendo al centro il riconoscimento e la messa in valore delle risorse tangibili (spazi chiusi ma flessibili a un riadattamento, spazi aperti di connessione) e intangibili (comunità, dinamiche sociali e culturali come attivatori) dei due contesti, per innescare nuove relazioni tra territorio, attori e processi creativi.

Anche OBRAS ha seguito l'approccio di ricerca-azione-ricerca, che ha visto una prima fase di analisi e investigazione collaborativa, una successiva prototipazione di interventi minimi, transitori, e infine una fase di validazione di proposte progettuali che riflettessero la naturale vocazione dei luoghi, sollecitandone a un tempo la memoria storica e gli usi innovativi in risposta alle esigenze di lavoratori e cittadini. L'obiettivo a lungo termine riguardava la riattivazione e ricucitura delle aree dismesse al resto del tessuto consolidato delle città. Tale visione è stata perseguita proponendo architetture modulari per usi temporanei e flessibili, incursioni di elementi vegetali flessibili, proposta di usi non convenzionali degli spazi allestiti in maniera reversibile per ospitare nuove forme di lavoro, economie incentrate sulle persone, nuovi usi cooperativi e mutualistici (Figg. 7, 8).

### Le dinamiche di rigenerazione

Le esperienze di rigenerazione urbana circolare, innescata dal patrimonio culturale evidenziano la necessità di apporti di natura

the experimentation of micro-actions, with the involvement of stakeholders and urban agents in the co-production of knowledge. ROCK follows the Urban Living Lab approach, managed by Fondazione Innovazione Urbana (FIU), the city agency of the city of Bologna (Figs. 5, 6). The process, in addition to the identification of needs and expectations of stakeholders and communities, performed the continued reflection, co-design, testing and evaluation of novel and sometimes provocative design actions. Among these, interventions of temporary installations in two squares previously used for parking opened new opportunities for cultural and aggregative uses in neglected public spaces (Figs. 5, 6). The speed of execution and reversibility of the proposals (two modular installations made of wood and plant elements) allowed for experimentation

with unusual design alternatives that were radical in their own way, incorporating the risk of failure, rethinking, and re-proposing more effective variations. This recursive method has also allowed the institutional component to move more quickly towards the solutions that have proven to be most successful, generating political decisions of permanent transformation of spaces, having first verified their temporary effectiveness and approval by citizens.

### The stitching of the suburbs of first industrialisation: the OBRAS project in Bologna and Bogotá

A similar approach was followed by OBRAS, an *action-research* project funded under the MIUR Excellent Departments Programme (2018-2022) aimed at developing methodologies and proposals for the reactivation of a city's abandoned places: an experi-

critica intorno al tradizionale progetto di architettura, di pianificazione urbana e di progettazione di parti della città consolidata. Il confronto tra dinamiche applicate a luoghi urbani strategici – caratterizzati da forme di esclusione fisica e relazionale – e fondate su un patrimonio di genesi, storia e comunità di riferimento differente, consente di indagare criticamente l'efficacia di interventi che fanno della sperimentazione tattica una vera e propria forma di indagine e di ricerca progettuale collaborativa.

Mettere in parallelo le esperienze condotte a Bologna e Bogotá consente di riflettere su alcune lezioni apprese che interpretano lo schema circolare su diversi assi qualitativi.

Una prima riflessione riguarda il piano della strategia e degli scenari di medio-lungo termine. Sia nel caso di OBRAS sia di ROCK, questi si esplicitano in una particolare attenzione agli spazi aperti, intesi come tessuto connettivo e interstiziale in grado di attivare relazioni a diversi ordini di scala. In OBRAS,



| 07



| 08



la visione proietta le aree del Ravone e della Estación de la Sabana in un futuro in cui lo spazio aperto diventa collettivo e rappresenta un nodo cruciale e strategico di connessione territoriale.

Una seconda dimensione riguarda la progettazione di architetture e installazioni temporanee in co-costruzione con la comunità locale e il ruolo della stratificazione della memoria dei luoghi progettati. Una dinamica utilizzata in entrambi i casi, con obiettivi e premesse diverse. Per OBRAS si tratta di ridare significato a luoghi nati per funzioni differenti, in cui l'elemento identitario è richiamato soprattutto negli usi innovati che si propongono. Nei luoghi di ROCK, la memoria e l'eredità storica giocano un ruolo chiave, ma l'ingaggio di alleanze inedite – con la cittadinanza studentesca, tra le altre – consentono di produrre nuovi immaginari, proprio attraverso la costruzione collettiva di nuovi elementi urbani, perturbanti e provocatori.

Un ultimo livello di riflessione riguarda la concezione dello spazio collettivo come scenario d'azione per nuove produzioni culturali, con lo scopo di generare valore a partire dall'interpretazione dei contesti e attraverso la combinazione di innovazione sociale e istanze creative emergenti. Obiettivo in entrambi i casi è il riconoscimento delle potenzialità del luogo proponendo azioni concrete, operative, facilmente realizzabili in breve tempo, ma capaci di innescare immaginari e strategie di apertura, trasformazione e riappropriazione degli spazi oggetto d'intervento, anche a lungo termine. L'intervento, attraverso azioni tattiche, costruite collaborativamente, consente di riflettere sul potenziale dei luoghi in maniera graduale e incrementale, disponendo di un prototipo di allestimento e una simulazione di alternativa d'uso dello spazio, in ambiente reale.

ment tested in the cities of Bologna (the Ravone former railway terminal) and Bogotá (La Estación de la Sabana). The heritage of reference – as for the ROCK project – has a strong historical identity and testimonial value but it is represented by progressively disused railway areas, once peripheral and now once again nerve centres with respect to the metropolitan dynamics of radial extension of the two cities. Those areas are distinguished by the presence of large containers, emptied from previous functions but still in a good state of conservation, separated by large open spaces that describe inaccessible urban voids. The project was addressed by focusing on the recognition and enhancement of tangible (enclosed spaces but flexible for readaptation, open spaces of connection) and intangible (community, social and cultural dynamics as activators) resources of

the two contexts, to trigger new relationships between territory, citizens, stakeholders and creative processes.

OBRAS followed the research-action-research approach with a first phase of collaborative analysis and investigation, a subsequent prototyping method of minimal, transitory interventions, and a final validation step of project proposals that reflected the natural vocation of places, at the same time soliciting their historical memory and innovative uses in response to the needs of workers and citizens. The long-term objective concerned the reactivation and reconnection of the abandoned areas to the rest of the consolidated urban fabric of cities. This vision was pursued by proposing modular architectures for temporary and flexible uses, additions of pocket green elements, proposals of unconventional uses of spaces set up in a reversible way

## Conclusioni

Le città contemporanee stanno subendo un processo di trasformazione senza soluzione di continuità causato da una moltitudine di fattori endogeni ed esogeni, rapidi e non prevedibili. Il quadro europeo di ripresa dalla pandemia di Covid-19, unitamente al *Green Deal* e al *New European Bauhaus*, ipotizza città in grado di agire rapidamente e efficacemente per unire la lotta ai cambiamenti climatici alla tutela delle individualità storico-culturali dei propri luoghi. In questo scenario, il rischio è che i decisori politici, se non forniti di strumenti adeguati e adattabili alle contingenze, non siano preparati a intervenire in maniera efficace.

I casi presentati riguardano processi aperti, rispetto ai quali non è ancora possibile valutare impatti a lungo termine. Tuttavia, il metodo proposto, di ricerca-azione-ricerca, consente in maniera rapida e innovativa di sperimentare scelte alternative per luoghi sensibili, patrimoni materiali e immateriali che necessitano di un ripensamento che parte dalla cura della loro identità e che l'azione tattica, reversibile, circolare, permette di prefigurare, testare, modificare e infine rendere stabile nel tempo lungo. Si è reso infatti evidente come, in assenza di sostegno politico ed efficaci modelli di gestione, tali esperienze rischiano di disperdere il proprio contributo di innovazione. È dunque rilevante indagare le loro dinamiche di consolidamento nell'ambito di percorsi normati e orientati a informare le politiche di trasformazione della città.

In questa ottica, ad esempio, il progetto ROCK ha avviato un percorso di costruzione di un Piano di Gestione Integrata, uno strumento che ricomponi le dimensioni di politica e di progettazione, per sviluppare, testare, verificare azioni sostenibili nei centri storici delle città, abbinando il patrimonio culturale alle

to host new forms of work, people-centered economies and new cooperative and mutualistic uses (Figs. 7, 8).

### *The dynamics of regeneration*

The experiences of circular urban regeneration, triggered by cultural heritage, highlight the need for contributions of a critical nature around the traditional architectural project, urban planning and design of parts of consolidated city.

The comparison between dynamics applied to strategic urban places – characterised by forms of physical and relational exclusion – and based on the heritage of different genesis, history and community of reference, allows us to critically investigate the effectiveness of interventions that make tactical experimentation a real method of investigative and collaborative design research.

Putting the experiences carried out in Bologna and Bogotá in parallel allows us to reflect on some lessons learned that interpret the circular scheme on different qualitative axes.

A first reflection concerns the strategy plan and medium- to long-term scenarios. Both in the case of OBRAS and ROCK, these are expressed with a particular attention to open spaces, intended as connective and interstitial tissue capable of activating relationships at different orders of scale. As for OBRAS, the proposed vision projects the Ravone and Estación de la Sabana areas into a future dimension in which open space becomes collective and represents a crucial and strategic node of territorial connection.

A second level concerns the design of temporary architectures and installations co-designed and co-built with the local community and the role of

dinamiche della città contemporanea<sup>1</sup>. Si tratta di uno strumento che lavora con una doppia velocità: quella della pianificazione e della programmazione – in grado di immaginare e rendere strategici obiettivi politici – e della micro-scala, caratterizzante l'ecosistema locale dove vengono attivate pratiche guidate dal riuso circolare e adattivo dei luoghi pubblici. Il piano di gestione si propone come una cornice strategica e di visione al cui interno ricomprendere, in un quadro unitario, le esperienze di rigenerazione urbana circolare guidate dal patrimonio culturale. In questa logica, l'esperienza e le lezioni apprese di OBRAS, appaiono come utili spunti complementari, da sistematizzare e organizzare per estenderne il valore generato. Il conferimento da parte della Commissione Europea al progetto OBRAS del *Social Innovation Prize* del 3° *European Citizen Engagement and Deliberative Democracy Festival*, riconosce la metodologia adottata nel riconfigurare e “rimettere in circolo” i patrimoni dismessi come efficace esempio di democrazia deliberativa e generativa di innovazione per le politiche urbane di breve e lungo periodo. Un ulteriore elemento di valore da non disperdere, ma da integrare in un percorso normato, che permetta alle singole sperimentazioni locali, di contribuire alla *preparedness* delle città.

## RICONOSCIMENTI

La ricerca presentata è parte dei risultati del progetto ROCK (<https://rockproject.eu/>), co-finanziato dall'Unione Europea nell'ambito di Horizon 2020, grant agreement n. 730280.

## NOTE

<sup>1</sup> Available at: <https://bologna.rockproject.eu/bologna-rock-imp/>

the stratification of the memory of the designed places. This is a dynamic introduced in both cases, with different objectives and premises. For OBRAS, it is giving meaning to places born for different functions, in which the identity element is recalled above all in the innovative uses that are proposed. In ROCK, places, memory and historical heritage play a key role, but the engagement of unprecedented alliances - with student citizenship, among others - make it possible to produce new imaginaries, precisely through the collective construction of new urban elements, both disturbing and provocative.

A final level of reflection concerns the design of collective space as an action scenario for new cultural productions, with the aim of generating value starting from the interpretation of contexts and through the link between social

innovation and emerging creative instances.

The objective in both cases is the acknowledgment of the place's potential by proposing concrete, operational actions, easily achievable in the short time, but capable of triggering imaginaries and strategies of opening, transformation and re-appropriation of the spaces, even in the long term.

The intervention, through tactical actions built collaboratively, allows us to reflect on the potential of the places in a gradual and incremental way, having a layout prototype and a simulation of alternative use of space, in a real environment.

## Conclusions

Contemporary cities are undergoing a seamless process of transformation due to a multitude of fast and unpredictable endogenous and exogenous

## BIBLIOGRAFIA

Barca, F. (2017), “L'Anno europeo del patrimonio culturale e la visione europea della cultura”,

Biehl, P.F., Comer, D.C., Prescott, C. and Soderland, H.A. (Eds.) (2015) *Identity and Heritage Contemporary Challenges in a Globalized World*, Springer, Berlin, Germany.

Boeri, A., Gaspari, J., Gianfrate, V., Longo, D., and Boulanger, S.O.M. (2019), “Circular city: A methodological approach for sustainable districts and communities”, *WIT Transactions on The Built Environment*, Vol 183, WIT Press, United Kingdom.

Bulkeley, H. and Castán Broto, V. (2013), “Government by experiment? Global cities and the governing of climate change”, *Transactions of the institute of British geographers*, Vol. 38, n. 3, pp. 361-375.

Council of Europe (2005), *Council of Europe Framework Convention on the Value of Cultural Heritage for Society*, Faro, 27.X.2005, Treaty Series - No. 199, Council of Europe, Strasbourg, France.

*DigitCult – Scientific Journal on Digital Cultures*, Vol. 2, n. 3, pp. 75-93.

European Commission (2021), *New European Bauhaus*, available at: [https://europa.eu/new-european-bauhaus/system/files\\_en?file=2021-01/New-European-Bauhaus-Explained.pdf](https://europa.eu/new-european-bauhaus/system/files_en?file=2021-01/New-European-Bauhaus-Explained.pdf) (accessed 21 January 2021).

European Commission (2017), *Strengthening Innovation in Europe's Regions: Towards resilient, inclusive and sustainable growth at territorial level SWD/2017/0264 final*, European Commission, Brussels, Belgium.

European Commission (2019), *The European Green Deal COM/2019/640 final*, European Commission, Brussels, Belgium.

European Council (2018), *Council conclusions on the Work Plan for Culture 2019-2022 ST/14984/2018/INI*, European Commission, Brussels, Belgium.

Fusco Girard, L. (2019), “Implementing the circular economy: the role of cultural heritage as the entry point. Which evaluation approaches?”, *BDC\_ New Green Deal: towards ecological and human centred urban development strategies*, Vol. 19, pp. 245-277.

factors. The European recovery framework from the Covid-19 pandemic, together with the Green Deal and the New European Bauhaus programmes, assumes cities able to act quickly and effectively to combine the fight against climate change with the protection of the historical cultural individualities of its places. In this scenario, the risk is that policy makers, if not provided with adequate and adaptable tools to contingencies, are not prepared to take effective action.

The presented case studies concern open processes, with respect to which it is not yet possible to assess long-term impacts. However, the proposed research-action-research method, allows us, in a rapid and innovative way, to experiment with alternative choices for sensitive places, tangible and intangible heritages that need a rethinking that starts from the care of their iden-

tity and that tactical action which is reversible and circular. It allows prefiguration, testing, and modification and finally makes it stable over a long period of time. In fact, it became clear how, in the absence of political support and effective management/governance models, such experiences risk wasting their own contribution to innovation. It is, therefore, important to investigate their consolidation dynamics in the context of regulated paths, aimed at informing the transformation policies of the city.

In this perspective, for example, the ROCK project has started a process of building an Integrated Management Plan, a tool that gathers the policy and design levels to develop, test and verify sustainable actions in the historic centres of cities, combining cultural heritage with the dynamics of the contemporary city<sup>1</sup>. It is a tool that works with

Fusco Girard, L., and Nocca, F. (2019), "Moving Towards the Circular Economy/City Model: Which Tools for Operationalizing This Model?", *Sustainability*, Vol. 11, n. 22, pp. 1-48.

Gianfrate, V., Djalali, A., Turillazzi, B., Boulanger, S.O. and Massari, M. (2020), "Research-Action-Research Towards a Circular Urban System for Multi-level Regeneration in Historical Cities: The Case of Bologna", *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, Vol. 15, pp. 5-11.

ICOMOS (2019), "Climate Change and Cultural Heritage Working Group. The Future of Our Pasts: Engaging Cultural Heritage", *Climate Action*, ICOMOS, Paris, France.

Lee, V.J, Ho, M., Wen Kai, C., Ximena Aguilera, Heymann, D. and Wilder-Smith, A. (2020), Epidemic preparedness in urban settings: new challenges and opportunities, *The Lancet Infectious Diseases*. Vol. 20, pp. 527-529.

Marin, J. and Meulder, B. (2018), "Interpreting Circularity. Circular City Representations Concealing Transition Drivers", *Sustainability*, Vol. 10, 1310.

Sonkoly G. and Vahtikari T., *Innovation in Cultural Heritage Research. For an integrated European Research Policy*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, Luxembourg.

UNESCO (2016), *Culture Urban Future. Global Report on Culture for Sustainable Urban Development*, UNESCO, Paris, France.

UNESCO (2017), *Re-Shaping cultural policies. Advancing creativity for development*, UNESCO, Paris, France.

Vecco, M.A. (2010), "Definition of cultural heritage: From the tangible to the intangible", *Journal of Cultural Heritage*, Vol. 11, pp. 321-324.

Vernay, A.B.H. and Singh, R. (2012), "Circular urban systems—tracing innovation processes", *Sustainability*, Vol. 4, n. 1, pp. 1-12.

double speed: that of planning and programming – able to imagine and make strategic political purposes – and that of the micro-scales, characterising the local ecosystem where practices led by circular and adaptive reuse of public places are activated. The management plan is proposed as a strategic and visionary framework within which to include the experiences of circular urban regeneration guided by cultural heritage.

With that logic, the experience and lessons learned from OBRAS appear as useful complementary inputs to be systematised and organised to extend the generated value. The award by the European Commission to the OBRAS project of the Social Innovation Prize of the 3<sup>rd</sup> European Citizen Engagement and Deliberative Democracy Festival, recognises the methodology adopted in reconfiguring and "putting

back into circulation" the disused assets as an effective example of deliberative and generative innovation democracy for short- and long-term urban policies: a further element of value not to be lost, but to be integrated into a regulated path, which allows individual local experiments to contribute to the preparedness of cities.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

The research described in this paper is part of the outcomes of the ROCK project (<https://rockproject.eu/>), co-financed by the European Union within the H2020 framework programme under grant agreement n. 730280.

#### NOTES

<sup>1</sup> Available at: <https://bologna.rockproject.eu/bologna-rock-imp/>



# District Circular Transition e progetto tecnologico verso un modello di Circular City

RICERCA E  
SPERIMENTAZIONE/  
RESEARCH AND  
EXPERIMENTATION

Fabrizio Tucci, Serena Baiani, Paola Altamura, Valeria Cecafozzo,

Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura, Sapienza Università di Roma, Italia

fabrizio.tucci@uniroma1.it

serena.baiani@uniroma1.it

paola.altamura@uniroma1.it

valeria.cecafozzo@uniroma1.it

**Abstract.** Nei processi di rigenerazione urbana, in ottica di transizione circolare, l'approccio multiscale, integrato e sistemico consente di definire scenari di intervento improntati a una rinnovata concezione di sostenibilità ambientale-economica-sociale, caratterizzata da circolarità di flussi di risorse materiali e immateriali. Gli esiti delle ricerche traducono tali istanze in un modello metodologico alla scala del distretto, sperimentato in due quartieri ERP, in un'ottica di *circular district*. Si dimostra come, applicando un modello di transizione ecologica circolare ai distretti urbani, si possa pervenire all'obiettivo di neutralità climatica 2050, migliorandone al contempo qualità ecosistemica, prestazioni ambientali e adattività bioclimatica in un'ampia visione delle città *green*.

**Parole chiave:** *Circular District; Green City Approach; Circular City; Resource Efficiency; Innovation Hub.*

## Framework strategico di riferimento per gli interventi di *deep building renovation* in un'ottica multiscale di *Circular Transition*

Il contributo illustra un modello di riqualificazione profonda dell'esistente, sperimentato e validato<sup>1</sup> che, indagando il rapporto progetto-*circular transition* e lavorando sulla dimensione multiscale dei comparti urbani, mira alla ridefinizione delle *performance* ambientali, energetiche e sociali per l'attivazione di un *circular district* caratterizzato da elevata *resource efficiency* e da flussi *closed-loop* di risorse materiali e immateriali, anche in rispondenza agli obiettivi di decarbonizzazione e neutralità climatica. Un modello di intervento adattivo, definito col coinvolgimento di *Urban policy-makers*, verificato su quartieri ERP, presenti in modo diffuso nel territorio nazionale, con caratteristiche architettoniche, costruttive e tecnologiche simili.

La metodologia è stata messa a punto nel solco delle sperimentazioni internazionali sugli eco-distretti degli ultimi venti anni,

## District Circular Transition and technological design towards a Circular City model

**Abstract.** In the processes of urban regeneration, in a circular transition perspective, a multiscale, integrated and systemic approach allows intervention scenarios to be defined, based on a renewed conception of environmental-economic-social sustainability characterised by circular flows of material and non-material resources. Research results translate these demands into a methodological model at the district scale, trialled in two public housing neighbourhoods in Rome, to turn them into "circular districts". It is demonstrated that, by applying a circular model of ecological transition to urban districts, the 2050 goal of climate neutrality may be attained, while at the same time improving ecosystemic quality, environmental performance and bioclimatic adaptivity in a wide vision of green cities.

**Keywords:** Circular district; Green city approach; Circular city; Resource efficiency; Innovation hub.

con un'attenzione ai vincoli ecologici di contesto e all'equità intergenerazionale dello sviluppo, incoraggiando l'uso intelligente delle risorse e mitigando gli effetti dei cambiamenti climatici attraverso un approccio resiliente (Georgiadou and Hacking, 2011; Antonini and Tucci, 2017).

Focus innovativo è l'integrazione della circolarità delle risorse fisiche (materiali, rifiuti, acqua, verde) e immateriali (aria, energia) e degli aspetti partecipativi e comportamentali degli utenti, per definire innovative soluzioni e interazioni uomo-tecnologia-cultura-ambiente.

L'attivazione di distretti sul modello *Circular Economy Innovation Hub*, per incrementare la resilienza degli insediamenti rispetto alle sfide economiche, ambientali e sociali, promuove attraverso il progetto la gestione *closed-loop* dei flussi di risorse durante l'intervento e nelle successive fasi di vita, inclusi l'uso e l'*end-of-life*, con il coinvolgimento degli abitanti e la prefigurazione dei comportamenti sociali. In particolare, le risorse materiali derivanti dall'intervento sul costruito sono valorizzate nel processo di riqualificazione, mentre gli scarti prodotti in fase d'uso (rifiuti solidi, sfalci e potature, materiali e componenti) sono utilizzati come risorsa all'interno di processi circolari, anche per riattivare l'economia locale.

In quest'ottica, parte integrante del processo di ridefinizione dell'assetto funzionale degli ambiti di intervento nei quartieri ERP di Torvecchia e Pineto-Valle Aurelia, è rappresentata dallo sviluppo delle strategie rigenerative circolari in interazione con gli abitanti.

L'iter metodologico si basa sull'indagine demografica, confron-

## Strategic framework of reference for deep building renovation in a multiscale perspective of Circular Transition

This paper illustrates a model of deep requalification of the existing structures, trialled and validated<sup>1</sup> which, by investigating the design/circular transition relationship and working on the multiscale dimension of urban districts, aims to redefine environmental, energy and social performance in order to activate a circular district marked by high resource efficiency and closed-loop flows of material and non-material resources, also in response to decarbonisation and climate neutrality objectives. This intervention model is an adaptive one, defined with the involvement of urban policymakers and verified in public housing neighbourhoods of the 1970s and 1980s, widespread on national territory with

similar technological, constructive and architectural features.

The methodology was perfected in the first of the cited pieces of research in the groove of the international experiments on eco-districts over the past twenty years, with attention on the setting's ecological constraints and the intergenerational equity of development, encouraging the intelligent use of resources and mitigating the effects of climate change through a resilient approach (Georgiadou, Hacking, 2011; Antonini and Tucci, 2017).

Innovative focus in the trials is the integration of the circularity of physical resources (materials, waste, water, greenery) and non-material ones (air, energy), and of the participatory and behavioural aspects of users, aiming to define new solutions and innovative human-technology-culture-environment interactions.

tata con gli esiti della consultazione dei cittadini, finalizzata a sondare il livello di soddisfazione derivato dalle condizioni abitative attuali e le aspettative di miglioramento, con un questionario dedicato, somministrato mediante una *survey on-line*. Attraverso la mappatura delle risorse, potenzialmente valorizzabili tramite processi di *circular economy*, e in base agli input ottenuti dal processo partecipativo, si arriva all'individuazione di specifiche innovazioni introducibili nell'*Innovation Hub* (Fig. 1) che consentono di prefigurare l'integrazione di nuove attività, spazi pubblici e luoghi dedicati (officine, *atelier* e luoghi per la vendita di prodotti di seconda vita), utili a supportare i flussi di risorse contribuendo in modo sistematico e interrelato a:

- incrementare la *resource efficiency*;
- prevenire e ridurre i rifiuti, attraverso riuso e riciclo;
- la gestione circolare della risorsa idrica;
- ottimizzare la distribuzione dell'energia, prodotta da risorse locali e distribuita in rete;
- incoraggiare l'acquisto di prodotti e l'attivazione di servizi circolari;
- ridurre gli inquinanti, in ottica di decarbonizzazione, attraverso un migliore uso dell'assetto costruito e di soluzioni tecniche innovative;
- creare economie locali e posti di lavoro, derivati dall'applicazione di approcci circolari;
- aumentare la consapevolezza dei benefici ambientali indotti dai sistemi circolari e cambiare i modelli comportamentali.

La costruzione dell'apparato analitico-valutativo è stata supportata da indagini strumentali incentrate su mappatura e simulazione dei flussi di risorse e sulla valutazione delle ricadute in ambito sociale e ambientale, per la definizione di scenari di intervento.

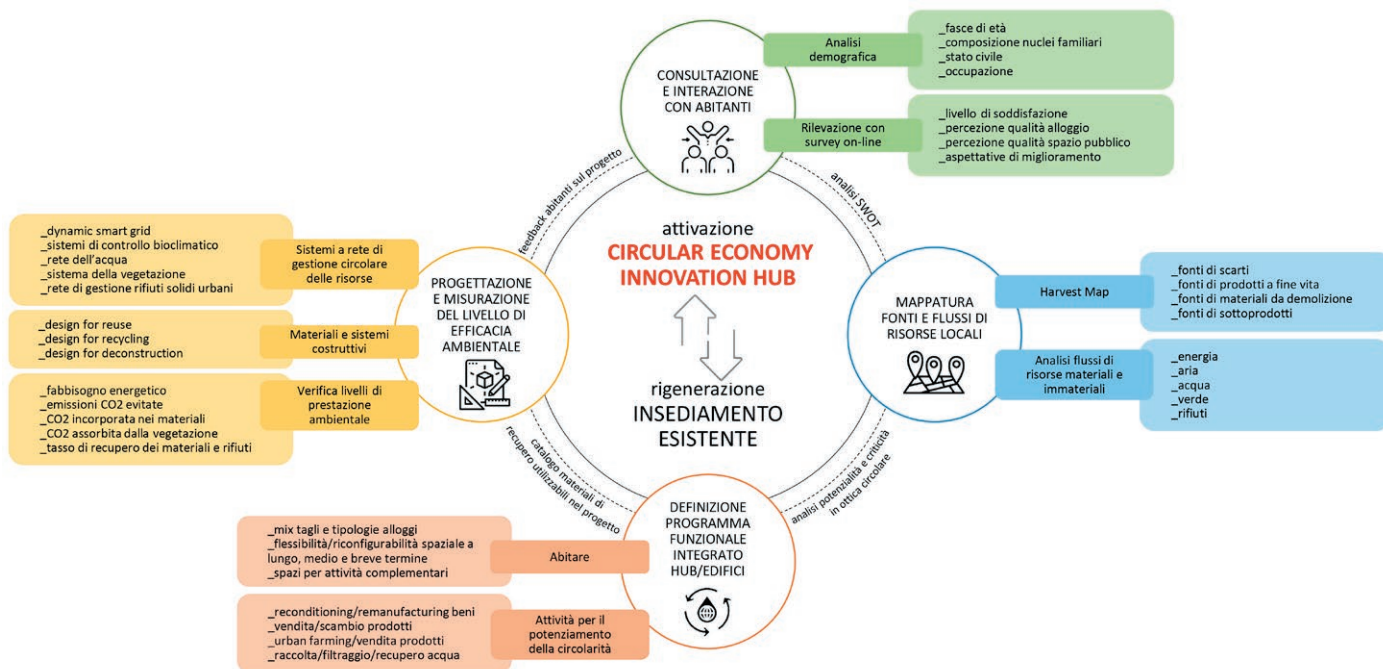
La principale implicazione degli esiti della ricerca è l'offerta al committente pubblico di un modello – aperto, flessibile, adattivo e in costante evoluzione – per intervenire, in ottica di transizione circolare, nella gestione dei diversi contesti. Il distretto circolare diviene così un *regenerative environment*, orientato al paradigma *zero waste* per tutti i flussi di risorse.

Ciò rilancia la consapevolezza che l'efficacia del progetto, fondata sull'interrelazione tra tecnologia e circolarità gestionale, può essere raggiunta operando alla scala urbana verso i modelli del *green city approach*, dell'eco-quartiere e del distretto *green* (Tucci, 2018) e lavorando sull'integrazione degli effetti determinati sugli spazi *indoor* e nei comportamenti *outdoor*.

### Un modello di gestione circolare dei materiali nelle fasi del processo di intervento rigenerativo dei distretti

Gli approcci delineati perseguono un elevato livello di *material resource efficiency*, all'interno dell'obiettivo di ottimizzazione delle *performance* ambientali degli insediamenti. Oltre alla conservazione e *upcycling* degli edifici esistenti – azioni strategiche per ridurre il fabbisogno di materiali e i relativi impatti in

01 |



fase di pre-produzione e produzione – si delineano i seguenti obiettivi specifici:

- limitare il consumo di materie prime;
- favorire l'approvvigionamento di materiali e prodotti a km zero e/o di provenienza locale;
- ridurre al minimo il volume di rifiuti prodotti, a breve e lungo termine (*Design for Deconstruction*);
- contenere il livello di *embodied carbon* nei materiali utilizzati nell'intervento.

La metodologia prevede la ricognizione di componenti e materiali costituenti il sistema edilizio, la stima del relativo volume e peso e il calcolo della CO<sub>2</sub> incorporata<sup>2</sup>. Contestualmente alla definizione delle soluzioni per il riuso degli edifici, è operata la quantificazione di materiali e componenti destinati alla rimozione e la relativa stima dell'*embodied carbon*. Sono, quindi, valutate le opzioni tecniche che evitino il conferimento a discarica, contemplando il riuso come scenario preferenziale rispetto al riciclo, e il reimpiego *in situ* come soluzione ottimale. Le diverse strategie sono valutate attraverso la comparazione di costi e benefici di tipo ambientale, tecnologico ed economico.

In parallelo, è realizzata la mappatura a scala locale di materiali provenienti da altre filiere (*Harvest Map*), attraverso una *survey online* e il contatto con le aziende, mediante l'erogazione di questionari e sopralluoghi mirati a visionare gli *stock* di materiali (eccedenze, scarti, prodotti difettati, residui di lavorazione) potenzialmente recuperabili nell'intervento (Fig. 2) (Altamura and Baiani, 2019).

Dal punto di vista metodologico, aspetto determinante per la valutazione del livello di *material resource efficiency* raggiunto è l'individuazione di indicatori quantitativi che permettano la misurazione dell'efficacia delle scelte. In particolare:

The activation of districts on the "Circular Economy Innovation Hub" model in order to augment existing settlements' resilience to economic, environmental and social challenges promotes, through design, the closed-loop management of resource flows during the intervention and in the subsequent life phases, including use and end-of-life, with the inhabitants' involvement and the anticipation of social behaviours. In particular, the material resources derived from the intervention on the building stock are valorised in the requalification process, while the "discards" produced in the use phase (urban solid waste, cuttings and prunings, materials and components) are used as a resource within circular processes, also to reactivate the local economy. In this perspective, an integral part of the process of redefining the function-

al arrangement of the public housing neighbourhoods of Torvecchia and Pineto-Valle Aurelia is represented by the development of circular regenerative strategies in interaction with the inhabitants.

The methodological process is based on the demographic investigation compared with the results of the citizen consultation aimed at probing the level of satisfaction derived from current living conditions and expectations for improvement, with a dedicated questionnaire administered in an online survey. Through the mapping of existing resources that may be valorised through circular economy processes, and based on the participatory process inputs, specific innovations are identified and may be introduced into the Innovation Hub (Fig. 1), making it possible to integrate, within residential settlements, new

- il contenuto di riciclato nei materiali (indicatore on/off presente nei Criteri Ambientali Minimi GPP per l'Edilizia, DM 11/10/2017);
- il tasso di *landfill diversion* dei materiali da demolizione (ulteriore indicatore presente nei CAM GPP);
- la quota di materiale recuperato *in situ*;
- la quantità di CO<sub>2</sub> incorporata conservata, evitando la demolizione, e quella preservata, attraverso il riuso o riciclo *in situ*, evitando consumo energetico ed emissioni per il trasporto.

In fase progettuale, il processo porta all'integrazione di tre diverse modalità di approvvigionamento dei materiali necessari:

1. individuazione di componenti recuperabili dagli edifici nella fase di demolizione selettiva (quali infissi esterni e interni), sottoponibili a *remanufacturing* ai fini del riuso *in situ* (Fig. 3);
2. identificazione di fonti secondarie di materiali e componenti da edifici o industrie dell'intorno;
3. selezione, per coprire il fabbisogno residuo, di materiali nuovi rinnovabili e certificati, con abbattimento di impatti ambientali e costi di intervento, garantendo la riutilizzabilità e riciclabilità dei materiali (ARUP, 2016).

I risultati ottenuti nei diversi contesti denotano un livello elevato di circolarità raggiungibile attraverso il recupero dalle demolizioni parziali e l'approvvigionamento da fonti primarie e secondarie. Nell'ambito della rigenerazione di Pineto-Valle Aurelia (Fig. 4), su ciascun edificio, di cui si conserva circa il 79% dei materiali in peso (contenenti il 59% dell'*embodied carbon*), si dimostra la possibilità – implementando più opzioni tecniche circolari a fine vita – di raggiungere una quota di recupero dei

activities, public spaces and dedicated places (workshops, studios and places for the sale of second-life products) to support the flows of resources while contributing, in a systematic and interrelated way, to:

- increasing resource efficiency;
- preventing and reducing waste, through reuse and recycling;
- the circular management of water resources;
- optimising energy management processes, with production from available resources and networked distribution;
- encouraging the purchase of circular products and the activation of circular services;
- reducing pollutants with a view to decarbonisation, through improved use of the built arrangement and of innovative technical solutions;
- creating local economies and jobs

derived from the application of circular approaches;

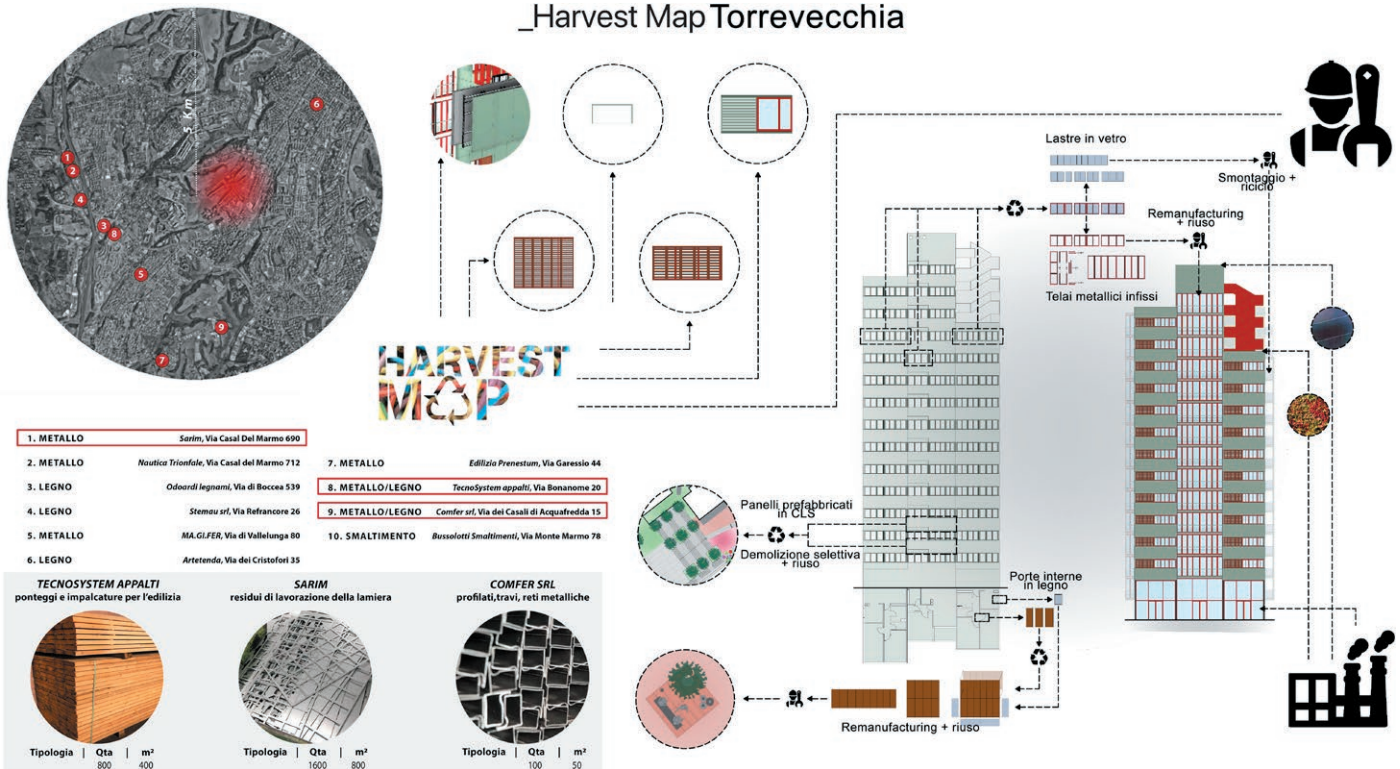
- raising awareness of the environmental benefits induced by circular systems and change of behavioural models.

The construction of the analysis/assessment apparatus was supported by instrumental investigations focused on mapping and simulating resource flows and on assessing the impacts in the social and environmental setting, in order to define intervention scenarios.

The main implication of the research results is, therefore, offering the public contracting authority a model – open flexible, adaptive and constantly evolving – in order to intervene in the management of various settings with a perspective of circular transition. The circular district thus becomes a regenerative environment oriented to



## \_Harvest Map Torrevecchia



materiali da demolizione pari all'89% in peso, superiore alla soglia del 70% (Dir. 98/2008) richiamata nei CAM Edilizia (Par. 2.4.2). Di tale quantitativo, il 72% viene recuperato *in situ* producendo aggregati riciclati da reimpiegare prevalentemente per sottofondi di pavimentazioni esterne. L'elevata soglia di recupero garantisce di preservare il 79% dell'*embodied carbon* dei materiali destinati a demolizione, che vanno a sostituire nuovi materiali i cui impatti ambientali sono evitati.

### Un modello di gestione circolare multiscalare integrata dei flussi di risorse in tutte le fasi di vita dei distretti

Obiettivo del secondo *step* è lo sviluppo di un distretto che permetta di passare dal modello *resource drain* a quello *resource cir-*

La transizione dalla fase di intervento alla fase di vita utile dei distretti urbani apre a una visione più ampia, che include servizi e reti di distribuzione o raccolta, per la chiusura dei cicli.

wards the zero-waste paradigm for all resource flows. This relaunches the awareness that the design's effectiveness, founded upon the interrelationship between technology and circularity of management, can be achieved by operating at the urban scale towards the models typical of the green city approach, of the eco-neighbourhood and of the green district (Tucci, 2018) and by integrating the effects caused by the various systems on the indoor spaces and in outdoor behaviour.

#### A model of circular management of construction and demolition materials in the phases of the regenerative intervention process of districts

The outlined approaches pursue a high level of material resource efficiency within the objective of optimising settlements' environmental performance. Beyond the conservation and

upcycling of existing buildings – strategic actions for reducing the need for materials and their impacts in the pre-production and production phase – the following are outlined as specific objectives:

- limiting the consumption of raw materials for the intervention;
- favouring the procurement of “zero km” and/or locally sourced materials and products;
- minimising the volume of waste produced over the short and long term (Design for Deconstruction);
- containing the level of embodied carbon in the materials used in the intervention.

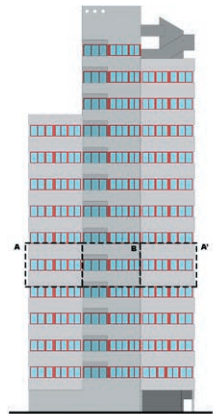
Firstly, the adopted methodology calls for taking stock of the components and materials constituting the building system, estimating its volume and weight and calculating the embodied CO<sub>2</sub>. When the solutions for reusing

the buildings are being defined, the materials and components destined for demolition are quantified and the relative embodied carbon is estimated. The technical options to avoid landfilling are then assessed, contemplating reuse as the preferential scenario for recycling, and onsite reuse as the optimal solution. The various strategies were lastly assessed through the comparison of costs and benefits of an environmental, technological and economic nature. In parallel, the materials originating from other supply chains were mapped at the local scale (*Harvest Map*) by means of an on-line survey and direct contact with companies through the delivery of questionnaires and on-the-spot inspections aimed at viewing the stock of materials (surplus, discards, defective products, processing residues) that may potentially be recovered in the intervention (Fig. 2) (Altamura

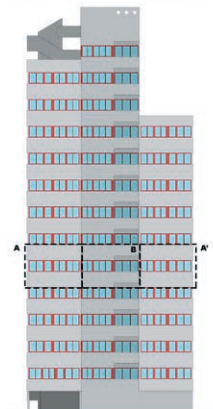
and Baiani, 2019).

From the methodological standpoint, the decisive aspect for assessing the level of material resource efficiency that has been achieved is the identification of quantitative indicators allowing the choices' effectiveness to be measured. In particular:

- the recycled content in the materials (on-off indicator present in the GPP Minimum Environmental Criteria for Construction, Ministerial Decree of 11 October 2017);
- the rate of landfill diversion of demolition materials (additional indicator present in the GPP MEC);
- the rate of materials recovered onsite;
- the amount of embodied CO<sub>2</sub> conserved avoiding demolition, and of that, preserved through onsite reuse or recycling, thereby avoiding energy consumption and transport-related emissions.



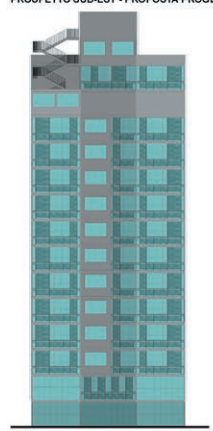
PROSPETTO SUD-EST - STATO DI FATTO



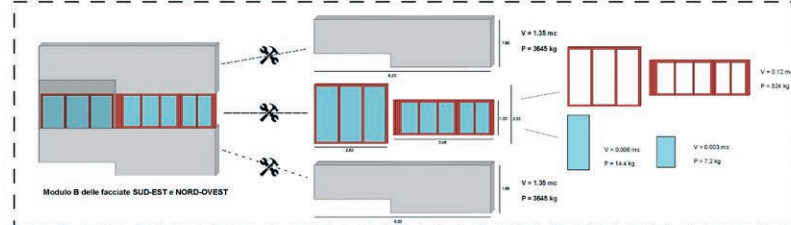
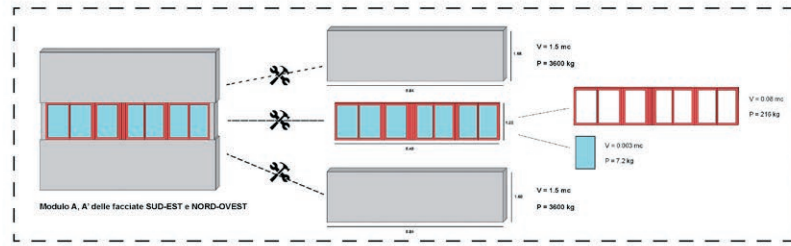
PROSPETTO NORD-OVEST - STATO DI FATTO



PROSPETTO SUD-EST - PROPOSTA PROGETTUALE

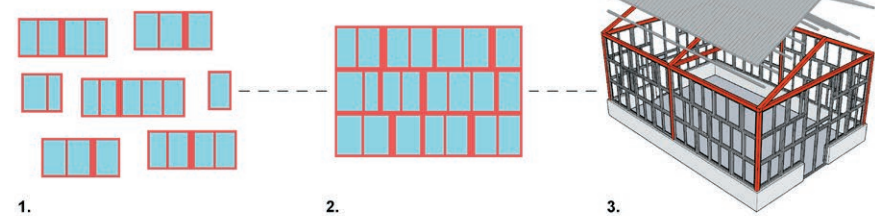


PROSPETTO NORD-OVEST - PROPOSTA PROGETTUALE

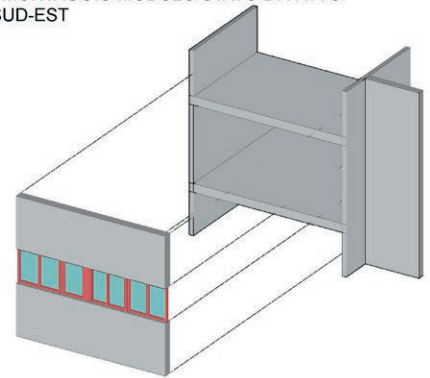


- AZIONI TECNICHE**
- Riuso IN SITO
  - Riuso FUORI DAL SITO
  - Riciclo FUORI DAL SITO

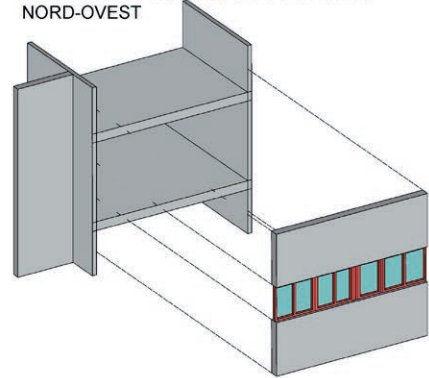
**ESEMPIO DI RIUSO IN SITO DEI MATERIALI**



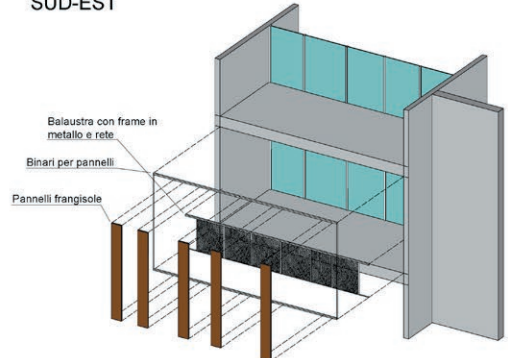
SMONTAGGIO MODULO STATO DI FATTO SUD-EST



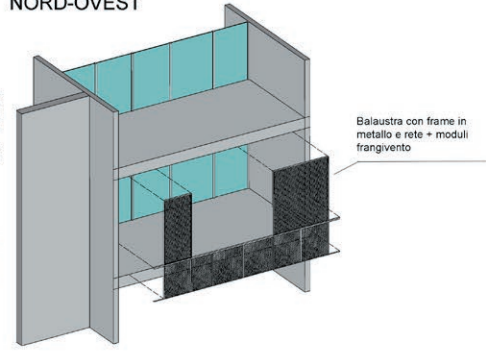
SMONTAGGIO MODULO STATO DI FATTO NORD-OVEST



MONTAGGIO MODULO PROPOSTA PROGETTUALE SUD-EST



MONTAGGIO MODULO PROPOSTA PROGETTUALE NORD-OVEST



Le componenti per i parapetto delle logge sono composti da tubolari e reti di recupero derivati da scarti di lavorazione di aziende limitrofe. Confer srl, distante 3,4 km

Il legno utilizzato per le pannellature scorrevoli è ricavato da un'azione limitrofa. Odoardi Legnami srl



*cularity*, condizione che, alla scala di sistema urbano, attribuisce un nuovo significato ai flussi di risorse.

La sperimentazione si basa sull'analisi del metabolismo urbano degli ambiti di studio da cui sono dedotti gli *input* per lo sviluppo di un piano d'azione integrato e sistemico, contenente gli indirizzi principali, e un pacchetto di interventi esemplificativi, potenziale "cassetta degli attrezzi" da trasferire in contesti simili. Tale scenario è stato perfezionato attraverso un modello basato sulla valutazione dell'impatto potenziale di ogni intervento sulla domanda e offerta di risorse, oltre che in termini di emissioni di CO<sub>2</sub>. L'approccio analitico-valutativo e propositivo-progettuale, di tipo multiscale, può essere ricondotto a quattro principali obiettivi:

- ridurre strutturalmente la domanda di risorse attraverso sistemi efficienti e circolari;
- rallentare, restringere e chiudere i circuiti dei fattori materiali e immateriali, utilizzando le risorse in modo sinergico;
- soddisfare la domanda residua di risorse attraverso fonti rinnovabili e a km zero, evitando lo smaltimento "a perdere" e la diminuzione di valore ecologico;
- gestire, attraverso sistemi di monitoraggio, il bilanciamento delle risorse disponibili, evitando sprechi.

Sono rappresentate, a seguire, le principali linee d'intervento

adottate nei distretti di Torrevecchia e Pineto-Valle Aurelia, in relazione alle modalità di gestione di energia, aria, acqua, verde e rifiuti.

**Energia**

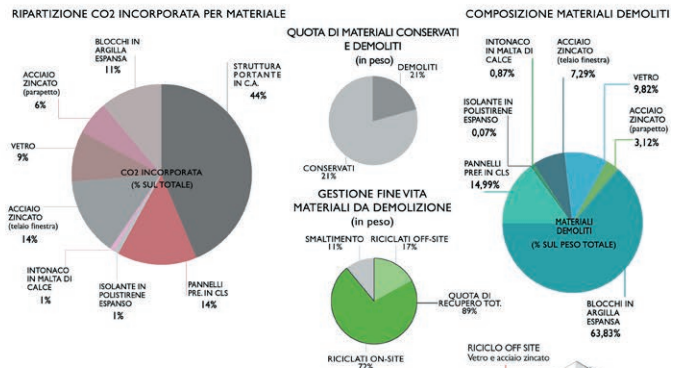
La gestione dei flussi energetici non può limitarsi al raggiungimento di livelli di efficienza, ma dovrebbe essere orientata al perseguimento di una serie, processualmente concatenata, di obiettivi:

- ridurre la domanda energetica fino al raggiungimento, per fasi, del modello *Zero Energy* o, se possibile, *Positive Energy*;
- massimizzare gli apporti passivi, attraverso soluzioni e dispositivi integrati, nella consapevolezza che, oltre al comfort ambientale, possano incidere sui comportamenti energetici;
- ridurre i consumi utilizzando apparecchiature ed elettrodomestici ad alta efficienza e orientando gli utilizzatori verso il cambiamento dei comportamenti;
- generare energia da fonti rinnovabili integrate (solare termico e fotovoltaico; mini e micro-eolico; geotermia; biomassa);
- distribuire le diverse forme di energia attraverso *dynamic smart grid*, per modulare gli apporti energetici, adattandoli ai fabbisogni, nella giornata e nelle stagioni.

04 | VALUTAZIONE DELLA MATERIAL RESOURCE EFFICIENCY

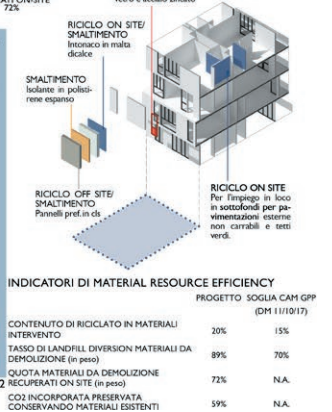
STIMA DELLA CO2 INCORPORATA NEGLI EDIFICI OGGETTO DI RIQUALIFICAZIONE

UNITA TECNOLOGICA	MATERIALI EDIFICIO ESISTENTE	VOLUME TOTALE [m3]	PESO SPECIFICO [kg/m3]	PESO TOTALE [Kg]	CO2 INCORPORATA UNITARIA [Kg CO2/Kg]	CO2 INCORPORATA TOTALE [Kg CO2]
STRUTTURA	Struttura portante in c.a.	2.040,16	2.400,00	4.896.384	0,14	685.494
	Pannelli pref. in cls [sp. 16 cm]	668,80	2.400,00	1.605.120	0,14	224.717
TAMPONATURA	Isolante in polistirene espanso [sp. 4 cm]	133,26	35,00	4.664	2,57	11.987
	Intonaco in malta di calce [sp. 2 cm]	18,84	1.800,00	33.912	0,41	13.904
	Acciaio zincato [ferrofinestra sp. 5 cm]	15,68	7.850,00	123.088	1,80	221.558
INFISSI ESTERNI	Vetro [sp. 4 mm]	66,37	2.500,00	165.925	0,86	142.696
	Acciaio zincato (parapetto) [sp. 4 cm]	19,54	2.700,00	52.758	1,80	94.964
TRAMEZZI	Blocchi in argilla espansa [sp. 10 cm]	842,27	1.600,00	1.347.632	0,13	175.192
<b>Totale [Kg]</b>				<b>8.229.483,10</b>	<b>Totale [Kg CO2]</b>	<b>1.570.512</b>
<b>CO2 incorporata totale per i 6 edifici del quartiere [Kg CO2]</b>						<b>9.423.070</b>



GESTIONE CIRCOLARE DEI MATERIALI DA DEMOLIZIONE

MATERIALI OGGETTO DI DEMOLIZIONE	VOLUME DEMOLITO [m3]	QUOTA DEMOLITA PER MATERIALE [%]	PESO [Kg]	SCENARIO DI GESTIONE FINE VITA MATERIALE	QUOTA DI MATERIALE RECUPERATO [%]	PESO MATERIALE RECUPERATO [Kg]	CO2 INCORPORATA MATERIALI RICICLATI** [Kg Co2]	CO2 INCORPORATA PRESERVATA (MATERIALI NON DEMOLITI) [Kg Co2]
Struttura portante in c.a.	-	-	-	RICICLO OFF-SITE/SMALTIMENTO	30,00%	75.931,20	10.630,37	685.493,76
Pannelli pref. in cls [sp. 16 cm]	105,46	15,77%	253.104,00	SMALTIMENTO	-	-	-	189.278,96
Isolante in polistirene espanso [sp. 4 cm]	35,15	26,38%	1.230,25	RICICLO ON-SITE/SMALTIMENTO	60,00%	8.834,40	3.622,10	8.824,64
Intonaco in malta di calce [sp. 2 cm]	8,18	43,42%	14.724,00	RICICLO OFF-SITE	100,00%	123.088,00	221.558,40	-
Acciaio zincato [ferrofinestra sp. 5 cm]	15,68	100,00%	123.088,00	RICICLO OFF-SITE	100,00%	165.920,00	142.691,20	-
Vetro [sp. 4 mm]	66,37	100,00%	165.925,00	RICICLO OFF-SITE	100,00%	52.750,00	94.950,00	-
Acciaio zincato (parapetto) [sp. 4 cm]	19,54	100,00%	52.758,00	RICICLO ON-SITE*	100,00%	1.078.096,00	140.152,48	35.038,43
Blocchi in argilla espansa [sp. 10 cm]	673,81	80,00%	1.078.096,00					
<b>Totale [Kg]</b>			<b>1.488.925,25</b>			<b>1.504.619,60</b>	<b>Totale [Kg CO2]</b>	<b>926.502,63</b>
<b>Peso totale materiali da demolizione per i 6 edifici del quartiere [Kg]</b>			<b>10.133.551,50</b>	*per impiego in loco in sottopiani di pavimentazioni esterne non carrabili		<b>9.027.717,60</b>	<b>Totale per i 6 edifici [Kg CO2]</b>	<b>5.559.015,76</b>
<b>Quota dei materiali esistenti (in peso) soggetta a demolizione [%]</b>			<b>21%</b>	<b>Quota di recupero</b>		<b>89%</b>	<b>Quota preservata</b>	
				<b>Quota di recupero on-site</b>		<b>72%</b>	<b>**recuperata in misura diversa in base alle emissioni di CO2 del processo di riciclo dei vari materiali, in media al 79%</b>	



INDICATORI DI MATERIAL RESOURCE EFFICIENCY

CONTENUTO DI RICICLATO IN MATERIALI INTERVENTO	20%	15%
TASSO DI LANDFILL DIVERSION MATERIALI DA DEMOLIZIONE (in peso)	89%	70%
QUOTA MATERIALI DA DEMOLIZIONE RICICLATI ON-SITE (in peso)	72%	NA.
CO2 INCORPORATA PRESERVATA CONSERVANDO MATERIALI ESISTENTI	59%	NA.

PROGETTO: SOGLIA CAM GPP (DM 11/10/17)



A fronte di azioni di progetto coerenti con tali obiettivi, la metodologia di calcolo si basa sulla valutazione dei consumi complessivi, sulla base di *benchmark* e dati parametrici, rapportando le valutazioni agli scenari migliorativi conseguiti (Fig. 5), stimando la riduzione di CO<sub>2</sub> emessa (TABULA, 2016).

#### Aria

La gestione dell'aria, attraverso il controllo delle interazioni tra flussi ventilativi e superfici permeabili, ombreggiate e con alto coefficiente di riflettanza solare, incide sul microclima locale attenuando l'isola di calore, con effetti positivi sul raffrescamento – ma anche con ricadute sul riscaldamento passivo invernale – elevando il benessere ambientale e riducendo il consumo di energia, nonché le emissioni di gas serra e inquinanti atmosferici. La sperimentazione ha verificato diversi sistemi per valorizzare le potenzialità della ventilazione naturale all'interno degli spazi confinati, con l'impiego integrato di *buried earth pipes*, camini di ventilazione, torri del freddo e scambiatori di calore.

Per la stima della riduzione del fabbisogno di raffrescamento, il microclima degli spazi esterni è simulato con il software ENVI-met, analizzando la situazione *ante e post operam*. Gli interventi adottati consentono una contrazione del tempo di funzionamento e una significativa riduzione di fabbisogni energetici ed emissioni di CO<sub>2</sub> (Fig. 5).

#### Acqua

Le politiche europee hanno fissato i parametri per il miglioramento dell'efficienza nell'uso dell'acqua negli edifici, favorendo l'attuazione di processi di raccolta-recupero-riuso delle acque piovane e grigie (EC, 2016). Nella sperimentazione sono adotta-

ti sistemi che consentono di riutilizzare acqua piovana e grigia, separando opportunamente i flussi per il trattamento, la depurazione e il riuso. L'utilizzo di acque grigie, immagazzinate in serbatoi, opportunamente trattate e reimmesse nel circuito, permette un risparmio di acqua potabile del 50%.

Le acque piovane, raccolte e recuperate da coperture e spazi esterni, costituiscono alternative per l'irrigazione di giardini, spazi vegetati e componenti verdi degli involucri. Sono integrate diverse modalità di raccolta, incrementando le superfici permeabili e utilizzando sistemi di *bio-swale* e di *rain garden* per convogliare, contenere, trattare e reimmettere nei circuiti la risorsa idrica (Fig. 6).

L'indicatore quantitativo è valutato tramite la stima dei consumi, in termini comparativi di mc/anno nello stato di fatto e di progetto, considerando i cicli virtuosi del recupero-trattamento-riuso delle acque (ISTAT, 2020). Le considerevoli emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente risparmiata indicano l'importanza di perseguire tale asse strategico, in modo integrato, in ogni intervento.

#### Verde

L'incremento delle aree verdi nel paesaggio urbano concorre, in relazione ai servizi ecosistemici che assicura, al raggiungimento di diversi obiettivi, quali la valorizzazione del capitale naturale e degli habitat per il miglioramento della biodiversità, l'uso sostenibile del suolo in riferimento alla permeabilità, il miglioramento del microclima attraverso processi evapotraspiratori, l'innalzamento della qualità dell'aria attraverso la sottrazione di fattori inquinanti, l'incremento dei processi di decarbonizzazione attraverso l'assorbimento di CO<sub>2</sub>. In riferimento a quest'ultimo aspetto, si evidenzia che la sottrazione di

In the design phase, the process leads to the integration of three different modes of procurement of the necessary materials:

1. identifying components that can be recovered from the buildings during selective demolition (such as exterior and interior door and window frames), which may be subject to remanufacturing for the purposes of onsite reuse (Fig. 3);
2. identifying secondary sources of materials and components from buildings or industries in the surrounding area (in the case of Torrevicchia, recovering metal components from the disassembly of buildings from the former Fiera di Roma);
3. selecting, in order to cover the remaining need, new materials that are renewable and certified, with low environmental impacts and intervention costs, thereby guarantee-

ing the reusability and recyclability of the materials (ARUP, 2016).

The results obtained in the various settings point to a high level of circularity that may be achieved through recovery from partial demolitions and procurement from primary and secondary sources. For example, in the setting of the regeneration of Pineto-Valle Aurelia (Fig. 4), for each building, about 79% of whose materials in weight are conserved (containing 59% of the total embodied carbon), there is a possibility, by implementing several end-of-life circular options, to achieve a rate of recovery of materials equal to 89% in terms of weight, thereby surpassing the 70% threshold set by Directive 98/2008 and referred to in the Construction MEC (Par. 2.4.2). Of this amount, 72% is recovered onsite, producing recycled aggregates to be reused mainly for foundations for exterior pavement.

The high recovery threshold guarantees preserving 79% of the embodied carbon of the demolished materials, which is destined to replace new materials whose environmental impacts are therefore avoided.

#### **An integrated, multiscale circular management model of resource flows (energy, air, water, greenery, waste) in all the districts' life phases**

The transition from the intervention stage to the useful life of urban districts opens a broader vision that includes services and networks for closing the loops. The objective of the second step of the study is to develop a district that permits the passage from the resource drain model to resource circularity, a condition that, on the urban system scale, gives a new meaning to the resource flows.

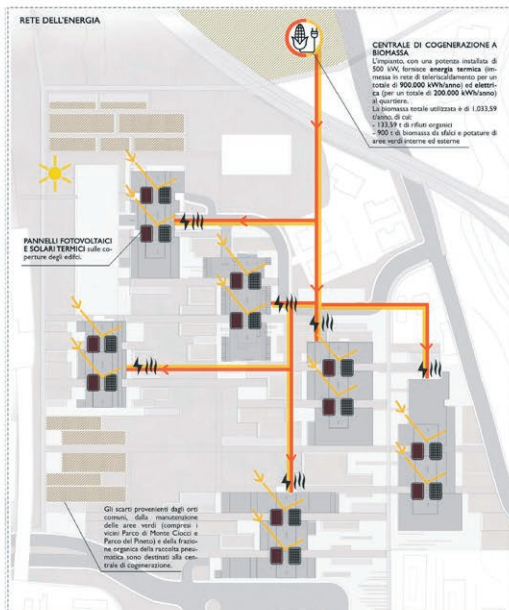
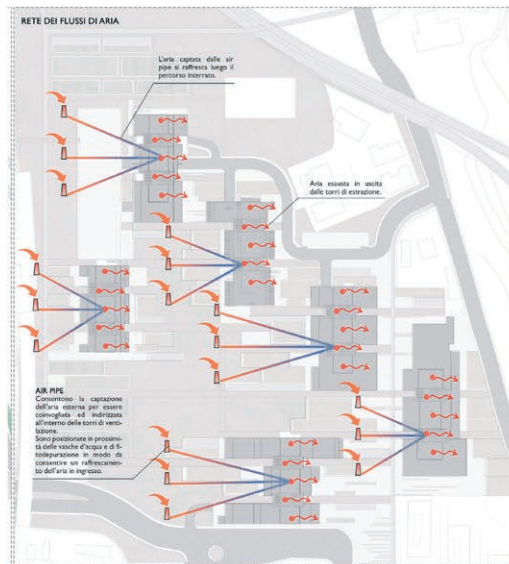
The experimentation is based upon

analysis of the urban metabolism of the study environments, from which the inputs for the development of an integrated and systemic action plan containing the main guidelines were deduced, along with a package of sample interventions – a potential “toolbox” of reference to be transferred to similar contexts. This scenario was perfected on a case-by-case basis through a flow model based on the assessment of each intervention's potential impact on the supply and demand of resources, as well as in terms of CO<sub>2</sub> emissions. The analysis/assessment and proposition/design approach, multiscale in type, may therefore be ascribed to four main objectives:

- structurally reducing the demand for resources through efficient and circular systems;
- slowing, restricting and closing the circuits of material and non-materi-

05 | RETE DELL'ENERGIA E DELL'ARIA

STATO DI FATTO		PROGETTO	
Superficie utile residenziale	40.152 mq	Superficie utile residenziale	33.672 mq
Superficie utile non residenziale	13.674 mq	Superficie utile non residenziale	21.960 mq
<b>Residenziale Stato di fatto*</b>			
Consumi ed usi comuni	21.361	Consumi ed usi comuni	8.988
Consumi elettr. + Illum	1.247.400	Consumi elettr. + Illum	807.257
Riscaldamento	8.944.048	Riscaldamento	386.269
Raffrescamento	252.958	Raffrescamento	14.331
Acqua calda sanitaria	671.736	Acqua calda sanitaria	0
TOT	11.187.503	TOT	2.590.432
*Ipotezzate situazioni base standard sulla base della tipologia di edificio			
<b>Non Residenziale Stato di fatto</b>			
Consumi elettr. + Illum	783.092	Consumi elettr. + Illum	1.273.111
Riscaldamento	2.324.580	Riscaldamento	453.726
Raffrescamento	355.524	Raffrescamento	30.832
Acqua calda sanitaria	82.044	Acqua calda sanitaria	26.423
TOT	3.565.240	TOT	2.835.172
TOT residenziale e non	14.742.743	TOT residenziale e non	2.999.217
Emissioni di Co2 sono state ridotte del <b>-72%</b>			
<b>PROGETTO</b>			
• <b>Efficientamento involucro e impianti</b>			
Insieme di azioni di efficientamento dell'involucro e degli impianti, dispositivi ed elettrodomestici a risparmio energetico, illuminazione a led, accessori con recupero di energia in frenata e recupero di calore dal sistema delle acque grigie			
TOT	6.621.685 Kwh/a	TOT	2.999.217 Kwh/a
-59%			
• <b>Mitigazione e microclima</b>			
Riduzione dei fabbisogni di raffrescamento e riscaldamento			
Stato di fatto	progetto	Stato di fatto	progetto
Temperatura della zona urbana	30	Temperatura mitigata	29
TI	26	Risparmio energetico %	20%
Inverno			
Stato di fatto	progetto	Stato di fatto	progetto
Temperatura della zona urbana	10,1	Temperatura mitigata	11,9
TI	20	Risparmio energetico %	2%
• <b>Sistemi di riscaldamento e raffrescamento passivo</b>			
TOT	3.093.791 Kwh/a	TOT	2.999.217 Kwh/a
-79%			
• <b>Sistemi di ottimizzazione ICT</b>			
TOT	2.999.217 Kwh/a	TOT	2.999.217 Kwh/a
-80%			



**Illuminazione pubblica**

Kwh/a risparmiati per l'illuminazione pubblica con lampade a led con integrato il fotovoltaico: **46.710 Kwh/a**  
% di riduzione rispetto all'esistente **-100%**

• **Energia da fonti rinnovabili**

La richiesta energetica del quartiere pari a **2.999.217 Kwh/a** viene soddisfatta da fonti energetiche rinnovabili:

- Fotovoltaico**: 649.558 Kwh/a (22% sul TOT fabbisogno energetico)
- Solare Termico**: 26.423 Kwh/a (1% sul TOT fabbisogno energetico)
- Biomassa Prodotta da:**
  - Manutenzione del verde: 146.970 Kg/a, 693.698 Kwh/a
  - Rifiuti organici: 215.195 Kg/a, 2.092.166 Kwh/a
- TOT Biomassa**: 2.785.865 Kwh/a (93% sul TOT fabbisogno energetico)

La somma dell'energia prodotta dalle fonti rinnovabili è pari al **115%** sul TOT fabbisogno energetico. **Emissioni Co2 pari a 0**

**In sintesi**

Il fabbisogno energetico finale del quartiere (illuminazione e consumi energetici degli edifici) è soddisfatto grazie a fonti energetiche rinnovabili.

Fabbisogno energetico totale del quartiere	2.299.217 Kwh/a
Energia da fonti rinnovabili	3.461.846 Kwh/a
Surplus	1.162.629 Kwh/a

Esistente: 14.742.743 Kwh/a

Efficientamento involucro e impianti e Mitigazione e microclima	6.621.685
Sistemi di riscaldamento e raffrescamento passivo	3.093.791
Sistemi di ottimizzazione ICT	2.299.217
Energia da fonti rinnovabili	4.418.833

TOT STATO DI FATTO: 14.742.743 Kwh/a  
TOT: 2.999.217 Kwh/a  
Emissioni Co2 sono ridotte del **100%** (0 KgCo2/a)

al factors by making synergistic use of resources;

- meeting the residual demand for resources through renewable and "zero km" resources, thereby avoiding waste and the diminishment of ecological value;
- managing, through the use of monitoring systems, the balancing of available resources, thereby avoiding waste.

The main lines of intervention adopted in the districts of Torvecchia and Pineto-Valle Aurelia are represented below, in relation to the energy, air, water, greenery and waste management modality.

**Energy**  
The management of energy flows cannot be limited to achieving levels of

efficiency, but should be oriented towards the pursuit of a series – concatenated in its processes – of objectives:

- reducing energy demand until achieving, in phases, the "zero energy" or – when possible – the "positive energy" model;
- maximising passive supplies using integrated devices and solutions, being aware that, in addition to environmental comfort, they may have an impact on overall energy behaviour;
- reducing consumption by using high-efficiency equipment and appliances and, at the same time, by guiding users towards behavioural changes;
- generating energy from integrated renewable sources (solar thermal

and photovoltaic; mini- and micro-wind; geothermal; biomass);

- distributing various forms of energy via dynamic smart grids to modulate energy supplies, adapting them to needs, during the day and the seasons.

Given the design actions consistent with these objectives, the adopted calculation methodology is founded upon the assessment of overall consumption, on the basis of benchmarks and parametric data, relating these evaluations to the achieved improvement scenarios (Fig. 5) and assessing CO<sub>2</sub> emissions reduction (TABULA, 2016).

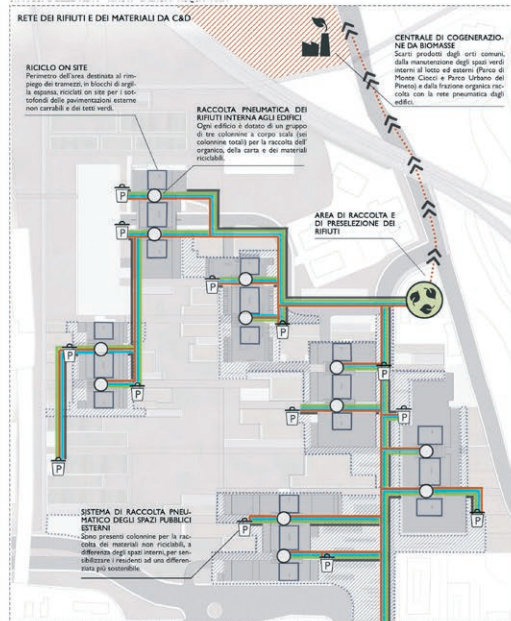
**Air**  
Managing air by controlling the interactions between ventilation flows and

permeable surfaces that are shaded and, with a high coefficient of solar reflectance, impacts the local microclimate by mitigating the "heat island" with positive effects on cooling (but also on wintertime passive heating), thus improving environmental well-being and reducing energy consumption as well as CO<sub>2</sub> emissions and atmospheric pollutants. The experimentation verified various systems to assess the potentiality of natural ventilation within confined spaces, with the integrated use of buried earth pipes, ventilation stacks, cold towers and heat exchangers.

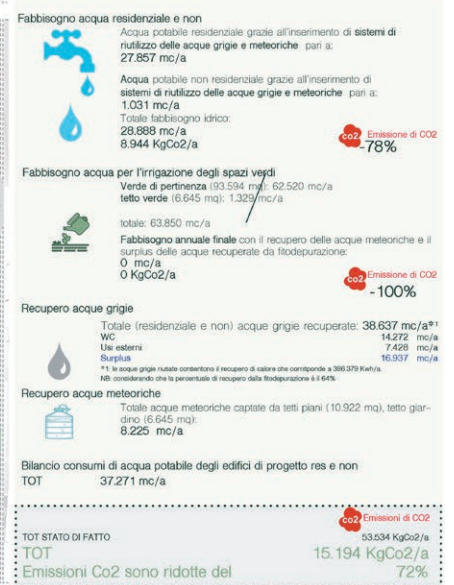
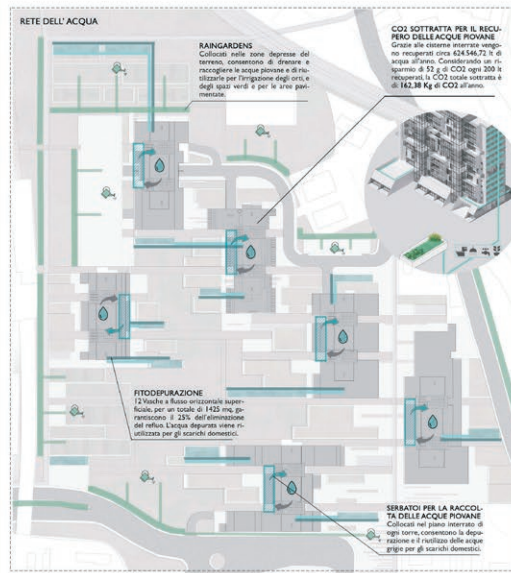
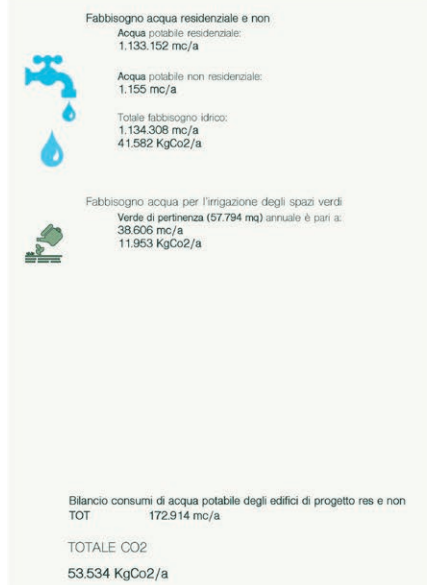
To estimate the reduction of the cooling requirement, the microclimate of exterior spaces is simulated with ENVI-met software, analysing the



RETE DEI RIFIUTI



RETE DELL'ACQUA



ante and post operam situation. The adopted interventions allow the operation time to be diminished as well as a significant reduction of energy needs and CO<sub>2</sub> emissions (Fig. 5).

Water

European policies have set parameters to improve efficiency in water use in buildings, by promoting the implementation of processes for the collection-recovery-reuse of rainwater and greywater (EC, 2016). The experimentation adopts systems to reuse both rainwater and greywater originating from the various activities and types of spaces, while separating the flows and guiding their treatment, purification and reuse phases. The use of greywater

stored in tanks, purified and brought back into the circuit, yields a 50% savings of drinking water.

Rainwater collected and recovered from rooftops and exterior spaces provides alternative flows for irrigating gardens, planted spaces and green components of the building envelopes. Various rainwater collection modes are integrated by increasing permeable surfaces and using bio-swale and rain garden systems to convey, contain and treat water and bring it back into the circuits (Fig. 6).

The quantitative indicator was assessed through the estimate of consumption in comparative terms of m<sup>3</sup>/year in the actual and design state, considering the virtuous cycles of recovery-

treatment-reuse (ISTAT, 2020). The considerable savings of equivalent CO<sub>2</sub> emissions indicate the importance of pursuing this strategic line in an integrated fashion in every intervention.

Greenery

The increase of green areas in the urban landscape contributes, in relation to the multiple ecosystem services that it ensures, towards achieving a variety of environmental objectives, such as the promotion of natural capital and habitats, with improved biodiversity; sustainable land use with reference to permeability; improved microclimate through evapotranspiration processes; higher air quality through pollutants; increased decarbonisa-

tion processes through the absorption of CO<sub>2</sub>. With reference to this last aspect, it is emphasised that CO<sub>2</sub> removal was determined through the mapping of trees and green surfaces (Fig. 7). The integration of vegetation on the buildings also yields benefits through the rainwater retention capacity at times of extreme events, and through mitigating the effects of heat waves (ISPRA, 2015) and there is the possibility of using plant cuttings as biomass, thus providing alternative fuel transformable into electric and thermal power through local micro-plants whose use, in a fully circular perspective, further contributes to the objectives of carbon neutrality (ENEA, 2009).



CO<sub>2</sub> è stata determinata in base alla mappatura delle superfici verdi e delle alberature (Fig. 7). L'integrazione di vegetazione sugli edifici permette, inoltre, un accrescimento dei benefici attraverso la capacità di ritenzione dell'acqua piovana in presenza di eventi estremi e di mitigazione degli effetti delle ondate di calore (ISPRA, 2015). La possibilità di utilizzare gli sfalci della vegetazione come biomassa, fornendo combustibile alternativo

trasformabile in energia elettrica e termica, producibile con micro-impianti locali, contribuisce al perseguimento degli obiettivi di neutralità carbonica (ENEA, 2009).

### Rifiuti

La costruzione del modello di gestione dei rifiuti risponde alla richiesta dell'UE di adottare modalità integrate per raccogliere,

07 |

CAPACITÀ DI ASSORBIMENTO DELLA CO<sub>2</sub>

### ANTE OPERAM



SPECIE	CAPACITÀ DI MITIGAZIONE	POTENZIALE DI CATTURA DELLE POLVERI	N°	ASSORBIMENTO CO <sub>2</sub> MEDIO	
				IN 20 ANNI (t/20)	PER ANNO (Kg/a)
<i>Acacia dealbata</i>	Basso	Basso	19	1,52	76,00
<i>Ailanthus altissima</i>	Buona	Basso	48	43,20	2160,00
<i>Albizia julibrissin</i>	Basso	Basso	4	0,32	16,00
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Ottima	Medio	8	39,76	1988,00
<i>Hedera helix</i>	Basso	Medio	8	0,48	24,00
<i>Ligustrum lucidum</i>	Buona	Medio	20	1,20	60,00
<i>Liquidambar styraciflua</i>	Medio	Basso	2	5,60	280,00
<i>Morus alba pendula</i>	Medio	Medio	14	6,30	315,00
<i>Nerium oleander</i>	Buona	Medio	21	9,45	472,50
<i>Olea europaea</i>	Buona	Alta	16	7,20	360,00
<i>Pinus pinea</i>	Buona	Medio	39	52,65	2632,50
<i>Pithecolobium tobira</i>	Buona	Alto	26	11,70	585,00
<i>Populus nigra</i>	Basso	Basso	64	12,80	1280,00
<i>Punica granatum</i>	Basso	Basso	6	1,20	120,00
<i>Quercus pubescens</i>	Ottima	Alto	0	0,00	0,00
<i>Quercus cerris</i>	Ottima	Medio	15	46,50	2325,00
<i>Quercus ilex</i>	Medio	Alto	71	113,60	5680,00
<i>Tilia cordata</i>	Ottima	Alto	93	260,40	13020,00
<i>Washingtonia</i>	Basso	Basso	20	1,00	100,00
<b>TOTALE</b>			<b>494</b>		<b>31.494</b>
<b>Assorbimento emissioni superfici verdi</b>					<b>346.764</b>
<b>TOTALE assorbimento emissioni</b>					<b>378.258</b>

### POST OPERAM



SPECIE	CAPACITÀ DI MITIGAZIONE	N°	ASSORBIMENTO CO <sub>2</sub> MEDIO	
			IN 20 ANNI (t/20)	PRIMI 5 ANNI (Kg/a) PER ANNO (Kg/a)
<i>Acacia dealbata</i>	Basso	12	0,96	18,00
<i>Acer platanoides</i>	Medio	10	38,00	1380,00
<i>Ailanthus altissima</i>	Basso	50	45,00	1600,00
<i>Carpinus betulus</i>	Basso	10	28,00	1030,00
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Medio	15	74,55	2595,00
<i>Fagus sylvatica</i>	Alta	15	67,50	2625,00
<i>Fraxinus excelsior</i>	Medio	25	70,00	2575,00
<i>Ligustrum lucidum</i>	Medio	20	1,20	30,00
<i>Liquidambar styraciflua</i>	Basso	2	5,60	206,00
<i>Morus alba pendula</i>	Medio	14	6,30	210,00
<i>Nerium oleander</i>	Medio	10	4,50	160,00
<i>Olea europaea</i>	Alta	20	9,00	320,00
<i>Pinus pinea</i>	Medio	50	67,50	2400,00
<i>Pithecolobium tobira</i>	Alto	26	11,70	416,00
<i>Populus nigra</i>	Basso	64	12,80	384,00
<i>Quercus cerris</i>	Medio	20	62,00	2400,00
<i>Quercus ilex</i>	Alto	80	128,00	4400,00
<i>Tilia cordata</i>	Alto	100	280,00	10300,00
<i>Ulmus minor</i>	Alto	15	42,00	1545,00
<b>TOTALE</b>		<b>558</b>		<b>31.494</b>
<b>Assorbimento emissioni superfici verdi</b>				<b>561.564</b>
<b>TOTALE assorbimento emissioni</b>				<b>608.342</b>

trattare e riutilizzare i rifiuti, in riferimento a un quadro di sistemi di ottimizzazione (EC, 2020). Lo scenario di intervento prevede il sistema di raccolta pneumatica interrato che, dagli spazi comuni ad ogni piano degli edifici, attraverso canali differenziati, confluiscono nel punto di raccolta, per il trasferimento nei centri di trattamento. Negli spazi aperti sono integrate colonnine per il conferimento pneumatico di rifiuti, con l'aggiunta dell'indifferenziato, presente solo all'esterno, come disincentivo per gli abitanti. La frazione di umido, unitamente ai rifiuti verdi, è compostata e riutilizzata nelle aree verdi.

La gestione integrata dei rifiuti permette di ottenere la riduzione di emissioni di CO<sub>2</sub> per effetto del maggior recupero di materiali e di limitati spostamenti dei mezzi. Lo scenario di progetto è l'esito dell'analisi delle modalità di raccolta presenti e della stima della quantità di rifiuti prodotti, elaborata su dati ISPRA, per calcolare la riduzione delle emissioni per l'attuazione dei nuovi cicli (ISPRA, 2020). Sono stati, infine, valutati diversi sistemi di trasporto, con il calcolo del consumo di carburante e delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

## Conclusioni

Il modello di intervento per la rigenerazione dei quartieri ERP a Roma vede nell'adozione di un'ottica di *circular transition*, uno dei principali profili innovativi, che si riverbera, alla scala del distretto, sulla dimensione relazionale edificio-spazio aperto, coinvolgendo anche i sistemi tecnologici adottati per garantire elevati livelli di efficacia nelle sfere ambientale-economica-sociale della sostenibilità, con la convinzione che «the mark of a good decision-making for a sustainable system is a project's ability to sustain itself throughout its entire lifecycle» (Friedman, 2015).

### Waste

The waste management model responds to the EU's demand to adopt integrated procedures for collecting, processing and reusing in a framework of optimisation systems (EC, 2020). The intervention scenario calls for an underground vacuum collection system starting from the common spaces present in buildings on each floor, with channels dedicated by waste type converging in a collection point from which the waste is transported to processing centres. Open spaces are also integrated with portholes for vacuum waste collection, with the addition of unsorted waste, present only outside, as a disincentive for inhabitants. The wet fraction, along with green waste, is composted and reused in the green areas.

In this way, integrated waste management reduces CO<sub>2</sub> emissions thanks to

the greater recovery of materials and to less movements of collection vehicles. The design scenario is the result of the analysis of the present modes of collection and of the estimate of the quantity of produced waste, developed on the basis of ISPRA data (ISPRA, 2020), in order to calculate the reduction in emissions obtained through the new cycles. Lastly, the various transport systems were also assessed, calculating fuel consumption and CO<sub>2</sub> emissions in order to determine their contribution to the decarbonisation process.

### Conclusions

For the intervention model for regenerating Rome's public housing neighbourhoods, the full adoption of a circular transition perspective is one of the main profiles of innovation that, on a district-wide scale, reverberates on the relational building/open space

L'adozione di una prospettiva estesa al ciclo di vita, nell'intero quadro delle fasi d'intervento, a partire dall'analitico-valutativa e impostativo-ideativa delle soluzioni di progetto, è riconosciuta come approccio-chiave che, considerando tutti gli impatti lungo la catena del valore (incluse le emissioni incorporate) ed evidenziando potenziali *trade-off*, favorisce un ricorso efficace a flussi derivanti da risorse secondarie e contribuisce, in modo determinante, al raggiungimento della *carbon neutrality* nel settore delle costruzioni (ENEA, 2020).

La misura del livello di efficacia dei *Circular Districts* (Fig. 8) è la sfida prioritaria che richiede un incessante affinamento delle strumentazioni, un continuo aggiornamento e incremento dei risultati e un progressivo approfondimento delle metodiche di valutazione, nella consapevolezza della complessità e variabilità dei parametri di riferimento e della necessità di costruire un sistema di previsione degli effetti lungo l'intero ciclo di vita per un sistema urbano rigenerativo e accessibile *by-design*. Dalle sperimentazioni emerge, inoltre, che la transizione circolare, in un'ottica di neutralità climatica, pone le basi per un'innovativa visione dell'intervento rigenerativo, che miri a eliminare il concetto di scarto, rifiuto e spreco nel breve-medio termine (8-10 anni, secondo la media europea) e arrivi a investire, sulla più lunga fase di vita utile, l'intera gamma delle risorse materiali e immateriali, in un perenne processo ciclico *self-sufficient* di dismissione-rigenerazione.

Una visione progettuale, quindi, che ponga al centro il concetto di circolarità nell'accezione più ampia, capace di caratterizzare sia le fasi all'interno di un ciclo di vita (coinvolgendo prima un uso circolare dei materiali di dismissione e costruzione e poi una gestione ampia, integrata e profondamente interagente dei siste-

dimension, also involving the adopted technological systems in order to guarantee high levels of effectiveness in the environmental-economic-social spheres of sustainability, with the conviction that "the mark of good decision-making for a sustainable system is a project's ability to sustain itself throughout its entire life cycle" (Friedman, 2015).

The adoption of a perspective extending to the life cycle in the entire framework of intervention phases, from design solutions analysis/assessment to arrangement/conception, is recognised as a key approach which, by taking into account all the impacts along the value chain (including the embodied emissions) and, by emphasising potential trade-offs, promotes a sure and effective reliance on secondary resources and makes a decisive contribution towards achieving carbon neutral-

ity in the construction sector (ENEA *et al.*, 2020).

Measuring the level of effectiveness of the Circular Districts (Fig. 8) is the priority challenge that requires unceasing refinement of the adopted instruments, continuous updating and augmentation of the results to be compared and progressively deeper analysis of the assessment methods, being aware of the complexity and variability of the reference parameters and of the need to build a system to foresee the effects along the entire life cycle for an urban system that is regenerative and accessible by design. The experimentation also shows that circular transition, in a perspective of climate neutrality, lays the foundation for an innovative vision of the regenerative intervention, which aims to eliminate the concept of discard, waste and refuse over the short and medium term (8-10 years,

## 08 | Bilancio finale emissioni di CO<sub>2</sub>

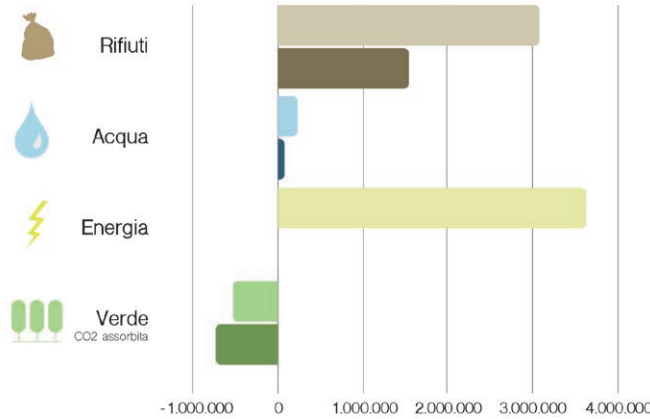
Area d'intervento	119.748 mq	
Utenti	STATO DI FATTO	PROGETTO
	1824	1824
Superficie utile residenziale	40.152 mq	33.672 mq
Superficie utile non residenziale	13.674 mq	21.960 mq

### CO<sub>2</sub> INCORPORATA nei materiali da costruzione



STATO DI FATTO	9.423.070	
PROGETTO	5.559.015	59%
STATO DI FATTO	9.027 ton.	
PROGETTO	9.027 ton.	89%

STATO DI FATTO: PRESERVATA TRAMITE CONSERVAZIONE STRUTTURA ESISTENTE  
 PROGETTO: QUOTA DI RECUPERO MATERIALI DA DEMOLIZIONE



STATO DI FATTO	3.050.547	
PROGETTO	1.515.943	-50%
STATO DI FATTO	53.534	
PROGETTO	15.194	-72%
STATO DI FATTO	3.568.856	
PROGETTO	0	-100%
STATO DI FATTO	373.258	
PROGETTO	608.342	+70%



Totale stato di fatto = 10.251.068  
 Totale stato di fatto = 9.872.810  
 considerando la CO<sub>2</sub> assorbita dal verde

Totale progetto = 2.902.988

Totale progetto = **2.294.646**  
 considerando la CO<sub>2</sub> assorbita dal verde

KgCO<sub>2</sub><sub>eq</sub>/a - 72%  
 KgCO<sub>2</sub><sub>eq</sub>/a - 77%

according to the European average) and ends up involving, over the longer phase of useful life, the entire range of material and non-material resources in a perennial, self-sufficient cyclical process of disposal-regeneration.

It is, therefore, a design vision, that places at the centre the concept of "circularity" in its broadest definition, capable of characterising both the phases within a life cycle (first involving a circular use of construction and surplus materials, and then a broad, integrated and profoundly interactive management of the water-waste-energy-green-air systems) and the set of life cycles that will succeed one another circularly, in a broader and overall vision of the future of "green" cities.

#### NOTES

<sup>1</sup> The paper illustrates the results of the research "Development of an interven-

tion model for the architectural and technological requalification of ATER in Rome in a perspective of circularity of resources and environmental sustainability of the building stock in the 1970s and 1980s". PI: F. Tucci, Operative coordination S. Baiani. Working group: P. Altamura, V. Cecafozzo. Collaborators: I. Fabiani, M. Avena, S. Ghadiri, M. Scacciatella, M. Poddi, M. Minà.

All images were conceived and developed by the authors and with the contribution of M. Avena, S. Ghadiri, M. Scacciatella for Figure 2; M. Poddi, M. Minà for Figure 3 and I. Fabiani for Figures 4, 5, 6, 7, and 8.

The line set out by this research work includes a number of experimentation efforts including the research "Flexibility for Circularity, Adaptation and Resilience" of Sapienza with the University of Northumbria in Newcastle,

PI: F. Tucci; the research "Closed-loop building materials", PI: S. Baiani.

<sup>2</sup> In comparison with embodied energy, embodied carbon is the most effective indicator for understanding the impact of the energy used in the phase of the pre-production and production (and the related transport) of construction products on global warming and climate change. Reference is the ICE (Inventory of Carbon and Energy) database, available at: <https://circular-cology.com/embodied-carbon-footprint-database.html>.



mi di acqua-rifiuti-energia-verde-aria); sia l'insieme dei cicli di vita, che si succederanno circolarmente, in una più ampia visione del futuro delle città *green*.

#### NOTE

<sup>1</sup> Il paper illustra gli esiti della Ricerca "Sviluppo di un modello d'intervento per la riqualificazione architettonica e tecnologica in un'ottica di circolarità delle risorse e sostenibilità ambientale del patrimonio anni 70-80 dell'ATER di Roma". Responsabile scientifico: F. Tucci. Coordinamento operativo: S. Baiani. Gruppo di Lavoro: P. Altamura, V. Cecafosso. Collaboratori: I. Fabiani, M. Avena, S. Ghadiri, M. Scacciatella, M. Poddi, M. Minà.

Le immagini sono state concepite e sviluppate dagli autori dell'articolo e il contributo di M. Avena, S. Ghadiri, M. Scacciatella per la figura 2; M. Poddi, M. Minà per la figura 3; I. Fabiani per le figure 4, 5, 6, 7, 8.

Sulla linea tracciata dalla ricerca si sono innestate diverse sperimentazioni tra cui la Ricerca "Flexibility for Circularity, Adaptation and Resilience", di Sapienza con University of Northumbria at Newcastle, Resp. scientifico: F. Tucci; Ricerca "Closed-loop building materials", Resp. scientifico: S. Baiani.

<sup>2</sup> L'*embodied carbon* è l'indicatore più efficace, rispetto all'*embodied energy*, per comprendere l'impatto dell'energia utilizzata in fase di pre-produzione e produzione (e relativo trasporto) dei prodotti da costruzione, su *global warming* e cambiamento climatico. Riferimento è il *database ICE (Inventory of Carbon and Energy)*, available at: <https://circularecology.com/embodied-carbon-footprint-database.html>.

#### REFERENCES

Altamura, P. and Baiani, S. (2019), "Superuse and upcycling through design: approaches and tools", in *SBE19 Brussels BAMB-CIRCPATH*, IOP Conference Series, 225, available at: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/225/1/012014/pdf>.

Antonini, E. and Tucci, F. (Eds.) (2017), *Architettura, città e territorio verso la Green Economy. La costruzione di un manifesto della Green Economy per l'architettura e la città del futuro | Architecture, City and Territory Towards a Green Economy. Building a Manifesto of the Green Economy for the Architec-*

*ture and the City of the Future*, Edizioni Ambiente, Milano, Italia.

ARUP (2016), "The Circular Economy in the Built Environment", available at: <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/circular-economy-in-the-built-environment>.

ENEA (2009), "Analisi e stima quantitativa della potenzialità di produzione energetica da biomassa digeribile a livello regionale", available at: [https://www.enea.it/it/Ricerca\\_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/celle-a-combustibile/rse182.pdf](https://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/celle-a-combustibile/rse182.pdf)

ENEA, INEC, ACR+, EEB, ECOPRENEUR (2020), "European Circular Economy Stakeholder Platform. Orientation paper", available at: <https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/leadership-group-construction.pdf>.

European Commission (2016), "EU-level instruments on water reuse", available at: [https://ec.europa.eu/environment/water/blueprint/pdf/EU\\_level\\_instruments\\_on\\_water-2nd-IA\\_support-study\\_AMEC.pdf](https://ec.europa.eu/environment/water/blueprint/pdf/EU_level_instruments_on_water-2nd-IA_support-study_AMEC.pdf)

European Commission (2020), "Guidance for separate collection of municipal waste" available at: *Guidance for separate collection of municipal waste*, Bruxelles, Belgium.

Friedman, A. (2015), *Fundamentals of Sustainable Neighbourhoods*, Springer, New, York, United State.

Georgiadou, M.C. & Hacking, T. (2011), "Future-Proofed Design for Sustainable Communities", *Sustainability in Energy and Buildings*, 7, 179-188.

ISPRA (2020), "Rapporto rifiuti Urbani", available at: [https://www.isprambiente.gov.it/files2020/pubblicazioni/rapporti/rapportorifiutiurbani\\_ed-2020\\_n-331-1.pdf](https://www.isprambiente.gov.it/files2020/pubblicazioni/rapporti/rapportorifiutiurbani_ed-2020_n-331-1.pdf)

ISTAT (2020), "Acqua. Consumo per uso domestico", available at: <https://www.istat.it/it/files/2020/03/Le-statistiche-Istat-sull%E2%80%99acqua.pdf>

TABULA (2016), "Typology Approach for Building Stock Energy Assessment", TABULA WebTool, available at: <https://webtool.building-typology.eu/#bm>

Tucci, F. (2018), *Costruire e Abitare Green. Approcci, Strategie, Sperimentazioni per una Progettazione Tecnologica Ambientale | Green Building and Dwelling. Approaches, Strategies, Experimentation for an Environmental Technological Design*, Altralinea Editrice, Firenze, Italia.

Maria Teresa Giammetti, Marina Rigillo,  
Dipartimento di Architettura, Università di Napoli Federico II, Italia

mariateresa.giammetti@unina.it  
marina.rigillo@unina.it

**Abstract.** L'articolo presenta i primi esiti dell'Accordo di ricerca tra il DiARC dell'Università Federico II e CDP Immobiliare sul riuso e riciclo del rifiuto da costruzione negli interventi di rigenerazione urbana. Obiettivo della ricerca è la messa a punto di un protocollo tecnico per la valutazione *ex ante* dell'intervento di demolizione, con un focus sui metodi di indagine preliminare dei campioni materici da sottoporre ad analisi chimico fisiche. L'articolo affronta, in particolare, la fase di ricerca inerente il metodo di conoscenza per il processo di demolizione, realizzata attraverso una schedatura BIM-based del sistema edilizio e finalizzata ad indagare quantità, consistenza materica, stato di conservazione degli elementi da demolire. In forma di discussione si presentano anche alcune considerazioni relative alla pre-caratterizzazione del rifiuto, alla produzione di un inventario di eventuali sostanze contaminanti presenti ed alla programmazione dei flussi materici verso le filiere di riuso, riciclo o discarica.

**Parole chiave:** Rifiuto da Costruzione e demolizione; *Urban Mining*; *Life Cycle Approach*; Demolizione Selettiva; Piano di caratterizzazione.

**Background della ricerca** La necessità di promuovere iniziative di economia circolare per ridurre il consumo di risorse rinnovabili è stata da tempo acquisita nella politica Europea come una delle questioni chiave della sfida ambientale (EU Action Plan for Circular Economy COM 614 final, 2015; EU New Action Plan for Circular Economy COM 98 final, 2020; 2020 Annual Sustainable Growth Strategy, SWD 100, 2020). In particolare, nella relazione della Commissione Europea per l'attuazione del piano per l'economia circolare, quest'ultima viene descritta come «l'asse portante della strategia industriale dell'Unione, con l'introduzione della circolarità in nuove aree e settori, facendo in modo che la valutazione del ciclo di vita dei prodotti diventi la norma e allargando quanto più possibile il quadro sulla progettazione ecocompatibile» (COM 190, 2019). Analogamente, gli investimenti complessivamente allocati dalla EU sulle politiche di incentivo all'economia circolare nel periodo 2016-2020 hanno raggiunto la cifra di 10

ML di euro, intercettando tanto le aree della ricerca (con i fondi Horizon 2020 ed il programma LIFE), tanto quelle delle politiche di sviluppo economico ed industriale (*Cohesion Policy 2016-2020*, Fondo europeo per gli investimenti strategici e Innovfin; COM 190, 2019).

Tuttavia, e nonostante l'impegno profuso, le prassi operative stentano a riconvertire i processi del tipo *"take-make-dispose"* in pratiche diffuse di nuovi modelli circolari. Come si legge, infatti, nel rapporto sull'efficacia delle politiche circolari in Europa «i fattori e le preoccupazioni segnalati dai paesi che guidano il loro lavoro sulle politiche di efficienza delle risorse materiali rientrano grosso modo in tre gruppi: interessi economici, preoccupazioni ambientali e requisiti normativi» (EEA, 2016). Soprattutto per i rifiuti da Costruzione e Demolizione (CDW), questi tre fattori condizionano l'avvio di nuovi processi di produzione finalizzati per ridurre il prelievo di risorse naturali (segnatamente quelle connesse alla risorsa suolo) e funzionali ad estendere la vita utile di materiali e componenti del sistema edificio. L'introduzione di processi circolari in edilizia trova, infatti, i suoi principali ostacoli sia nella cultura tecnica di esperti e imprenditori, sia nelle pratiche consolidate del settore, sia negli apparati normativi che regolano il riciclo e il riuso degli inerti derivanti da demolizione.

In Italia, specialmente, il riuso, recupero e riciclo di prodotti derivanti dalla dismissione completa o parziale degli edifici non riesce a sviluppare filiere produttive coerenti con la tipologia dei rifiuti da CDW, né evidentemente riesce a costruire un mercato di riferimento per questi stessi come Materia Prima Seconda (MPS) da destinare alla produzione di nuovi componenti o materiali da re-immettere nel settore delle costruzioni.

## Management of the C&D waste in the urban regeneration project

**Abstract.** This paper presents the first results of the research agreement signed by the Federico II University and CDP Immobiliare concerning reusing and recycling construction waste in the urban regeneration project. The research is aimed to develop a technical protocol for the ex-ante evaluation of the demolition operations, with a special focus on the criteria for picking the material samples to undergo chemical-physical analysis. The article is focused on the demolition process, implementing a BIM-based filing of the building system and aimed at a preliminary understanding of the material quantity, the material consistency and the state of conservation of the elements to be demolished. A tentative pre-characterisation, and an inventory of any contaminants present in the materials are also provided. In the form of discussion, further implications related the building characterisation and the planning of

material flows with the reuse and recycle supply chains are provided as well.

**Keywords:** C&D Waste; Urban Mining; Life Cycle Approach; Selective Demolition; Sampling Plan.

### Research background

Circular economy has long been recognised in the European policy as one of the key issues of the environmental challenge (EU Action Plan for Circular Economy COM 614 final, 2015; EU New Action Plan for Circular Economy COM 98 final, 2020; 2020 Annual Sustainable Growth Strategy, SWD 100, 2020). In particular, the EU Commission report for the implementation of the circular economy plan describes the latter as "a backbone of the EU industrial strategy, enabling circularity

in new areas and sectors, life-cycle assessments of products should become a norm and the eco-design framework should be broadened as much as possible" (COM 190, 2019). Furthermore, the 2016-2020 EU funds for the circular economy reached 10 million euros, financing both research (with the Horizon 2020 funds and the LIFE programme), and industrial development (Cohesion Policy 2016-2020, European Fund for Strategic Investments and Innovfin; COM 190, 2019). However, despite these efforts, the operating practices find some difficulties in converting the typical *"take-make-dispose"* modes into effective and widespread practices for circular models. As the 2016 EEA report on the effectiveness of the EU circular policies stated, "the factors and concerns reported by countries on the resource efficiency policies fall broadly into

Tale difficoltà può essere ricondotta ad alcune caratteristiche specifiche del sistema normativo italiano, nonché alla mancanza di protocolli attuativi che siano in grado di interpretare lo stesso e di fornire una linea di azione univoca agli operatori del settore. A tale riguardo, si osserva una debolezza nella regia politica per l'ambito delle costruzioni e un certo ritardo nell'introduzione di processi innovativi e circolari, che non riesce ad impadronirsi pienamente delle opportunità offerte dalla diffusione delle tecnologie digitali, soprattutto riguardo la gestione delle informazioni attraverso software adeguati alla razionalizzazione nella produzione dei flussi di rifiuti da C&D ed alla loro tracciabilità<sup>1</sup>. Emerge, in definitiva, la necessità di orientare la domanda di ricerca verso l'implementazione di strumenti operativi avanzati, in grado di coniugare il rispetto dei vincoli normativi, con le necessità dell'impresa e con l'utilizzo degli avanzamenti cognitivi che la cultura digitale mette a disposizione, in una logica progettuale che afferisce al campo del *problem setting*, oltre che del *problem solving* (Russo Ermolli, 2020).

Alla luce dello scenario delineato, l'articolo presenta i primi esiti della ricerca interdisciplinare condotta nell'ambito dell'Accordo di collaborazione scientifica tra il Dipartimento di Architettura dell'Università Federico II (DiARC) e Cassa Depositi e Prestiti Immobiliare (CDP) dal titolo "Studio su processi sostenibili per la razionalizzazione degli impatti ambientali delle demolizioni selettive nel complesso della ex Manifattura Tabacchi di Napoli, volto alla valorizzazione del rifiuto da demolizione negli interventi di rigenerazione urbana". L'obiettivo specifico della ricerca è quello di progettare e testare sul campo un protocollo tecnico funzionale a creare un flusso informativo stabile tra il progetto di rigenerazione urbana e l'intero processo di demolizione, as-

three groups: economic interests, environmental concerns and regulatory requirements" (EEA, 2016). These three factors especially affect the Construction and Demolition Waste (C&DW), because they slow-down the production processes aimed at reducing the withdrawal of natural resources (notably those related to the soil taken) and able to extend the material's life-cycle. The main obstacles in introducing circularity in the construction sector have been recognised in both the technical culture of experts and companies and the traditional practices of the building sector, both in the regulatory systems on recycling and the reuse of the aggregates resulting from demolition. In Italy, the reuse or recycling of products coming from demolition fails to intercept supply chains consistent with this type of waste. Equally, there are no robust policies to support the

construction sector in producing secondary raw materials to be used in new components or materials. These criticalities can be traced back to some specific characteristics of the Italian regulatory system, as well as to the lack of operational protocols able to provide a clear and univocal line of action for the practitioners of the construction sector. In this regard, key factors are the weakness in the national policies direction, as well as a certain cultural delay in the introducing innovation in the construction sector. The latter especially doesn't seem able to fully seize the opportunities offered by the diffusion of digital technologies for managing the C&D waste flows and their traceability<sup>1</sup>. The need emerges to address the research demand towards the implementation of advanced operational tools, able to combine the compliance with regulatory constraints

sumendo il concetto di eco-innovazione come cardine culturale della sperimentazione<sup>2</sup>.

Il *background* culturale della ricerca riferisce al concetto di *Urban Mining* (Cossu, 2012; Ghosh, 2020), che definisce il contesto operativo «[...] per la gestione sistematica delle risorse antropogeniche (prodotti ed edifici) e rifiuti, in vista di obiettivi di protezione ambientale di lungo periodo, di tutela delle risorse rinnovabili e di vantaggio economico» (Cossu *et al.*, 2012). Tale definizione riferisce, inoltre, alle più recenti strategie europee sull'uso efficiente delle risorse in edilizia, accogliendo le indicazioni del pacchetto di misure EU sull'economia circolare, con particolare attenzione per lo sviluppo di sistemi di comunicazione e certificazione finalizzati a facilitare la simbiosi industriale (COM 98 final, 2020). Queste ultime, in particolare, individuano negli apparati del progetto ambientale lo strumento per operare in chiave sistemica alla riduzione del rifiuto, puntando sia alla riduzione dei volumi del materiale scartato (180 kg/ pro capita/ per year, EU Parliament, 2015), sia alle caratteristiche prestazionali della materia prima seconda (MPS) potenzialmente idonea ad essere re-immessa nel ciclo costruttivo<sup>3</sup>.

### **La verifica *ex ante* nel protocollo per la demolizione selettiva**

La ricerca si inquadra nell'ambito tematico del recupero, riuso e riciclo del rifiuto da costruzione, individuando nella demolizione selettiva uno dei passaggi chiave per ridurre la quantità di scarti da conferire in discarica. In particolare, la ricerca è orientata a definire il processo metodologico per la valutazione *ex ante* dei campioni materici da sottoporre ad analisi chimico-fisiche nella prospettiva di supportare la verifica di fattibilità tecni-

La ricerca si inquadra nell'ambito tematico del recupero, riuso e riciclo del rifiuto da costruzione, individuando nella demolizione selettiva uno dei passaggi chiave per ridurre la quantità di scarti da conferire in discarica. In particolare, la ricerca è orientata a definire il processo metodologico per la valutazione *ex ante* dei campioni materici da sottoporre ad analisi chimico-fisiche nella prospettiva di supportare la verifica di fattibilità tecni-

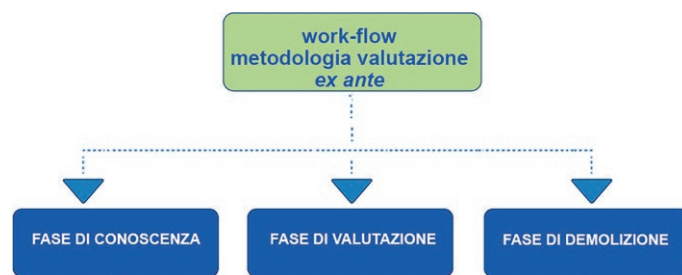
and the companies' requests. Furthermore, the cognitive advances provided by the digital culture makes the application of the design logic even more available to both the field of problem setting and the problem solving (Russo Ermolli, 2020).

According to the mentioned background, the article presents the first results of the interdisciplinary research within scientific collaboration agreement signed by Department of Architecture of the Federico II University (DiARC) and Cassa Depositi e Prestiti Immobiliare (CDP) titled "Study on the sustainable processes for rationalising the environmental impacts of selective demolitions in the former Manifattura Tabacchi area in Naples, with the aim of enhancing demolition waste in an urban regeneration project". The specific aim of the research is to design and test a technical protocol to create

a stable information flow between the urban regeneration project and the entire demolition process, assuming eco-innovation as the cultural cornerstone of the research<sup>2</sup>.

The cultural framework of the research also hinges on the concept of urban mining (Cossu, 2012; Ghosh, 2020), which intercepts the operational context "[...] for the systematic management of the anthropogenic resources (products and buildings) and waste, in order to achieve long-term objectives such as environmental protection, the protection of renewable resources and economic advantages" (Cossu *et al.*, 2012). This definition is consistent with the most recent European strategies on the efficiency of resources in construction, as well as the EU policies for the circular economy, especially concerning the development of communication and certification systems





co ed economica delle azioni di demolizione selettiva, in una prospettiva di valorizzazione del rifiuto da demolizione negli interventi di rigenerazione urbana (Fig.1).

Obiettivo specifico è la progettazione di un protocollo tecnico finalizzato ad oggettivare i processi decisionali nell'articolazione dei seguenti, essenziali passaggi:

- fornire dati e stime sulla quantità e tipologia di rifiuti da destinare a smaltimento, riuso o riciclo;
- catalogare e pre-caratterizzare i rifiuti generati da demolizione;
- definire modi e tempi per la decostruzione e la demolizione;
- sviluppare una progettazione integrata del cantiere di demolizione e di costruzione, in grado di ottimizzare l'utilizzo del rifiuto all'interno dello stesso.

Il protocollo è tarato su interventi di rigenerazione urbana di medie-grandi dimensioni che agiscono su complessi in dismissione dove i volumi da demolire sono tali da generare costi importanti per l'impresa e per l'ambiente, e che giustificano l'attivazione di procedure alternative per il recupero e il riciclo in sito dei rifiuti da C&D. Inoltre, il progetto di rigenerazione urbana abbraccia un insieme di opere che vanno dal recupero edilizio, alla costruzione *ex-novo*, alla riconfigurazione degli spazi aperti, in ciò includendo opere di modellazione del suolo, di creazione di spazi a verde e di nuove infrastrutture per la viabilità, prefigurando un ampio set di interventi che permette di dirigere i flussi di rifiuti verso la produzione di un nuovo repertorio di elementi tecnici.

Essenziale corredo cognitivo del protocollo è il controllo degli apparati normativi, la capacità di dialogo con i diversi specialisti del progetto, la conoscenza delle filiere produttive verso cui indirizzare i componenti e la MPS derivante dalla demolizione.

aimed at facilitating industrial symbiosis (COM 98 final, 2020). The latter identify the environmental project as a key tool to operate in a systemic mode for the reduction of the C&D volumes (180 kg / per capita / per year, EU Parliament, 2015), and for enhancing the performances of the secondary raw material (MPS) potentially suitable for being re-introduced into the construction cycle<sup>3</sup>.

#### The ex-ante assessment within the selective demolition process

The research is framed in the thematic area of recovery, reuse and recycling of the construction waste, looking at the selective demolition as crucial to reduce the amount of C&D waste to be disposed of in landfills. Notably, the research aims to define the methodological steps for implementing the *ex-ante* evaluation of the construc-

tion material samples to be subject to chemical-physical analyses. This approach effectively supports the assessment of both the technical and economic feasibility of the selective demolition of buildings, and the opportunities to valorise C&D waste in urban regeneration interventions (Fig. 1).

A specific research goal is the design of a technical protocol aimed at objectifying the decision-making processes, especially considering the following points:

- providing data on the volumes and type of waste to be disposed reused or recycled;
- listing and pre-characterising the waste generated by demolition;
- defining the specific modes for deconstruction and demolition, including time schedule;
- developing the organisation of the

La valutazione *ex ante* è il primo nodo informativo del protocollo e il principale elemento di innovazione dello stesso. Il suo obiettivo è fornire un inventario ragionato dei sistemi costruttivi oggetto di demolizione, che qualifica l'analisi preventiva sulle caratteristiche fisico-chimiche di questi ultimi al fine di orientarne il flusso verso lo smaltimento, o piuttosto il riciclo/riuso. Tale processo di conoscenza è anche immediatamente finalizzato a produrre la documentazione tecnico-amministrativa necessaria ad autorizzare le opere di demolizione e quindi indire la gara d'appalto.

La metodologia è organizzata in tre fasi:

1. conoscenza di base: indagine documentale (schede costruttive e storia degli usi dell'edificio); schedatura BIM-based del sistema edilizio (inventario degli elementi costruttivi organizzati per tipologia, quantità, consistenza materica, stato di conservazione);
2. campionamento: finalizzato alla progettazione dei cumuli materici da sottoporre alle analisi chimiche per la caratterizzazione del rifiuto (DM. 5/2/98 e smi; art. 214 e 216 D.Lgs. 152/2006). Questa fase comprende: la determinazione delle tecniche di campionamento; l'analisi chimico-fisiche dei cumuli con distinzione delle frazioni di rifiuto in pericolose e non; l'identificazione dei codici CER; l'individuazione dei rifiuti derivanti dalla fase di *strip out*; l'individuazione delle frazioni riutilizzabili o riciclabili e dei possibili trattamenti di riciclo; la stima dei costi;
3. progetto di Demolizione: organizzazione del cantiere secondo le quantità di rifiuto da estrarre e da riciclare; cronoprogramma delle opere di demolizione; *layout* di cantiere.

demolition and construction site, with the aim of optimising the reuse of waste within it.

The protocol is set on the medium-large urban regeneration interventions, with particular reference to those featured by an amount of waste as huge as to generate large disposal costs and relevant environmental impacts, both justifying the search for alternative procedures for the on-site recycling of demolition waste. Furthermore, urban regeneration encompasses a number of different operations, ranging from building restoration to *ex-novo* construction, including soil modelling, green and open spaces, as well as new infrastructures for mobility. These operations justify the maintenance of demolition flows inside the yard and their re-direction towards the production of a new stock of construction elements.

The essential protocol requirement should be consistent with the national regulatory system, clear and objective to involve experts and companies to whom secondary raw materials are addressed.

The *ex-ante* evaluation is the first information node of the protocol and its main innovative point. The *ex-ante* assessment has the purpose of inventorying the construction systems subjected to demolition, and of exploring the information on their construction typology and characteristics. The latter addresses the preventive analysis on the physical-chemical characteristics of the building elements before demolition in order to pre-define the destination of the waste flows towards disposal, recycling or reuse. The deep understanding of the building in terms of construction typologies and

Così concepita, la valutazione *ex ante* consente di stimare la quantità e la qualità dei rifiuti ancor prima di procedere alla demolizione dell'edificio, realizzando una conoscenza specifica del manufatto. Inoltre, i risultati dei test chimici effettuati vanno ad alimentare un sistema di meta-dati utili ad informare – e ottimizzare – la filiera di riciclo/ riuso e lo stesso intervento di rigenerazione urbana. La metodologia proposta risulta originale anche rispetto agli indirizzi europei sull'introduzione della demolizione selettiva (EU, 2016), in quanto le informazioni derivanti dalla valutazione *ex ante* consentono di finalizzare in modo specifico le scelte progettuali all'organizzazione del cantiere di demolizione, individuando in modo preciso le tecniche e gli strumenti da utilizzare, ed anche i *layout* di cantiere più adeguati per gestire le operazioni di stoccaggio, movimentazione e riciclo dei materiali di rifiuto. Inoltre, l'introduzione della tecnologia BIM come strumento di supporto per la caratterizzazione dell'edificio consente di conoscere preventivamente:

- la tipologia di materiale, da classificare come rifiuto inerte (pericoloso/ non pericoloso), indicandone il codice CER e le tecniche finalizzate al riciclo;
- la quantità di materiale riferito alle singole tipologie;
- l'inventario dei componenti del sistema edilizio da destinare a riutilizzo o riuso;
- la composizione del rifiuto;
- la precisa ubicazione dei materiali potenzialmente pericolosi per massimizzare la sicurezza della demolizione;
- il potenziale di recupero/ riuso del materiale post-demolizione in funzione della caratterizzazione effettuata e delle indicazioni del progetto di riqualificazione urbana.

material quality also implements the technical-administrative documents requested to authorise the demolition works and to launch the tender.

The *ex-ante* assessment is based on three steps:

1. basic knowledge: desk study on the building history (construction sheets and uses); BIM-based inventory (constructive elements sheets organised by type, volumes, material consistency, state of conservation);
2. sampling: step aims to design the material heaps to be subject to chemical analyses for waste characterisation (Ministerial Decree 5/2/98 and subsequent amendments; art. 214 and 216 Legislative Decree 152/2006). This step includes: selection of sampling techniques according to the characteristics of the different construction

elements; the chemical-physical analysis of the heaps responding to the different construction elements organised by typologies (columns, beams, floors, etc.); the distinction of the waste fractions into dangerous and non-dangerous; identification of the CER code for each construction typology; the identification of waste derived from the strip out phase; the selection of recyclable fractions; designing recycling treatments; cost estimation;

3. demolition plan: step aims to provide the organisation of the construction site according to the volumes of waste to be extracted and recycled; time schedule of the demolition works; the construction site layout.

Planned in this way, the *ex-ante* evaluation makes it possible to estimate the

## Il caso studio della ex Manifattura Tabacchi, Napoli

Il progetto di rigenerazione urbana dell'area della ex Manifattura Tabacchi, nella zona orientale di Napoli, rappresenta un'importante opportunità di sperimentazione sul campo. L'intervento interessa un'area di circa 170.000 m<sup>2</sup> su cui insistono circa 265.000 m<sup>3</sup> di edificato (stimati vuoto per pieno), corrispondenti a circa 38.000 m<sup>3</sup> di elementi strutturali con un peso di quasi 74.000 tonnellate: un quantitativo, quest'ultimo, pari alla capienza annua di un impianto di conferimento di rifiuti da demolizione di dimensioni medio-grandi (Fig. 2). L'area è oggetto di un Piano Urbanistico Attuativo (PUA) di iniziativa privata (approvato nel 2011) che prevede la conservazione dei suoi edifici simbolo e delle aree verdi di maggior pregio con l'obiettivo di realizzare una nuova area urbana dotata di spazi per la sosta e lo svago, insieme a nuove destinazioni commerciali, residenze (anche universitarie), uffici, un mercato coperto e una scuola. È inoltre previsto l'adeguamento del sistema viario ed impiantistico, che risponde anche agli obiettivi del Progetto di Messa in Sicurezza Permanente (ex art. 242 D.Lgs. 152/2006) per la messa in sicurezza del sito<sup>4</sup>.

Lo studio ha quindi prodotto un sistema di conoscenza degli edifici oggetto di demolizione organizzato in una fase “*desk*”, attraverso un lavoro di ricerca documentale sull'ex complesso industriale (progetto degli edifici, storia degli usi), e una fase “*on-field*” condotta attraverso sopralluoghi e saggi tecnici. Quest'ultima, in particolare, ha permesso di verificare la base di rilievo degli edifici da demolire e le caratteristiche del sistema edilizio funzionali per la modellazione BIM, associando al rilievo la parametrizzazione di abachi di soluzioni tecnologiche

volumes and the quality of waste flows before starting the building demolition, providing specific knowledge of the building itself. Furthermore, the results of chemical tests feed a dedicated data system that is useful for informing – and activating – the waste recycling supply chain, and for improving the urban regeneration operations. The proposed methodology is also original with respect to the European guidelines on selective demolition (EU, 2016), as the information stemming from the *ex-ante* assessment makes it possible to finalise the planning choices of urban regeneration according to the demolition site organisation by precisely identifying techniques and tools to be used, and the most suitable site layouts to manage storage operations, as well as those of handling and recycling waste materials. In addition, the introduc-

tion of BIM technology as a cognitive support of building characterisation makes it possible to obtain some key information:

- the composition of demolition waste;
- the volumes of waste material related to the single construction types;
- the inert material types, to be classified as waste (dangerous / non-dangerous), including their EWC code and the recycling techniques;
- the inventory of the building's constructive elements to be reused or recycled;
- the objective location of potentially hazardous materials to maximise demolition safety;
- the potential for recovery / reuse of post-demolition material according to the characterisation carried out and the purpose of the urban redevelopment project.



derivanti dalla scomposizione del sistema costruttivo degli edifici (Fig.3)<sup>5</sup>.

La fase di conoscenza ha permesso di associare ai dati quantitativi tipicamente riferibili dalla modellazione BIM, altri dati, di tipo qualitativo, utili per la caratterizzazione dei cumuli oggetto dei test di cessione e per la gestione dei flussi di rifiuti da demolizione generati, in modo da distinguere e catalogare tutti gli elementi costruttivi degli edifici del complesso. Gli esiti dell'indagine sono confluiti in una schedatura prodotta in semi-automatico, e sviluppata per ciascun edificio dell'ex area industriale, che costituisce un archivio di metadati per il controllo del progetto di demolizione e per l'istruttoria del progetto esecutivo degli interventi di rigenerazione urbana dell'area (Fig. 4).

Sulla scorta delle informazioni acquisite, è stato redatto il Piano di Campionamento, il cui obiettivo è fornire una proiezione sufficientemente rappresentativa delle caratteristiche chimico-fisiche dei materiali costituenti ciascun edificio destinato a demolizione, così da ottenere una caratterizzazione preventiva dei rifiuti potenzialmente pericolosi. Il Piano fissa infatti il numero e le caratteristiche dei campioni materici da sottoporre a test di cessione, i punti di prelievo del materiale (con tecniche di *pull-out*), nonché gli analiti da prendere in considerazione per stimare la presenza di sostanze tossiche. Il Piano di Campionamento è stato quindi strutturato in base alla tipologia e localizzazione dei manufatti da abbattere, ma soprattutto in base alle caratteristiche delle componenti edilizie organizzate come gruppi di oggetti destinati a demolizione (D.lgs. 152/2006; D.M. Ambiente 27/09/2010 aggiornato/integrato dal D.M. Ambiente 24/06/2015; Decreto 05/04/2006 n. 186; D.M. Ambiente 5/02/1998).

#### Case study application to the former industrial area of Manifattura Tabacchi, Napoli

The urban regeneration of the former industrial area Manifattura Tabacchi in Eastern Naples is an opportunity to test the *ex-ante* assessment method in the field. The project site is about 170,000 m<sup>2</sup>, and there are about 265,000 m<sup>3</sup> of built volumes (estimated empty for full). These volumes contain about 38,000 m<sup>3</sup> of structural elements, weighing almost 74,000 tons, which correspond to the annual capacity of a medium-large C&D landfill (Fig. 2). The project is regulated by a private-initiative named Urban Implementation Plan (PUA) (approved in 2011) which hinges on the conservation of some symbolic buildings and the design of green areas, parking facilities and leisure, as well as retail (including a new covered market) offices, schools

and housing (including for students' accommodation). The adaptation of the roadway system and plant engineering is designed as well. Furthermore, the project has to meet the objectives of land remediation and site safety according to the Permanent Safety Project (Article 242 of Legislative Decree 152/2006)<sup>4</sup>.

Therefore, the study produced a deep understanding of the buildings to be demolished. The latter was organised in a desk study through the documentary research on the former industrial complex (building design, construction types, history of uses), and on the in-field study, done by inspections and technical essays. The latter, in particular, made possible to verify the survey of the buildings to be demolished, and the characteristics of the whole building system for implementing the BIM modelling. Therefore, the survey

Allo stato, l'applicazione sul caso studio ha consentito di sperimentare direttamente le fasi di conoscenza. Per quanto riguarda invece il Piano di Campionamento sono stati ipotizzati due scenari limite su cui testare la metodologia (Scenario di Riciclo Integrale, SRI; Scenario di Smaltimento Integrale, SSI). Il Piano di Campionamento si organizza a partire dalle opzioni di demolizione compatibili con il caso studio (selettiva e non-selettiva), e a queste proporziona i due diversi scenari di intervento. Nel primo caso (SRI), il Piano prevede la formazione di campioni di tipo omogeneo (con cumuli composti da un solo tipo di materiale, ad esempio calcestruzzo, laterizio, tufo, etc.), da sottoporre a test singolarmente, mentre per lo scenario 2 (SSI) si procede secondo le prassi vigenti, con campioni eterogenei (cumuli composti da un mix di materiali). I test di cessione relativi ai campioni disomogenei (SRI) restituiranno una conoscenza specifica delle caratteristiche del materiale e della sua eventuale pericolosità, associando a tale informazione la localizzazione delle diverse tipologie di rifiuto, già catalogate secondo i codici CER grazie alla schedatura BIM. Lo scenario 2 (SSI), consentirà di conoscere in modo indifferenziato la qualità dei materiali costituenti l'edificio e, in caso di valori accettabili del test di cessione, procedere con

results were associated with the parameterisation of the abacuses of the main technological solutions emanating from the analysis of the buildings' construction systems (Fig. 3)<sup>5</sup>.

The knowledge achieved made it possible to associate other qualitative data with quantitative ones, typically referable by BIM modelling, in order to distinguish and catalogue all the constructive elements of the buildings. This information has been used to characterise the different heaps subject to the chemical tests and to manage the demolition waste flows generated. The results of both desk and in-field studies are merged into a semi-automatic catalogue designed and implemented for each building of the former industrial area. This catalogue provides a metadata archive for controlling the demolition project and for the preliminary investigation of

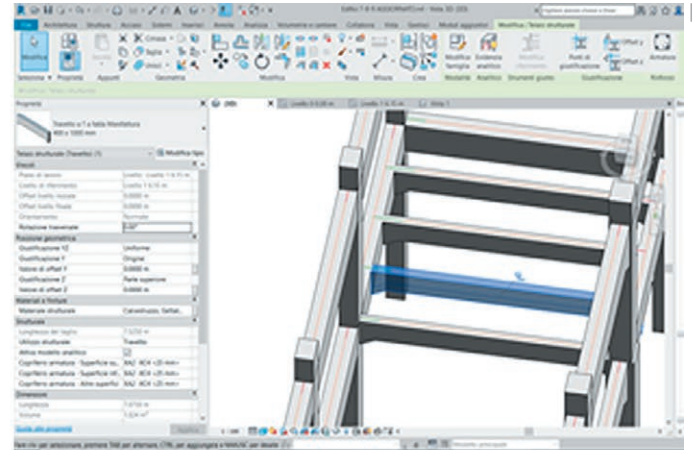
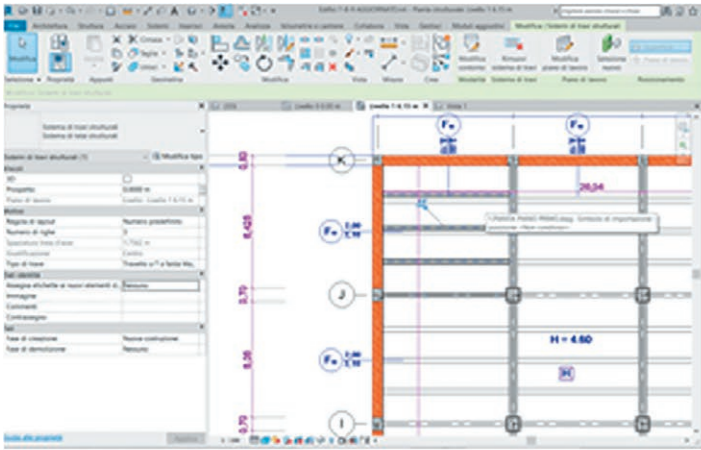
the operational design of the regeneration project (Fig. 4).

Thanks to the information acquired, the Sampling Plan was drawn up. The Plan aims to carry out a confident projection of the hazardous waste potentially embodied in the materials of each building intended for demolition according to their characteristics. The Plan establishes the number of samples, as well as the size and characteristics of the material to be subject to testing. The material sampling will be done by pull-out techniques, and the chemical test will focus on a set of analytes to estimate the presence of toxic substances. The Sampling Plan was, therefore, structured on the basis of both the building type and building location, and by grouping the elements of the building by both material and construction typologies (D.lgs. 152/2006; D.M. Ambiente

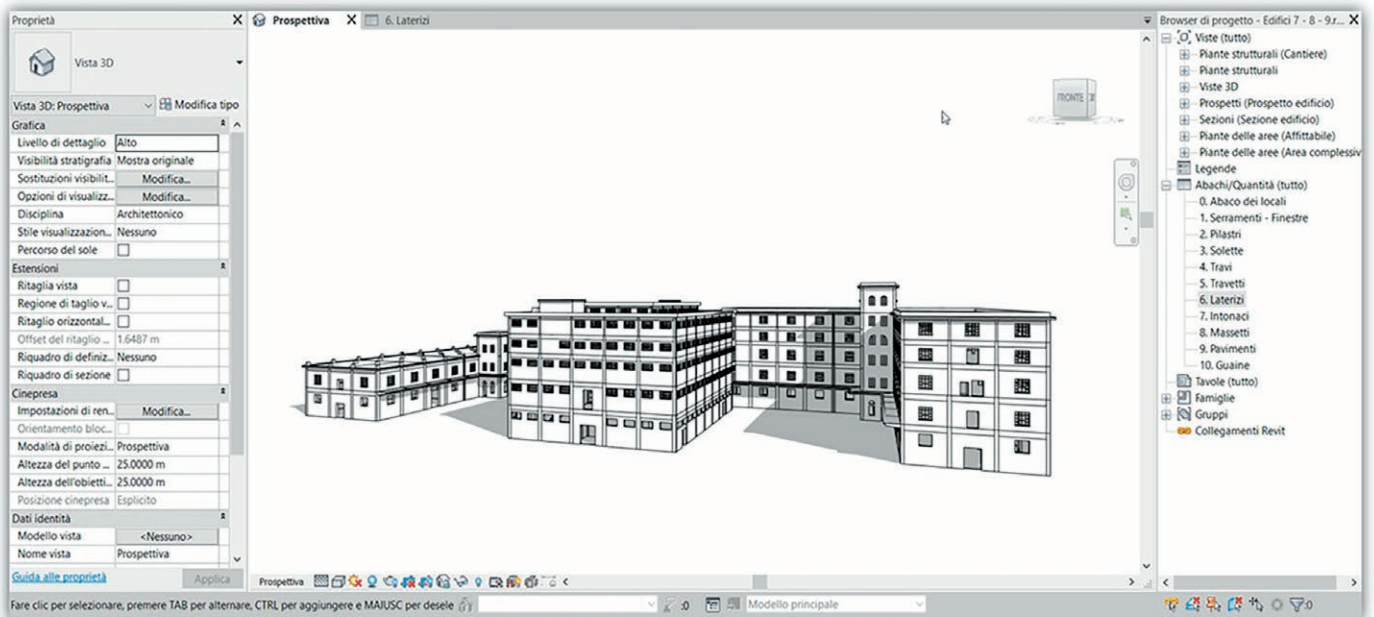
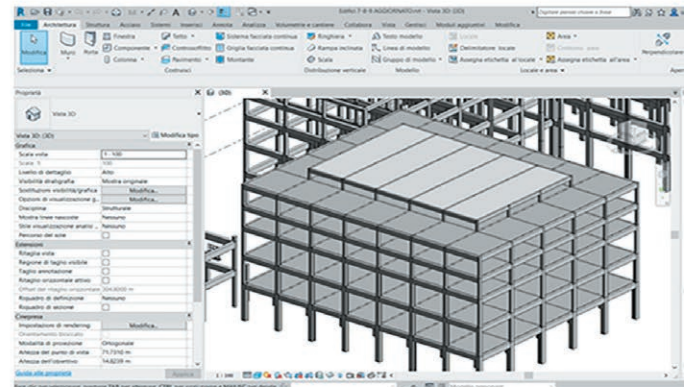
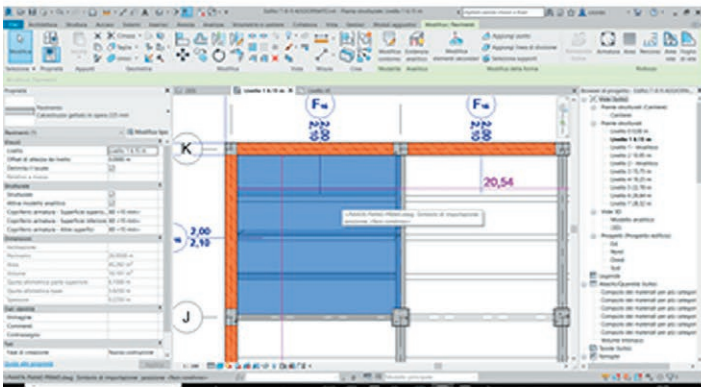


03 | Immagini estratte dall'interfaccia degli abachi prodotti durante la modellazione BIM, strutturati tenendo conto della scomposizione di ciascun edificio in sistemi tecnologici e tipologie di materiali

Images extracted from the information sheets produced by the BIM modelling. The information sheets are structured by breaking down each building into its technological systems and material types



03



tecniche di demolizione tradizionali. Diversamente, nello scenario 1 (SRI), l'esito delle analisi di cessione consentirà di definire con esattezza le tecniche di demolizione più adeguate ad indirizzare i rifiuti alle filiere del recupero, riuso, riciclo e smaltimento, conoscendo in anticipo l'entità dei volumi da smaltire e quindi i costi diretti connessi all'intervento di demolizione. (Fig. 4) (confronto scenari).

### Discussione dei risultati in forma di conclusione

Sulla base di quanto fin qui descritto è possibile sviluppare considerazioni di metodo e di merito. Rispetto a queste ultime, si deve premettere che non sono ancora disponibili i risultati dei test di cessione, da cui dipende l'informazione sulla qualità materica del sistema edilizio e la relativa, potenziale tossicità delle sue componenti. Solo in base a tali risultanze si potrà concludere la fase di campionamento e specializzare la strategia di demolizione con un set di soluzioni tecnologiche compatibili con le percentuali di rifiuto pericoloso risultanti dall'analisi chimica. Inoltre, attraverso l'esito dei test di cessione sarà possibile valutare il range di applicabilità del processo di demolizione selettiva e di stimare con esattezza quantità e tipologie dei materiali che ne derivano.

In termini di metodo, invece, i primi risultati di ricerca sono i due scenari (SRI e SSI) per la verifica del protocollo. L'applicazione sperimentale punta infatti a definire i valori limite del range di possibilità operative entro cui andranno a collocarsi le diverse, e più dettagliate, alternative progettuali e tecniche derivanti dagli esiti del test di cessione, nonché approfondire le relazioni tra la scelta della strategia di demolizione e l'intervento nel suo insieme.

27/09/2010 integrated by D.M. Ambiente 24/06/2015; Decreto 05/04/2006 n. 186; D.M. Ambiente 5/02/1998).

At present, the case study's experimental application has made it possible to directly test the knowledge acquisition method. Conversely, as regards the Sampling Plan, two limit scenarios were set down (Integral Recycling Scenario, SRI; Integral Disposal Scenario, SSI). The Sampling Plan approach is based on the two demolition options consistent with the specific case study (selective and non-selective demolition), and it designs two different intervention scenarios according to these options. In the SRI case, the Plan provides for homogeneous samples to be tested individually (with heaps made by a single type of material, for example concrete, brick, tuff, etc.), while the SSI scenario is based on current practices, with heterogeneous

samples representing the whole building subjected to demolition (heaps composed of a mix of materials). The chemical tests relating to inhomogeneous samples (SRI) will return specific data on the characteristics of the material and its potential risk, associating this information with the location of the different types of waste in the building, already catalogued according to the CER codes thanks to the BIM filing. The SSI Scenario will provide undifferentiated knowledge of the quality of the building materials. In the case of compliance of test values with the regulatory thresholds, it will be possible to proceed with traditional demolition techniques. Otherwise, the SRI outcomes will make it possible to define the most appropriate demolition techniques precisely, with the aim of directing waste to the different lines of recovery, reuse, recycling and dis-

Obiettivo principale della simulazione sui due scenari è anche verificare l'interesse del protocollo quale processo di costruzione della conoscenza finalizzato alla riduzione dei rischi di intervento, in ciò includendo tanto quelli diretti, di tipo sanitario e ambientale, legati alla pericolosità dei rifiuti prodotti; tanto quelli indiretti legati ai tempi del processo autorizzativo e all'attivazione di filiere aggiuntive, anche facilitando la capacità di interazione tra i decisori istituzionali e gli operatori. L'applicazione di un processo codificato consente infatti di identificare preliminarmente i nodi critici del progetto di demolizione e della sua attuazione, dando trasparenza all'iter per la produzione dell'informazione e alla razionalità delle scelte che ne derivano.

È importante infine ribadire che il protocollo è progettato per gli interventi di rigenerazione urbana, poiché le dimensioni di tali interventi, insieme al valore sociale degli stessi, definiscono le condizioni più appropriate per valutare limiti e vantaggi della metodologia proposta, sia per la rilevanza dei costi di smaltimento dei flussi in uscita, sia di quello dei materiali in entrata, anche in termini di consumo di risorse e impiego di energia

In questo ambito, il processo di valutazione *ex ante* ha implicazioni dirette sulla programmazione di nuovi cicli di vita del rifiuto da demolizione in base alla normativa vigente ed alle caratteristiche prestazionali della MPS. In particolare, i risultati di tipo quanti-quantitativo derivanti dall'applicazione del protocollo forniscono informazioni finalizzate a validare ipotesi di sviluppo di nuovi prodotti edilizi e di design realizzati con i rifiuti da demolizione, sperimentando una dimensione integrata tra progettazione tecnologica, ingegneria dei materiali e progetto architettonico.

posal chains, knowing in advance the extent of the volumes to be disposed of and, therefore, the direct costs associated with the demolition (Fig. 5).

### Result discussion in the form of a conclusion

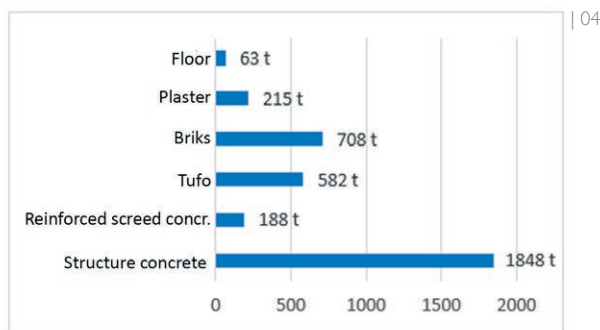
As described so far, it is possible to develop the considerations about the method and the merit. With respect to the latter, it must be premised that the results of the chemical tests are not available at present, so the information on the material quality of the building system and the related potential toxicity of its components are not available either. Starting from these results will it be possible to conclude the sampling phase and specialise the demolition strategy with a set of technological solutions compatible with the percentages of hazardous waste resulting from the chemical analysis. In addition, the

outcomes of the chemical tests make it possible to evaluate the range of applicability of the selective demolition process and to estimate the volumes and types of the demolition materials accurately.

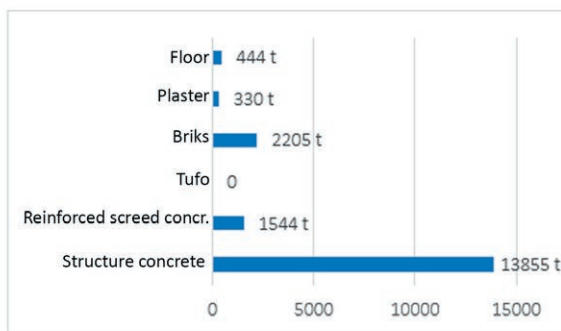
In terms of method, however, the first research results hinge on the investigation of the two scenarios (SRI and SSI) for the protocol testing. In fact, the experimental application aims to establish the limit values of the operational alternatives within which the result-based alternatives arising from the chemical test will be placed. Equally, the test results will make it possible to provide a more detailed demolition plan, by which melting the demolition techniques (selective and non-selective) with the other construction constraints.

The main purpose of the scenario simulation is also to verify the efficiency

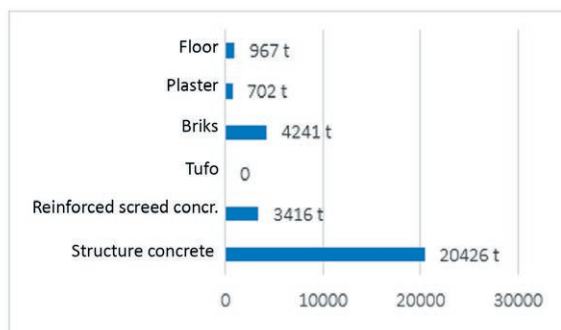
	E1-E2-E3-E4-E5-E6-E7-E8-E9- E10-E11-E12-E13-E14-E15-E16-E17	mq	mc	t
a	Structure concrete		740	1848
b	Reinforced screed concrete	1569	94	188
c	Tufo		342	582
d	Briks		885	708
e	Plaster	7167	103	215
f	Briks	1569	24	63
g	Floor	822	4	25
h	Waterproof sheath			75
	Tot		2061	3704



	Building n.3	mq	mc	t
a	Structure concrete		5542	13855
b	Reinforced screed concrete	12862	772	1544
c	Tufo		0	0
d	Briks		2756	2205
e	Plaster	11008	147	330
f	Briks	11107	167	444
g	Floor	1739	9	52
h	Waterproof sheath			561
	Tot		9070	18992



	Buildings n.7-8-9	mq	mc	t
a	Structure concrete		8171	20426
b	Reinforced screed concrete	32224	1708	3416
c	Tufo		0	0
d	Briks		5301	4241
e	Plaster	23391	284	702
f	Briks	24166	363	967
g	Floor	8064	144	242
h	Waterproof sheath			828
	Tot		15180	30822



of the protocol like a building process assessment. It aims to reduce the project risks, including those related to both human health and environmental impacts, due to the pollutants embodied in the waste flows. The protocol can also reduce indirect risks coming from the regulatory process. More benefits come from the prompt activation of additional productive chains and from the facilitating interaction between institutional decision makers and technical operators. The presence of a codified process leads to the quick identification of the critical issues of the demolition project and its implementation. It gives more transparency to the process for the production of information, and to the rationale of resulting choices. Finally, it is important to reiterate that the protocol is designed for urban regeneration interventions, because the

dimensions of these interventions, together with their social value, define the most appropriate conditions for evaluating the limits and advantages of the proposed methodology. Furthermore, the relevance of costs of landfilling the outgoing flows for both of those related to the incoming materials makes the ex-ante assessment a key tool for reducing resource consumption and energy use in the huge urban operations. In this context, the ex-ante evaluation has direct implications on the new life cycles of demolition waste, complying with the current legislation and the performance characteristics of the secondary raw materials. Notably, the quantum-quantitative results derived from the ex-ante assessment provide effective knowledge for developing new design products made with demolition waste, looking at a forthcoming

(and integrated) approach between technological design, materials engineering and architectural project.

NOTES

<sup>1</sup> The use of dedicated software such as GIS, GDSE and BIM, and of digital platforms defines a close horizon for the efficient management of information and flows. In this regard, we want to recall, in particular, the pioneering experience of EU Life project “VAMP-Enhancement of materials and demolition products”, 1998-2000 (LIFE98 ENV / IT / 00033), coordinated by Ernesto Antonini (Antonini, 2001).

<sup>2</sup> The research assumes the concept of eco-innovation as defined in the Eco-Innovation Action Plan EU, 2011: “any innovation that makes progress towards the goal of sustainable development by reducing impacts on the environment, increasing resilience

to environmental pressures or using natural resources more efficiently and responsibly” (Decision N° 1639/2006 / EC establishing a Competitiveness and Innovation Framework Programme).

<sup>3</sup> See the advances of the Horizon 2020 project BAMB - Buildings As Material Banks, available at <https://www.bamb2020.eu/>, as well as the report: Johnson J, (2016) The Concrete Initiative – Closing the loop: what type of concrete reuse is the most sustainable option? [Theconcreteinitiative.eu](https://www.theconcreteinitiative.eu/newsroom/publications/), available at: <https://www.theconcreteinitiative.eu/newsroom/publications/> (accessed 18 February 2021).

<sup>4</sup> More information available at: <https://www.comune.napoli.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/14506>

<sup>5</sup> A key part of this study step is the soil morphology survey through a Digital Terrain Model (DTM), which com-



## NOTE

<sup>1</sup> L'utilizzo di software dedicati (GIS, GDSE, BIM) e di piattaforme digitali definiscono un orizzonte prossimo per una gestione efficiente dell'informazione e dei flussi. A riguardo si ricorda, in particolare, l'esperienza pionieristica del progetto negli anni 1998-2000, "VAMP-Valorizzazione di materiali e prodotti di demolizione" (LIFE98 ENV/IT/00033), coordinato da Ernesto Antonini (Antonini, 2001).

<sup>2</sup> La ricerca assume il concetto di eco-innovazione sviluppato nel quadro dell' Eco-Innovation Action Plan EU, 2011: «any innovation that makes progress towards the goal of sustainable development by reducing impacts on the environment, increasing resilience to environmental pressures or using natural resources more efficiently and responsibly» (Decision N° 1639/2006/EC establishing a Competitiveness and Innovation Framework Programme).

<sup>3</sup> Vedi gli avanzamenti del progetto Horizon 2020 BAMB - Buildings As Material Banks, available at <https://www.bamb2020.eu/>, nonché il report: Johnson J, (2016) The Concrete Initiative - Closing The Loop: What Type of Concrete Re-Use Is the Most Sustainable Option? Theconcreteinitiative.eu, available at <https://www.theconcreteinitiative.eu/newsroom/publications/> (accessed 18 February 2021).

<sup>4</sup> Maggiori informazioni available at: <https://www.comune.napoli.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/14506>

<sup>5</sup> Parte integrante di questa fase di studio è inoltre la ricostruzione della morfologia del suolo attraverso la tecnica del Digital Terrain Model (DTM), che completa la base di conoscenza del progetto di demolizione nella sua interazione con l'intervento di bonifica e gli interventi di rigenerazione urbana.

pletes the whole knowledge approach to the demolition project by including its interactions with the soil remediation and the urban regeneration operations.

## REFERENCE

Antonini E. (Ed.) (2001), *Residui da costruzione e demolizione: una risorsa ambientalmente sostenibile. Il progetto VAMP ed altre esperienze di valorizzazione dei residui*, Franco Angeli, Milano, Italia.

Cossu et al. (Eds.) (2012), *URBAN MINING: a global cycle approach to resource recovery from solid waste*, CISA Publisher, Padova, Italia.

Cossu, R., Salieri V. and Bisinella, V. (2012), *Urban Mining: a global cycle approach to resources recovery from solid waste*, CISA Publisher, Padova, Italia.

European Commission (2015), "Action Plan for Circular Economy COM 614 final", available at: [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0012.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0012.02/DOC_1&format=PDF)

European Commission (2016), "EU Construction and Demolition Waste Management Protocol", available at: [https://ec.europa.eu/growth/content/eu-construction-and-demolition-waste-protocol-0\\_en](https://ec.europa.eu/growth/content/eu-construction-and-demolition-waste-protocol-0_en)

European Commission (2020), "Annual Sustainable Growth Strategy", available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2020:0575:FIN>

European Commission (2020), "New Action Plan for Circular Economy COM 98 final", available at: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2020:98:FIN&WT.mc\\_id=Twitter](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2020:98:FIN&WT.mc_id=Twitter)

European Commission, *Circular Economy. Principles for Building Design*, available at <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/39984>

European Parliament, "Fondo europeo per gli investimenti strategici", available at: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2019/IT/COM-2019-190-F1-IT-MAIN-PART-1.PDF>

Ghosh, S.K. (2020), *Urban Mining and Sustainable Waste Management*, Springer, Berlin, Germany

Giannattasio, C., Papa, L.M. and D'Agostino, P. (2019), "BIM oriented algorithmic reconstruction of building components for existing heritage", *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, pp. 513-518.

Hertwich, E., Lifset, R., Pauliuk, S. and Heeren, N. (2020), "Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future", available at: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/31715/RECC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Johnson J. (2016), *Closing the loop: what type of concrete re-use is the most sustainable option?*, available at: <https://www.theconcreteinitiative.eu/newsroom/publications/165-closing-the-loop-what-type-of-concrete-re-use-is-the-most-sustainable-option>

Russo Ermolli, S. (2020), *The Digital Culture of Architecture. Note sul cambiamento cognitivo e tecnico tra continuità e rottura*, Maggioli editore, Sant'Arcangelo di Romagna

Tordo S. (2020), "Il BIM per gestire i rifiuti da costruzione e demolizione: il caso ex Manifattura Tabacchi di Napoli", available at: <https://www.bimportale.com/bim-gestirerifuti-costruzione-demolizione-caso-exmanifattura-tabacchi-napoli/>

# Malte e massetti contenenti inerti polimerici riciclati da scarti industriali e pneumatici

RICERCA E  
SPERIMENTAZIONE/  
RESEARCH AND  
EXPERIMENTATION

Valentina Marino<sup>1</sup>, Marco Dutto<sup>1</sup>, Alessandro Pasquale Fantilli<sup>2</sup>, Diana Yanover<sup>3</sup>, Luigi Russo<sup>4</sup>,

<sup>1</sup>Vimark srl, Italia

<sup>2</sup>Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica, Politecnico di Torino, Italia

<sup>3</sup>Tyrec Tire Recycling Industry, Israel

<sup>4</sup>Manifattura Russo Filippo, Italia

valentina.marino@vimark.it

marco.dutto@vimark.it

alessandro.fantilli@polito.it

diana@tyrec.com

luigi.russo@filipporusso.it

**Abstract.** Per rispondere alla crescente domanda di mercato di prodotti contenenti componenti riciclati, richiesti dalle politiche europee e nazionali, si presentano i risultati di una ricerca volta a sostituire una parte degli inerti naturali di malte da costruzione e massetti con aggregati polimerici riciclati: tecnopolimeri industriali e gomma derivante da pneumatici macinati. La strategia ha previsto la sostituzione degli aggregati sia in prodotti già commercializzati, sia nella progettazione di malte standard, verificandone la certificabilità CE nel primo caso e le prestazioni meccaniche raggiungibili nel secondo. L'intero processo è stato discusso secondo un approccio circolare esteso all'analisi della produzione degli aggregati, ragionando sui fattori ambientali ed economici.

**Parole chiave:** Prodotti premiscelati in polvere; Tecnopolimeri; Pneumatici macinati riciclati; Approccio circolare al prodotto; Valorizzazione degli scarti.

## Obiettivi della ricerca

Il mercato dei prodotti da costruzione è caratterizzato da una crescente

domanda di prodotti con componenti riciclati, dovuta alle priorità ambientali espresse dalle politiche europee. Il piano d'azione europeo per l'economia circolare, integrato nel Green Deal Europeo, sottolinea l'importanza di migliorare le prestazioni dei prodotti da costruzione per ridurre l'impatto ambientale integrando componenti riciclati (Europea Commission, 2020). In Italia, le specifiche tecniche per i componenti edilizi dei Criteri Ambientali Minimi (CAM edilizia) riflettono questi requisiti (DM 11, 2017). Inoltre, l'articolo 34 del Codice Appalti ha reso obbligatorio l'uso dei CAM edilizia negli appalti pubblici (D.Lgs. 18/04/2016 n° 50).

Il progetto POLYWORK si inserisce in questo contesto con l'obiettivo di sviluppare prodotti da costruzione circolari con componenti riciclati, sia modificando prodotti già commercializzati sia sviluppando nuove formulazioni in grado di soddisfare i requisiti minimi normativi per la commercializzazione nel mer-

Mortars and screeds containing polymeric aggregates recycled from industrial waste and tyres

**Abstract.** Given the growing market demand for products containing recycled components dictated by European and national policies, the presented research aimed to replace part of the natural aggregates in construction mortars and screeds with recycled polymeric aggregates (RA): industrial technopolymers and ground tyre rubber (GTR). The strategy involved the substitution of aggregates, both in market products and in the design of standard mortars, first verifying the CE certification and then the achievable mechanical performance. The whole process has been discussed in the context of a circular approach, extended to the analysis of the aggregate production phase, highlighting factors that influence environmental and economic impacts.

**Keywords:** Premixed powdered products; Engineering plastics; Recycled ground tyres; Circular product approach; Waste recovery.

cato europeo. La ricerca nasce dalla volontà aziendale di sperimentare le possibilità di adattamento di prodotti convenzionali per rispondere alle rinnovate richieste del mercato dettate dalle politiche europee e nazionali.

La sperimentazione propone una soluzione per ridurre il consumo globale di inerti e risorse naturali, che in edilizia attualmente supera i 40 miliardi di tonnellate all'anno, pari al doppio dei sedimenti trasportati ogni anno da tutti i fiumi della terra (Milliman *et al.*, 1992). La scelta di lavorare con aggregati di tipo polimerico, tecno-polimeri industriali e gomma derivata dal riciclaggio di pneumatici, risponde alla necessità di valorizzare prodotti ad elevato impatto ambientale destinati allo smaltimento in discarica. L'industria della trasformazione dei tecnopolimeri produce scarti e sfridi di solito riutilizzati come materie prime seconde. I tecno-polimeri scelti per questa sperimentazione non possono essere riciclati e a fine vita sono adatti solo per la termovalorizzazione o lo smaltimento in discarica. La regolamentazione mondiale impone il riciclaggio di copertoni degli automezzi, generando così un'ampia disponibilità di GTR, tale da superare la domanda derivante dalle possibilità applicative attuali, che hanno bisogno quindi di essere incrementate e diversificate.

## Stato dell'arte dei prodotti cementizi compositi con aggregati polimerici riciclati

Negli ultimi decenni sono state svolte numerose ricerche sull'integrazione di scarti di plastica o gomma riciclati come inerti artificiali nei calcestruzzi

## Research objectives

The market for construction products is characterised by a growing demand for products with recycled components due to the environmental priorities expressed by European policies. The European Action Plan for the Circular Economy, integrated in the European Green Deal, stresses the importance of improving the performance of construction products to reduce their environmental impact by integrating recycled components (Europea Commission, 2020). In Italy, the technical specifications for building components of the Minimum Environmental Criteria (CAM edilizia) reflect these requirements (DM 11, 2017). Furthermore, Article 34 of the Procurement Code has made the use of CAM edilizia mandatory in public procurement (D.Lgs. 18/04/2016 n° 50).

The POLYWORK project is part of

this context with the aim of developing circular construction products with recycled components, either by modifying already marketed products or by developing new formulations able to meet the minimum regulatory requirements for marketing in the European market. The research stems from the company's desire to test the possibilities of adapting conventional products to meet renewed market demands dictated by European and national policies.

The experimentation responds to the aim of reducing the global consumption of aggregates and natural resources, which in construction currently exceeds 40 billion tons per year, equal to twice the sediment transported each year by all the rivers on earth (Milliman *et al.*, 1992). The choice of working with polymer aggregates, industrial techno-polymers and rubber

e nelle malte, dimostrando che sabbie e ghiaie possono essere efficacemente sostituite (Sofi, 2017). Tutti gli studi sono concordi nel fatto che questi aggregati riciclati (RA) riducono la densità del materiale per il minore peso dell'inerte riciclato, peggiorano le proprietà meccaniche (resistenza a compressione, flessione e taglio) a causa dell'aumento di porosità e dello scarso legame interfacciale tra gli aggregati e il legante (Iucolano *et al.*, 2016). Gli effetti possono variare rispetto alle quantità e al tipo di plastica utilizzati. Se la sabbia è sostituita solo parzialmente, le formulazioni sono comunque in grado di raggiungere i valori di resistenza minimi sia per le malte strutturali che per i calcestruzzi leggeri (Saikia and de Brito, 2012). Invece migliora fortemente il comportamento post rottura di malte e calcestruzzi, aumentando la duttilità, riducendo la propagazione di micro-fessure (Fantilli *et al.*, 2018; Araujo-Morera *et al.*, 2021; Adesina and Das, 2021) e permettendo di prevenire grandi fessurazioni del materiale (Turatsinze *et al.*, 2005).

I calcestruzzi e le malte a base di cemento che incorporano particelle di gomma o plastica, se sottoposte ad azioni sismiche, possono dissipare grandi quantità di energia e potenzialmente resistere più a lungo (Marzouk *et al.*, 2007) anche grazie alla riduzione del peso proprio dell'edificio che influisce sull'impatto delle scosse (Ibrahim *et al.*, 2020). Il riutilizzo della plastica di scarto nei prodotti a base-cemento è visto come soluzione per ridurre l'abbondanza di rifiuti solidi a base plastica in ambiente o conferiti in discarica (Gu and Ozbakkaloglu, 2016).

Alcuni studi hanno dimostrato che l'integrazione di questi aggregati influisce positivamente sulla riduzione della conduttività termica e sull'assorbimento acustico di questi materiali (Araujo-Morera *et al.*, 2021; Xuemiao *et al.*, 2020). Il rilascio di fumi

derived from recycled tyres responds to the need to valorise products with a high environmental impact destined for landfill. The polymer processing industry produces waste and scrap that is usually reused as a secondary raw material. The engineered polymers chosen for this trial cannot be recycled and at the end of their life are only suitable for incineration or landfill. Worldwide regulation requires the recycling of vehicle tyres, thus generating a large availability of GTR, which exceeds the demand resulting from the current application possibilities, and therefore, needs to be increased and diversified.

#### State of the art of cementitious composite products with recycled polymer aggregates

In the last decades, numerous research projects have been carried out on the integration of recycled plastic or rub-

ber waste as artificial aggregates in concretes and mortars, showing that sands and gravels can be effectively replaced (Sofi, 2017). All studies agree that these recycled aggregates (RA) decrease the density of the material due to its reduced weight, while worsening the mechanical properties (compressive, flexural and shear strengths) due to the increase in porosity and the poor interfacial bond between the aggregates and the binder (Iucolano *et al.*, 2016). The effects may vary with respect to the quantity and type of plastic used. If sand is only partially replaced, the formulations are still able to reach the minimum strength values for both structural mortars and lightweight concretes (Saikia and de Brito, 2012). On the other hand, it strongly improves the post-fracture behaviour of mortars and concretes, increasing ductility, reducing micro-crack propa-

tossici in caso di incendio incrementa proporzionalmente alla quantità di inerte utilizzato (Ibrahim *et al.*, 2020).

#### Metodologia della ricerca

Rispetto al vasto panorama di sperimentazioni esistenti la ricerca si distingue per l'attenzione dedicata, nelle fasi iniziali del progetto, al processo di sviluppo industriale degli aggregati riciclati e alla loro ottimizzazione per il raggiungimento di una granulometria adeguata come aggregato fine per malte e massetti. Si intende riflettere sui passi necessari per creare una filiera continuativa di aggregati riciclati che dovrà essere sostenuta da una domanda di prodotti per l'edilizia da proporre sul mercato.

Per i tecnopolimeri, le sfide principali sono state la selezione di composti sicuri e lavorabili e la riduzione alla dimensione appropriata. Per il GTR, la natura idrofobica della gomma non trattata, che crea un debole legame interfacciale con il legante, ha richiesto l'ottimizzazione di trattamenti superficiali.

La metodologia adottata per la definizione dei prodotti da costruzione è quella di sostituire percentuali crescenti di inerti naturali con aggregati polimerici riciclati. Sono state individuate due strategie:

- la sostituzione degli inerti naturali nelle formulazioni di prodotti già commercializzati (Tab. 1);
- la progettazione di nuovi prodotti a partire dalle formulazioni standard da normativa.

Nella sostituzione nelle formulazioni esistenti, la prima difficoltà riscontrata è stata la definizione della corretta curva granulometrica e il raggiungimento delle densità minime con la sostituzione di inerti riciclati caratterizzati da peso e volume sensibilmente differenti da quelli naturali.

gation (Fantilli *et al.*, 2018; Araujo-Morera *et al.*, 2021; Adesina and Das, 2021) and preventing large material cracks (Turatsinze *et al.*, 2005).

Cement-based concretes and mortars incorporating rubber or plastic particles, when subjected to seismic actions, can dissipate large amounts of energy and potentially withstand longer (Marzouk *et al.*, 2007); this is also due to the reduction of the building's own weight, which affects the impact of shocks (Ibrahim *et al.*, 2020). The reuse of waste plastics in cement-based products is also a good approach to reduce the abundance of plastic-based solid waste in the environment or in landfills (Gu and Ozbakkaloglu, 2016). Studies have shown that the integration of these aggregates has a positive influence on the reduction of thermal conductivity and sound absorption of these materials (Araujo-Morera *et*

*al.*, 2021; Xuemiao *et al.*, 2020). The release of toxic fumes in case of fire is increased by the amount of aggregate used (Ibrahim *et al.*, 2020).

#### Research methodology

Compared to the vast panorama of existing experiments, the research stands out for the attention devoted in the initial stages of the project to the industrial development process of recycled aggregates and their optimisation to achieve a suitable grain size as a fine aggregate for mortar and screeds. It is intended to reflect on the steps needed to create a continuous supply chain of recycled aggregates that will have to be supported by a demand for building products to be offered in the market. For engineering polymers, the main challenges were the selection of safe and processable compounds and the reduction to the appropriate size. For



Tab.01 | Formulazioni di prodotti di mercato selezionate per la fase sperimentale  
Market product formulations selected for the experimental phase

PRODOTTO	COMPOSIZIONE	DENSITÀ DELLA MALTA FRESCA	DENSITÀ DELLA MALTA INDURITA	RESISTENZA A COMPRESIONE	RESISTENZA A FLESSIONE
MPD20	Legante: 16% Aggregati: 84%	~1,8 kg/dm <sup>3</sup>	~1,6 kg/dm <sup>3</sup>	> 5 N/mm <sup>2</sup>	> 2 N/mm <sup>2</sup>
MASSETTO TRADIZIONALE	Legante: 14% Aggregati: 86%	~2,2 kg/dm <sup>3</sup>	~2,0 kg/dm <sup>3</sup>	> 16 N/mm <sup>2</sup>	> 3 N/mm <sup>2</sup>

| Tab.01

È stato quindi necessario ottimizzare i componenti riciclati per ottenere la dimensione adeguata delle particelle, che per le malte è compresa tra 0,5 e 2 mm mentre nei massetti tra 2 e 4 mm.

Successivamente, lo sviluppo del mix design per i prodotti commerciali si è concentrato sulla lavorabilità del prodotto e sul raggiungimento delle prestazioni meccaniche minime.

Si è operato con una sostituzione incrementale dal 5% al 60% del volume degli inerti naturali con gli aggregati riciclati ottimizzati. È stata inoltre analizzata la reazione al fuoco della formulazione certificabile.

Le nuove formulazioni sono state sviluppati secondo la norma per le malte standard UNI EN 196-1 (2005), in cui sono state operate sostituzioni progressive degli inerti allo scopo di raggiungere le massime potenzialità meccaniche.

### Caratterizzazione degli aggregati termoplastici

Il trattamento meccanico degli sfridi termoplastici è economicamente sostenibile per prodotti macinati da 8 a 12 mm. La riduzione dimensionale per ottenere frazioni di prodotto più piccole, ad esempio 0,5-2,0 mm, è impegnativa. Il processo genera attrito e aumento della temperatura del materiale con conseguente fusione o degrado del prodotto (Araujo-Morera *et al.*, 2021). Per selezionare i polimeri idonei è stata applicata un'analisi Calorimetrica Differenziale a Scansione (CDS), che mostra tramite un termogramma le trasformazioni fasiche che interessano il materiale all'aumento della temperatura.

Due campioni di tecnopolimeri sono risultati stabili (Tab. 2):

GTR, the hydrophobic nature of the untreated rubber, which creates a weak interfacial bond with the binder, required the optimisation of surface treatments.

The methodology adopted for the definition of construction products is to replace increasing percentages of natural aggregates with recycled polymeric aggregates. Two streams of work have been identified:

- The replacement of natural aggregates in the formulations of products already on the market (Tab. 1);
- The design of new products from standard formulations in accordance with regulations.

When replacing existing formulations, the first difficulty encountered was defining the correct particle size curve and achieving minimum densities by substituting recycled aggregates with weights and volumes significantly dif-

ferent from the natural ones. It was, therefore, necessary to optimise the recycled components in order to achieve the appropriate particle size, which for mortars is between 0.5 and 2 mm and between 2 and 4 mm for screeds.

Subsequently, the development of the mix design for commercial products focused on the workability of the product and the achievement of minimum mechanical performance.

An incremental replacement of 5% to 60% of the volume of natural aggregates with optimised recycled aggregates was carried out. The reaction to fire of the certifiable formulation was analysed. The new formulations were developed in accordance with the standard mortar regulation UNI EN 196-1 (2005), in which progressive substitutions of aggregates were made in order to achieve the maximum mechanical potential.

- PW1, una miscela di PBT (polibutilene tereftalato) e ABS (acrilonitrile butadiene stirene);
- PW2, una miscela di PA (poliammide) e PP (polipropilene), con fibra di vetro.

Per raggiungere una dimensione delle particelle appropriata sono necessarie tre fasi di taglio meccanico: triturazione, molatura e vagliatura.

Per il campione PW1 sono stati necessari tre cicli di molatura, per il campione PW2 soltanto uno perché il contenuto di fibra di vetro ha facilitato l'azione di taglio delle lame rotanti. Questo secondo campione è stato selezionato per la preparazione di malte e massetti. La fase di vagliatura consente la separazione granulometrica delle frazioni di prodotto: particelle maggiori di 3 mm, da 0,5 a 2 mm e minori di 0,4 mm. Un processo di vibrovaglio a tre fasi ha affinato il prodotto per una specifica gamma dimensionale: particelle più grandi di 2 mm, particelle da 1 e 2 mm, e polvere inferiore a 1 mm.

### Caratterizzazione degli aggregati in gomma riciclata

Il primo approccio consiste nell'adattare particelle di gomma tritata e riciclata (GTR) già in commercio, per la formula-

zione di malte da costruzione e massetti civili a matrice cementizia. La superficie idrofobica delle particelle deve essere modificata prima dell'utilizzo in materiali a base cemento, di natura idrofila. Il trattamento chimico delle particelle di gomma altera le proprietà superficiali e facilita la fase successiva di utilizzo quale "aggregato alternativo". La funzionalizzazione delle parti-

### Characterisation of thermoplastic aggregates

Mechanical treatment of thermoplastic waste is economically viable for products ground to 8 to 12 mm. Size reduction to obtain smaller product fractions – for example, 0.5-2.0 mm – is challenging. The process generates friction and an increase in material temperature resulting in melting or degradation of the product (Araujo-Morera *et al.*, 2021). In order to select suitable polymers, a Differential Scanning Calorimetry (CDS) analysis was applied, which shows by means of a thermogram the phasic transformations affecting the material as the temperature increases.

Two technopolymer samples were stable (Tab. 2):

1. PW1, a mixture of PBT (polybutylene terephthalate) and ABS (acrylonitrile butadiene styrene);

2. PW2, a mixture of PA (polyamide) and PP (polypropylene), with glass fibre.

To achieve an appropriate particle size, three mechanical cutting steps are required: shredding, grinding and screening. Three grinding cycles were required for sample PW1, while sample PW2 required only one because the glass fibre content facilitated the cutting action of the rotary blades. This second sample was selected for the preparation of mortars and screeds. The screening stage enables the particle size separation of product fractions: particles larger than 3 mm, 0.5 to 2 mm, and smaller than 0.4 mm. A three-stage vibrating screening process refined the product for a specific size range: particles larger than 2 mm, particles of 1 and 2 mm, and powder smaller than 1 mm.

COMPOSIZIONE	ID	DIMENSIONE SETACCIO	ASPETTO	INTERVALLO DIMENSIONALE	# CICLI	OBIETTIVO RAGGIUNTO
PW1	1A	10mm	granulare	8-10 mm	1	si
	1B	5mm	granulare	3-5 mm	1	si
	1C	2mm	granulare /polveroso	0,5 - 2,5 mm	3	si
PW2	2A	10mm	granulare	8-10 mm	1	si
	2B	5mm	granulare	3-5 mm	1	si
	2C	2mm	granulare /polveroso	0,5 - 3 mm	1	si

Tab. 02

celle GTR include il trattamento con un agente reattivo utile a introdurre gruppi polari sulla superficie delle particelle di gomma tritate. La modifica superficiale aumenta l'adesione tra gomma e il legante e la forza di adesione interfacciale a causa della maggiore polarità del GTR funzionalizzato. Sono state testate tre diverse procedure: modifica della superficie con Silani; ossidazione superficiale con Perossido di Idrogeno ed ossidazione superficiale con Ipoclorito di Sodio. Per valutare il livello di attivazione delle superfici è stato applicato il Dyne test. Per la scelta del tipo di trattamento è considerato più efficiente quello con Silani in quanto il processo non prevede la fase di neutralizzazione, lavaggio e asciugatura, a differenza degli altri trattamenti.

Il secondo approccio è consistito nella creazione di un prodotto composito gomma-polimero per ottenere una migliore efficienza di compatibilità tra i materiali riciclati e il cemento e potenzialmente anche una riduzione dei costi totali, integrando i due inerti in un unico prodotto.

Tre diverse composizioni sono state testate in un estrusore: PW con 5% GTR. PW con 15% GTR. PW con 30% GTR. Le composizioni contenenti il 5% e il 15% di GTR sono state lavorate senza problemi. Il composto contenente il 30% di GTR, ha creato

invece instabilità alla linea dell'estrusione e il processo è stato di difficile esecuzione.

La dimensione del materiale composto è determinata dalle capacità di taglio del pellettizzatore, in questo caso la dimensione minima ottenibile è di 2-3 mm di lunghezza e 1-5 mm di diametro. I tentativi di riduzione delle dimensioni, svolti nelle sedi di produzione dei tecnopolimeri e del GTR, hanno dimostrato che, a causa dell'azione meccanica, la gomma raggiunge la sua tipica temperatura di fusione, bloccando il processo. Il prodotto composito non può pertanto raggiungere la dimensione ottimale per poter essere utilizzato quale aggregato riciclato in formulati di malte da costruzione e massetti civili.

### Integrazione di inerti polimerici in malte e massetti commerciali

Le attività di ricerca sono iniziate alterando la formulazione di base di una malta premiscelata per l'elevazione delle murature e di un massetto per uso civile, già in commercio, in cui gli inerti naturali come carbonati di calcio e sabbie silicee sono stati via via sostituiti con gli aggregati riciclati.

Per raggiungere le prestazioni meccaniche minime, requisiti

### Characterisation of recycled rubber aggregates

The first approach is to adapt commercially available crushed and recycled rubber (GTR) particles for use in the formulation of cement-based construction mortars and civil screeds. The hydrophobic surface of the particles must be modified before use in cement-based materials which are hydrophilic in nature. The chemical treatment of the rubber particles alters the surface properties and facilitates their subsequent use as "alternative aggregate". Functionalisation of GTR particles includes treatment with a reactive agent to introduce polar groups on the surface of the crushed rubber particles. The surface modification increases the adhesion between rubber and binder and the interfacial bond strength due to the increased polarity of the functionalised GTR. Three different procedures

were tested: surface modification with silanes; surface oxidation with hydrogen peroxide, and surface oxidation with sodium hypochlorite.

To assess the level of surface activation, the Dyne test was applied. For the choice of the type of treatment, the one with silanes is considered more efficient because the process does not include the neutralisation, washing and drying phases, unlike the other treatments.

The second approach was to create a rubber-polymer composite product to achieve better compatibility efficiency between recycled materials and cement and potentially also a reduction in total costs by integrating the two aggregates into one product.

Three different compositions were tested in an extruder: PW with 5% GTR, PW with 15% GTR and PW with 30% GTR. The compositions containing 5% and 15% GTR were processed without

any problems. The composition containing 30% GTR, however, created instability at the extrusion line and the process was difficult to perform.

The size of the compound material is determined by the cutting capabilities of the pelletiser, in which case the minimum size obtainable is 2-3 mm in length and 1-5 mm in diameter. Tests carried out at the engineering polymer and GTR production sites have shown that, due to mechanical action, the rubber reaches its typical melting temperature, blocking the process. The composite product, therefore, cannot reach the optimum size for use as a recycled aggregate in construction mortar and civil screed formulations.

### Integration of polymeric aggregates in commercial mortars and screeds

The research activities started by altering the basic formulation of a pre-

mixed mortar for masonry elevation and of a screed for civil use already in the market, in which the natural aggregates such as calcium carbonates and silicate sands were gradually replaced with recycled aggregates.

In order to achieve the minimum mechanical performance required by the specific standards, a suitable grain size curve of the mixture components was designed. For both mortars and screeds, several tests were carried out, modifying both the percentages of recycled aggregates and their types. Three types of mixes were tested: with untreated and treated GTR; with technopolymers, and with both aggregates. For each formulation developed in the laboratory, a series of rapid tests were carried out to compare the experimental products and define the physical, mechanical and application performance parameters. For both mortars

richiesti dalle norme specifiche, è stata progettata un'adeguata curva granulometrica dei componenti della miscela. Sia per le malte che per i massetti, sono stati effettuati diversi provini modificando sia le percentuali di aggregati riciclati che la loro tipologia. Sono stati testati tre tipi di miscela: con GTR non trattato e trattato; con tecnopolimeri e con entrambi gli aggregati.

Per ogni formulazione sviluppata in laboratorio è stata eseguita una serie di test rapidi utili per confrontare i prodotti sperimentali e definire i parametri prestazionali fisici, meccanici e applicativi.

Sia per le malte che per i massetti, per ciascuno dei tipi di inerte e per il loro mix sono state scelte le migliori formulazioni, indicate in grassetto nella tabella 3, poi testate rispettivamente, secondo la norma di riferimento EN 998-2, per le prime e la EN 13813 per i secondi.

Per la fase di produzione, le formulazioni di base delle malte sono state ottimizzate per migliorare la lavorabilità dell'impasto, la resistenza meccanica e per ridurre le quantità di acqua necessarie. Delle formulazioni sviluppate in laboratorio, un piccolo lotto è stato prodotto in una linea industriale e utilizzato nelle prove di implementazione meccanica. I prodotti sono stati applicati su diversi tipi di substrati (pareti in mattoni e blocchi). Le malte sono state mescolate sia a mano che con un trapano elettrico a basso numero di giri. Con le prime prove l'installatore è riuscito ad ottenere uno strato di oltre 1 cm e un altro di oltre 2 cm. La migliore resistenza meccanica è stata ottenuta con la formulazione in cui la sostituzione ha incluso i soli tecnopolimeri, Malta P in figura 5, che è adeguata per una certificazione di categoria M15, e insieme alla malta GP (categoria M10) sono adeguate per usi strutturali anche in zona a rischio sismico.

and screeds, the chosen formulas with each type of aggregate, highlighted in bold in table 3, were then tested according to the reference standard EN 998-2, and EN 13813 respectively.

For the production phase, the basic mortar formulations were optimised to improve mix workability and mechanical strength and to reduce the amount of water required. Of the formulations developed in the laboratory, a small batch was produced on an industrial line and used in mechanical implementation tests. The products were applied to different types of substrates (brick and block walls). The mortars were mixed both by hand and with an electric drill at low speed. In the initial tests, the installer managed to obtain a layer of more than 1 cm and another of more than 2 cm. The best mechanical performances were achieved with Malta P which only in-

cludes techno-polymers, see Figure 4, which is compliant for category M15, and together with Malta GP (category M10), is also suitable for structural uses in seismic areas.

The same material testing procedure was carried out to verify the performance of cementitious screeds. The production test was carried out using a line suitable for small production batches. This production line also serves to verify that the materials developed in the laboratory are suitable for subsequent large-scale industrial production. The screeds were tested with application thicknesses between 4 and 8 cm, thicknesses that simulate the typical application on site. The production test confirmed the parameters and characteristics already achieved at laboratory level (Tab. 4).

With compressive strengths of more than 5 N/mm<sup>2</sup> and 10 N/mm<sup>2</sup>, POLY-

La stessa procedura di prova dei materiali è stata eseguita per verificare le prestazioni dei massetti cementizi. Il test di produzione è stato effettuato utilizzando una linea adatta a piccoli lotti di produzione. Questa linea di produzione serve anche a verificare che i materiali sviluppati in laboratorio siano idonei alle successive e massicce produzioni industriali. I massetti sono stati testati con spessori applicativi compresi tra 4 e 8 cm, spessori che simulano l'applicazione tipica in cantiere. Il test di produzione ha confermato i parametri e le caratteristiche già raggiunti a livello di laboratorio (Tab. 4).

Con una resistenza a compressione superiore a 5 N/mm<sup>2</sup> e 10 N/mm<sup>2</sup>, le malte POLYWORK risultano adatte per pareti esterne ed interne, e per applicazioni strutturali anche in zone sismiche. Tra le formulazioni dei massetti, solo il massetto P, quello composto con tecnopolimeri, ha soddisfatto tutti i requisiti minimi per ottenere una eventuale marcatura CE, ma l'aggregato naturale è stato completamente sostituito con quello artificiale.

Si tratta di un prodotto adatto per la preparazione di sottofondi per piastrelle, cotto, pietra naturale, parquet, materiali resilienti e sistemi di pavimentazione decorativa. Sulla migliore formulazione, sono stati eseguiti ulteriori test di reazione al fuoco. La classe di reazione al fuoco è determinata con l'analisi del comportamento a combustione utilizzando una sorgente di calore radiante (EN ISO 9239-1) e mediante il test della sorgente a fiamma singola (EN ISO 11925-2).

### Sviluppo di nuovi prodotti

In questa fase sono state sviluppate malte standard a base cementizia, non ottimizzate per il mercato. L'esperimento è finalizzato a valutare quale livello di prestazioni meccaniche potrebbe

### Development of new products

At this stage, standard cement-based mortars have been developed, which are not optimised for the market. The aim of the experiment is to evaluate what level of mechanical performance could be achieved by the integration of engineering polymers and GTR, without considering the production, workability and cost aspects of the products. The experimental investigation, concerning 14 different mortars, was carried out according to EN 196-1. Two different binders were used (Tab. 5): a first series of specimens contained traditional Portland cement with a strength of more than 42.5 MPa at 28 days (type II / A-LL 42.5 R); Portland cement (40% by mass) and sulphoaluminate clinker (60% by mass) were used for the second series. Standardised silica sand with a maximum size of no more than 2 mm was used



Tab.03 | Mix design per la sostituzione degli inerti naturali nei campioni di malta e massetto  
 Mix design for replacement of natural aggregates in mortar and screed samples

|Tab.03

CAMPIONE	LEGANTE CEMENTIZIO	AQUA (%)	AGGREGATI NATURALI (%)	AGGREGATI RICICLATI (quali)	AGGREGATI RICICLATI (%)
Malta G_01	14%	24%	81%	Sabbia silicea Carbonato di calcio Gomma non trattata (0.5-2.0 mm)	5%
Malta G_02	27%	24%	65%		8%
Malta G_03	30%	24%	62%		8%
<b>Malta G_04</b>	<b>30%</b>	<b>25%</b>	<b>55%</b>		<b>15%</b>
Malta G_05	30%	26%	50%		20%
Malta G1_01	30%	25%	60%	Sabbia silicea Carbonato di calcio Gomma trattata con Silani	10%
Malta G1_02	30%	25%	55%		15%
Malta P_01	14%	24%	81%	Sabbia silicea Carbonato di calcio Tecno-polimeri PW1	5%
Malta P_02	22%	27%	73%		5%
Malta P_03	24%	27%	70%		6%
Malta P_04	24%	28%	66%		10%
Malta P_05	27%	28%	63%		10%
<b>Malta P_06</b>	<b>30%</b>	<b>28%</b>	<b>55%</b>		<b>15%</b>
Malta P_07	30%	28%	50%		20%
Malta GP_01	14%	22%	81%	Sabbia silicea Carbonato di calcio Gomma non trattata 0.5-2.0 mm Tecno-polimeri PW1	5%
Malta GP_02	25%	23%	65%		10%
Malta GP_03	30%	23%	60%		10%
<b>Malta GP_04</b>	<b>30%</b>	<b>23%</b>	<b>55%</b>		<b>15%</b>
Massetto G_01	16%	22%	49%	Gomma non trattata (0.5-2.0 mm) Gomma non trattata (2.0-4.0 mm)	35%
Massetto G_02	35%	23%	10%		45%
<b>Massetto G_03</b>	<b>45%</b>	<b>23%</b>	<b>0%</b>		<b>55%</b>
Massetto P_01	16%	18%	50%	Tecno-polimeri PW1 Tecno-polimeri PW2	34%
Massetto P_02	30%	20%	35%		35%
Massetto P_03	35%	20%	15%		50%
Massetto P_04	40%	22%	10%		50%
<b>Massetto P_05</b>	<b>45%</b>	<b>22%</b>	<b>0%</b>		<b>55%</b>
Massetto P_06	40%	22%	0%		60%
Massetto GP_01	40%	22%	10%	Tecno-polimeri PW1 Tecno-polimeri PW2 Gomma trattata con silani	50%
<b>Massetto GP_02</b>	<b>45%</b>	<b>22%</b>	<b>0%</b>		<b>55%</b>

as aggregate for the standard cement mortars.

GTR from 0.5 to 2.5 mm with treated and untreated surfaces and the engineering polymers PW1 and PW2 were used.

The particles were sieved to obtain the same size distribution as the silica sand.

Figure 1 shows the test results for the mechanical performance of the new standard mortars.

The results of the experiments on standard mortars modified with the integration of recycled aggregates confirm the literature results such as the reduction of density and of compressions

and flexural strength and the improvement of fracture resistance. Polymer aggregates can significantly increase the ductility of cement mortars. If sulphoaluminate cements are used instead

essere raggiunto dall'integrazione di tecnopolimeri e GTR, senza considerare gli aspetti di produzione, lavorabilità e costo dei prodotti. L'indagine sperimentale, relativa a 14 differenti malte, è stata condotta secondo la norma EN 196-1.

Sono stati utilizzati due diversi leganti (Tab. 5): una prima serie di provini contiene cemento Portland tradizionale, con resistenza superiore a 42,5 MPa a 28 giorni (tipo II / A-LL 42,5 R); per la seconda serie sono stati utilizzati cemento Portland (40% in massa) e clinker Solfo-Alluminato (60% in massa). Come aggregato delle malte cementizie standard è stata adottata una sabbia silicea normalizzata, di dimensione massima non superiore a 2 mm.

Sono stati utilizzati GTR da 0,5 a 2,5 mm con superfici trattate e non trattate e i tecnopolimeri PW1 e PW2. Le particelle sono state setacciate per ottenere la stessa distribuzione dimensionale della sabbia silicea.

In figura 1 sono presenti i risultati dei test per le prestazioni meccaniche delle nuove malte standard.

I risultati degli esperimenti su malte di tipo standard modificate con l'integrazione di aggregati riciclati confermano i risultati di letteratura come la riduzione della densità e delle resistenze a

compressione e flessione e il miglioramento della resistenza a frattura. Gli aggregati polimerici possono aumentare notevolmente la duttilità delle malte cementizie. Con l'utilizzo di cementi solfo-alluminati la resistenza delle malte non viene quasi compromessa. Nella maggior parte dei casi, il trattamento superficiale del GTR non modifica sostanzialmente le proprietà meccaniche delle malte, ad eccezione delle malte contenenti cemento Portland e gomma trattata con silano, in cui la resistenza a frattura è paragonabile a miscele che includono fibre di polipropilene.

Questo tipo di malte sono quindi indicate per rinforzare le strutture in cemento armato esistenti poiché i prodotti hanno dimostrato una grande capacità di assorbire energia meccanica a fronte di una densità ridotta.

#### Discussione dei risultati nel quadro di un approccio circolare, conclusioni e sviluppi futuri

La ricerca è riuscita ad applicare un approccio circolare nella produzione di 3 diverse formulazioni di malte da costruzione, e un massetto di sottofondo di tipo civile, certificabili con marchiatura CE anche adeguate a costruzioni in area sismica. Le proprietà delle nuove malte stan-

PROPRIETÀ	MALTA G		MALTA P		MALTA GP	
Densità della malta fresca kg/m <sup>3</sup> EN 1015-6	1730		1730		1730	
Densità della malta indurita kg/m <sup>3</sup> EN 1015-10	1100		1335		1290	
Resistenza a flessione N/mm <sup>2</sup> EN 998-2	2.85		4.00		3.05	
	2.70		4.20		3.00	
	2.70		4.00		3.00	
	<b>2.7</b>		<b>4.1</b>		<b>3.0</b>	
Resistenza a compressione N/mm <sup>2</sup> EN 998-2	6.85	4.75	16.55	15.80	10.05	10.90
	6.80	5.90	17.45	17.00	9.85	9.95
	5.85	5.65	13.80	16.45	10.45	9.00
	<b>5.9</b>		<b>16.1</b>		<b>10.0</b>	
	<b>Categoria M5</b>		<b>Categoria M15</b>		<b>Categoria M10</b>	
PROPRIETÀ	MASSETTO G		MASSETTO P		MASSETTO GP	
Resistenza a flessione N/mm <sup>2</sup> EN 13892-2	1.00		3.45		1.65	
	1.05		3.40		2.00	
	1.00		3.45		2.00	
	<b>1.0 - Categoria F1</b>		<b>4.1 - Categoria F3</b>		<b>1.9 - Categoria F1</b>	
Resistenza a compressione N/mm <sup>2</sup> EN 13892-2	1.40	1.75	15.90	15.95	4.05	4.35
	1.50	1.85	15.95	16.90	5.30	4.00
	1.80	1.50	16.45	15.20	4.05	4.00
	<b>1.6</b>		<b>16.0 - Categoria C16</b>		<b>4.3</b>	
Reazione al fuoco EN ISO 13501-1	-		Class C <sub>fl</sub> -s1		-	

| Tab.04

CAMPIONI	LEGANTE e ACQUA	AGGREGATI	FIBRE
P-1	Cemento Portland (580 kg/m <sup>3</sup> )	Sabbia silicea (1700 kg/m <sup>3</sup> )	-
P-2		Sabbia silicea (1140 kg/m <sup>3</sup> ) + Gomma non trattata (150 kg/m <sup>3</sup> )	-
P-3		Sabbia silicea (1140 kg/m <sup>3</sup> ) + Gomma trattata chimicamente (150 kg/m <sup>3</sup> )	-
P-4		Sabbia silicea (1140 kg/m <sup>3</sup> ) + Gomma trattata con plasma (150 kg/m <sup>3</sup> )	-
P-5	Acqua (kg/m <sup>3</sup> )	Sabbia silicea (1700 kg/m <sup>3</sup> )	Polipropilene (1% in vol.)
P-6	Acqua (kg/m <sup>3</sup> )	Sabbia silicea (1140 kg/m <sup>3</sup> ) + PW1 (200 kg/m <sup>3</sup> )	-
P-7		Sabbia silicea (1140 kg/m <sup>3</sup> ) + PW2 (210 kg/m <sup>3</sup> )	-
SA-1		Sabbia silicea (1700 kg/m <sup>3</sup> )	-
SA-2	Cemento solfo-alluminato (580 kg/m <sup>3</sup> )	Sabbia silicea (1140 kg/m <sup>3</sup> ) + Untreated Rubber (150 kg/m <sup>3</sup> )	-
SA-3		Sabbia silicea (1140 kg/m <sup>3</sup> ) + Gomma trattata chimicamente (150 kg/m <sup>3</sup> )	-
SA-4		Sabbia silicea (1140 kg/m <sup>3</sup> ) + Gomma trattata con plasma (150 kg/m <sup>3</sup> )	-
SA-5		Acqua (kg/m <sup>3</sup> )	Sabbia silicea (1700 kg/m <sup>3</sup> )
SA-6	Acqua (kg/m <sup>3</sup> )	Sabbia silicea (1140 kg/m <sup>3</sup> ) + PW1 (200 kg/m <sup>3</sup> )	-
SA-7		Sabbia silicea (1140 kg/m <sup>3</sup> ) + PW2 (210 kg/m <sup>3</sup> )	-

standard progettate hanno confermato i risultati di letteratura e aprono nuove opportunità di sviluppo di materiali da ripristino strutturale adeguati ad aree a rischio sismico.

Una rassegna di studi sugli impatti ambientali degli aggregati riciclati del calcestruzzo derivanti dal trattamento di rifiuti da costruzione e demolizione (C&D) ha riconosciuto tra i fattori maggiormente influenti il trasporto del materiale riciclato nel

sito di produzione del calcestruzzo, la maggiore quantità di cemento necessaria nelle formulazioni per garantire le prestazioni meccaniche, l'energia incorporata necessaria alla produzione dell'aggregato riciclato rispetto all'estrazione di quello naturale. La sostituzione solo parziale dell'aggregato naturale risulterebbe un buon compromesso sia dal punto vista ambientale che economico (Ghisellini *et al.*, 2018).

of Portland cement, the strength of the mortars is hardly affected.

In most cases, the surface treatment of GTR does not substantially change the mechanical properties of the mortars, with the exception of mortars containing Portland cement and silane-treated rubber, where the fracture resistance is comparable to mixtures that include polypropylene fibres.

This type of mortar is, therefore, suitable for reinforcing existing reinforced concrete structures as the products have demonstrated a high capacity to absorb mechanical energy at a low density.

#### Discussion of results in the context of a circular approach, conclusions and further research

The research applied a circular approach to the production of three different construction mortar formula-

tions and of a civil substrate screed, all suitable for CE certification.

Performances of new standard mortars confirm the literature results and open up new opportunities for the development of construction products which, as well as commercial mortars and screed, demonstrated that they were adequate for building in seismic areas. Among the most influential factors for the environmental impacts of recycled concrete aggregates, a review of studies on construction and demolition (C&D) waste treatment identified the transport of the recycled material to the concrete production site, the higher amount of cement required in the formulations to ensure mechanical performance and the embodied energy needed to produce the recycled aggregate compared to the extraction of natural aggregate. Replacing only part of the natural aggregate is considered a

good compromise both from an environmental and economic point of view (Ghisellini *et al.*, 2018).

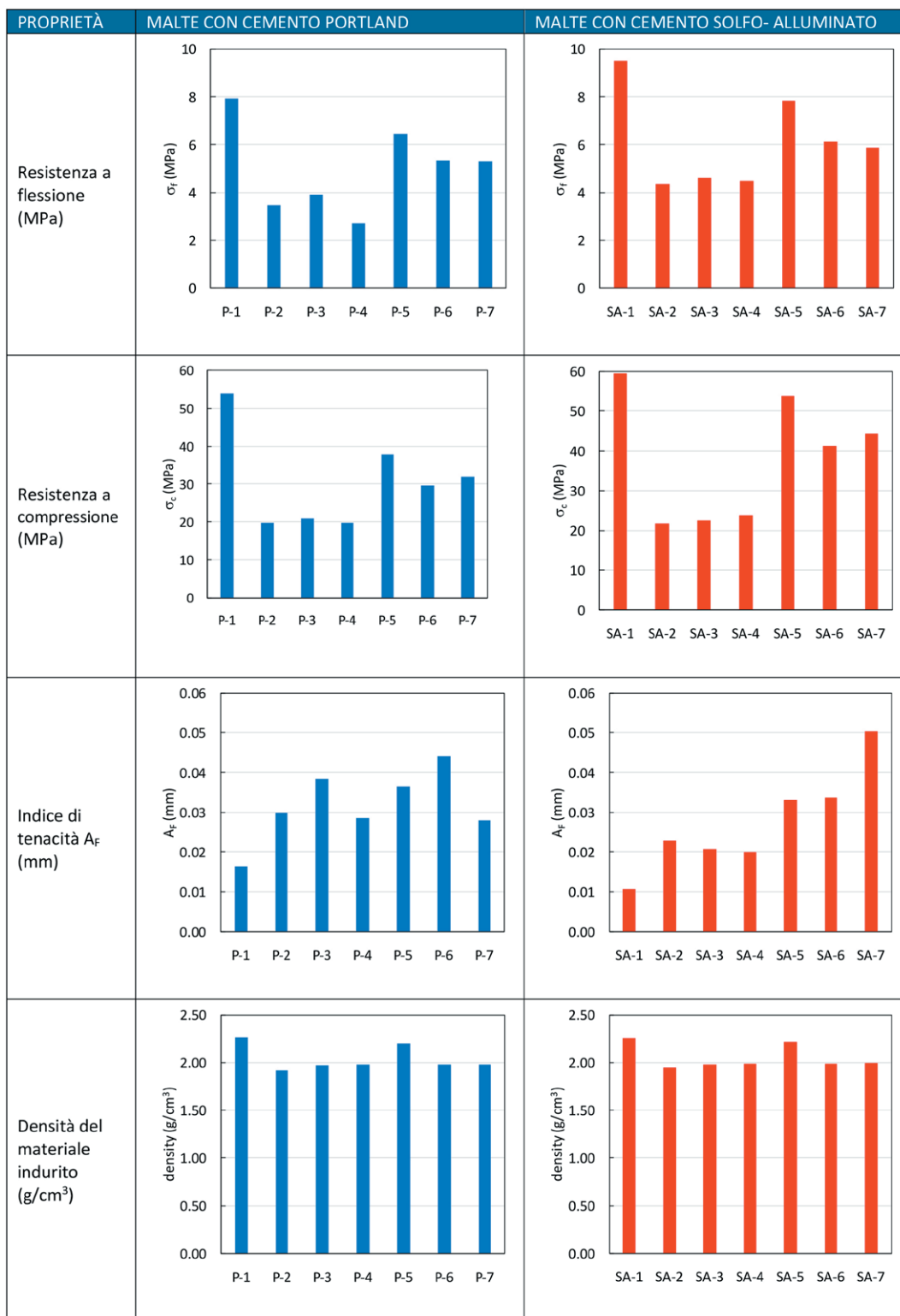
To frame this concept for the type of aggregates produced in the presented experiment, several factors should be considered: the impact of the energy needed to process the polymeric waste could be higher than that required for the recycling of C&D waste since more phases are needed to obtain the suitable granulometry; transport of GTR particles in this specific case is particularly high since the project partner is located in Israel, but in normal situations a local producer would be chosen, while in the case of thermoplastic waste, the recycling plant is located about 200 km away from the mortar and screed production company. The increase in the amount of cement required to achieve the mechanical strengths of the products in

this research confirms what has been reported in the literature: in traditional formulations the content is about 16% in mortars and 25% in screeds, while in formulations with recycled aggregate the cement content reaches up to 30% and up to 45% respectively.

The cradle-to-cradle LCA model is preferable for assessing the environmental impact of buildings according to circular economy (CE) principles and for proper end-of-life management of the building (Ghisellini *et al.*, 2018).

Most LCA studies of C&D waste have focused on assessing the end of life of the product at the moment when the waste is already generated, evaluating the impacts of landfilling versus recycling. On the other hand, it was emphasised that preventing the creation of C&D waste can effectively reduce the amount of waste by 57% compared





to a case where this scenario was not foreseen in the design phase (Llatas *et al.*, 2021). When the products developed by this research reached the end of life, they could not be separated from the building elements in which

they are installed and they could only be used to produce new recycled aggregates for concrete or road decks. In order to evaluate the actual reduction of the environmental impact of mortars and screeds with recycled

polymeric aggregates, it will be necessary to carry out an in-depth LCA analysis comparing the extraction and processing phases of a natural aggregate against those of collection and processing to produce recycled ones,

and the latter against the environmental impact of landfilling the same waste in a non-recycling condition. From an economic feasibility perspective, previous research showed that site-specific economic factors such as

Volendo caratterizzare questo ragionamento rispetto al tipo di aggregati prodotti per questa sperimentazione, l'impatto dell'energia necessaria alla lavorazione dei rifiuti polimerici potrebbe essere maggiore rispetto al riciclo di rifiuti C&D dal momento che più passaggi sono necessari per ottenere la granulometria adatta, il tema del trasporto nel caso specifico è particolarmente elevato per il GTR, dal momento che il partner del progetto è collocato in Israele, ma in situazioni normali si sceglierebbe un produttore locale, mentre nel caso dei rifiuti termoplastici si trova a circa 200 km di distanza dall'azienda di produzione delle malte e massetti. L'incremento della quantità di cemento necessario per raggiungere le resistenze dei prodotti di questa ricerca conferma quanto riportato in letteratura: nelle formulazioni tradizionali il contenuto è di circa il 16% nelle malte e il 25% nei massetti, mentre nelle formulazioni con l'aggregato riciclato il contenuto di cemento arriva fino al 30% e fino al 45% rispettivamente.

Il modello LCA dalla culla alla culla risulta preferibile per la valutazione dell'impatto ambientale degli edifici secondo i principi dell'economia circolare (EC) e per una corretta gestione del fine vita dell'edificio (Ghisellini *et al.*, 2018). La maggior parte degli studi LCA relativi ai rifiuti da C&D si sono concentrati sul valutare il fine vita del prodotto nel momento in cui il rifiuto è già generato, valutando gli impatti del conferimento in discarica rispetto al riciclo. È stato invece sottolineato come il prevenire la creazione di rifiuti da C&D possa effettivamente ridurre la quantità di rifiuti del 57% rispetto a un caso in cui questo scenario non sia stato previsto in sede progettuale (Llatas *et al.*, 2021). Nel caso dell'impiego dei prodotti sviluppati da questa ricerca, questi non saranno separabili dagli elementi edilizi in cui sono

the cost of energy, the possibility of generating economies of scale and the productivity of the plant have a direct influence (Ghisellini *et al.*, 2018). In addition, it is necessary to consider the payback time of the investments necessary for the technological upgrading of the plants to produce the RA. This factor is particularly evident for the proposed experiment since new equipment and processes have been specifically developed. The next steps of the research will also need to assess the economic impact of the new value chains and consequently the jobs generated. As outlined in COM 98 (2020), secondary raw materials are unlikely to compete with primary raw materials in terms of performance, availability and cost. However, the implementation of mandatory national policies, such as GPP rules, are already creating demand for these products in the

market. National policies should also favour the market for recycled over natural aggregates: e.g. through quality certification schemes for recycled materials, increased taxation on natural aggregates versus more competitive prices for recycled aggregates (Di Maria *et al.*, 2018).

#### **Project technical data**

**Title:** POLYWORK. Multifunctional cementitious mortar with polymeric waste

**Location:** Italy and Israel.

**Funding:** Manunet 2018 (Horizon 2020); Regione Piemonte's POR FESR 201472020 Axis 1, Action I. 1b.1.2 Manunet III 2018; Israelian financial agency.

**Duration:** 26 February 2019 -30 September 2020.

Companies: Vimark srl, Tyrec ltd, Manifattura Russo Filippo, Politecnico

installati e il fine vita consisterà nella produzione di nuovi inerti riciclati per la produzione di calcestruzzi o sottofondi stradali. Per valutare quindi l'effettiva riduzione dell'impatto ambientale delle malte e massetti con inerte polimerico riciclato sarà necessario svolgere un'analisi LCA approfondita che possa mettere a confronto le fasi di estrazione e lavorazione di un inerte naturale contro quelle di raccolta e lavorazione per produrre quelli riciclati e queste ultime rispetto all'impatto ambientale del conferimento in discarica degli stessi rifiuti in una condizione di non riciclo.

Dal punto di vista della fattibilità economica le ricerche pregresse hanno dimostrato l'influenza diretta di fattori economici caratteristici del sito quali il costo dell'energia, la possibilità di generare economie di scala e la produttività dell'impianto stesso (Ghisellini *et al.*, 2018). Inoltre, è necessario considerare il tempo di ritorno degli investimenti necessari per l'aggiornamento tecnologico degli impianti per la produzione dei RCA. Soprattutto questo fattore è particolarmente evidente per l'esperienza proposta dal momento che nuovi macchinari e processi sono stati appositamente sviluppati. Negli sviluppi della ricerca sarà interessante valutare anche l'impatto economico delle nuove filiere produttive necessarie e di conseguenza i posti di lavoro generati.

Come sottolineato nella COM2020/98, le materie prime seconde difficilmente competono con quelle primarie per prestazioni, disponibilità e costo. Tuttavia, l'applicazione di politiche nazionali obbligatorie, come le regole per il GPP, stanno già creando la domanda di questi prodotti sul mercato. Le politiche nazionali dovrebbero inoltre favorire il mercato degli aggregati riciclati rispetto a quelli naturali: ad esempio attraverso sistemi di certi-

di Torino - DISEG

#### **CREDIT AUTHORSHIP CONTRIBUTION STATEMENT**

Valentina Marino: conceptualisation, investigation, writing – original draft, writing – review & editing; reasearch objectives, state of the art, methodology, discussion of results in the context of a circular approach, conclusions and further research, visualisation; Marco Dutto: writing – integration of polymeric aggregates in commercial mortars and screeds; Luigi Russo: writing – characterisation of thermoplastic aggregates; Diana Yanover: writing – characterisation of recycled rubber aggregates; Alessandro P. Fantilli: writing – development of new products.

ficazione della qualità dei materiali riciclati, l'incremento della tassazione sugli aggregati naturali rispetto a prezzi maggiormente competitivi per quelli riciclati (Di Maria *et al.*, 2018).

### Dati tecnici del progetto

**Titolo:** POLYWORK. Malta cementizia multifunzionale contenente scarti polimerici.

**Ubicazione:** Italia e Israele.

**Finanziamento:** Manunet 2018 all'interno di Horizon 2020; Regione Piemonte nell'ambito del POR FESR 2014/2020 Asse 1, Azione I. 1b.1.2 Bando Manunet III 2018; Agenzia finanziaria israeliana.

**Durata:** 26 febbraio 2019-30 settembre 2020.

**Aziende:** Vimark srl – prodotti premiscelati in polvere per l'edilizia; Tyrec – Industria del riciclaggio dei pneumatici; Manifattura Russo Filippo – industria di riciclo di prodotti polimerici; Politecnico di Torino, DISEG – Attività di ricerca.

### DICHIARAZIONE SUL CONTRIBUTO DEGLI AUTORI

Valentina Marino: concettualizzazione, indagine, scrittura – bozza originale, scrittura, revisione e editing; obiettivi della ricerca, stato dell'arte, metodologia, discussione dei risultati nel contesto di un approccio circolare, conclusioni e ulteriori ricerche, visualizzazione; Marco Dutto: scrittura – integrazione di aggregati polimerici in malte e massetti commerciali; Luigi Russo: Scrittura – caratterizzazione di aggregati termoplastici; Diana Yanover: scrittura – caratterizzazione di aggregati in gomma riciclata; Alessandro P. Fantilli: scrittura – sviluppo di nuovi prodotti.

### REFERENCES

Adesina, A. and Das, S. (2021), "Performance of engineered cementitious composites incorporating crumb rubber as aggregate", *Construction and Building Materials*, Vol. 274, 122033.

Araujo-Morera, J., Verdejo, R., López-Manchado, M.A. and Santana, M.H. (2021), "Sustainable mobility: The route of tires through the circular economy model", *Waste Management*, Vol. 126, pp. 309-322.

D. Lgs. 18/04/2016 n° 50, G.U. 19/04/2016, Codice degli appalti.

Di Maria, A., Eyckmans, J. and Van Acker, K. (2018), "Downcycling versus recycling of construction and demolition waste: Combining LCA and LCC to support sustainable policy making", *Waste Management*, Vol. 75, pp. 3-21.

DM 11 (2017), in G.U. Serie Generale n. 259 del 6 Novembre 2017.

European Commission (2020), "Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the regions, A new circular economy action plan for a cleaner and more competitive Europe COM 98 Final".

Fantilli, A.P., Zegna, A. and Chiaia, B. (2018) "Cement based Mortars with Polymeric Aggregates", Italian Concrete Days, Milano, Italia.

Ghisellini, P., Ripa, M. and Ulgiati, S. (2018), "Exploring environmental and economic costs and benefits of a circular economy approach to the construction and demolition sector. A literature review", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 178, pp. 618-643.

Gu, L. and Ozbakkaloglu, T. (2016), "Use of recycled plastics in concrete: A critical review", *Waste Management*, Vol. 51, pp. 19-42

Ibrahim, A., Bassam, A.T., Rayed, A., Hisham, A., Abdeliazim, M.M. and Abdulaziz A. (2020), "Use of recycled plastic as fine aggregate in cementitious composites: A review", *Construction and Building Materials*, Vol. 253, 119146.

Iucolano, F., Liguori, B., Caputo, D., Colangelo, F. and Cioffi, R., (2013), "Recycled plastic aggregate in mortars composition: Effect on physical and mechanical properties", *Materials and Design*, Vol 52, pp. 916-922.

Llatas, C., Bizcocho, N., Soust-Verdaguer, B., Montes, M.V. and Quiñones, R., (2021), "An LCA-based model for assessing prevention versus non-prevention of construction waste in buildings", *Waste Management*, Vol. 126, pp. 608-622.

Marzouk, O.Y., Dheilily, R. and Queneudec, M. (2007), "Valorization of postconsumer waste plastic in cementitious concrete composites", *Waste Management*, Vol. 27, pp. 310-318.

Milliman, D. and Syvitski, M. (1992), "Geomorphic/Tectonic Control of Sediment Discharge to the Ocean: The Importance of Small Mountainous Rivers", *J. Geology*, Vol. 100, n. 5, pp. 525-544.

Saikia, N. and de Brito, J. (2012), "Use of plastic waste as aggregate in cement mortar and concrete preparation: A review", *Construction and Building Materials*, Vol 34, pp. 385-401.

Sofi A. (2017), "Effect of waste tire rubber on mechanical and durability properties of concrete – A review", *Ain Shams Engineering Journal*, Vol. 110.

Turatsinze, A., Bonnet, S., and Granju, J.L. (2005), "Mechanical characterisation of cement-based mortar incorporating rubber aggregates from recycled worn tyres", *Building and Environment*, Vol. 40, n. 2, pp. 221-226.

Xuemiao, L., Tung-Chai, L. and Kim Hung, M. (2020), "Functions and impacts of plastic/rubber wastes as eco-friendly aggregate in concrete – A review", *Construction and Building Materials*, Vol. 240, 117869.



# La gestione del fine vita come strumento di progetto: il caso di un involucro a secco in legno

RICERCA E  
SPERIMENTAZIONE/  
RESEARCH AND  
EXPERIMENTATION

Elisabetta Palumbo<sup>1</sup>, Francesca Camerin<sup>2</sup>, Chiara Panozzo<sup>2</sup>, Massimo Rossetti<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Institute of Sustainability in Civil Engineering, RWTH Aachen University, Germania

<sup>2</sup> Dipartimento Culture del progetto, Università Iuav di Venezia, Italia

elisabetta.palumbo@inab.

rwth-aachen.de

fra.camerin@gmail.com

chi16pan@gmail.com

rossetti@iuav.it

**Abstract.** Il *paper* si inserisce nell'ambito delle strategie progettuali di riassetto e reimpiego di manufatti architettonici nell'ottica della transizione verso la *Circular Economy*. Nello specifico, il *paper* affronta il tema degli involucri architettonici realizzati a secco e della loro progettazione esecutiva secondo un approccio *Life Cycle Thinking* (LCT), basandosi su un caso studio di unità abitativa temporanea in legno per la quale sono previsti diversi scenari d'uso e di fine vita al termine del primo ciclo di utilizzo dei componenti d'involucro. Il *paper*, in particolare, basandosi sulla raccolta dei profili ambientali dei prodotti tramite le *Environmental Product Declaration* (EPD), mira a definire un bilancio tra gli impatti ambientali inglobati nei materiali impiegati e i benefici connessi all'adozione delle tecniche costruttive a secco.

**Parole chiave:** Involucro a secco; *Life Cycle Thinking*; Fine vita; *Design for Disassembly*; *Circular Economy*.

## Introduzione

La sostenibilità delle risorse naturali e l'adozione di azioni urgenti per ridurre in modo sostanziale la produzione di rifiuti attraverso la prevenzione, la riduzione, il riciclo e il riutilizzo entro il 2030 è uno dei 17 obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile (SDGs) proposti dall'Agenda 2030 dell'ONU (2019).

Tale obiettivo SDG (12) è richiamato in due delle otto aree chiave definite nella tabella di marcia Green Deal lanciata dalla Commissione Europea nel 2019: la transizione verso un'economia pulita e circolare e la realizzazione di edifici efficienti dal punto di vista energetico e delle risorse. Entrambe le questioni sono integralmente legate al settore delle costruzioni e all'ambiente costruito in genere.

Come ormai noto, in Europa il settore delle costruzioni è responsabile di un terzo di tutti i rifiuti generati e consuma tra il 30 e il 50% di tutte le risorse (Božiček *et al.*, 2021). Un recente la-

voro pubblicato da Finch *et al.* (2021), trattando la ricognizione di studi sull'integrazione dei principi di circolarità negli edifici, rileva che la tendenza è quella di focalizzare l'attenzione sull'identificazione degli impatti legati al fine vita post-costruzione piuttosto che esaminare pratiche di progettazione e nuovi modi di costruire "circolari" che affrontino il problema già dalle fasi iniziali del progetto. Lo studio mette in luce, inoltre, che tipicamente nella pratica gli edifici non vengono progettati per essere poi recuperati, ma l'approccio seguito è piuttosto quello di gestire la post-fine vita attraverso la selezione dei materiali e il loro trattamento finale.

A conferma di ciò, diversi studi di letteratura evidenziano il ruolo rilevante che la gestione "post-uso" dei materiali demoliti ha rispetto alla totalità degli impatti generati nel ciclo di vita di un edificio (Thormark, 2006; Piccardo *et al.*, 2019; Akhimien *et al.*, 2020). Ciò che emerge da tali indagini è la necessità di una rilettura e di una ridefinizione degli approcci progettuali correnti, sia basandola maggiormente sulla integrazione di strategie connesse ai principi della circolarità in edilizia (quali riuso, smontaggio e ottimizzazione delle materie prime), sia adottando un cambio di paradigma che vede la progettazione degli scenari di fine vita delle soluzioni a secco e la valutazione del loro profilo ambientale su base LCA quali strumenti di progetto a supporto della transizione verso soluzioni tecnologiche circolari.

In questo studio vengono analizzati gli indicatori di impatto di gas serra (GWP) e di uso di risorse energetiche non rinnovabili (MJ) di soluzioni di involucro a secco progettate per essere

## End-of-life management as a design tool: the case of a dry wood envelope

**Abstract.** This paper is part of the design strategies of reassembly and reuse of buildings according to the transition to circular economy. Specifically, the paper addresses the issue of architectural envelopes made of drywall and their executive design according to a *Life Cycle Thinking* (LCT) approach, based on a case study of a temporary wooden housing unit for which there are several scenarios of use and end of life once the first cycle of use of the components of the envelope has come to an end. In particular, the paper, based on the collection of environmental profiles of products through *Environmental Product Declarations* (EPD), wants to define a balance between the environmental impacts incorporated in the used materials and the benefits related to the adoption of dry construction techniques.

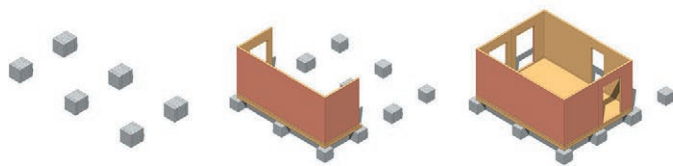
**Keywords:** Building envelope dry construction; Life cycle thinking; End of life;

*Design for Disassembly*; *Circular economy*.

## Introduction

The sustainability of natural resources and taking urgent action to substantially reduce waste generation through prevention, reduction, recycling and reuse by 2030 is one of the 17 Sustainable Development Goals (SDGs) proposed by the UN 2030 Agenda (2019). This SDG goal (12) is called out in two of the eight key areas defined in the Green Deal roadmap launched by the European Commission in 2019: the transition to a clean and circular economy and the implementation of energy- and resource-efficient buildings. Both issues are integrally linked to the construction sector and the built environment in general.

As is now well known, the construction sector in Europe is responsible for one-third of all waste generated and consumes between 30 and 50% of all resources (Božiček *et al.*, 2021). A recent paper published by Finch *et al.* (2021), dealing with the survey of studies on the integration of circularity principles in buildings, notes that the trend is to focus on identifying end-of-life post-construction impacts rather than examining design practices and new "circular" ways of building that address the problem early in the project. The study also highlights that typically in practice, buildings are not designed to be reused, but rather the approach taken is to manage their post-life through material selection and final treatment. To confirm this, several literature studies highlight the relevant role that the "post-use" management of demolished



smontate e riutilizzate secondo l'approccio della *Design for Disassembly* (Fig. 1).

A tale scopo, il lavoro focalizza l'attenzione sulla progettazione di un'unità abitativa temporanea con struttura in legno, definendone un bilancio tra gli impatti ambientali inglobati nei materiali impiegati e i benefici connessi all'adozione di tecniche costruttive a secco. L'approccio metodologico perseguito si basa sull'applicazione della metodologia *Life Cycle Assessment* (ISO 14040-14044) adottando come *data source* le Dichiarazioni Ambientali di Prodotto (EPD) fornite dai produttori.

**Approccio metodologico** In linea con gli obiettivi iniziali, il contributo intende definire il profilo ambientale delle soluzioni costruttive a secco adottate nel prototipo, sia come impatti inglobati nei materiali impiegati (fase di produzione) sia come benefici connessi all'adozione delle tecniche costruttive a secco (fase di fine vita).

Il riferimento metodologico adottato per identificare gli impatti ambientali è la *Life Cycle Assessment* (LCA), considerata uno dei più solidi strumenti attualmente disponibili per valutare il potenziale impatto ambientale dei prodotti (IPPCOM/2003/0302, 2003). La LCA è standardizzata secondo le ISO 14040 (2020) e ISO 14044 (2020), e in ambito edilizio dai due standard EN 15978 (2011) e 15804 (2019).

Le fonti di dati a cui si accede nella conduzione di una LCA, da cui quindi estrarre gli indicatori ambientali per unità di prodotto/processo, sono sostanzialmente di due tipologie:

materials has concerning the totality of impacts generated in the life cycle of a building (Thormark, 2006; Piccardo *et al.*, 2019; Akhimien *et al.*, 2020). What results from these investigations is the need for a reinterpretation and redefinition of current design approaches, basing it more on both the integration of strategies related to the principles of circularity in construction (such as reuse, disassembly and optimisation of raw materials), and on the adoption a paradigm shift that sees the design of end-of-life scenarios of dry solutions and the assessment of their environmental profile on an LCA basis as design tools to support the transition to circular technological solutions.

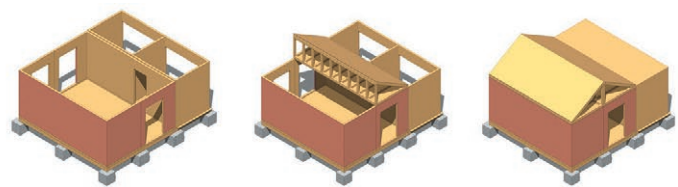
This study analyses the greenhouse gas impact (GWP) and non-renewable energy resource use (MJ) indicators of drywall solutions, designed to be disassembled and reused according to

the Design for Disassembly approach (Fig. 1).

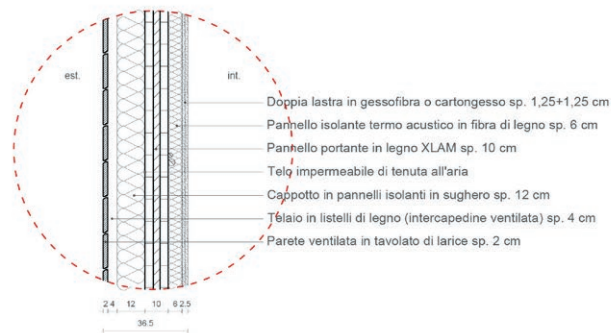
The work focuses on the design of a temporary timber-framed housing unit, defining a balance between the environmental impacts embedded in the materials used and the benefits related to the adoption of dry construction techniques. The methodological approach pursued is based on the application of the Life Cycle Assessment methodology (ISO 14040-14044), adopting the Environmental Product Declarations (EPD) provided by the manufacturers as a data source.

**Methodological approach**

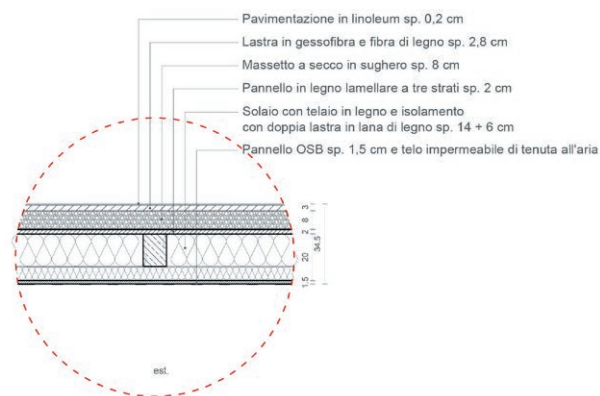
According to the initial objectives, the paper hopes to define the environmental profile of the dry construction solutions adopted in the prototype, both as impacts embedded in the materials used (production phase) and as



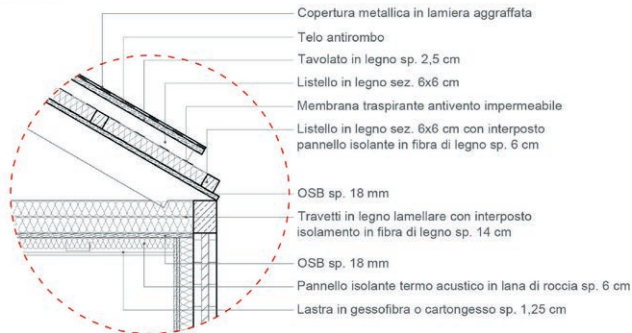
Chiusura verticale



Solaio controterra



Copertura a falda



benefits related to the adoption of dry construction techniques (end-of-life-phase).

The methodological reference adopted to identify environmental impacts is the Life Cycle Assessment (LCA), considered one of the most important references currently available to assess the potential environmental impact of products (IPPCOM/2003/0302, 2003). LCA is standardised under ISO 14040

(2020) and ISO 14044 (2020) and in the construction industry by the standards EN 15978 (2011) and 15804 (2019).

The data sources accessed in an LCA, from which the environmental indicators per unit of product/process are obtained, are essentially of two types:

- generic, in the form of databases (for example, Ecoinvent centre, PE International and European Com-

- generiche, sotto forma di banche dati (per esempio, Ecoinvent centre, PE International, and European Commission, Joint Research Centre);
- basate su dati specifici forniti dai produttori e verificate da ente terzo in forma di etichette ambientali EPD (*Environmental Product Declaration*).

Al fine di produrre risultati più affidabili e accurati, la International Reference Life Cycle Data System (ILCD) raccomanda l'uso di dati specifici piuttosto che generici; nella stessa direzione la EN 15978 precisa che andrebbero usati come surrogato quando non sono disponibili dati specifici (Hollberg, 2016).

Le EPD, dette anche etichette ambientali di Tipo III (ISO 14020), comunicano i dati LCA sotto forma di indicatori di impatto ambientale, uso delle risorse e produzione di rifiuti. Per i prodotti da costruzione, una delle regole essenziali affinché sia garantita la comparabilità tra prodotti diversi è la conformità alla ISO 14025 (2010) e in particolare alla EN 15804, che oltre a regolarne requisiti e regole di calcolo, definisce le regole di categorie di prodotto (PCR), che riguardano appunto specifiche famiglie di prodotto. Il ricorso alle EPD negli studi LCA alla scala di edificio di fatto semplifica il complesso lavoro di valutazione, che si traduce in operazioni di moltiplicazione tra la massa dei materiali e prodotti adottati nella costruzione (Bill of Materials-BoM) per i dati ambientali estratti dalle EPD. Con le stesse premesse, tali fonti sono ampiamente richiamate in "Level(s)" – il recente *framework* sviluppato dal Joint Research Center di Siviglia su mandato della Commissione Europea – per la definizione di indicatori chiave di performance della sostenibilità degli edifici (Dodd *et al.*, 2020).

Negli ultimi anni il numero delle EPD è cresciuto molto, aumento in parte legato anche alla loro inclusione nei Green Bu-

- mission, Joint Research Centre);
- based on specific data provided by producers and verified by a third party in the form of an environmental label EPD (Environmental Product Declaration).

In order to produce more reliable and accurate results, the International Reference Life Cycle Data System (ILCD) recommends the use of specific, rather than generic, data; at the same time, EN 15978 specifies that they should be used as a surrogate when specific data are not available (Hollberg, 2016).

EPDs, also known as Type III environmental labels (ISO 14020), communicate LCA data in the form of indicators of environmental impact, resource use and waste generation. For construction products, one of the essential rules in order to guarantee comparability between different products is compliance with ISO 14025 (2010) and, in particu-

lar, EN 15804, which not only regulates requirements and calculation rules, but also defines product category rules (PCRs), which relate precisely to specific product families. The use of EPDs in LCA studies at the building scale actually simplifies the complex work of assessment, which means operations of multiplication between the mass of materials and products adopted in the construction (Bill of Materials-BoM) for the environmental data extracted from EPDs. Based on the same premises, these sources are widely referred to in "Level(s)" – the recent framework developed by the Centre in Seville on behalf of the European Commission – for the definition of key performance indicators of building sustainability (Dodd *et al.*, 2020).

In recent years, the number of EPDs has grown strongly, an increase partly related to their inclusion in the Green

Building Rating Systems (Minkov *et al.*, 2015) e più direttamente nel contesto nazionale all'interno dei Criteri Ambientali Minimi (CAM) Edilizia (Palumbo and Thiebat, 2020) o più recentemente nel Decreto Rilancio (meglio noto come Superbonus).

Nonostante l'importanza che l'uso delle EPD sta assumendo per valutare le prestazioni ambientali degli edifici (Passer *et al.*, 2015), a oggi sono ancora pochi gli studi in questo ambito (Fufa *et al.*, 2018; Petrovic *et al.*, 2019). La motivazione di tale lacuna è da rintracciare soprattutto nella tipologia/formato "from cradle to gate" in cui si presentano allo stato attuale, essendo state definite sulla base della precedente versione normativa EN 15804 (2013), secondo cui le fasi obbligatorie da includere nella analisi LCA erano quelle relative alla fase di produzione. Fattore quest'ultimo che, come appare evidente, non contenendo informazioni sull'impatto connesso alla operatività dell'edificio e a quelle di fine vita, limita il loro uso nella valutazione alla scala di edificio (Fig. 5).

Questo scenario dovrebbe cambiare nei prossimi anni, in considerazione del fatto che la nuova versione dello standard europeo (2019) estende la obbligatorietà anche alle fasi di fine vita e di riciclo e riuso dei materiali post demolizione dell'edificio, la cui coerenza dovrà essere ottemperata nell'arco dei prossimi cinque anni.

Pertanto, alla luce di quanto sinora delineato sull'evidente rilevanza dell'uso delle EPD nell'applicazione di una LCA a un intero edificio, lo studio ha adottato come base dell'analisi gli indicatori di impatto desunti dalle etichette prodotte da fornitori di ambito nazionale.

L'obiettivo principale dello studio è stato quello di valutare gli impatti ambientali associati a un progetto pensato per essere di-

Building Rating Systems (Minkov *et al.*, 2015) and, more directly in the Italian national context, within the Minimum Environmental Criteria (CAM) Building (Palumbo and Thiebat, 2020), and even more recently in the Decreto Rilancio (better known as Superbonus).

Despite the importance that the use of EPDs is assuming to assess the environmental performance of buildings (Passer *et al.*, 2015), nowadays, there are still few studies in this area (Fufa *et al.*, 2018; Petrovic *et al.*, 2019;). The reason for this gap can be found mainly in the "from cradle to gate" type/format in which they currently present themselves, having been defined on the basis of the previous normative version EN 15804 (2013), according to which the mandatory phases to be included in the LCA analysis were those related to the production phase. This,

as it appears evident, does not include information on the impact related to the operation of the building and those at the end of life, and limits their use in the assessment at the building scale (Fig. 5).

This scenario is expected to change in the coming years, in view of the fact that the new version of the European standard (2019) also extends the mandatory nature to the end-of-life phases and the recycling and reuse of post-demolition materials of the building, which must be complied with over the next five years.

Therefore, in light of what has been outlined so far on the obvious relevance of the use of EPDs in the application of an LCA to an entire building, the study has adopted the impact indicators deduced from the labels produced by national suppliers as the basis of the analysis.



sassemblato e in cui meno del 10% di materiale sia destinato alla discarica. Inoltre, al fine di stabilire un periodo di tempo minimo entro il quale la struttura presa in esame non necessita di manutenzione straordinaria, e quindi ovviando al problema del ricorso ad ulteriori quantità di materiali, è stato considerato un tempo di vita nominale pari a 30 anni.

**La fase progettuale: Design for Disassembly**

La pianificazione delle operazioni di smontaggio è ritenuta uno dei approcci progettuali più efficienti per aumentare il tasso di riutilizzo dei componenti e ridurre l'impatto ambientale (Sanchez *et al.*, 2019). Ma affinché il beneficio derivante da un tale tipo di approccio sia evidente in termini di eco-efficienza, è necessario che sia corredato da valutazioni di impatto quantitative, in modo che possa supportare il progettista sin dalle fasi iniziali di progetto nella scelta dei diversi possibili scenari di fine vita.

La valutazione metodologica proposta è stata applicata a un prototipo abitativo sviluppato in un precedente progetto di ricerca (Camerin *et al.*, 2020). Il progetto ha avuto come scopo l'ideazione di un'unità abitativa temporanea con struttura in legno, progettata con particolare attenzione alle tecniche di assemblaggio a secco dell'involucro in ottica di *circular economy* (Božiček *et al.*, 2021), quali elementi riutilizzabili al termine della fase di vita utile.

In particolare, il progetto strutturale è stato affrontato prevedendo che i materiali possano essere riusati senza trasformazioni in stadi successivi al termine della vita utile, con una quasi totale reversibilità dei collegamenti strutturali adottati.

Nelle connessioni ibride le interfacce di unione tra elementi li-

The main objective of the study was to assess the environmental impacts associated with a project designed to be disassembled and where less than 10% of the material is destined for landfill. In addition, in order to establish a minimum period of time within which the structure under consideration does not require extraordinary maintenance, and thus obviating the problem of using additional quantities of materials, a nominal life time of 30 years was considered.

**Design phase: Design for Disassembly** Disassembly planning is considered one of the most efficient ways to increase the rate of component reuse and reduce environmental impact (Sanchez *et al.*, 2019). But, in order for the benefit from such an approach to be evident in terms of eco-efficiency, it needs to be accompanied by quantita-

tive impact assessments, so that it can support the designer from the early stages of the project in the selection of different possible end-of-life scenarios. The proposed methodological assessment was applied to a housing prototype developed in a previous research project (Camerin *et al.*, 2020). The aim of the project was to design a temporary housing unit with a wooden structure, designed with particular attention to dry assembly techniques of the envelope in view of a circular economy (Božiček *et al.*, 2021), as reusable elements at the end of the useful life phase. In particular, the structural design was approached in such a way as to ensure that the materials could be reused without transformations in later stages at the end of their useful life, with an almost total reversibility of the adopted structural connections. In the hybrid connections, the inter-

nei sono realizzate con l'ausilio di inserti metallici: la trasmissione dei carichi è in tal modo mediata da elementi quali flange metalliche, barre filettate e bulloni, gestibili alla stregua di comuni unioni bullonate in acciaio, che, a differenza delle tradizionali unioni chiodate o avvitate, di fatto rendono il sistema completamente reversibile e permettono di limitare il danneggiamento del materiale durante le fasi di montaggio e smontaggio dei moduli (Fig. 2).

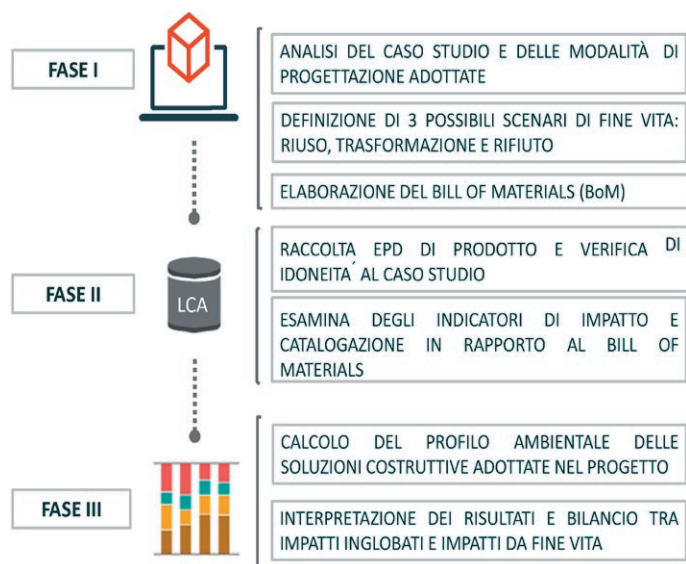
L'analisi valutativa è stata sviluppata seguendo tre fasi principali, come sinteticamente illustrato in figura 3.

*Fase 1. Elaborazione del Bill of Materials*

La fase iniziale della ricerca è stata la raccolta dei dati per la predisposizione del Bill of Materials (BoM) relativo alle soluzioni presenti nel caso studio e del suo fine vita secondo tre distinti scenari: riuso, trasformazione e riciclo e/o invio a discarica (Tab. 1). Nello specifico, la totalità di materiali utilizzati nel caso studio è di circa 84 m<sup>3</sup>, di cui l'88% è stato pensato per essere riutilizzato una volta smantellato l'edificio.

*Fase 2. Esamina degli indicatori di impatto*

La seconda parte del lavoro ha riguardato la ricognizione delle EPD di prodotti utilizzabili per le soluzioni progettuali progettate all'interno di tre delle principali piattaforme europee responsabili della pubblicazione di tali etichette, che sono l'italiana EPD Italy, la svedese Environdec e la tedesca IBU. La selezione è stata fatta considerando prima di tutto la corrispondenza con le proprietà fisico-meccaniche dei materiali, quindi la provenienza geografica e la idoneità d'uso con le scelte di progetto. Dopo questa prima esplorazione si è passati alla individuazione dei pa-



Tab.01 | Definizione degli scenari post-demolizione degli elementi tecnici dell'unità abitativa  
*Definition of the post-demolition scenarios of the technical elements of the housing unit*

Tab.01 |

UNITÀ TECNOLOGICA	ELEMENTI TECNICI	UDM	VOLUME / AREA	SCENARI DI FINE VITA			
				Riuso [%]	Preparaz. x riciclo/recupero [%]	Riciclo/ Recupero [%]	Discarica [%]
Strutture portanti in legno	Pannelli X-lam (sp. 10 cm)	m <sup>3</sup>	14,70	88%	12%	12%	0%
	Travetti lamellari (sez. 14x6 cm)	m <sup>3</sup>	9,50	92%	8%	8%	0%
	Travetti massicci (sez. 6x6 cm)	m <sup>3</sup>	1,72	80%	0%	0%	20%
	Pannelli OSB (sp. 1,8 cm)	m <sup>3</sup>	4,07	80%	0%	0%	20%
	Pannelli tre strati (sp. 2 cm)	m <sup>3</sup>	1,46	80%	0%	0%	20%
	Tavolato di copertura (sp. 2,5 cm)	m <sup>3</sup>	2,17	80%	0%	0%	20%
Chiusure in legno	Fibra di legno (sp. 6 cm e 14 cm)	m <sup>3</sup>	33,24	80	20%	20%	0%
	Sughero (sp. 8 cm e 12 cm)	m <sup>3</sup>	8,37	98%	0%		2%
	Fibra di canapa (sp. 6 cm)	m <sup>3</sup>	3,29	100%	0%		0%
Sottofondi e rivestimenti	Gessofibra (sp. 1,25 cm)	m <sup>3</sup>	3,25	0%	100%		0%
	Facciata ventilata in larice (sp. 2 cm)	m <sup>3</sup>	0,64	0%	0%		100%
	Gesso fibra + fibra di legno (sp. 2,8 cm)	m <sup>3</sup>	1,49	0%	0%		100%
	Linoleum (sp. 0,2 cm)	m <sup>3</sup>	0,11	0%	0%		100%
	Lamiera aggraffata	m <sup>2</sup>	79,40	90%	10%		0%
	Freno al vapore	m <sup>2</sup>	79,40	0%	0%		100%
	Telo antirombo	m <sup>2</sup>	79,40	0%	0%		100%

rametri di impatto dichiarati dai produttori nelle EPD adottate nell'analisi. In linea con la recente letteratura (Del Rosario *et al.*, 2021), tale disamina ha messo in luce uno dei fattori che limitano l'uso delle dichiarazioni ambientali di prodotto come base per la valutazione alla scala di edificio, ovvero la mancanza di dati di impatto nel ciclo di vita oltre la fase di produzione. Studi in tal senso rivelano che ad oggi un numero considerevole di etichette appartiene alla tipologia "cradle-to-gate" (fase di produzione) o "cradle-to-gate con opzioni" (fase di produzione e altre fasi addizionali selezionate), il che significa non poter affrontare una analisi completa del ciclo di vita, nonostante sia ampiamente riconosciuta la rilevanza di un loro uso rispetto a cosiddetti dati generici e non verificati da parte terza.

faces between wooden elements are made with metal inserts: the transmission of loads is thus mediated by elements such as metal flanges, threaded rods and bolts, manageable in the same way as common steel bolted connections, which, unlike traditional nailed or screwed connections, make the system completely reversible and allow the damage of the material during the assembling and disassembling of the modules to be limited (Fig. 2). The evaluation analysis has been developed following three main phases, as synthetically illustrated in Figure 3.

*Phase 1. Bill of materials development*  
 The initial phase of the research was the collection of data for the preparation of the Bill of Materials (BoM), concerning the solutions adopted in the case study and its end of life according to three distinct scenarios:

reuse, transformation and recycling and/or sending to landfill (Table 1). Specifically, the total amount of materials used in the case study was about 84 m<sup>3</sup>, of which 88% was designed to be reused once the building was dismantled.

*Phase 2. Impact indicators review*  
 The second part of the work concerns the checking of the EPDs of products that can be used for design solutions within three of the main European platforms responsible for the publication of these labels, which are the Italian EPD Italy, the Swedish Environdec and the German IBU. The selection was made considering the correspondence with the physical-mechanical properties of the materials first, then the geographical origin and the suitability of use with the project choices. After this initial checking, we moved

Pertanto, da questa prima analisi sono stati presi in esame solo quei prodotti aventi indicatori di impatto anche sulle fasi di fine vita, o meglio attività preparatorie pre-riciclo, riuso in sostituzione di materia vergine e/o recupero termico.

I materiali in oggetto sono: pannelli portanti X-lam, travetti lamellari e isolante in fibra di legno, il cui peso volumetrico raggiunge circa il 79,5% del volume totale.

Il passo successivo è stato la definizione del profilo ambientale del sistema costruttivo, ottenuto combinando i valori di impatto da EPD (es. GWP) con la distinta delle quantità di materiale/prodotto (BoM) nelle tre fasi del ciclo di vita dell'edificio: produzione (A1-A3), fine vita (C3 e C4) e benefici in termini di riuso e riciclo in atri cicli di produzione (D). La procedura di calcolo

on to the identification of the impact parameters declared by manufacturers in the EPDs adopted in the analysis. In line with recent literature (Del Rosario *et al.*, 2021), this examination highlighted one of the limiting factors in the use of environmental product declarations as a basis for assessment at the building scale, namely the lack of life cycle impact data beyond the production phase. Studies to this effect reveal that to date, a relevant number of labels belong to the "cradle-to-gate" (production phase) or "cradle-to-gate with options" (production phase and other selected additional phases) typology, which means that a full life cycle analysis cannot be addressed, despite the fact that the relevance of their use to so-called generic and unverified third-party data is widely recognised. Therefore, from this first analysis, only those products also having impact in-

dicators on end-of-life phases, or rather pre-recycling preparatory activities, reuse in substitution of virgin material and/or thermal recovery, have been examined. The materials are: X-lam load-bearing panels, laminated beams and wood fibre insulation, whose volumetric weight reaches about 79.5% of the total volume.

The next step was the definition of the environmental profile of the building system, obtained by combining the EPD impact values (e.g. GWP) with the distinction of the material/product quantities (BoM) in the three phases of the building life cycle: production (A1-A3), end of life (C3 and C4) and benefits in terms of reuse and recycling in other production cycles (D). The calculation procedure adopted and the environmental parameters and the life cycle phases considered are shown in Figure 6, while the assumptions

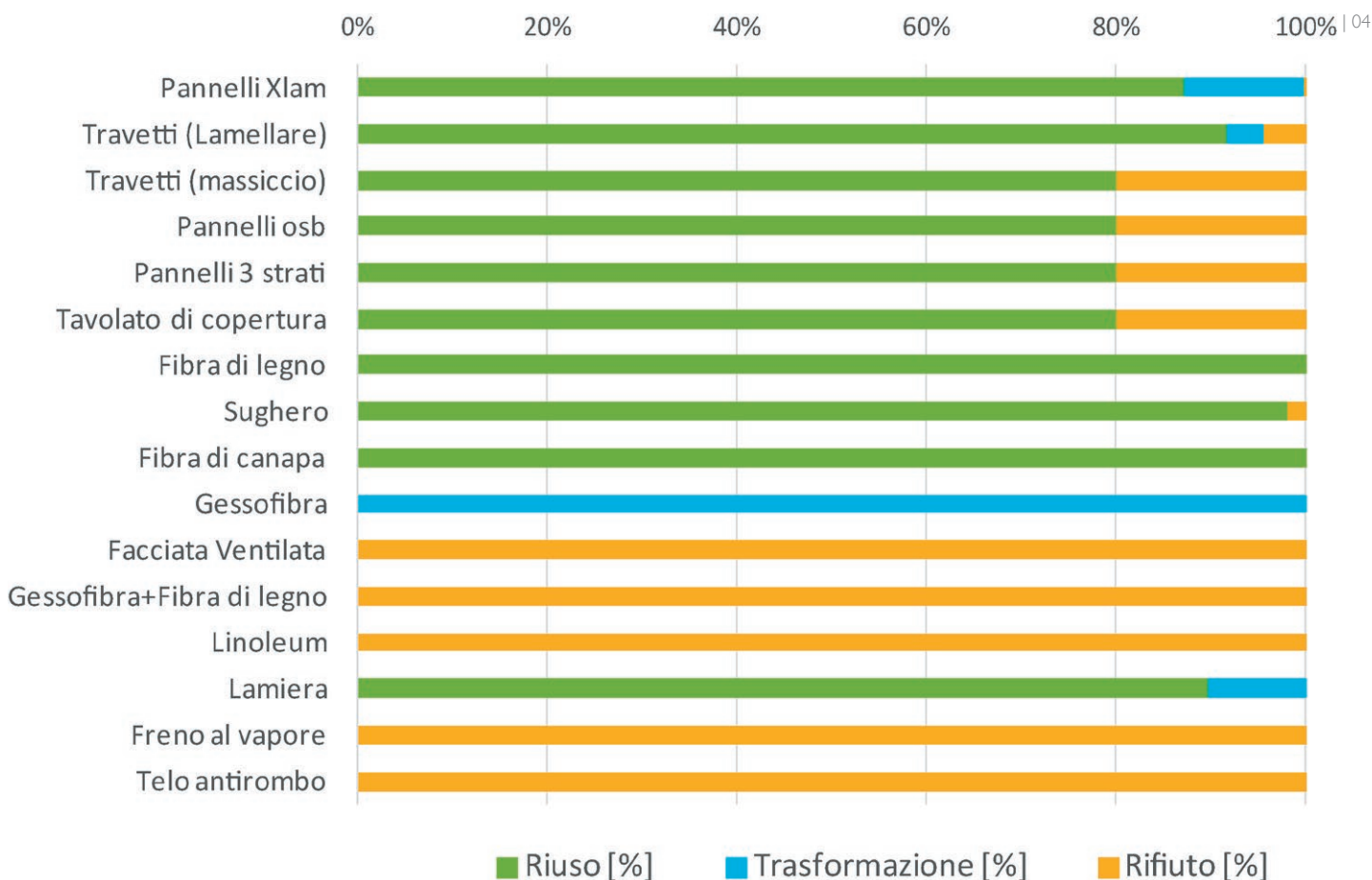
adottata, i parametri ambientali e le fasi del ciclo di vita prese in esame sono schematizzati in figura 6, mentre, le assunzioni adottate nella definizione degli scenari post-demolizione dell'unità abitativa sono mostrate in figura 4 e tabella 1.

*Fase 3. Definizione del profilo ambientale delle soluzioni tecniche*  
 Successivamente, al fine di valutare il bilancio tra impatti inglobati e scenari di fine vita post futura demolizione, l'ultima parte del lavoro ha comparato i profili ambientali dei tre scenari post-demolizione con gli impatti connessi alla produzione dei materiali aventi maggior peso volumetrico. Gli indicatori oggetto di indagine sono, rispettivamente, potenziale di riscaldamento globale (kg CO<sub>2</sub> equivalente) e uso totale di risorse energetiche primarie non rinnovabili (MJ).

La prima analisi effettuata ha preso come oggetto l'indicatore di impatto ambientale GWP, espresso con kg CO<sub>2</sub> equivalente. I diagrammi di figura 7 mostrano gli impatti di ciascuno degli elementi tecnici presi ad esame. Gli esiti di questa prima analisi rivelano che lo scenario che prevede il riuso post fine vita dei tre

elementi ha un bilancio più vantaggioso (*embodied carbon* e fine vita) rispetto allo scenario di recupero totale a fini energetici in tutte e tre gli elementi perché il recupero per energia comporta una preparazione pre-recupero che genera un impatto di CO<sub>2</sub>. Mentre, rispetto all'indicatore relativo al consumo di risorse energetiche non rinnovabili, in tutti e due gli scenari per tutti e tre gli elementi si ha sempre un bilancio che compensa le energie inglobate in produzione, evidentemente più rilevante nello scenario 2 dove tutto viene usato come energia (Fig. 8). Guardando la valutazione nella sua globalità, entrambi gli scenari sono significativi come bilanci: nel caso del CO<sub>2</sub> lo scenario favorevole risulta essere lo scenario 1, il cui vantaggio è dato dal riutilizzo degli elementi rispetto al recupero a fini energetici; rispetto all'utilizzo di energie non rinnovabili in tutti i casi il bilancio è a favore di un recupero a fini energetici.

Sviluppi futuri del lavoro dovrebbero osservare i vantaggi del riuso rispetto al recupero energetico estendendo l'analisi agli altri indicatori di norma inclusi nelle dichiarazioni ambientali di prodotto, ovvero:





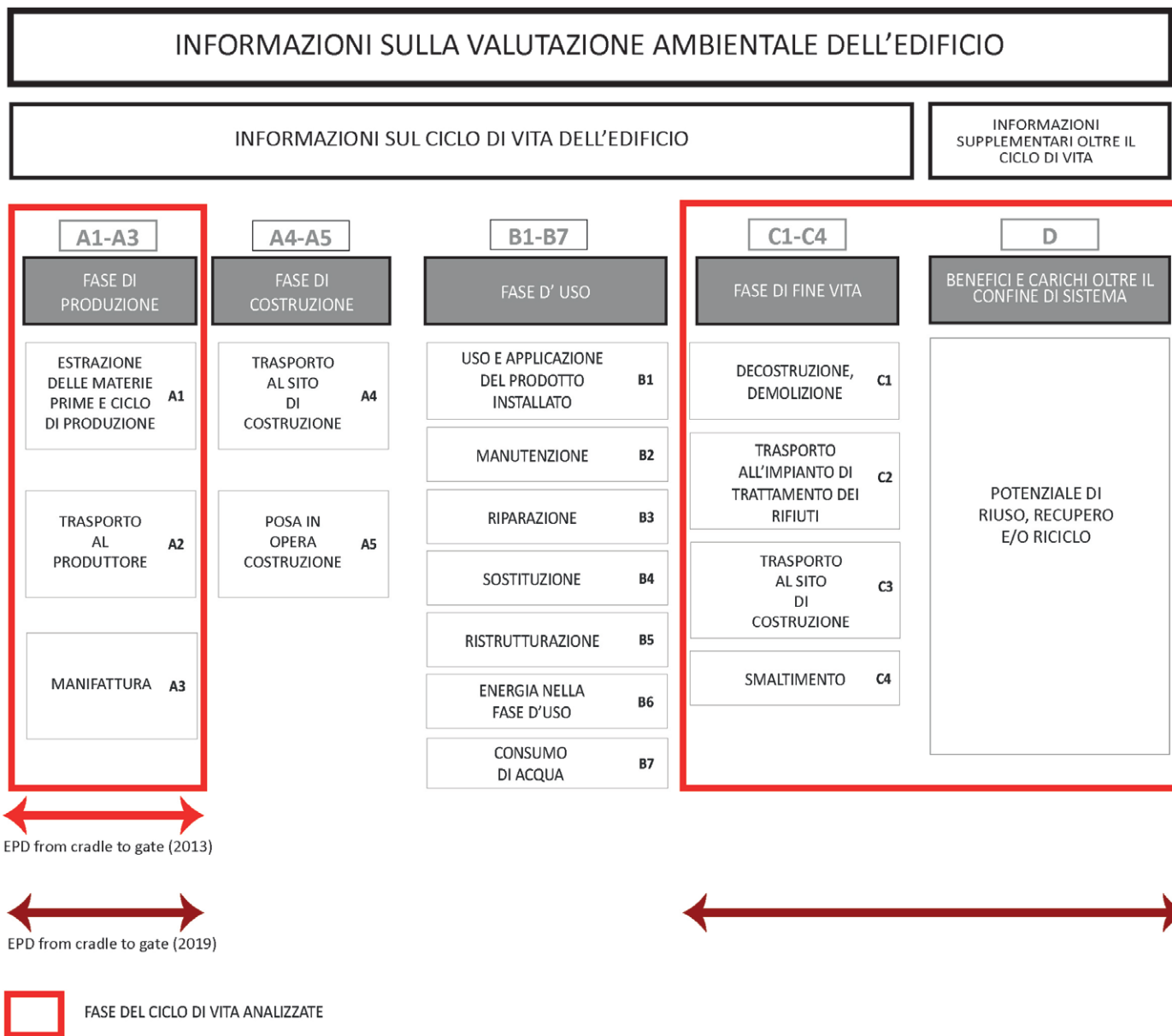
- altri tre dei sette indicatori di impatto ambientale considerati essenziali nella certificazione EPD (acidificazione e risorse abiotiche fossili e non fossili);
- tre dei dieci parametri connessi all'uso delle risorse.

**Conclusioni**

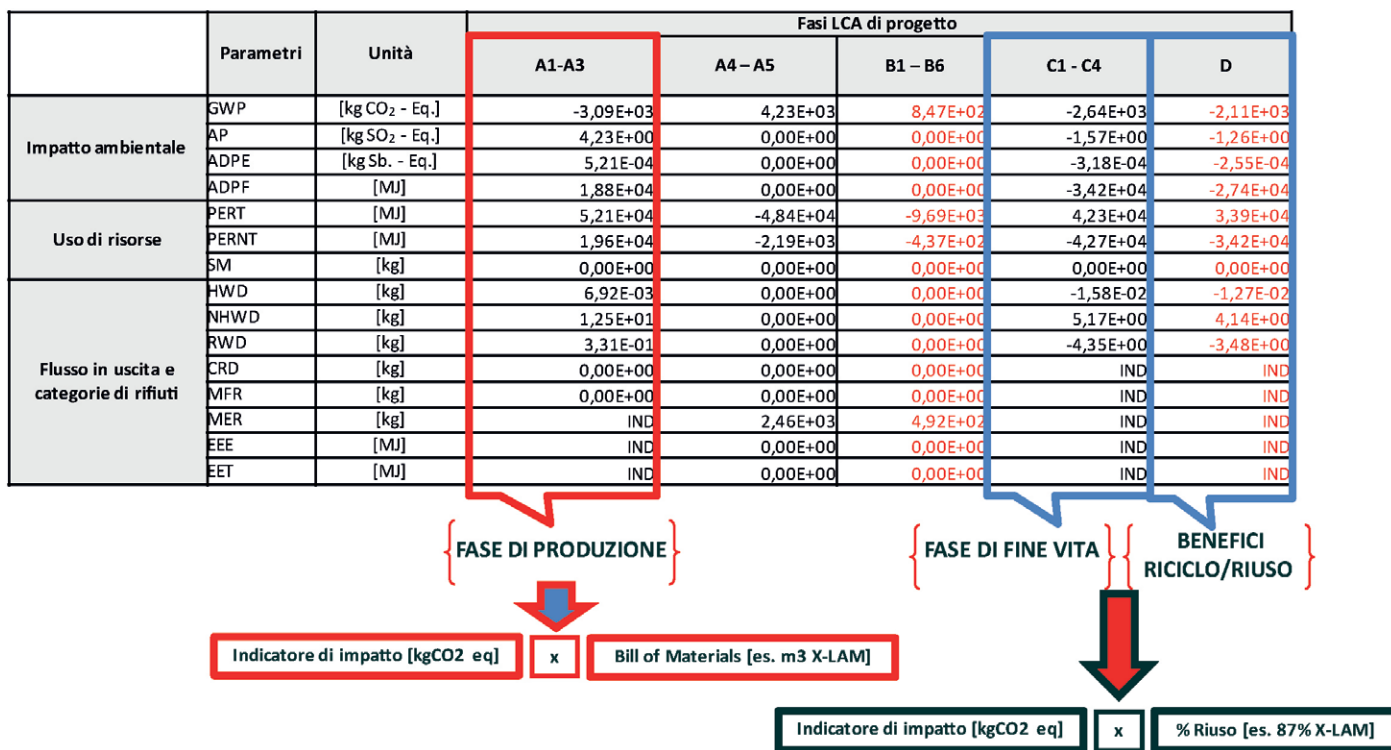
La LCA è sempre più spesso applicata in ritardo nel processo di progettazione, riducendo pertanto la possibilità di supportare il progettista e quindi influenzare positivamente gli esiti progettuali rispetto al raggiungimento di target di minore impatto am-

bientale e basse emissioni di carbonio (Roberts *et al.*, 2020). L'analisi valutativa condotta nel presente lavoro ha voluto definire quantitativamente i profili ambientali di un sistema costruttivo in legno progettato per essere smontato quasi totalmente post service life, secondo due diversi scenari di fine vita definiti già in fase progettuale: riuso versus recupero energetico. Un simile approccio si rivela di supporto alla decisione finale in quanto permette la valutazione di scenari preventivi rispetto al fine vita rispetto a scenari non preventivi. Tuttavia, l'utilizzo di una fonte di dati LCA quali le EPD mostra diversi limiti appli-

05 |



## ESTRAZIONE INDICATORI EPD DEI MATERIALI ADOTTATI NEL CASO STUDIO



cativi, soprattutto per i meno esperti. Più in generale e come già anticipato, la prima criticità è che allo stato attuale la mancanza di informazioni di impatto oltre la fase di produzione limita il loro uso per valutazioni riferite all'edificio. L'altro elemento riguarda la quasi assenza di scenari alternativi, specie sull'end of life, all'interno delle stesse etichette ambientali, che diversamen-

te potrebbero costituire uno strumento di ausilio per il progettista nell'iter progettuale.

Nonostante la metodologia utilizzata nel presente lavoro mostri dei limiti applicativi, trattandosi di un caso specifico, è però possibile affermare che, in considerazione della robustezza dei dati, forniti dai produttori mediante certificazioni di ente terzo

adopted in the definition of the post-demolition scenarios of the housing unit are shown in Figure 4 and table 1.

### Phase 3. Definition of the environmental profile of technical solutions

Subsequently, in order to assess the balance between the impacts incorporated and the post-future demolition end-of-life scenarios, the last part of the work compared the environmental profiles of the three end-of-life scenarios with the impacts related to the production of materials with higher volumetric weight. The indicators investigated are, respectively, global warming potential (kg CO<sub>2</sub> equivalent) and total use of primary non-renewable energy resources (MJ).

The first analysis carried out focused on the GWP environmental impact indicator, expressed as an equivalent to kg CO<sub>2</sub>. The diagrams in Figure 7 show

the impact of each of the technical elements examined. The results of this first analysis reveal that the scenario involving post end-of-life reuse of the three elements has a more advantageous balance (embodied carbon and end of life) than the scenario of total recovery for energy purposes in all three elements because recovery for energy involves a pre-recovery preparation that generates a CO<sub>2</sub> impact. On the other hand, with respect to the indicator relating to the consumption of non-renewable energy resources, in both scenarios for all three elements there is always a balance that compensates for the energies incorporated in production, clearly more relevant in scenario 2 where everything is used as energy (Fig. 8). Looking at the evaluation as a whole, both scenarios are significant as balances: in the case of CO<sub>2</sub> the favourable scenario turns out to be

scenario 1, whose advantage is given by the reuse of the elements compared to recovery for energy purposes; concerning the use of non-renewable energy, in all cases the balance is in favour of recovery for energy purposes. Future developments of the work should observe the advantages of reuse over energy recovery by extending the analysis to the other standard indicators included in environmental product declarations, namely:

- three of the seven environmental impact indicators considered essential in EPD certification (acidification and abiotic fossil and non-fossil resources);
- three of the ten parameters related to resource use.

### Conclusions

The LCA analysis is increasingly applied too late in the design process,

thus reducing the possibility to support the designer and positively influence the design outcomes in order to achieve targets of lower environmental impact and low carbon emissions (Roberts *et al.*, 2020).

The evaluation analysis carried out in this work aimed to quantitatively define the environmental profiles of a wooden building system designed to be almost totally disassembled after its service life, according to two different end-of-life scenarios already defined in the design phase: reuse vs. energy recovery.

Such an approach proves to be supportive of the final decision as it allows the evaluation of preventive vs. non-preventive end-of-life scenarios. However, the use of an LCA data source such as EPDs shows several application limitations, especially for the less experienced. More generally and as already

(EPDs), i risultati ottenuti possono essere ritenuti altamente realistici. È quindi possibile affermare che la presente ricerca conferma sia in generale le ricadute positive di una progettazione attenta al riutilizzo dei materiali e componenti in ottica *circular economy*, sia i vantaggi di una realizzazione a secco dell'involucro architettonico.

In tale ambito, è quindi auspicabile in futuro una sempre maggiore armonizzazione e omogeneizzazione delle metodologie, anche in riferimento al contesto europeo, allo scopo di ampliare l'applicazione di tali tecniche a un ventaglio sempre più ampio di tipologie costruttive.

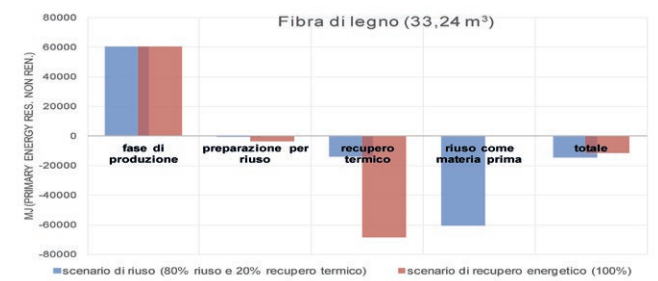
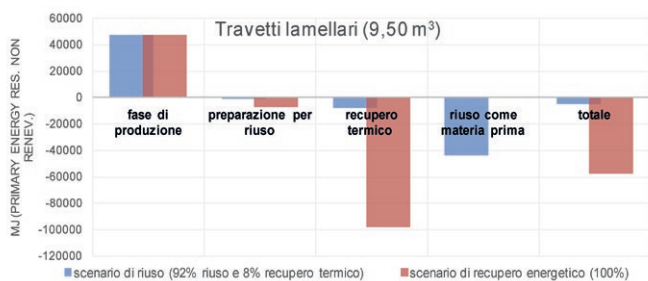
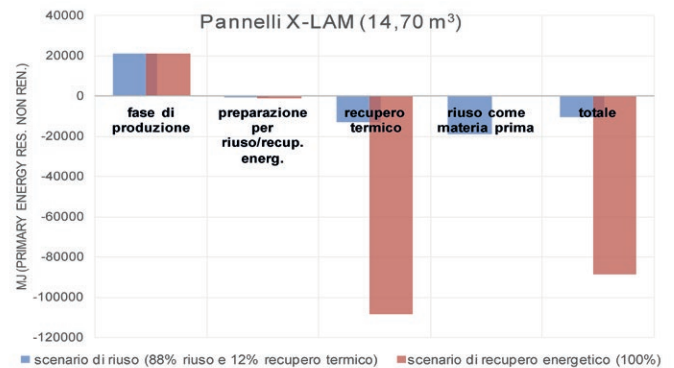
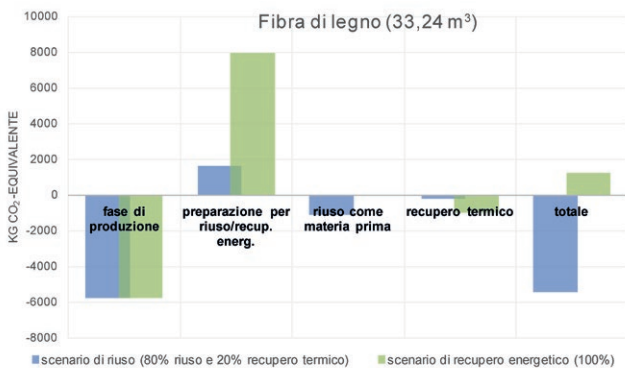
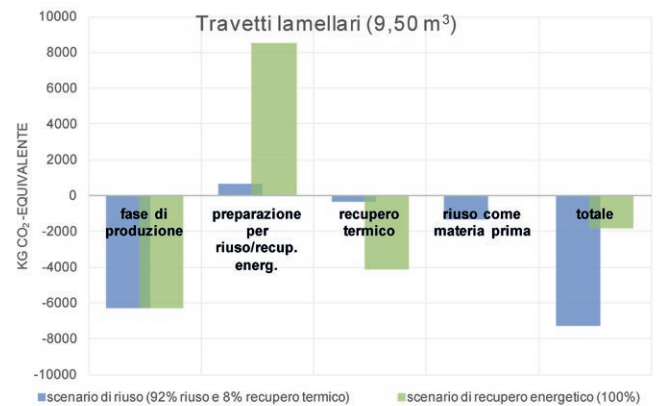
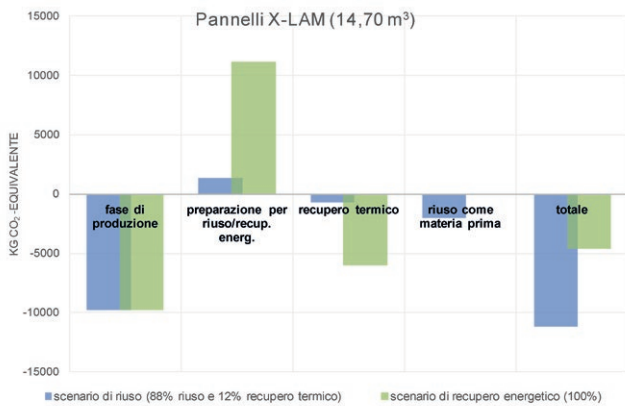
## REFERENCES

Akhimien, N.G., Latif, E. and Hou, S.S. (2020), "Application of Circular Economy Principles in Buildings: A Systematic Review", *Journal of Building Engineering*, Vol. 38, 102041.

Arvizu-Piña, V.A. and Burgos, A.C. (2017), "Promoting sustainability in Mexico's building sector via environmental product declarations", *The International Journal for Life Cycle Assessment*, Vol. 22, pp. 1744-1759.

Božiček, D., Kunič, R. and Košir, M. (2021), "Interpreting environmental impacts in building design: Application of a comparative assertion method in the context of the EPD scheme for building products", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 279, 123399.

07 |



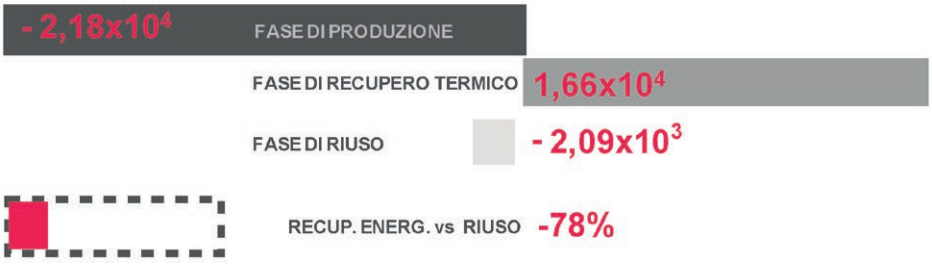


Balance between environmental impacts (kg CO<sub>2</sub> equivalent and MJ) in the production phase and two end-of-life scenarios (reuse vs. recycling)

### IMPATTI AMBIENTALI PER CA: 79% VOLUME UNITÀ ABITATIVA



**GLOBAL WARMING POTENTIAL**  
(kg CO<sub>2</sub> equivalent)



**USO RISORSE ENERGETICHE PRIMARIE NON RINNOVABILI**  
(MJ fossil fuel)



Bozza, E., Cancino, E., Camerin, F., Cardellicchio, L., Incelli, F. and Rossetti, M. (2019), “Studio di unità abitative temporanee innovative in legno per accogliere gli anziani delle case di cura”, in Baratta, A.F.L., Conti, C., Tatano V. (Eds.) *Abitare inclusivo. Il progetto per una vita autonoma e indipendente*, Anteferma Edizioni, Conegliano, pp. 226-235.

Camerin, F., Incelli, F. and Rossetti, M. (2020), “Confrontarsi con il tempo. Unità abitative temporanee in legno per anziani non autosufficienti”, in *Techne*, Vol. 20, pp. 282-291.

Del Rosario P., Palumbo E. and Traverso M. (2021), “Environmental Product Declarations as Data Source for the Environmental Assessment of Buildings in the Context of Level(s) and DGNB: How Feasible Is Their Adoption?”, in *Sustainability*, Vol. 13, n. 11, 6143.

Dodd, N., Cordella, M. and Donatello, S. (2020), “Level(s) - A common EU framework of core Sustainability indicators for office and residential buildings: Part 3: How to Make Performance Assessments Using Level(s)”, EU Science Hub, European Commission.

mentioned, the first critical element is that at present, the lack of impact information beyond the production phase limits their use for building-related assessments. The other element concerns the near absence of alternative scenarios, especially on the end of life, within the same environmental labels, which otherwise could be an aid tool for the designer in the design process.

Despite the fact that the methodology used in this work shows some application limits since it is a specific case, it is, however, possible to state that, considering the source of data provided by producers through third-party certifications (EPDs), the results obtained can be considered highly realistic. It is, therefore, possible to affirm that this research, in general, confirms both the positive effects of a design attentive to the reuse of materials and components

in view of a circular economy, and the advantages of a dry construction of the architectural envelope.

In this context, it is, therefore, desirable in the future to have an increasing harmonisation and homogenisation of methodologies, also with reference to the European context, in order to expand the application of these techniques to an increasingly wide range of building types.

- Finch, G., Marriage, G., Pelosi, A. and Gjerde, M. (2021), "Building envelope systems for the circular economy; Evaluation parameters, current performance and key challenges", *Sustainable Cities and Society*, Vol. 64, 102561.
- Fufa, S.M., Skaar, C., Gradeci, K. and Labonnote, N. (2018) "Assessment of greenhouse gas emissions of ventilated timber wall constructions based on parametric LCA", *J. Clean. Prod.*, Vol. 197, pp. 34-46.
- Gantner, J., Lenz, K., Horn, R., Von Both, P. and Ebertshauser, S. (2018), "Ökobau.dat 3.0 – Quo Vadis?", in *Buildings*, Vol. 8, 129.
- Hollberg, A. (2016), "Parametric Life Cycle Assessment: Introducing a time-efficient method for environmental building design optimization", available at: <https://doi.org/10.25643/bauhaus-universitaet.3800> (accessed 7 March 2021).
- Minkov, N., Schneider, L., Lehmann, A. and Finkbeiner, M. (2015), "Type III Environmental Declaration Programmes and harmonization of product category rules: status quo and practical challenges". *J. Clean. Prod.*, Vol. 94, 235-246.
- Palumbo, E. and Thiebat, F. (2020), "Profilo ambientale nel ciclo di vita", in Rossetti, M., and Pepe, D. (Eds.), *Gli isolanti termici in edilizia*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna, Rimini, Italia.
- Passer, A., Lasvaux, S., Allacker, De Lathauwer, D., Spirinckh, C., Wittstock, B., Kellenberger, D., Gschosser, F., Wall, J. and Wallbaum, H. (2015), "Environmental product declarations entering the building sector: critical reflections based on 5 to 10 years experience in different European countries", *Int. J. Life Cycle Assess*, Vol. 20, n. 9, pp. 1199-1212.
- Piccardo, C., Dodoo, A., Gustavsson, L. and Tettey, U.Y.A. (2019), "Comparative Life-Cycle Analysis of Building Materials for the Thermal Upgrade of an Existing Building", in *Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 225 012044.
- Pomponi, F. and Moncaster, A. (2017), "Circular economy for the built environment: A research framework", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 143, pp. 710-718.
- Roberts M., Allen S. and Coley D. (2020), "Life cycle assessment in the building design process – A systematic literature review", *Building and Environment*, Vol. 185, 107274.
- Sanchez, B., Rausch, C. and Haas, C. (2019), "Deconstruction programming for adaptive reuse of buildings", *Automation in Construction*, Vol. 107, 102921.
- Thormark, C. (2006), "The effect of material choice on the total energy need and re cycling potential of a building", *Building and environment*, Vol. 41, pp. 1019-1026.
- United Nations (2018), "Sustainable Development Goals. Sustainable development knowledge platform", available at: <https://sdgs.un.org/> (accessed 7 March 2021).

Salvatore Viscuso,

Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, Italia

salvatore.viscuso@polimi.it

**Abstract.** L'architettura dispone oggi di nuove possibilità espressive grazie ai software di modellazione parametrica e computazionale, che amplificano notevolmente le potenzialità di linguaggio. Questa condizione rende possibile la generazione di elementi e sistemi personalizzati attraverso un processo di interazione ciberfisica tra progettazione e produzione architettonica. Così come i vincoli geometrici, dettati dai processi di fabbricazione ed assemblaggio dei materiali, possono essere incorporati nei codici di progettazione generativa, nel presente contributo si esamina la possibilità di includere anche le principali condizioni che favoriscono il disassemblaggio selettivo degli elementi ed il loro riutilizzo a fine vita, evitando la generazione di pezzi non rilavorabili o riempiegabili.

**Parole chiave:** *Design for disassembly*; *Design for re-manufacturing*; Economia Circolare; Progettazione parametrica; Riuso dei componenti.

## Introduzione e obiettivi

La progettazione digitale integrata consente di descrivere i sistemi costruttivi a tutto tondo, con tutti i loro parametri geometrici, materici e di carico esterno, ricostruendo così il loro comportamento meccanico e funzionale. Le regolazioni possono essere effettuate fino a quando tutti i parametri non sono allineati in modo ottimale tra loro, avvicinando il modello alla realtà fisica e permettendo di ridurre in maniera sostanziale i requisiti di sicurezza conservativi applicabili. Il risultato è la realizzazione di sistemi costruttivi ideati 'su misura' e, di conseguenza, più leggeri e sostenibili (Lienhard, 2015). Tuttavia, il rischio di generare, per ogni progetto, una proliferazione di pezzi differenti, rende tuttora la progettazione parametrica non immune da critiche, a causa della sua difficile replicabilità / scalabilità (Capozzi, 2020). Inoltre, se non concepita o ingegnerizzata correttamente, l'impiego di elementi non standardizzati ha in molti casi compromesso la reversibilità del sistema tecnologico, complicando eventuali sostituzioni e disassemblaggi selettivi.

Considerando l'esigenza di ridurre al minimo i consumi e l'uso

di risorse non rinnovabili non soltanto in fase di produzione industriale e di costruzione in opera, ma nell'intero ciclo di vita del manufatto edilizio, il presente contributo esamina la possibilità di impiegare i codici generativi – ad oggi usati quasi esclusivamente nel descrivere i processi di fabbricazione e di assemblaggio di sistemi tecnologici personalizzati – per prefigurare diverse soglie di reversibilità costruttiva di tali sistemi, così come per vincolare i componenti edilizi a caratteristiche geometrico-prestazionali compatibili con una potenziale rilavorazione e riuso.

La ricerca ha condotto un'analisi della letteratura più recente relativa al disassemblaggio e al riuso dei componenti edili, al fine di individuare dei macro-criteri per il controllo progettuale della soglia di reversibilità costruttiva (Tab. 1). Per ciascun macro-criterio individuato, sono stati definiti dei sotto-obiettivi di progetto che rappresentano le condizioni per il controllo geometrico, prestazionale e relazionale dei componenti. Tali obiettivi, descritti nei paragrafi successivi, possono essere codificati – senza particolari ostacoli – in regole parametriche da poter impiegare all'interno dei software di *model authoring* come *Grasshopper* per la piattaforma *Rhinoceros* o *Dynamo* per *Revit*, oppure gestite per mezzo di plug-in aggiuntivi o strumenti di *model checking* che ne facilitano l'adozione.

## Codificare i modelli relazionali

L'esigenza di nuovi sistemi tecnologici trasformabili e adattabili, i cui elementi siano a loro volta riutilizzabili e riciclabili, è richiesta dalle nuove dinamiche immobiliari che impongono rinnovamenti frequenti per il *fit out* interno degli edifici, oltre che dalle recenti prescrizioni normative che indicano la reversibilità costruttiva come una

L'esigenza di nuovi sistemi tecnologici trasformabili e adattabili, i cui elementi siano a loro

Coding the circularity.  
Design for the  
disassembly and reuse of  
building components

**Abstract.** The architecture design today has new expressive features due to the parametric and computational modelling software, which greatly amplify the potential of language. This condition makes it possible to generate customised elements and systems through a process of cyber-physical interaction between design and architectural production. As well as the geometric constraints, dictated by manufacturing and assembly processes of materials, they can be incorporated in the generative design codes. The article examines the possibility to also include the main conditions that enable the selective disassembly of the elements and their reuse at the end of life, avoiding the generation of parts that are not remanufacturable or reusable.

**Keywords:** Design for Disassembly; Design for remanufacturing; Circular economy; Parametric design; Components reuse.

## Introduction and objectives

The integrated digital design allows the construction systems to be described in great detail with all their parameters in terms of geometry, material and external load, thus reconstructing their mechanical and functional behaviour. Adjustments can then be made until all parameters are optimally aligned one each other, bringing the model closer to physical reality and allowing a substantial decrement of safety factors that must be applied. The result is the design of tailor-made construction systems that are consequently lighter and more sustainable (Lienhard, 2015). However, the risk of producing a proliferation of different pieces for each project still makes parametric design not immune to criticism, due to its difficult replicability / scalability (Capozzi, 2020). Furthermore, if not properly conceived and engineered,

the use of non-standard elements has in many cases compromised the reversibility of the technological system and complicated any replacements and selective disassembly.

Considering the need to minimise the consumption and use of non-renewable resources not only in the industrial production and construction phase but also in the entire life cycle of the building, this contribution examines the use of generative codes – nowadays used almost exclusively to control the manufacturing and assembly processes of customised systems – to figure out different reversibility thresholds of the construction, as well as to constrain the building components to geometric, performative specifications that are compatible with potential remanufacturing and reuse processes. The research has focused on the analysis of the most recent literature relating



delle potenziali strategie per la riduzione del consumo di risorse. Di conseguenza, nel corso degli ultimi anni, sono stati sviluppati diversi metodi per quantificare il livello di disassemblaggio di un sistema tecnologico, alcuni dei quali trasferiti da altri settori produttivi come l'elettronica e l'automotive (Tab. 2). La maggior parte dei protocolli fornisce un punteggio pesato che permette di valutare la soglia di reversibilità di un progetto. Tuttavia, alcuni di essi si basano esclusivamente su parametri qualitativi (Durmisevic, 2006; Langston *et al.*, 2008), mentre solo recentemente si contempla la possibilità di un futuro riutilizzo dei componenti (Conejos, 2013; Akinade *et al.*, 2015; Sanchez and Haas, 2020).

Analizzando tali procedimenti, è evidente il vantaggio di poter prefigurare un *disassembly model* digitale, organizzato secondo regole relazionali che possono essere implementate nei più comuni software di progettazione parametrica BIM. In fase di progettazione tecnologica e costruttiva, tali strumenti consentono di "annidare" oggetti digitali (*nesting*), in modo da creare una relazione gerarchica tra l'intero edificio, i suoi componenti e le parti costitutive di ciascun componente (*data tree*). Per progettare una configurazione aperta e dinamica, è necessario quindi separare le diverse funzioni dell'edificio mediante l'uso di sottosistemi autonomi per ciascuna funzione, assemblabili indipendentemente dalle altre parti della struttura. Ad esempio, un sistema di facciata può essere strutturato seguendo il modello di scomposizione funzionale in sotto-funzioni, come chiusura, finitura, isolamento, protezione dall'acqua e resistenza meccanica. Successivamente, le sotto-funzioni sono allocate attraverso gli elementi indipendenti che si dispongono in componenti, i quali formano un particolare sistema di facciata una volta assemblati.

to the disassembly and reuse of building components, with the aim of identifying macro-criteria for the control of reversibility thresholds of the project (Tab. 1). For each identified macro-criterion, a set of sub-objectives defines the conditions for the geometric, performative and relational control of the components. These goals, described in the following paragraphs, can be coded - without specific issues - in parametric rules that can be used within model authoring software, such as Grasshopper for the Rhinoceros platform or Dynamo for Revit, or managed by means of plug-in or model checking tools that make their adoption easier.

**Coding the relational models**

The need for new transformable and adaptable technological systems, with elements that are in turn reusable and recyclable, is required by the recent

market dynamics that need frequent renovations of the internal fitting out of buildings, as well as by the recent regulatory framework that indicates the reversible construction as one potential strategy for reducing resource consumption.

Consequently, over the last few years, various methods have been developed to quantify the level of disassembly of a technological system, some of which have been transferred from other production sectors such as electronics and automotive (Tab. 2). Most protocols provide a weighted score that allows us to evaluate the reversibility threshold of a project. However, some of them are based exclusively on qualitative parameters (Durmisevic, 2006; Langston *et al.*, 2008), while the possibility of a future reuse of components has only recently been contemplated (Conejos, 2013; Akinade *et al.*, 2015; Sanchez

Abbr	Macro-criteri	Nr.	Obiettivi di progettazione parametrica
MS	Struttura del modello / Clustering	1.1	Separazione funzionale dei componenti
		1.2	Indipendenza tecnologica dei componenti
AP	Processo di assemblaggio	2.1	Controllo della direzione di assemblaggio
		2.2	Controllo delle sequenze di assemblaggio
BE	Elemento base	3.1	Controllo geometrico dell'elemento base (conformità a ulteriori rilavorazioni/reimpieghi)
LC	Coordinamento life-cycle	4.1	Valutazione del deterioramento in fase d'uso
		4.2	Prevenzione del deterioramento in fase di disassemblaggio
IC	Interfacce / Connessioni	5.1	Controllo geometrico dei bordi
		5.2	Gestione tipologie di connessione
		5.3	Verifica accessibilità alle connessioni
		5.4	Controllo morfologia dei giunti
		5.5	Gestione delle tolleranze

I componenti sono la materializzazione delle sotto-funzioni, le quali possono avere durate di vita differenti (Fig. 1).

Scomponendo la facciata in un numero di componenti indipendenti, il sistema diventa più flessibile perché può essere facilmente modificato o riconfigurato in base a nuove esigenze di luminosità, isolamento, posizione delle aperture, rivestimento. L'indipendenza relazionale di ciascun "ramo" dell'albero di dati permette quindi di attuare sia una strategia a breve termine, relativa all'adattamento e all'uso futuro del manufatto architettonico, sia una strategia a lungo termine connessa allo scenario di fine vita dei componenti edilizi che lo compongono. Le caratteristiche principali di tali configurazioni dinamiche possono essere riassunte in semplici 'regole' da poter scrivere all'interno dei codici di generazione ed annidamento delle geometrie parametriche (Vandenbroucke, 2016): i) separazione per livelli dei ma-

and Haas, 2020). Analysing these methods, the advantage of developing a digital disassembly model, organised according to relational rules that can be implemented in the most common BIM software, is evident. During the construction design stages, these tools nest digital objects to create a hierarchical relationship between the whole building, its components and the elements that assemble each component (data tree). To design an open and dynamic configuration, it is therefore necessary to separate the different functions of the building using independent subsystems for each function, which can be assembled independently from the other parts of the structure (Durmisevic, 2006). For example, a façade system can be structured following the functional breakdown model into sub-functions, such as closure, finishing,

insulation, water protection and mechanical resistance. Subsequently, the sub-functions are allocated through the independent elements that are arranged in components, which form a particular façade system once assembled. The components are the materialisation of the sub-functions, which can have different lifespans (Fig. 1).

By breaking down the façade into a number of independent components, the system becomes more flexible because it can be easily modified or reconfigured according to new needs of brightness, insulation, position of the openings and cladding. Therefore, the relational independence of each "branch" of the data tree allows the implementation of both a short-term scenario, relating to the adaptation and the future use of the architectural building, and a long-term one connected to the end-of-life of building components. The

Metodo di valutazione	Descrizione	Data output	Rif.
Knowledge Model	Sequenze di disassemblaggio Logica fuzzy	Score pesato	Durmisevic, 2006
Adaptive reuse potential	Strumento di analisi multicriterio della sostenibilità	Vita utile	Langston <i>et al.</i> , 2008
AdaptSTAR	Controllo delle strategie di progettazione	Score pesato	Conejos, 2013
BIM-based deconstructability assessment score	Controllo delle strategie di progettazione	Score pesato	Akinade <i>et al.</i> , 2015
Sequence disassembly planning	Grafico della sequenza di disassemblaggio	Sequenza automatizzata	Sanchez, Haas, 2020

teriali o elementi base, corrispondenti a funzioni indipendenti; ii) creazione di una gerarchia aperta di sottoinsiemi distinti; iii) definizione di processi di assemblaggio/disassemblaggio paralleli anziché sequenziali (Fig. 2).

### Codificare le geometrie e le prestazioni

La definizione delle caratteristiche geometriche degli elementi di base, operato all'interno del processo di nidificazione dei componenti BIM, può incidere in maniera decisiva sulla possibile rilavorazione o riuso diretto dei materiali recuperati a seguito del disassemblaggio. Costituisce un valido esempio l'ampliamento temporaneo del Municipio di Brummen (Fig. 3), nei Paesi Bassi, progettato per una durata di vita di 20 anni, in cui i progettisti (RAU Architects) hanno ideato il telaio portante in legno lamellare assemblando colonne e travi portanti "vincolate" dal produttore nelle loro caratteristiche dimensionali, in funzione della loro rilavorazione (Densley Tingley *et al.*, 2018).

Nel processo di progettazione di assieme disassemblabili, la modularità e la standardizzazione facilitano sicuramente il loro riutilizzo/rigenerazione. Per questa ragione, in un contesto produttivo sempre più orientato alla personalizzazione dei componenti, è importante che i processi di differenziazione degli elementi da poter reimpiiegare siano reversibili, oltre che demandati il più possibile alle ultime fasi della filiera produttiva. In aggiunta alla fabbricazione per assemblaggio meccanico, la personalizzazione per deformazione elastica o plastica dei materiali consente di

ripristinare facilmente (spesso direttamente *on-site*) le loro configurazioni iniziali, favorendo così il trasporto, la rilavorabilità e, in conseguenza a ciò, una maggiore competitività sul mercato. Nel progettare la morbida copertura degli uffici temporanei Sanno a Okazaki, in Giappone, lo studio Velocity ha impiegato esclusivamente degli elementi lignei a sezione sottile che generano una superficie curva per gravità e tensione, dando così l'idea di un involucro leggermente concavo ed accogliente (Fig. 4). Le travi piatte in legno lamellare, curvate direttamente in fase di assemblaggio in cantiere, possono essere ricondotte alla forma originaria una volta disassemblate, ed impiegate nuovamente secondo configurazioni differenti (Zaxarov, 2020).

Una volta definito il modello costruttivo digitale del progetto, i dati geometrici e informativi dei materiali – organizzati secondo la struttura ad albero sopra descritta – costituiscono un'anagrafica completa (*Building Passport*), implementabile nel tempo come supporto digitale allo storico delle manutenzioni e sostituzioni edilizie. Ciò consentirà di ricostruire la "vita" pregressa degli elementi, e poterne così valutare il possibile inserimento nel modello digitale di un progetto futuro. Ad esempio, Arup ha sviluppato di recente una metodologia interna per registrare e tracciare materiali e componenti in specifici *Building Passport* mediante l'utilizzo di modelli BIM *cloud-based*, nonché nuove formule contrattuali per la gestione dell'intero ciclo di vita di un edificio, dalla progettazione allo smontaggio (Zimmann *et al.*, 2016). Con lo stesso obiettivo, Rotor Deconstruction e New Horizon – aziende del distretto belga-olandese impegnate nella

main characteristics of these dynamic configurations can be summarised in simple "rules" within the codes for modelling and nesting the parametric geometries (Vandenbroucke, 2016): i) decomposition of material levels, which correspond to independent functions; ii) creation of an open hierarchy of distinct sub-sets; iii) definition of parallel rather than sequential assembly / disassembly processes (Fig. 2).

### Coding geometries and performances

The geometric definition of base elements, operated within the nesting process of the BIM components, can decisively affect the possible remanufacturing or the direct reuse of the materials recovered after the disassembly. A valid example is the temporary extension of Brummen Town Hall (Fig. 3) in the Netherlands, designed

for a life span of 20 years, in which the designers (RAU Architects) conceived the structural frame in glulam by assembling columns and beams "constrained" by the manufacturer in their dimensions, depending on the remanufacturing opportunities (Densley Tingley *et al.*, 2018).

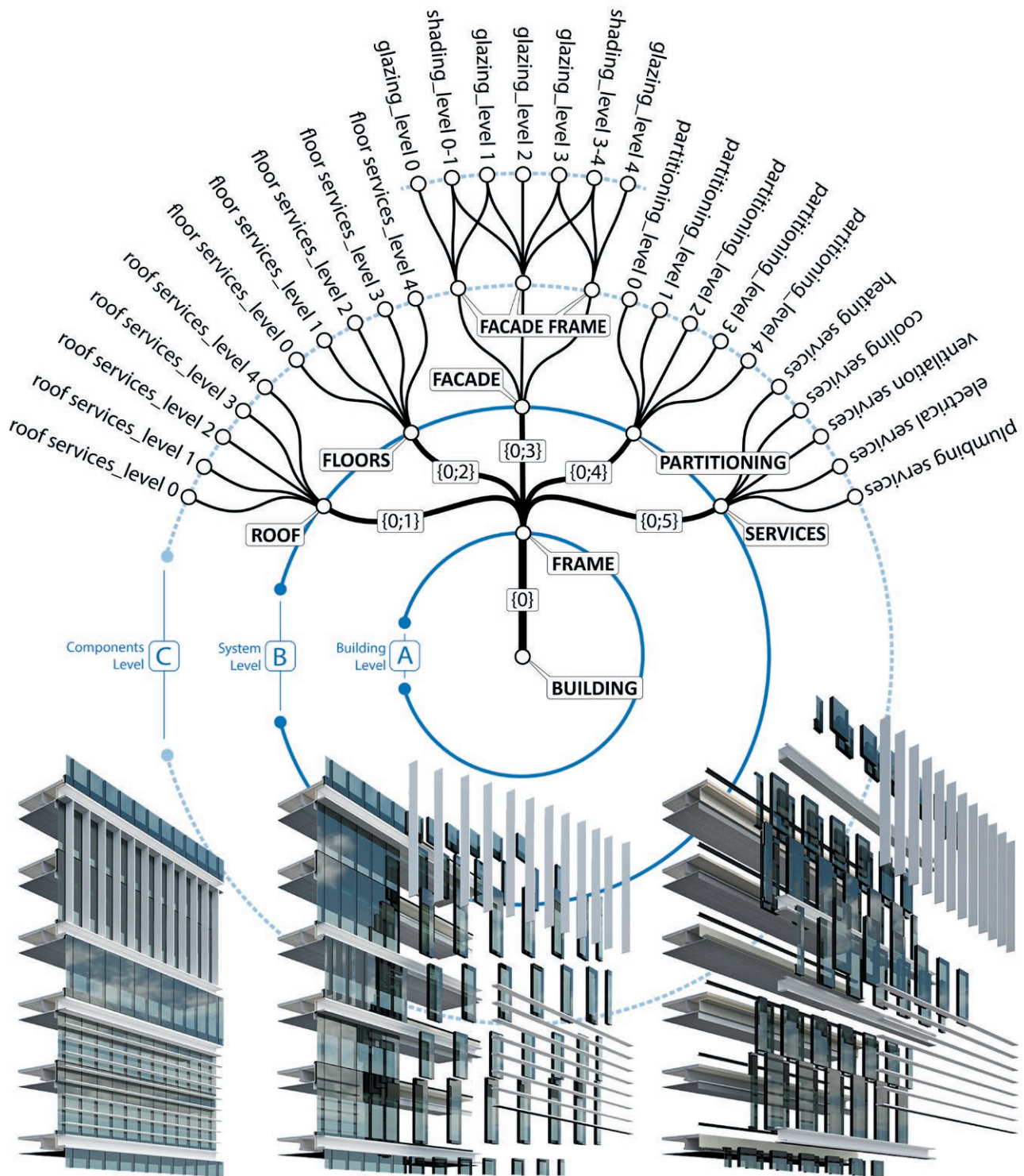
In the Design for Disassembly, the modularity and the standardisation certainly facilitate the reuse / regeneration of assemblies and components. For this reason, in a production context gradually oriented to customisation, it is important that the differentiation process of the elements is reversible, as well as postponed as much as possible to the last stages of the production chain. In addition to manufacturing by mechanical assembly, the customisation by elastic or plastic deformation of the materials allows you to easily restore (often directly on site) their

initial configurations, thus favouring transport, remanufacturing and, consequently, more competitiveness on the market. For example, to design the soft roof of the Sanno temporary office in Okazaki, Japan, Velocity Studio exclusively used thin wooden boards that generate a curved surface formed by gravity and tension, thus giving the idea of a slightly concave and convivial envelope (Fig. 4). The flat beams in laminated wood, bent directly on site, can be brought back to their original shape when disassembled, and used again in different configurations (Zaxarov, 2020).

Once the digital construction model of the project has been defined, the geometric and information data of the materials – organised according to the tree structure described above – constitute a complete database (building passport), which can be im-

plemented over time as a digital support to the facility management. This will make it possible to reconstruct the previous "life" of the elements and thus be able to evaluate their possible nesting in the digital model of a future project. For instance, Arup has recently developed an internal methodology to record and track materials and components in specific building passports using cloud-based BIM models, and new contractual formulas for the management of the whole building life cycle, from the design to the dismantling (Zimmann *et al.*, 2016). With the same objective, Rotor Deconstruction and New Horizon – companies of the Belgian-Dutch district involved in selective demolition and component recovery – have recently launched an urban mining scan service for existing building stock (Devlieger, 2019), aimed at quantify-

01 |



ing and qualifying the potential reuse of materials and components within a digital database (material passport). In that way, the computational design tools will be able to analyse their compliance with the required perfor-

mance framework and reuse / transform them if still suitable.

**Coding interfaces and connections**  
 The design of the building connections is an essential aspect for defining its

reversibility threshold. The interfaces to be connected define the degree of freedom component joints, which can be controlled by designing the edge of the elements and specifying the type of connection. A possible categorisation

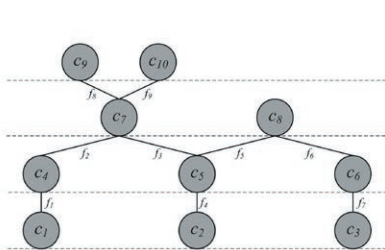
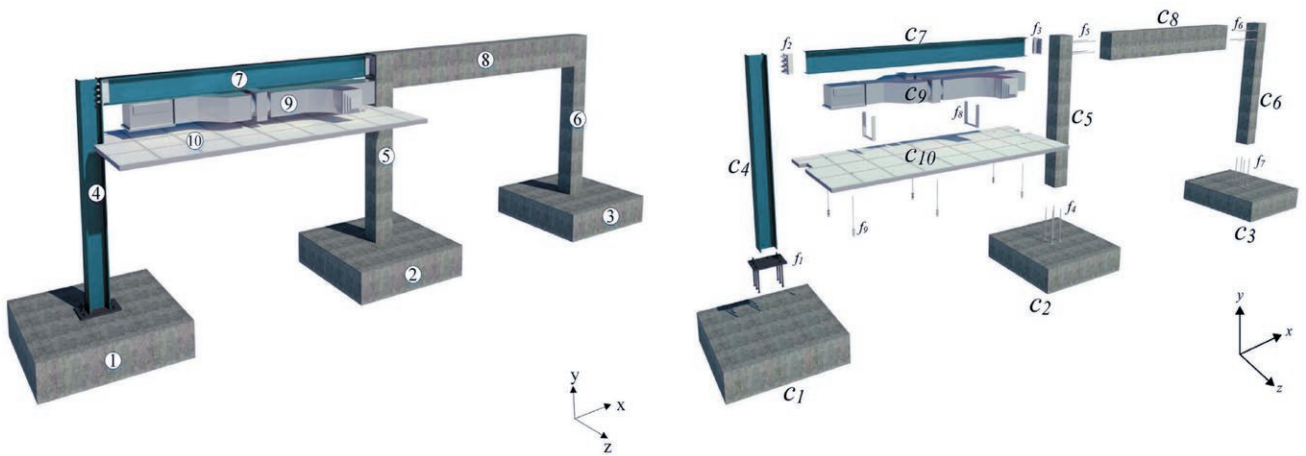
of the interface types may identify the criteria for verifying the reversibility rate of the connection; the criteria can be parametrically bound through specific codes to adopt during the components' modelling (Golinska-Dawson,



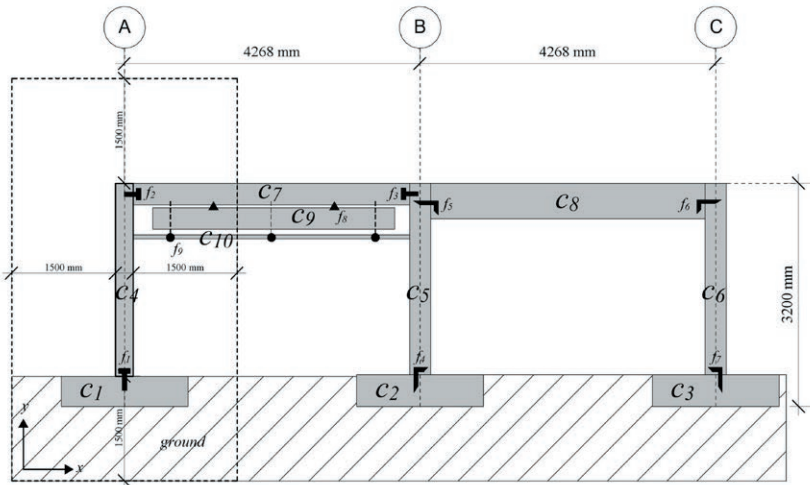
Digital assessment (BIM 6D) of the relational model for an assembly prototype, strip out cost estimation and life cycle assessment parameterised to the components' end of life (demolition vs. disassembly), source: Sanchez, Haas, 2020

demolizione selettiva e nel recupero dei componenti – hanno avviato di recente un servizio di *Urban Mining Scan* per gli immobili esistenti (Devlieger, 2019), volto a quantificare e qualificare il potenziale di riuso dei materiali all'interno di anagrafiche digitali (*Material Passport*). Così operando, gli strumenti di progettazione computazionale potranno analizzarne la rispondenza al quadro prestazionale richiesto, al fine di riutilizzarli / rigenerarli se ancora idonei.

**Codificare le interfacce e le connessioni** La progettazione delle connessioni dell'edificio costituisce un aspetto quanto mai essenziale per definirne la sua soglia di reversibilità. Le interfacce da collegare definiscono il grado di libertà tra i componenti, controllabile attraverso la configurazione del bordo degli elementi e la specifica del tipo di connessione. Una possibile catalogazione delle tipologie di interfaccia può basarsi su dei criteri di verifica del



1. Concrete isolated foundation 1830x1830x457mm
2. Concrete isolated foundation 1830x1830x457mm
3. Concrete isolated foundation 1830x1830x457mm
4. Steel column W10X49
5. Concrete column 120x120mm
6. Concrete column 120x120mm
7. Steel beam W12X26
8. Concrete column 120x200mm
9. Ventilation ducting system
10. Compound ceiling 2'x4' ACT System



$$CC = \begin{matrix} & +x & -x & +y & -y \\ \begin{matrix} CC_1 \\ CC_2 \\ CC_3 \\ CC_4 \\ CC_5 \\ CC_6 \\ CC_7 \\ CC_8 \\ CC_9 \\ CC_{10} \end{matrix} & = & \begin{bmatrix} f_1 & f_1 & f_1, c_4 & f_1, ground \\ f_4 & f_4 & f_4, c_5 & f_4, ground \\ f_7 & f_7 & f_7, c_6 & f_7, ground \\ f_1, f_2, c_7, c_{10} & f_1, f_2 & f_1, f_2 & f_1, f_2, c_1 \\ f_3, f_4, f_5, c_8 & f_3, f_4, f_5, c_{10} & f_4, f_5, f_3 & f_3, f_4, f_5, c_2 \\ f_6, f_7 & f_6, f_7, c_8 & f_6, f_7, c_3 & f_6, f_7, c_3 \\ f_2, f_3, f_8, f_9, c_5 & f_2, f_3, f_8, f_9, c_4 & f_2, f_3, f_8, f_9 & f_2, f_3, f_8, f_9, c_9 \\ f_5, f_6 & f_5, f_6, c_5 & f_5, f_6 & f_5, f_6 \\ f_9 & f_9 & f_9, c_7 & f_9 \\ f_{10}, c_5 & f_{10}, c_4 & f_{10} & f_{10} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$EnvC = \begin{matrix} & GWP & PED \\ \begin{matrix} EnvC_1 \\ EnvC_2 \\ EnvC_3 \\ EnvC_4 \\ EnvC_5 \\ EnvC_6 \\ EnvC_7 \\ EnvC_8 \\ EnvC_9 \\ EnvC_{10} \end{matrix} & = & \begin{bmatrix} 805.43 & 6,416.06 \\ 805.43 & 6,416.06 \\ 805.43 & 6,416.06 \\ 228.94 & 3,124.31 \\ 202.74 & 1,568.91 \\ 202.74 & 1,568.91 \\ 174.34 & 2,516.24 \\ 485.25 & 3,733.11 \\ 12.47 & 185.29 \\ 21.93 & 301.00 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$EC = \begin{matrix} & & & & \\ \begin{matrix} EC_1 \\ EC_2 \\ EC_3 \\ EC_4 \\ EC_5 \\ EC_6 \\ EC_7 \\ EC_8 \\ EC_9 \\ EC_{10} \end{matrix} & = & \begin{bmatrix} \$438.25 & S. Demolition \\ \$438.25 & S. Demolition \\ \$438.25 & S. Demolition \\ \$86.75 & S. Disassembly \\ \$71.61 & S. Disassembly \\ \$71.61 & S. Disassembly \\ \$86.75 & S. Disassembly \\ \$174.73 & S. Demolition \\ \$67.29 & S. Disassembly \\ \$40.12 & S. Disassembly \end{bmatrix} \end{matrix}$$

livello reversibilità della connessione, e che si prestano ad essere vincolati parametricamente attraverso specifici codici di modellazione da adottare in fase di morfogenesi dei componenti (Golinska-Dawson and Kuebler, 2018). Ad esempio, le geometrie a doppio incastro risultano meno adatte al disassemblaggio, perché gli elementi possono essere smontati previa demolizione gli elementi collegati (Fig. 5).

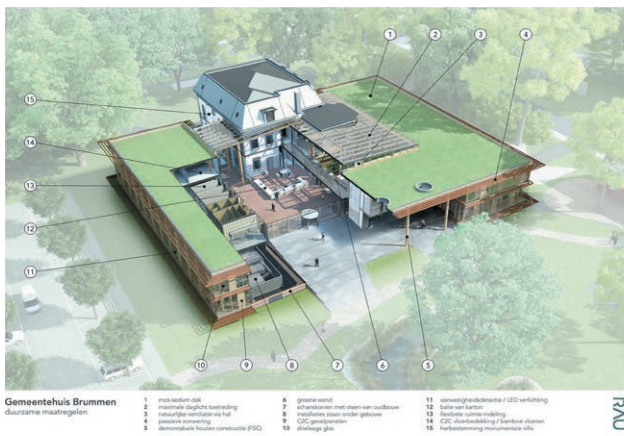
**Conclusioni**

Alcune ricerche condotte dall'EPA (Agenzia per la protezione ambientale degli Stati Uniti) dimostrano che la decostruzione potrebbe essere competitiva in termini di costi con la demolizione, solo se ci fossero sufficienti materiali recuperabili con un buon valore di mercato, per compensare l'incertezza della fornitura e i maggiori costi del lavoro (Weber et al., 2009). A tal fine, la progettazione reversibile diventa uno strumento indispensabile per attivare filiere di riuso, nell'ottica di poter garantire che il componente edile mantenga valore una volta raggiunto il suo termine di vita.

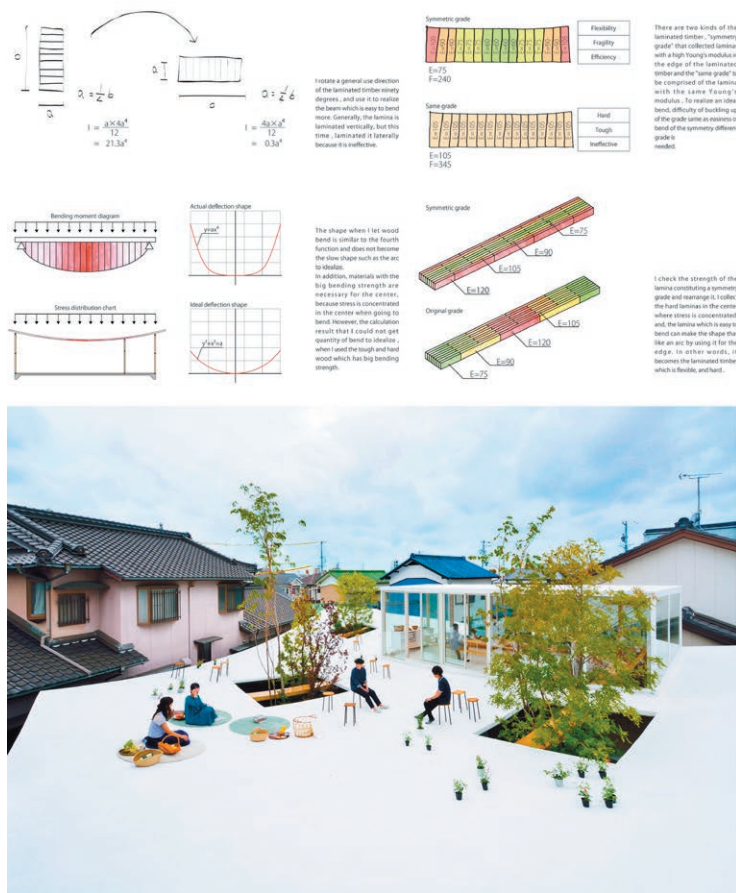
Questa "visione", al momento, presenta numerose sfide da affrontare. I maggiori ostacoli alla diffusione dei processi di riuso sono

rappresentati dal gap normativo che tuttora non tiene in considerazione la marcatura (e, in genere, un processo di armonizzazione) per i materiali di seconda vita; dalla stessa normativa sui rifiuti, che non contempla processi virtuosi alternativi alle consolidate filiere di riciclo, le quali non sempre possono riciclare i materiali a seguito di trattamenti o contaminazioni della materia di base; dal costo dei processi di *reverse-logistic* e dalle scarse capacità di rifornire prontamente il mercato e le filiere di lavorazione, generando incertezze nelle forniture; infine, ma non meno importante, dai problemi strettamente connessi alla lavorabilità stessa dei materiali recuperati. Se, da alcuni anni, si sta pensando a una revisione della *Construction Products Regulation (CPR) 305/2011* al fine di favorire la creazione di filiere produttive, rimane tuttora il limite del deterioramento del materiale e dell'incertezza sui costi. Ciò nonostante, la recente pubblicazione dello Standard BS ISO 20887:2020 intende fornire un *framework* organizzativo e metodologico per i differenti operatori e *stakeholders* coinvolti nel processo costruttivo, con l'obiettivo di promuovere la progettazione per lo smontaggio, i principi di adattabilità e le possibili strategie utili ad attivare nuovi processi basati sulla rigenerazione dei materiali. In questo scenario, l'architetto / programma-

03 |







tores può assumere un ruolo sempre più cruciale, in quanto è in grado sia di gestire la progettazione computazionale delle nuove tecnologie di costruzione (e di decostruzione), che di favorire

l'integrazione orizzontale dell'intera filiera mediante l'interoperabilità digitale a supporto di nuovi modelli produttivi circolari (Caneparo, 2012).

Kuebler, 2018). For instance, the single and double interlocking geometries are less suitable for disassembly, because the elements can be removed only after demolishing the closest elements (Fig. 5).

### Conclusions

Some research conducted by EPA (United States Environmental Protection Agency) shows that deconstruction could be cost-competitive with demolition, but only if there were enough recoverable materials with a good market value to compensate for the supply uncertainty and higher labour costs (Weber *et al.*, 2009). To reach this aim, reversible design becomes an indispensable tool to activate reuse chains and guarantee that the building component retains value at the end of life.

Currently this "vision" presents nu-

merous challenges to be addressed. In the construction sector, the main barriers to the spread of reuse processes are represented by: the regulatory gap which still does not take into account the marking (neither a harmonisation process) for second-life materials; the waste regulation itself, which does not contemplate virtuous alternative processes rather than consolidated recycling chains, which cannot always recycle the materials due to treatments or contaminations of the basic material; high reverse-logistics costs and scarce capability to supply the market and production chains promptly, thus generating uncertainty; and last but not least, the problems strictly connected to the workability of the recovered materials. If the EU Commission has recently been thinking about a revision of the Construction Products Regulation (CPR) 305/2011 in order

to favour the creation of production chains, the limit of deterioration of the material and uncertainty about costs still remains.

Nevertheless, the recent publication of the BS ISO 20887:2020 provides an organisational and methodological framework for the different operators and stakeholders involved in the construction process, with the aim of promoting the design for disassembly, the principles of adaptability and the possible strategies for activating new processes based on the regeneration of materials. In this scenario, the architect / programmer can play an increasingly crucial role, because he/she is skilled both in managing the computational design of new construction (and deconstruction) technologies, and in favouring the horizontal integration of the entire supply chain through the digital interoperability as a support

for new circular production models (Caneparo, 2012).

### ACKNOWLEDGMENTS

This contribution is part of the preliminary studies for the research project "Re-NetTA" (*Re-manufacturing Networks for Tertiary Architectures. New organisational models and tools for re-manufacturing and reusing short life components coming from tertiary buildings' renewal*), funded by the Cariplo Foundation through the *circular economy for a sustainable future* call (2018-2020).





Un Dialogo di/A Dialogue of Antonella Violano con/with Filippo de Rossi

**Abstract.** Il momento storico contingente è caratterizzato da una forte dicotomia: la difficoltà di programmare e progettare il futuro per l'immanenza della crisi pandemica e lo slancio verso l'innovazione del mondo politico che propone strumenti efficaci per ripensare in chiave eco-orientata i comparti produttivi. Chiediamo a Filippo de Rossi, responsabile della redazione del Programma Nazionale per la Ricerca – PNR 2021-2027 del Ministero dell'Università e della Ricerca il suo punto di vista, la sua ricetta, il suo ingrediente segreto perché il mondo della Ricerca nel settore delle costruzioni possa operare una reale transizione ecologica e con essa attuare un'efficace strategia di sviluppo di nuovi paradigmi, una multi-prospettiva della Ricerca.

**Antonella Violano:** *Ciao Filippo, grazie per aver accettato questo invito. Parliamo di Transizione! Questo concetto ha implicito in sé un senso di cambiamento, ma in effetti il termine indica un passaggio, un "andare verso", registra una trasformazione. Le attuali strategie socio politiche, ambientali ed economiche attribuiscono a questo termine un ulteriore significato: quello di "evoluzione", sottintendendo un trend positivo. Le relazioni per le quali si registra il trend della transizione sono principalmente tre: il rapporto uomo-ambiente naturale che si vuole più equilibrato, il rapporto uomo-ambiente antropizzato che si auspica più efficace ed il rapporto uomo-uomo che deve essere necessariamente più rispettoso. Stante questa premessa: in che direzione sta andando il mondo della Ricerca scientifica?*

**Filippo de Rossi:** Il concetto di transizione, il più delle volte, è interpretato in maniera positivista come un processo di miglioramento; ma non è sempre detto che sia così. Oggi, da una certa letteratura, gli viene attribuito il significato di "passaggio" da uno stato di eccessivo abuso delle risorse (in senso lato) ad una più complessa condizione di rispetto, come dice Goleman, «della nascosta rete di relazioni sottilmente interconnesse tra le attività umane e i sistemi della natura» (Goleman, 2009), in un trend che ci si aspetta sia di miglioramento complessivo e continuo.

LET US SOW THE  
SEED OF AWARENESS:  
IDEALS vs IDEOLOGIES

**Abstract.** This contingent historical period is characterized by a strong dichotomy: the difficulty of programming and planning the future due to the immanence of the pandemic crisis and the impetus towards innovation in the political world that offers effective instruments to think about production sectors in an eco-oriented key. We will ask Filippo de Rossi, responsible for editing the National Research Programme – NRP 2021-2027 of the Ministry of University and Research about his point of view, his recipe, his secret ingredient so that the world of Research in the construction sector can make a real ecological transition thanks to which an effective strategy for the development of new paradigms, a multi-perspective of Research can be implemented.

In verità, al momento attuale, più che un'attesa io vedo una ripresa del concetto di "idealità", che era scomparso a seguito dell'affermarsi, nel secolo scorso, di "ideologie", protagoniste di un momento storico negativo, perché interpretate, come degenerazione degli ideali.

Nel momento in cui, nella seconda metà del Novecento, sono morte le ideologie come processo storico quasi ineluttabile, il pensiero umano che sovrintende alle azioni ha potuto riprendere vita. Parliamo di processi che rispondono a un'idea e non a una ideologia, un'idea di profondo respiro e non un'idea contingente e, quindi, seguono conseguentemente un'ideale, perché senza di questo manca il sistema di riferimento, il quadro prospettico. Senza "la visione" si ragiona in termini di contingenza, che è un modo disordinato e, alla fine, inefficiente di procedere, perché si risponde "on demand" senza una strategia. La dimensione ideale, a mio avviso, è ineludibile. Quando poi l'ideale diventa, diciamo così, perseguito al di là della praticabilità, allora diventa ideologia e si è pronti a morire o a far morire qualcun altro per perseguire in astratto un'ideologia che potrebbe anche essere magnifica nei fini, però, poi, non lo è nei modi. Ma con l'assenza di una dimensione ideale è mancata la strategia; è mancato un meta-obiettivo che fosse in grado di governare le azioni. Le azioni, per non essere ideologiche, devono essere pragmatiche. Era, però, in nuce la presa di coscienza delle problematiche ecologiche (Boulding, 1966) da cui è scaturito il concetto o perlomeno la prospettiva di una transizione verso azioni più rispettose e meno impattanti. Oggi, stiamo finalmente compiendo riflessioni e proponendo strategie che si nutrono di orizzonti pluridecennali, consapevoli che delle azioni che stiamo mettendo in campo probabilmente non ne vedremo gli effetti.

**Antonella Violano:** *Hello Filippo, thank you for accepting this invitation. Let's talk about Transition! This concept implies a sense of change, this term really indicates a passage, a "going towards", it records a transformation. Current socio-political, environmental and economic strategies give a further meaning to this term: that one of "evolution", implying a positive trend. The relationships, for which the trend of the transition is recorded, are mainly three: the man-nature relationship, that should be more balanced, the man-antropized environment relationship that we hope it will be more effective and the man-man relationship that must be necessarily more respectful. Given this premise: which direction is the world of the scientific Research going towards?*

**Filippo de Rossi:** The concept of transition is often interpreted as an improving process in a positivist way; but it is not

always this way. Today the meaning of "transition", from a state of excessive abuse of resources (in a broad sense) to a more complicated condition of respect, as Goleman says, «of the hidden network of relationships subtly interconnected between human activities and nature systems» (Goleman, 2009), is given this concept from a certain literature, in a trend that is expected to be improved in an overall and continuous way.

Currently, I can see a wait more than a resumption of the concept of "ideality", which was disappeared after emerging "ideologies" in the last century. Ideologies had casted the Enlightenment thought and were protagonists of a negative historical moment, because they were interpreted as the degeneration of the ideals, although etymologically it is not this way.

When in the second half of the twentieth century, ideologies disappeared, as

Questa indipendenza di pensiero, emancipato dal riscontro contingente immediato, è la vera transizione alla quale stiamo assistendo, è il reale presupposto della “transizione”.

La Società civile non ha saputo, nel secolo scorso, coltivare questa capacità, perché ha praticato una visione di brevissimo periodo, condizionata dal momento storico contingente (guerre e dittature). Per superare questo limite, occorre una “forma di educazione alla visione del futuro”; occorre essere costretti a pensare a temi (tra tutti quello ambientale), la cui ricaduta è molto avanti nel tempo.

Il mondo della Ricerca sta sapientemente compiendo questi passi e si sta muovendo, producendo e indicando il concetto di transizione in tutte le sue declinazioni, perché “transire”, come hai detto tu prima, è un verbo dinamico che propone un cambiamento che può avvenire secondo diverse dimensioni: temporale, fisica, cognitiva, comportamentale.

Tutto è transito! Per la Ricerca il transito è da un paradigma all'altro. Allora, la chiave con cui, da un paio d'anni, in tutto in mondo e anche in Italia (forse in Italia più che altrove) si stanno aprendo le porte del futuro è il dialogo tra paradigmi, ovvero tra discipline, tra saperi, interpretato come multidisciplinarietà, interdisciplinarietà o transdisciplinarietà. Per poter perseguire obiettivi così ampi declinabili a tutte le scale (per le scienze sociali nel rapporto uomo-uomo, per le scienze naturali nel rapporto uomo-natura e per le scienze tecnologiche nel rapporto uomo-manufatto), occorre una multi-prospettiva della Ricerca. Ma procediamo per gradi. La multidisciplinarietà è il presupposto; attraverso l'interdisciplinarietà si individuano campi comuni di ricerca, dove le competenze non si sommano ma in parte si intersecano; attraverso la transdisciplinarietà, da due o più disci-

pline/paradigmi, ne nasce una terza, che ne imita i processi e ne integra le dinamiche.

A mio parere, la Ricerca affronta le problematiche della transizione con questi strumenti: la capacità di dialogare con il maggior numero di saperi possibili pur mantenendo la propria autonoma identità scientifica e culturale e, perché no, di core-business. C'è, infatti, anche quest'altro aspetto da considerare.

E qui scatta un altro concetto di transizione: dei saperi e della comunicazione. Il Programma Nazionale per la Ricerca PNR 2021-2027 è stato tutto pensato in questa chiave. I circa trecento esperti, che hanno lavorato sulle singole tematiche col principio della multidisciplinarietà, hanno tutti complessivamente abbracciato questo *concept*, che ha significato arricchire la Ricerca di occhi e prospettive diverse, ma con le competenze che rimangono, da un certo momento in poi, nelle mani di chi ne è depositario.

**A.V.** È giusto considerare, insito nel concetto di transizione, il passaggio di conoscenza tra i campi della ricerca del nuovo sapere e il settore della produzione del nuovo sapere?

**F.dR.** Certamente! Noi siamo abituati, ormai da un po' di tempo, ad applicare questo concetto soprattutto al settore tecnologico-industriale, ma non è solo così. Va applicato a tutti i livelli della Società. In tutti i suoi organi, in tutte le diverse tipologie di aggregazione e istituzioni sociali c'è la necessità di far colloquiare la Ricerca con la società civile (PNR 2021-27, punto 3.5.1: Scienza aperta, innovazione aperta e società), che è l'humus nel quale si maturano gli obiettivi di crescita ovvero le problematiche di gestione.

an almost inevitable historical process, the human thought governing the actions, could resume life. We are speaking about processes replying to an idea, not to an ideology, an idea of deep breath and not a contingent idea and, therefore, they follow consequently an ideal, because without it, there is no reference system or perspective picture. Without “the vision”, we think in terms of contingency, which is essentially a disordered and inefficient way of proceeding, because you reply “on demand” without a strategy. I think the ideal size is unavoidable. When the ideal is pursued beyond practicality, then it becomes ideology and we are ready to die or kill someone else to pursue, in an abstract way, an ideology which could also be magnificent for its purposes, but it is not so magnificent for its ways. But a strategy was missed together with the absence of an ideal

size; a meta-goal able to govern the actions was missed. Actions must be pragmatic; they do not have to be ideological. It was, however, in nuce the awareness of ecological issues (Boulding, 1966), from which it originated the concept, or at least the prospect of a transition towards more environmentally friendly and less impactful actions. We are finally making reflections and proposing strategies based on decades of horizons, aware that we may not see the effects of the actions we are making now.

This independence of thought, emancipated from the immediate contingent feedback, is the real transition we are witnessing, it is the real premise of “transition”.

In the last century, the civil society could not cultivate this ability, because it practiced a very short-term vision, conditioned by the contingent histori-

cal moment (wars and dictatorships). In order to overcome this limitation, we need a “form of education to the future vision”; it is necessary to be forced to think about issues (among which the environmental one), whose impact will be far ahead in time.

The Research world is expertly performing these steps and it is moving, producing and indicating the concept of transition in all its forms, because “to transit”, as you said before, is a dynamic verb that proposes a change that can take place according to different dimensions: temporal, physical, cognitive, behavioural.

Everything is a transit! For the Research transit is from a paradigm to the other. Then, the key with which, from a couple of years, all over the world and also in Italy (perhaps in Italy more than anywhere else) the doors of the future are being opened

is the dialogue, among paradigms, disciplines or knowledge, interpreted as multidisciplinary, interdisciplinarity or transdisciplinarity. In order to pursue such broad goals that can be declined at all scales (for the social sciences in the man-man relationship, for the natural sciences in the man-nature relationship and for the technological sciences in the man-manufactured relationship), it occurs a multi-perspective of the research. Let us proceed step by step. The multidisciplinary approach is the *condicio sine qua non*; common fields of research are identified through interdisciplinarity, where skills do not add up, but they are partly intersected; through transdisciplinarity, typical of this period, from two or more disciplines/paradigms, a third is generated, which imitates their processes and it integrates their dynamics. In my opinion, Research faces the



**A.V.** Possiamo dire che la transizione avviene dal basso?

**F.dR.** Sì, però attenzione! Perché il mondo della conoscenza, non diciamo della ricerca, perché in questo caso forse non è strettamente così, ha anche la responsabilità di mandare segnali corretti al mondo della comunicazione affinché, poi, gli utenti finali comprendano e ne abbiano adeguata coscienza. Bisogna fare in modo che la necessità di intervenire sulle dinamiche di gestione del rapporto uomo-natura, diventi un pensiero diffuso, non un'idea di pochi, né una visione solo politica. Non deve essere un'esigenza, si deve trasformare in consapevolezza.

Fino a 25 anni fa, a nessuno importava di quanta energia avessero bisogno i sistemi impiantistici per garantire gli standard prestazionali e di che tipo di energia si trattasse. Adesso questo approccio non esiste più, perché non può esistere. Oggi parliamo di resilienza e di capacità di adattamento. L'ambiente naturale è soggetto a un continuo cambiamento adattivo e tutti gli interventi che lo riguardano, se non seguono dinamicamente questa regola, entrano in conflitto e degenerano. Non possiamo più rispondere a domande mal poste! La questione non è più stimare qual è il livello standard ottimale di comfort di uno spazio interno, ma come garantire ottimali condizioni di comfort con il minimo consumo di risorse. Si valuta un bilancio, dinamico e adattivo.

Non ci sarà transizione ecologica se continuiamo a pensare a soddisfare le esigenze senza pensare al come e a quali costi. Tutte questi fattori, insieme, diventano parametri di progetto. Lo status è completamente rovesciato; il *must* è: "limitare più possibile i consumi di energia e, se proprio è necessaria, deve essere rinnovabile".

In questo, il mondo della scienza e della conoscenza ha un ruolo didattico, maieutico: deve fare in modo che la domanda della so-

cietà civile, degli individui, sia una domanda posta correttamente. In questo senso la transizione avviene dal basso. La Società Civile è matura? Certamente è chiara la necessità di fare in modo che la conoscenza, attraverso la Ricerca, raggiunga tutti i sistemi sociali, con l'obiettivo di renderli consapevoli.

**Il PNR**

**A.V.** *Nell'ottica della transizione energetica e ambientale, quali sono gli strumenti messi in campo per promuovere l'innovazione (Industria 4.0 vs Tecnologia 4.0)?*

**F.dR.** Nell'ambito del PNR sono stati messi in piedi gruppi multidisciplinari e interdisciplinari di lavoro rispondenti a sei grandi ambiti di ricerca e innovazione, connessi con gli obiettivi del Green Deal europeo. In termini di innovazione di prodotto e di processo, l'approccio è senza dubbio quello dell'economia circolare per poter ottenere prodotti sempre più performanti, riducendo l'impatto connesso ai processi produttivi, ricorrendo alla conoscenza analitica del processo (quindi tecnologico), del prodotto (e quindi della domanda dell'utenza finale) e dei materiali. In questo momento siamo in una fase programmatica, tra qualche mese partiranno le implementazioni. Mi sento però, di dire che la questione dei materiali è una di quelle maggiormente prese in considerazione.

**A.V.** *Mi fa piacere sentire che si sta rivolgendo una grande attenzione al ruolo dei materiali nel processo di transizione ecologica e sono fermamente convinta che il paradigma dell'architettura rigenerativa può essere fortemente coadiuvato dalla scelta, a livello progettuale, di materiali pensati e realizzati secondo l'approccio Cradle to Cradle, che supportano l'innovazione di processo at-*

transition problems with these instruments: the ability to dialogue with the greatest number of knowledge possible while maintaining its own independent scientific and cultural identity and, why not, of core business. In fact, there is also this aspect to be considered.

Here another concept of transition comes: the transition of knowledge and communication. The National Research Programme – NRP 2021-2027 has been conceived completely in this key. The nearly three hundred experts, who have worked on individual issues according to the principle of multidisciplinary, have generally embraced this concept, which has meant to enrich the Research with different visions and perspectives, but with the skills that remain in the hands of those who are depositary of it, from a certain moment onwards.

**A.V.** *Is it right to consider, the transfer of knowledge between the research fields of the new knowledge and the production sector of new knowledge as something implicit in the concept of transition?*

**F.dR.** Of course! For some time, we have accustomed to applying this concept especially in the technological industrial sector, but it's not just this way. It should be applied to all levels of the Society. In all its bodies, in all the different types of aggregation and social institutions there is the need to make Research communicate with civil society (NRP 2021-27, paragraph 3.5.1: open Science, open innovation and society), which is the fertile ground where the goals of growth, that is the problems of management gain experience.

**A.V.** *Can we say that the transition occurs from below?*

**F.dR.** Yes, we can, but be careful! As the world of knowledge, we do not say the world of research, because in this case it is perhaps not closely this way, has also the responsibility to send right signals to the world of communication so that the final users understand it and be adequately aware of it. Make sure that the need to intervene on the dynamics of managing the man-nature relationship, becomes a spread thought, not an idea of a few people, or only a political vision. It does not have to be a need; it must be transformed into awareness.

Until 25 years ago, no one cared how much energy the plant systems needed to guarantee performant standards and what kind of energy it was. Now this approach exists no longer because it cannot exist. Today we talk about resilience and adaptability. The natural environment is

subject to a continuous and adaptive change and all interventions involving it will come into conflict and degenerate if they do not follow this rule dynamically. We can answer poorly asked questions no longer! The question is no longer to estimate what optimal standard level of comfort of an interior space is, but how to guarantee optimal conditions of comfort with the minimum consumption of resources. A dynamic and adaptive budget is evaluated.

There will be no ecological transition if we continue to meet needs without thinking about how and at what cost. All these factors become design parameters. The status is completely inverted; the *must* is: "reducing energy consumption as much as possible and, if you really have to consume it, it must be renewable".

The world of science and knowledge has got a didactic, maieutic role for

*traverso l'estensione del ciclo di vita utile. Quali opportunità non dovrà lasciarsi scappare il mondo della ricerca, della produzione e della finanza?*

**F.dR.** Se parliamo della produzione di manufatti complessi, quale può essere ad esempio un edificio o un complesso di edifici con diverse funzioni, dobbiamo fare riferimento ad una ricerca fortemente applicata. Tutti gli esperti di settore vanno coinvolti nel momento in cui si fanno interventi di pianificazione strategica perché per poter esprimere al meglio quel concetto di architettura rigenerativa secondo l'approccio Cradle to Cradle (McDonough and Braungart, 2002), le scelte vanno compiute secondo le variabili tempo e spazio in sinergia con i contesti ambientali, evitando di dover intervenire a valle per ridurre gli impatti o i danni. Il momento delle scelte è cruciale e si configura proprio come un tema di ricerca: come si prendono le decisioni con gli attori giusti.

**A.V.** *Stiamo parlando del coinvolgimento degli stakeholder?*

**F.dR.** No, io parlo del coinvolgimento degli esperti. Lo stakeholder è un portatore di esigenze e di interessi, non è uno stratega né un progettista. Io non posso stabilire come organizzo la stiva di una nave chiedendo all'equipaggio cosa vuole mangiare; io la devo organizzare pensando l'ottimo tra quello che mi porto a bordo, quello che spendo e la durata delle derrate che devono viaggiare. Gli stakeholder vanno tenuti in considerazione in base al principio della *Customer Satisfaction* (Hill *et al.*, 2017), ma ancora una volta il pensiero deve essere strategico e consapevole da parte di tutti gli esperti portatori di conoscenza, perché poi l'ottimo è sempre un ottimo di mediazione. Però la mediazione va fatta intorno ad un tavolo. Gli strumenti li abbiamo, ma non

this; it must ensure that the question from the civil society and the individuals, is a question asked properly. In this sense, the transition occurs from below. Is the Civil Society mature? Certainly, it is clear the need to make sure that knowledge, through Research, reaches all social systems, with the goal to make them aware.

#### **The NRP**

**A.V.** *In the view of the energy and environmental transition, what are the active tools to promote innovation (Industry 4.0 vs Technology 4.0)?*

**F.dR.** Within the NRP framework, multidisciplinary and interdisciplinary working groups have been set up corresponding to six major areas of research and innovation, connected with the goals of the European Green Deal. In terms of product and process innovation, the ap-

proach is undoubtedly that one of the circular economies to obtain more and more performing products, reducing the impact connected with production processes, using the analytical knowledge of both the (technological) process, and the product (therefore of the final user's demand) and the materials. Now we are in a programmatic phase; implementations will start in a few months. However, I would like to say that they really pay attention to the question of materials.

**A.V.** *I am glad to hear that attention is being paid to the role of materials in the ecological transition process and I am firmly convinced that the paradigm of the regenerative architecture can be strongly supported by the choice, at the design level, of materials designed and manufactured according to the Cradle-to-Cradle approach, which support the*

sono correttamente impiegati! Perché il processo attualmente è diacronico, la valutazione dei punti di forza e di debolezza delle scelte è pensata nel tempo in sequenza; invece, il processo progettuale dovrebbe essere sincronico: tutte le variabili vanno considerate nello stesso momento in cui si valutano le scelte. Il coinvolgimento va fatto a monte, studiando le condizioni ambientali che potrebbero generare il problema. Dopo aver preso una decisione "insensata" che senso ha fare una VIA? Cosa vuoi che venga fuori da questo processo? Tecnicamente si sta ottenendo a tutte le leggi, ma operativamente si sta attuando comunque un disastro.

Il pensiero complesso deve partire in sincrono con la programmazione delle azioni e si deve nutrire delle conoscenze scientifiche. Ancora una volta il problema è che i portatori di conoscenza non devono avere un atteggiamento preclusivo e non ragionato, rigido e ideologico, altrimenti scatta il rifiuto o, come stiamo assistendo, la semplificazione. Gli esperti invece, devono farsi carico delle mediazioni a tempo debito. Tra le priorità di sistema, il PNR propone «il bilanciamento tra exploration ed exploitation, ossia tra l'esplorazione di modelli innovativi e lo sfruttamento al meglio delle risorse e delle competenze, in termini di tecnologie e capitale umano» (PNR, 2021). Nel PNR, in linea con gli obiettivi di costruzione di uno Spazio europeo per la Ricerca, si parla di "Società dell'inclusione" con una «prospettiva di ricerca multidisciplinare e integrata, orientata all'identificazione di risultati e soluzioni utili a governare con efficacia, efficienza ed equità i processi di cambiamento» (PNR 5.2.5, 2021-27). L'ambito dell'area Humanitas, che riguarda più direttamente l'architettura, con i suoi sotto-ambiti, ha ben messo in luce il tema della sperimentazione di metodologie innovative, efficaci e rispettose e l'esigen-

*process innovation through the extension of the cycle of useful life. What opportunities will not the world of research, production and finance have to let it escape?*

**F.dR.** If we talk about the production of complex artifacts, as it can be for example a building or a complex of buildings with different functions, we need to refer to a research strongly applied. All sector experts must be involved in the moment when strategic planning interventions are carried out, because in order to best express that concept of regenerative architecture according to the Cradle-to-Cradle approach (McDonough and Braungart, 2002), the choices must be made according to the time and space variables in synergy with the environmental contexts, trying to avoid intervening downstream to reduce impacts or damage. The time of choices is crucial and is configured

just as a research topic: how decisions are made with the right actors.

**A.V.** *Are we talking about the stakeholders' involvement?*

**DR:** No, I am talking about the experts' involvement. The stakeholder is a bearer of needs and interests, he is neither a strategist, nor a designer. I cannot establish how I organize the hold of a ship by asking the crew what they want to eat; I must organize it thinking the best between what I carry on board, what I spend and the duration of the food that must travel. Stakeholders should be considered according to the principle of Customer Satisfaction (Hill *et al.*, 2017), but again the thought must be strategic and informed by all knowledge experts, because then the best is always an excellent mediation. Mediation must be made around a table. We have got the instruments, but they are

za di espandere il pieno potenziale delle scienze del patrimonio attraverso processi di digitalizzazione, per attuare strategie di tutela e applicare nuovi modelli economici per la sostenibilità e la resilienza. Ma di grande interesse e pertinenza è anche l'ambito "Clima, Energia e Mobilità Sostenibile", con i sotto-ambiti: Mobilità sostenibile, Energetica ambientale e Cambiamento climatico, mitigazione e adattamento, al quale ha lavorato direttamente anche Mario Losasso.

La transizione energetica, invece, ormai non è più una questione di Ricerca, ma è legge cogente. Il problema ancora da risolvere è il disallineamento temporale dell'utilizzo dell'energia rispetto al momento della produzione e l'accumulo senza perdite.

Questo è un tema di ricerca molto importante per le scienze dell'architettura e del territorio, perché nel settore delle costruzioni l'efficienza energetica non è solo funzione delle prestazioni tecnologiche del sistema edificio-impianto, ma dipende anche dalla gestione più o meno smart della domanda di energia.

## L'Architettura e la Digital Innovation

*promuovono valori e sistemi urbani circolari, anche per quei contesti minori o meno attenzionati per i quali assistiamo a evidenti fenomeni di degrado multifocale. Le Digital Innovation Hub hanno il compito di stimolare e promuovere la domanda di innovazione del sistema produttivo, rafforzare il livello di conoscenze e consapevolezza delle opportunità offerte dalla digitalizzazione e sono la "porta di accesso" delle imprese al mondo di Industria 4.0. Si parla di "ecosistema dell'innovazione" che coinvolge Università, Centri di Competenza, Cluster, Servizi ICT, Centri di Ricerca, par-*

*A.V. Le sperimentazioni di Innovazione sociale, sostenute da visioni e approcci multidisciplinari*

not used correctly, because the process is currently diachronic, the evaluation of the points of strength and weakness of the choices is thought in sequence over time; instead, the design process should be synchronic: all the variables must be considered at the same time when the choices are evaluated. Involvement must be done upstream, by studying the environmental conditions that could generate the problem. After making a "senseless" decision, what is the sense of making an EIA? What do you want out of this process? Technically you are complying to all laws, but operationally you are implementing a disaster, anyway.

The complex thought should start in synchrony with the actions programming and must be fed by the scientific knowledge. Once again, the problem is that the bearers of knowledge do not have to have an exclusionary and not

rational, rigid and ideological attitude, or otherwise the rejection or the simplification comes, as we can see. All the experts called to give their own opinions must, however, be charged of mediations at the proper time. Among the system priorities, the NRP proposes «the balance between exploration and exploitation, that is, between the exploration of innovative models and the best exploitation of resources and skills, in terms of technologies and human capital» (NPR, 2021). In the NRP, in line with the goals for building a European Area for Research, it is spoken about an "inclusive Society" with a «perspective of multidisciplinary and integrated research, oriented to identify results and useful solutions to govern change processes with effectiveness, efficiency and equity» (NRP point 5.2.5, 2021-27). The Humanitas area, which concerns more directly

*chi scientifici e poli tecnologici, Incubatori di Start up, Fab Lab, Investitori, Enti Locali. Perché la "maturità digitale" ha un'importanza così determinante?*

**F.dR.** Transizione ecologica e transizione digitale vengo spesso associate, ma il vero obiettivo strategico e programmatico è la transizione ecologica; la transizione digitale è un fondamentale strumento per ottenere la transizione ecologica, quindi è un mezzo. Rimane sempre sullo sfondo, visto che parliamo di transizione complessiva (anche sociale), lo spettro della nuova economia del lavoro, che allo stato attuale non è stata ancora investita da grandi cambiamenti, anche se la gran parte degli esperti sostiene che almeno in un primo tempo (non sappiamo se tra 4, 5 o 10 anni) sarà interessata da un fenomeno di forte contrazione del lavoro che richiederà una riconversione ma sfido chiunque, al momento, a indicarne la direzione.

**A.V.** *Per l'architettura il rischio è aver trasferito ad un livello ancora superiore, quello del progetto, il controllo automatico delle azioni.*

**F.dR.** Hai detto bene! Perché avevamo trasferito al sistema digitale i comandi, e questo è ormai già fatto; ora stiamo trasferendo anche il progetto, cioè l'atto creativo di concepimento dell'idea, che è sempre stata prerogativa dell'uomo. Questa è la cosa più inquietante di tutte.

L'intelligenza artificiale che immagazzina un numero impressionante di dati e, di fatto, acquisisce una conoscenza esperienziale in base alla quale rimodella ed elabora soluzioni in modo molto più veloce e, va detto, in moltissimi casi più efficace. Quindi bisogna stare molto attenti alla transizione digitale, bisogna saperla interpretare perché potrebbe essere degenerante, anche se è un grande vantaggio.

architecture, with its sub-areas, has clearly highlighted the issue of the experimentation with innovative, effective and respectful methodologies and the need to expand the full potentiality of heritage sciences through digitization processes, to implement protection strategies and apply new economic models for sustainability and resilience. Great interest and relevance are given also to the area "Climate, Energy and Sustainable Mobility", with the sub-areas; Sustainable mobility, environmental energy and climate change, mitigation and adaptation, about which Mario Losasso has worked directly, too. Instead, the energy transition is no longer a matter of Research, but it is the law binding. The biggest problem is the temporal misalignment of the use of energy with respect to the moment of production and accumulation without any losses.

This is a very important research issue for the architecture and territorial sciences, because in the construction sector, energy efficiency is not only a function of the technological performances of the building-plant system, but it also depends on the more or less smart management of energy demand.

## Architecture and Digital Innovation

**A.V.** *Social innovation experiments, supported by multidisciplinary visions and approaches, promote circular urban values and systems, even for those minor or less attentive contexts for which we are witnessing evident phenomena of multifocal degradation. The Digital Innovation Hubs have the task of stimulating and promoting the demand for innovation in the production system, strengthening the level of knowledge and awareness of the opportunities offered by digitization and are the*



E qui torniamo più che alla ricerca alla formazione, al fatto che noi dobbiamo generare, stimolare, diciamo così, una piena consapevolezza senza adagiarsi sulle tecnologie semplificative, perché i software, i BIM, fanno sì che oggi l'architetto ovvero l'ingegnere di fatto è quasi portato a introdurre solamente i dati quantitativi di un problema in un dispositivo che "automaticamente" genera la soluzione. A parte il fatto che la generazione della soluzione va, comunque, controllata; il mercato si sta accorgendo di questo e, da un certo punto di vista, sta cominciando a pensare che può fare a meno dell'architetto o dell'ingegnere. Bisogna assolutamente continuare a mantenere la propria capacità interpretativa prima, e creativa poi, per poter dare un segno veramente autentico, unico e irripetibile, che sia il segno di un'idea, perché quello che manca, almeno per il momento in questi sistemi automatici, è la capacità di produrre idee. Sono in grado di elaborare soltanto una replica sofisticatissima, la replica di qualcosa che però già esiste. Il punto di forza sul quale la ricerca nel campo architettonico deve puntare è la generazione di idee.

**A.V.** *Così tuteliamo il genio creativo.*

**F.dR.** Non facciamoci troppe illusioni, perché la vera innovazione della transizione digitale è l'enorme potenza di calcolo di questi sistemi, tanto da riuscire ad interpretare modellisticamente apparati di una complessità inimmaginabile. Ora questo fa sì che ci sono, ormai, anche significativi processi di prima applicazione che interpretano anche quella che noi continuiamo a chiamare "autonoma creatività". È ancora dimostrabile che traggono linfa vitale da un'azione esperienziale. Rispetto alla creazione di un'opera d'arte siamo ancora un po' lontani, ma rispetto all'opera di

ingegno non siamo lontani, perché stanno dando il via a un processo di ideazione autonoma.

**A.V.** *In conclusione. Quali anelli andranno persi e quali saranno rinforzati, nell'ottica della customer satisfaction che impera come regola di valutazione della qualità? Come dare valore reale e percepito (dal sistema economico che governa di fatto le scelte) al plusvalore ambientale?*

**F.dR.** La parola d'ordine che ricorre è "consapevolezza". Occorre generare consapevolezza. Visto che si parla giustamente di *Customer Satisfaction*, il cittadino deve avere contezza delle conseguenze delle sue richieste, perché a fronte del soddisfacimento di un'esigenza, ci sono costi ambientali, economici e sociali da sostenere; deve essere in grado di valutarne la significatività; deve essere formato a comportamenti adattivi e resilienti; deve essere reso responsabile prima ancora che consapevole dei suoi desideri. E quindi l'opera di sensibilizzazione è, a tutti gli effetti, un'opera di formazione. Ma non possiamo formare i cittadini nelle aule. Il seme della consapevolezza va piantato nella coscienza civile di ogni cittadino, con ogni mezzo di comunicazione attuabile. Bisogna seminare la capacità di sapersi porre delle domande. Se la scelta di un individuo ha un costo sociale, ambientale ed economico che va a carico della collettività, il suo essere parte della collettività richiede di farsene carico, anche solo moralmente. Stimoliamo il desiderio di voler dare il "buon esempio" ancor più se questo singolo cittadino è, come si direbbe oggi, implicitamente un influencer.

*"gateway" of companies to the world of Industry 4.0. We speak about an "innovation ecosystem" which involves Universities, Competence Centres, Clusters, ICT Services, Research Centres, Science Parks and Technology Centres, Start-up Incubators, Fab Labs, Investors, Local Authorities. Why is "digital maturity" so decisively important?*

**F.dR.** Ecological and digital transition are often associated, but the real strategic and programmatic goal is the ecological transition; the digital transition is an essential instrument to achieve the ecological transition, so it is a means. As we are talking about the whole (also social) transition, the spectrum of the new labor economy always remains on the background, which at present is not greatly changed yet, although most experts say that at least at first (we do not know if within 4, 5 or

10 years) it will be affected by a phenomenon of a strong labor contraction that will require a reconversion but I challenge anyone to indicate its direction now.

Ecological and digital transition are often associated, but the real strategic and programmatic goal is the ecological transition; the digital transition is an essential instrument to achieve the ecological transition, so it is a means. As we are talking about the whole (also social) transition, the spectrum of the new labor economy always remains on the background, which at present is not greatly changed yet, although most experts say that at least at first (we do not know if within 4, 5 or 10 years) it will be affected by a phenomenon of a strong labor contraction that will require a reconversion but I challenge anyone to indicate its direction now.

**A.V.** *For the Architecture, the risk is to have transferred the automatic control of the actions to an even higher level, the design level.*

**F.dR.** You are right! As we had transferred the commands to the digital system, and this is already done; now we are also transferring the design, that is the creative act of conceiving the idea, which has always been the man's prerogative. This is the most disturbing thing of all.

The artificial intelligence that stores an impressive number of data and in fact acquires an experiential knowledge on which base it remodels and elaborates solutions in a faster and faster and, it must be said, in many cases in a more effective way. So, we must be very careful to the digital transition, you must know how to interpret it because it could be degenerative even if it is a great advantage. And here we come

back to training more than to research, to the fact that we must generate, stimulate, so to say, a full awareness, about simplifying technology, because software, BIM allow the architect or the engineer to introduce only the quantitative data of a problem in a device that automatically generates the solution today. The generation of the solution must, however, be checked; the Market is becoming aware of this and, from a certain point of view, is starting to think that it can do without the architect or engineer. We need absolutely to continue maintaining our skill of interpretation first, and our creative skill later, to be able to give a very authentic, unique and irreproducible sign, so that it is the sign of an idea because at least now these automatic systems have no ability to produce ideas. They can only process a sophisticated replication, the replication of something that, however,

## REFERENCES

- Boulding, K. (1966), “The Economics of the Coming Spaceship Earth”, *Resources for the Future*, pp. 1-14, available at: [http://arachnid.biosci.utexas.edu/courses/THOC/Readings/Boulding\\_SpaceshipEarth.pdf](http://arachnid.biosci.utexas.edu/courses/THOC/Readings/Boulding_SpaceshipEarth.pdf) (accessed 1 June 2021).
- European Research Area and Innovation Committee/ERAC Secretariat 1201/20 (2020), *ERAC Opinion on the future of the ERA* (adottata dall'assemblea plenaria dello ERAC il 17 dicembre 2019).
- Goleman, D. (2009), *Ecological Intelligence* (trad. D. Didero) BUR Rizzoli, Milano, Italia.
- McDonough, W. and Braungart, M. (2002), *Cradle to cradle – Remaking the way we make things*, North Point Press, New York, USA.
- Hill, N., Brierley, J. and MacDougall, R. (2017), *How to Measure Customer Satisfaction*, Routledge, Taylor&Francis group, New York, USA.

already exists. The point of strength on which the research in the architectural sector must be focused is the generation of ideas.

**A.V.** So, we protect the creative genius.

**F.dR.** Let's not get our hopes up! The real innovation in the digital transition is the enormous computing power of these systems, so to be able to interpret apparatus of unimaginable complexity in a modelling way. This means that there are now also significant processes of first application that interpret what we continue calling “autonomous creativity”. It is still demonstrable that they take lifeblood from an experiential action. We are still a bit far from the creation of a work of art, but if compared with the work of ingenuity we are not so far, because they are starting a process of autonomous ideation.

**A.V.** In conclusion. Which links will be lost and which ones will be reinforced, in the view of the customer satisfaction prevailing as a quality assessment rule? How to give real and perceived value (from the economic system governing the choices) to the environmental plus-value?

**F.dR.** The recurring keyword is “awareness”. We must generate awareness. Considering that we rightly speak about *Customer Satisfaction*, the citizen must be pleased with the consequences of his/her requests, because in view of the satisfaction of a need, there are environmental, economic and social costs to be supported; he/she must be able to assess its significance; he/she should be trained to adaptive and resilient behaviours; he/she must be made responsible even before being aware of his/her wishes. The work of raising awareness is, therefore in

all respects, a work of formation. We cannot train citizens in the classrooms. The seed of awareness must be planted in the civil conscience of every citizen, by any means of communication feasible. The ability to ask questions must be sown. If an individual's choice has a social, environmental and economic cost imposed on the community, his being part of the community requires him to bear it, even if only morally. Let's stimulate the desire to give a “good example” even more if this individual citizen is, as we would say today, implicitly an influencer.

a cura di/edited by Francesca Giglio

*Transizione circolare e progetto.* Un tema particolarmente presente, quello della Transizione, nell'attuale quotidianità politica, televisiva e di stampa, quasi abusato e non sempre completamente compreso. In relazione al progetto, la Transizione circolare assume una configurazione più specialistica, diventando al contempo una sfida, un obiettivo, un metodo per tutti gli stakeholder del mondo della progettazione. Una dinamica che coinvolge da diversi anni l'industria e che trova riscontro nel settore delle costruzioni, partendo da un assunto ormai consolidato rispetto alla necessità di modificare il rapporto tra consumo di risorse non rinnovabili e produzione di rifiuti, delineando il concetto di rifiuto come errore di progettazione e ripensando i cicli di vita di qualsiasi prodotto/componente. Edo Ronchi, nel suo recente testo "Le sfide della transizione ecologica"<sup>1</sup>, ribadisce non solo la necessità ma soprattutto la possibilità che le sfide della transizione ecologica possono segnare un cambiamento storico profondo della società e dell'economia, un vero e proprio cambiamento di civiltà per poter puntare su un benessere sostenibile.

La metafora ampiamente citata e conosciuta dell'"astronave terra" (Boulding, 1966)<sup>2</sup> rispetto al limite delle risorse in termini di energia, acqua e materiali, si ritrova e si attualizza, non per caso, nei principi – acquisiti nella sua esperienza da ex-velista – di Ellen MacArthur trasferiti al mondo della produzione e diventati un riferimento a carattere globale sui temi della economia circolare come economia rigenerativa e non dissipativa. Sul tema, la Rubrica Recensioni evidenzia, secondo un metodo consolidato, tre testi che raccontano alcuni aspetti caratterizzanti la tematica: il primo a carattere disciplinare, evidenzia le strategie per il riutilizzo / riciclaggio dei rifiuti, richiamando la necessità di una logica intersettoriale per migliorare il dialogo tra i diversi setto-

*Circular transition and design.* A particularly present theme, that of Transition, in the current political, televised and press daily routine, almost abused and not always completely understood. In relation to the design, the Circular Transition takes on a more specialized configuration, becoming at the same time a challenge, an objective, a method for all stakeholders in the world of design. A dynamic that has been involving industry for several years and that finds its confirmation in the building sector, starting from a well-established assumption regarding the need to change the relationship between consumption of non-renewable resources and waste production, outlining the concept of waste as a design error and rethinking the life cycles of any product/component. Edo Ronchi, in his recent text "Le sfide della transizione ecologica"<sup>1</sup> reiterates not only the necessity but above all the possibil-

ity that the challenges of the ecological transition can mark a profound historical change in society and the economy, a real change of civilization in order to aim at a sustainable well-being.

The widely quoted and well known metaphor of the "spaceship earth" (Boulding, 1966)<sup>2</sup> with regard to the limit of resources in terms of energy, water and materials, can be found and actualized, not by chance, in the principles – acquired in her experience as a former sailor – of Ellen MacArthur transferred to the world of production and become a global reference on the circular economy as a regenerative and non-dissipative economy. On the subject, the Reviews Rubric highlights, according to a consolidated method, three texts that tell some aspects characterizing the topic: the first one with a disciplinary character, highlights the strategies for the reuse / recycling of waste, recalling the need for a cross-

sectoral logic to improve the dialogue among different sectors: "Strategies for circular economy and cross-sectoral exchanges for sustainable building products: preventing and recycling waste, Springer Nature" (2019) di Migliore M., Talamo C. e Paganin G., *Springer Nature*, è recensito da Jacopo Gaspari<sup>3</sup> che, con una disanima molto accurata e un'ampia introduzione sulle dinamiche evolutive dell'economia circolare, evidenzia i passaggi salienti del testo: progettazione strategica, cooperazione inter-settoriale, realizzabilità dei processi di riciclo. Rilevando lacune e opportunità, Gaspari rileva come, in tutti i nove capitoli, il libro inviti a riflettere sulla mancanza di una visione sistemica in grado di guidare con coerenza il passaggio dai modelli convenzionali a quelli circolari e come, ad ogni livello, la collaborazione e il coinvolgimento degli stakeholder, sia parte integrante del processo strategico in atto.

Il secondo testo è riconducibile alle problematiche generali del tema, centrato sul *management* dei principi, criteri e *driver* che devono guidare la transizione e gli attori del processo: "Management dell'economia circolare. Principi, drivers, modelli di business e misurazione" – di Gusmerotti N.M., Frey M. e Iraldo F. (2020), Franco Angeli, Milano – è recensito da Rosa Romano<sup>4</sup> che descrive con forte capacità analitica temi e struttura dello stesso, partendo dalla corposa contestualizzazione delle tematiche in ambito europeo quale aspetto trainante i temi della *Circular Economy* e background di riferimento degli argomenti affrontati. In particolare Romano, evidenziando sia l'approccio teorico che i casi applicativi, fa emergere il *focus* del testo rispetto all'importanza e alla necessità del contributo manageriale sui temi strategici della *Circular Economy*, indicando lo stesso quale proposta originale nel panorama editoriale nazionale, utile a diverse categorie di utenti e attori del processo anche grazie all'ap-

sectoral logic to improve the dialogue among different sectors: "Strategies for Circular Economy and Cross-Sectoral Exchanges for Sustainable Building Products: Preventing and Recycling Waste, Springer Nature" (2019) by Migliore M., Talamo C. and Paganin G., Springer Nature, is reviewed by Jacopo Gaspari<sup>3</sup>, who highlights the salient passages of the text: design strategies, cross-sector cooperation, feasibility of recycling processes, with a very accurate disanalysis and an extensive introduction on the evolutionary dynamics of the circular economy. Gaspari points out how, in all nine chapters, the book invites us to reflect on the lack of a systemic vision capable of coherently guiding the transition from conventional to circular models and how, at every level, the collaboration and involvement of stakeholders is an integral part of the strategic process underway.

The second text can be traced back to the general issues of the topic, centered on the Management of the principles, criteria and drivers that must guide the transition and the actors in the process: "Management dell'economia circolare. Principi, drivers, modelli di business e misurazione" – by Gusmerotti N.M., Frey M. and Iraldo F. (2020), Franco Angeli, Milano – is reviewed by Rosa Romano<sup>4</sup> who describes with strong analytical capacity the themes and structure of the same, starting from the substantial contextualization of the issues in the European context as a driving aspect of the Circular Economy and background of reference of the topics addressed. In particular Romano, highlighting both the theoretical approach and the application cases, brings out the focus of the text with respect to the importance and the need for managerial contribution on strategic issues of Circular Economy,



proccio metodologico basato sul metodo dell'Action Research. Il terzo, di analisi critica, mira alla elaborazione di un nuovo lessico della metamorfosi circolare, con riferimento alla rigenerazione di insediamenti urbani e rurali in transizione. Nuove visioni e nuovi paradigmi da adottare, quindi, a tutte le scale d'intervento, fino ad arrivare alle città e al futuro del neantropocene, come descritto in "Re-Cyclical Urbanism. Visioni, paradigmi e progetti per la metamorfosi circolare" di Carta M., Lino B. e Ronsivalle D. (2017) (a cura di), recensito da Daniele Fanzini<sup>5</sup> attraverso una disanima fortemente critica, analitica e costruttiva sull'evolversi degli eventi che il testo descrive rispetto ai processi ciclici di un nuovo metabolismo urbano. Fanzini analizza a fondo tutti i presupposti teorici del testo e le ricadute operative sulla evoluzione della città e sulla metamorfosi circolare a cui è sottoposta e da cui derivano le teorie dell'urbanistica re-ciclica e rigenerativa, considerando i temi teorici e progettuali affrontati, precursori dei processi di transizione a cui siamo chiamati attualmente a partecipare e a cui è sempre più urgente rispondere. Il filo conduttore della lettura dei tre testi è, quindi, il cambiamento di un modello – sociale, tecnico, produttivo, economico – insieme alle strategie necessarie per attuarlo in tempi (relativamente) brevi, sostenibili e compatibili con diversi contesti di riferimento. «Il cambiamento deve passare attraverso la modifica dei valori» secondo Federico Butera, che fa emergere nel suo ultimo testo sul tema<sup>6</sup>, una forma di «ottimismo della volontà, contro il pessimismo della ragione» (Butera, 2021). Le strategie per progettare per un'economia circolare si presentano in tante forme, in cui l'obiettivo finale è prefigurare nuovi scenari di intervento, nuove pratiche di progettazione, di condivisione e di uso responsabile della materia e delle risorse che abbiamo a di-

indicating the same as an original proposal in the national publishing scenario, useful to different categories of users and actors in the process thanks to the methodological approach based on the method of Action Research. The third, of critical analysis, aims at the elaboration of a new lexicon of circular metamorphosis, with reference to the regeneration of urban and rural settlements in transition. New visions and new paradigms to be adopted, therefore, at all scales of intervention, up to the cities and the future of the neanthropocene, as described in "Re-Cyclical Urbanism. Visioni, paradigmi e progetti per la metamorfosi circolare" by Carta M., Lino B. and Ronsivalle D. (2017) (ed.), reviewed by Daniele Fanzini<sup>5</sup> through a highly critical, analytical and constructive disanalysis of the evolution of events that the text describes with regard to the cyclical processes of a new urban metabolism.

Fanzini analyzes in depth all the theoretical assumptions of the text and the operational fallout on the evolution of the city and the circular metamorphosis to which it is subjected and from which derive the theories of re-cyclical and regenerative urbanism, considering the theoretical and design issues addressed, precursors of the transition processes in which we are currently called to participate and to which it is increasingly urgent to respond. The common thread of the reading of the three texts is, therefore, the change of a model – social, technical, productive, economic – together with the strategies necessary to implement it in a (relatively) short time, sustainable and compatible with different reference contexts. «The change must pass through the modification of values» according to Federico Butera, who brings out in his latest text on the subject<sup>6</sup>, a form of «optimism of the

sposizione. Riprendendo le parole di Ellen MacArthur «stiamo provando a cambiare un intero sistema, non una sola tipologia di business. Dobbiamo cambiare il modo in cui la gente pensa, il modo in cui i beni stessi sono pensati e i materiali dai quali sono composti» (MacArthur, 2013)<sup>7</sup>, pur nella consapevolezza di essere ancora troppo indietro rispetto all'urgenza di intervenire e cambiare drasticamente rotta.

#### NOTE

<sup>1</sup> Ronchi E. (2021), *Le sfide della transizione ecologica*, Piemme, Italia.

<sup>2</sup> Ci si riferisce alla metafora della Terra come astronave, concepita nel 1966 da Kenneth Boulding nel testo "The economics of the coming spaceship Earth". Nel documento, Boulding dichiara che la sopravvivenza della specie umana è legata in maniera indissolubile alla capacità di usare un bene e custodire con cura quello che abbiamo a disposizione, rigenerando i materiali che utilizziamo quotidianamente.

<sup>3</sup> Jacopo Gaspari è Professore Associato presso il Dipartimento di Architettura dell'Università di Bologna.

<sup>4</sup> Rosa Romano è Ricercatrice a tempo determinato presso il Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze.

<sup>5</sup> Daniele Fanzini è Professore Associato presso il Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito del Politecnico di Milano.

<sup>6</sup> Butera F. (2021), *Affrontare la complessità. Per governare la transizione ecologica*, Edizioni Ambiente, Italia.

<sup>7</sup> E. MacArthur Foundation (2013), *Towards the Circular Economy, rethink the future.*

will, against the pessimism of reason» (Butera, 2021). The design strategies for a circular economy come in many forms, in which the ultimate goal is to prefigure new scenarios of intervention, new practices of design, sharing and responsible use of the materials and resources we have available. Taking up the words of Ellen MacArthur «we are trying to change a whole system, not just one type of business. We have to change the way people think, the way goods themselves are designed and the materials from which they are made» (MacArthur, 2013)<sup>7</sup>, although we are aware that we are still too far behind the urgent need to intervene and drastically change course.

#### NOTES

<sup>1</sup> Ronchi E. (2021), *Le sfide della transizione ecologica*, Piemme, Italia.

<sup>2</sup> We refer to the metaphor of the Earth as a spaceship, conceived in 1966 by

Kenneth Boulding in the text "The economics of the coming spaceship Earth" In the paper, Boulding declares that the survival of the human species is inextricably linked to the ability to use a good and carefully preserve what we have available, regenerating the materials we use daily.

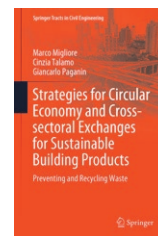
<sup>3</sup> Jacopo Gaspari is Associate Professor at the Department of Architecture, University of Bologna.

<sup>4</sup> Rosa Romano is Assistant Professor at the Department of Architecture of the University of Firenze.

<sup>5</sup> Daniele Fanzini is Associate Professor at the Department of Architecture, Built Environment and Construction Engineering, Politecnico di Milano.

<sup>6</sup> Butera F. (2021), *Affrontare la complessità. Per governare la transizione ecologica*, Edizioni Ambiente, Italia.

<sup>7</sup> E. MacArthur Foundation (2013) *Towards the Circular Economy, rethink the future.*



**Marco Migliore, Cinzia Talamo e Giancarlo Paganin**  
*Strategies for Circular Economy and Cross-sectoral Exchanges for Sustainable Building Products. Preventing and Recycling Waste*  
Springer Nature, 2019

Negli ultimi vent'anni l'interrelazione tra gestione dei rifiuti, produzione di emissioni e relativi impatti diretti o indiretti è stata ampiamente analizzata (IPCC) e la sua rilevanza è stata evidenziata in particolare con riferimento al settore delle costruzioni, i cui flussi produttivi continuano a costituire uno dei più significativi contributi in questo ambito. Si stima che circa un terzo dell'intera produzione di rifiuti nell'Unione Europea provenga dal settore delle costruzioni, considerando sia i processi di realizzazione che quelli di demolizione. Adottando una prospettiva più ampia, molti altri impatti legati ai rifiuti vengono generati all'interno delle città e la gestione dei rifiuti è tuttora considerata una priorità per la maggior parte dei soggetti politici e delle pubbliche amministrazioni. Guardando all'ambiente urbano, si prevede infatti un ulteriore aumento dell'attuale trend di produzione di rifiuti sia per effetto della crescita della popolazione che per la correlata evoluzione dei consumi e degli stili di vita. Nonostante gli sforzi spesi nella definizione e nell'adozione di diverse misure, direttive e regolamenti per supportare le città nella riduzione della quantità di rifiuti generata, il tasso di materiali riciclati è ancora al di sotto delle soglie previste in molti paesi mentre l'impiego di discariche e inceneritori continuano a rimanere le soluzioni prevalentemente utilizzate raggiungendo livelli sempre più allarmanti.

In the last twenty years the interrelation of waste management, emissions production and related direct or indirect impacts has been largely reported (IPCC) and its relevance has been particularly evidenced with reference to the building sector, whose production streams still represent a major contributor within this topic. It is estimated that approximately one-third of whole waste production across EU comes from the building sector considering both the construction process and the demolition phase. If a broader perspective is adopted many other waste-related impacts are generated within cities and waste management is still considered a priority for most of policy makers. Looking at the urban environment, the current trend in waste production is indeed expected to further increase due to both the population growth and the

related evolution of consumes and lifestyles. Despite the effort spent in defining and adopting several measures, directives and regulations to support cities in reducing the generated amount of waste, the rate of recycled materials is still under the targeted thresholds in many countries while the adoption of landfilling or burning practices are reaching alarming levels. The ambition of Agenda 2030 to strongly reduce emissions and impacts clearly emerges in the UN Sustainable Development Goal 12.5 targeting to «substantially reduce waste generation through prevention, reduction, recycling and reuse» that basically means to primarily rethink the current economic models and production strategies. A first and relevant shift in the mindset deals with assuming waste as a potential resource to be further

L'ambizione dell'Agenda 2030 di ridurre fortemente le emissioni e gli impatti è ben sintetizzato dal *Sustainable Development Goal 12.5* delle Nazioni Unite che mira «a ridurre sostanzialmente la produzione di rifiuti attraverso la prevenzione, la riduzione, il riciclaggio e il riutilizzo» che sostanzialmente significa ripensare primariamente gli attuali modelli economici e le strategie di produzione. Un primo e rilevante cambiamento di mentalità riguarda l'assunzione dei rifiuti come potenziale risorsa da reintrodurre nei processi produttivi secondo nuovi modelli che non si basino più sull'utilizzo di materie prime, la cui estrazione vede una crescita prevista pari a oltre il doppio entro il 2050, seguendo uno scenario *business-as-usual*. L'adozione di modelli circolari in luogo di quelli lineari rappresenta certamente un passo avanti fondamentale per affrontare la sfida di ripensare completamente sia la produzione che la consegna dei prodotti. Il libro di Marco Migliore, Cinzia Talamo e Giancarlo Paganin propone un'articolata riflessione sugli elementi chiave e sugli attuali ostacoli a questa trasformazione offrendo alcuni spunti sul ruolo che la progettazione strategica riveste nei processi produttivi, sull'importanza di creare condizioni adeguate per rendere il processo di riciclo attuabile ed efficace all'interno di una produzione più sostenibile, sull'importanza di considerare l'adozione di nuovi modelli nel settore delle costruzioni tenendo conto della prospettiva sull'intero ciclo di vita, sul ruolo della tecnologia nell'abilitare sia i produttori che i consumatori ad assumere una parte attiva all'interno del progetto di trasformazione, sull'importanza dell'informazione e della comunicazione nell'affrontare il cambiamento di modello cogliendo le esigenze e le priorità emergenti, sfruttando al contempo il loro potenziale di mercato.

exploited in the production processes according to new models which are no longer based on the use of raw materials whose extraction is estimated to grow of more than a double until 2050 following the business-as-usual scenario. The adoption of circular models instead of the linear take-make-disposal one is certainly a crucial step forward in facing the challenge to completely re-think both production and delivery of products. The book edited by Marco Migliore, Cinzia Talamo and Giancarlo Paganin offers an articulated reflection on the key elements and the current barriers concerning this shift offering some insights about the role of strategic design in manufacturing processes, the importance of creating proper conditions to make the recycling process viable and effective within a more sustainable production, the relevance of considering the adoption

of new models in the building sector taking into account the whole life cycle perspective, the role of technology in habilitating both producers and consumers in taking an active part within the drafted change, the importance of information and communication in addressing the model shift capturing emerging needs and priorities while exploiting their market potential. As the book suggests, this requires establishing a truly open and cross-sectorial cooperation that goes beyond the traditional disciplinary boundaries to support the prevention of avoidable waste generation and to recognize the waste market potential, stimulating new market-oriented perspective and new entrepreneurial opportunities that would particularly benefit of the forthcoming Green Deal and Recovery Plans. However, the associated complexity and the plurality of subjects

Come suggerisce il libro, ciò richiede la creazione di una cooperazione veramente aperta e intersettoriale che vada oltre i tradizionali confini disciplinari per supportare la prevenzione della produzione di rifiuti e per riconoscere l'eventuale potenziale di mercato, stimolando nuove prospettive e nuove opportunità imprenditoriali che potrebbero vantaggiosamente intercettare gli obiettivi del *Green Deal* e del *Recovery Plan*. Tuttavia, la complessità del sistema e la pluralità di soggetti potenzialmente coinvolti, provenienti da settori diversi, costituiscono non trascurabili ostacoli a una rapida ed efficace adozione e implementazione di modelli circolari, in particolare su scala più ampia dove le sinergie richiederebbero certamente maggiori sforzi nel coordinamento dei processi e delle iniziative ma garantirebbero anche un maggiore sfruttamento dei risultati. Il settore delle costruzioni ha sperimentato con successo l'uso di materie prime seconde nello sviluppo di componenti edili alternativi o sostituendo alcuni elementi di base di diversi prodotti da costruzione dimostrando la fattibilità tecnica ed economica di modelli a base circolare.

Nonostante questi risultati promettenti, l'impegno e la disponibilità dei produttori di materiali da costruzione nell'adozione di modelli innovativi sono ancora limitati, non tanto per ragioni tecniche ma soprattutto per la capacità di comprenderne il potenziale di mercato. La mancanza di una efficace rete di collegamento tra i produttori che possono offrire rifiuti riciclabili e coloro che ne esprimono una domanda rappresenta attualmente una delle principali lacune nella creazione di una efficace catena di processo. Allo stesso tempo, la capacità del progetto di guidare il mercato in questa direzione appare ancora limitata. Un importante contributo può quindi venire dalle normative nazionali o

internazionali che riguardano la certificazione dei prodotti da costruzione, in particolare quelle relative alla valutazione degli impatti ambientali.

Rilevando queste lacune e opportunità, gli autori offrono una panoramica articolata del tema spaziando dalle cause che limitano un più rapido sviluppo e adozione di modelli circolari all'esame di possibili soluzioni che permettano di superare i confini di settore stimolando approcci collaborativi e promettenti nell'ambito delle diverse fasi di produzione. Ciascuno dei nove capitoli contribuisce a restituire un quadro del tema che spazia dal contesto generale del quadro politico di riferimento dell'Unione Europea ad applicazioni concrete, evidenziando anche alcuni nuovi aspetti interessanti riguardanti l'uso di sistemi ICT, sia per comunicare informazioni o dati sia per gestire il processo, così come il coinvolgimento della più ampia comunità di cittadini nell'assumere un ruolo attivo nel cambiamento.

Il libro offre la possibilità di riflettere sulla mancanza di una visione sistemica in grado di guidare con coerenza il passaggio dai modelli convenzionali a quelli circolari evidenziando ancora una volta la necessità che le azioni di progettazione strategica siano promosse e supportate ai diversi livelli dal convergente interesse degli stakeholder e dei soggetti politici coinvolti.

*Jacopo Gaspari*

potentially involved from different sectors still represents an obstacle to a rapid and effective adoption and implementation of circular model, particularly at a broader scale where synergies would certainly require greater efforts in coordinating processes and initiatives but also ensuring larger room for results exploitation. The building sector successfully experimented the use of secondary raw materials to develop alternative building components or to replace the basic elements of some building products demonstrating the technical and economic viability of circular based models.

Despite these promising results, the commitment and availability of building materials producers in adopting innovative models is still limited, not really because of technical capacity but mainly of market potential understanding. The lack of connections

between producers who can offer recyclable waste and those who are expressing a demand of them is currently one of the main gaps in establishing an effective process loop. At the same time, the capacity of strategic design to drive the market in this direction appears still limited, thus a major contribution may come from national or international regulations dealing with building products certificates particularly those regarding the assessment of products environmental impacts.

Detecting these gaps and opportunities the authors offer an articulated overview of topic drafting the causes limiting a faster development and adoption of circular models while exploring possible pathways to overcome sectorial boundaries and to stimulate cooperative and promising approaches within the production streams at the different stages. Each of the nine

chapters contributes in drafting a picture of the topic that ranges from the overall general context of EU policy framework to concrete applications, also pointing out some new interesting aspects concerning the use of ICT, both to communicate information or data and to manage the process as well as the involvement of the broader community of citizens in becoming a proactive part of the change.

The book offers the chance to reflect on the lack of a systemic vision able to coherently drive the shift from conventional models to circular ones highlighting once again the need for strategic design actions to be promoted and supported at different levels by the converging interest of stakeholders and policy makers.

*Jacopo Gaspari*





**Natalia Marzia Gusmerotti, Marco Frey e Fabio Iraldo**  
*Management dell'economia circolare. Principi, drivers, modelli di business e misurazione*

Franco Angeli, Milano, 2020

Oggi più che mai il tema dell'Economia Circolare (EC) risulta fondamentale per affrontare le sfide del *Green Deal* Europeo (Commissione Europea, 2019), sviluppando nuovi approcci sostenibili capaci di incidere positivamente sul cambiamento dei modelli tradizionali di produzione e consumo ed in grado di condurci verso i paradigmi che la transizione ecologica ci impone.

La chiave di lettura che meglio ci consente di interpretare tale trasformazione è contenuta nei piani d'azione comunitari dedicati al tema dell'EC (Commissione Europea, 2015; 2020) e può essere riassunta come segue: dato lo sforzo che viene compiuto per estrarre risorse dalla natura e per trasformarle in prodotti o servizi dotati di valore economico, non ha alcun senso utilizzarle solo una volta, o comunque farne un uso limitato nel tempo, ma occorre usarle più volte possibile in cicli chiusi, riducendo così la pressione sulle materie prime vergini e limitando l'impatto ambientale dell'azione umana. L'obiettivo è quello, ispirandosi a modelli e sistemi di matrice organica e ambientale, di dare origine a flussi naturali di materia finalizzati a realizzare cicli produttivi ad elevato valore e di notevole qualità, attraverso la minimizzazione degli scarti e dell'inquinamento, grazie al design consapevole di prodotti, processi e servizi, ed in cui il valore delle risorse è mantenuto il più a lungo possibile e i sistemi naturali sono rigenerati. È, quindi, evidente come l'originalità del concetto di EC, che trae

ispirazione da diversi modelli di business economy – dall'economia ambientale ed ecologica, all'ecologia industriale, per passare dal *cradle to cradle*, alla *performance economy*, alla *Blue economy* ed alla *biomimicry* – può avere un impatto molto significativo sui processi produttivi, inducendo le imprese più innovative a porsi in una prospettiva differente rispetto a tutte le fasi del ciclo di vita dei prodotti e dei servizi, a partire dall'approvvigionamento, passando dal *design*, dalla produzione, dalla distribuzione, dal consumo, e infine, dal recupero dei materiali che non divengono rifiuti, ma possono essere raccolti, riciclati e/o riutilizzati.

Il volume "Management dell'economia circolare. Principi, drivers, modelli di business e misurazione" parte proprio da questa considerazione per avviare una riflessione destinata a tutti gli attori del sistema (siano essi imprese, istituzioni, *stakeholder* o *policy maker*) che sono coinvolti direttamente e/o indirettamente nel processo epocale di trasformazione sociale, economica ed industriale in atto.

Lo scopo degli autori è quello di definire sia i principi e i criteri che devono guidare la transizione verso la massimizzazione della circolarità, quanto i *driver* – esterni ed interni – che dovranno stimolare le imprese al cambiamento, approfondendo la conoscenza dei nuovi modelli di business e degli strumenti di misurazione dei livelli di circolarità. Per raggiungere questi obiettivi il libro è strutturato in quattro capitoli, dedicati sia alla puntuale ricognizione del quadro teorico di riferimento, che alla presentazione dei risultati di alcuni progetti di ricerca sviluppati presso la Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa dai docenti e dai ricercatori coinvolti nella pubblicazione.

La trattazione parte da un'analisi delle origini, dei principi e degli elementi prospettici del concetto di EC, effettuata connettendo

Today, more than ever, the Circular Economy (CE) is fundamental in facing the challenges of the European Green Deal (European Commission, 2019) by developing new sustainable approaches capable of positively impacting the change in traditional production and consumption models and able to lead us towards the paradigms of the ecological transition.

The key to understanding and interpreting this transformation is contained in the community action plans dedicated to the CE theme (European Commission, 2015; 2020). It can be summarized as follows: given the effort that is made to extract raw materials from nature and to transform them into products or services with economic value, it makes no sense to use these materials only once, or in any case to make limited their use over time, but it is necessary to use them

as many times as possible in closed cycles. Thus, reducing the pressure on virgin raw materials and limiting the overall environmental impact of human action.

The goal is, inspired by models and systems of an organic and environmental matrix, to create natural flows of matter aimed at achieving production cycles of high value and high quality, through the minimization of waste and pollution, thanks to the conscious design of products, processes, and services, and in which the value of resources is maintained as long as possible, and natural systems are regenerated.

Therefore, it is evident how the originality of the CE concept, which draws inspiration from the different business economy models – from environmental and ecological economics to industrial ecology, from cradle to

cradle, performance economy, to Blue economy and biomimicry – can have a very significant impact on the contemporary production models. Indeed, the CE approach induces the most innovative companies to take a different perspective concerning all phases of the life cycle of products and services: from material supply to the design phase; from production to distribution; from consumption to recovery, recycling, and reuse of raw materials. The book "Management of the circular economy. Principles, drivers, business models, and measurement" starts from this consideration to create a reflection aimed at all the players of the system (e.g. companies, institutions, stakeholders, or policymakers) who are directly and/or indirectly involved in the epochal process of social, economic, and industrial transformation. Accordingly, the authors' purpose is to

define both the principles and criteria that must guide the transition towards maximizing circularity and the drivers, external and internal, that should stimulate companies to change, deepening their knowledge of the new business models and tools for measuring the circularity levels. Therefore, the book is structured in four chapters, dedicated to recognizing the theoretical framework of reference and presenting some research projects developed at the Sant'Anna School of Advanced Studies in Pisa by the teachers and researchers involved in the publication. The book dissertation starts from the analysis of the origins, principles, and prospective elements of the CE concept, which was carried out by connecting the literature review with some research works, conducted together with the companies participating in projects aimed at identifying the key

la rassegna della letteratura con un lavoro di comprensione e definizione, condotto insieme alle imprese partecipanti ad alcuni progetti finalizzati a identificare quelli che sono gli elementi chiave che dovrebbero caratterizzare un orientamento strategico alla circolarità. Si passa quindi alla presentazione del quadro delle politiche sull'EC che si sono sviluppate a livello internazionale e nazionale, connettendole con le dinamiche e le esigenze delle imprese e dei consumatori ed evidenziando i necessari e auspicabili processi di trasformazione futura. Vengono, inoltre, descritti i principali *stakeholder* per un'impresa interessata a rinnovarsi nell'ottica della circolarità e, per ciascuno di essi, sono fornite indicazioni e tendenze emergenti da diverse fonti di riferimento. La definizione del *circular oriented business model* risulta, quindi, fondamentale a promuovere l'innovazione di processo e di prodotto al fine di presentare alcune esperienze aziendali particolarmente efficaci nell'attuare percorsi evolutivi verso l'EC, facendo riferimento a modelli di *strategic management*.

Nell'ottica della necessità di definire strumenti validi di misurazione della circolarità, capaci di stimolare le *performances* ambientali a livello di impresa, di settore e di sistema socioeconomico, gli autori definiscono, infine, una panoramica dei contributi metodologici e dei sistemi di indicatori esistenti, descrivendo successivamente nel dettaglio il *tool* di misurazione (CE-CUT), sviluppato in collaborazione con GEO (il *Green Economy Observatory* dell'Università Bocconi di Milano). Tale originale strumento può essere utilizzato per valutare il livello di partenza della circolarità nelle diverse fasi del processo di produzione di beni e servizi, fornendo un primo *set* di spunti capaci di far comprendere rapidamente quali impatti possono essere generati attraverso l'adozione di strategie circolari nel perimetro di una

elements that should characterize a strategic orientation to circularity. The analysis is followed by introducing the framework of the EC policies, which have been developed at an international and national level, connecting it with the dynamics and needs of businesses and consumers, and highlighting the necessary and desirable future transformation processes. Furthermore, for a company interested in renewing itself in the perspective of circularity, the main stakeholders are described and, for each of them, indications and trends emerging from various reference sources are provided. Then, the definition of circular-oriented business models is fundamental to promote process and product innovation to present some particularly effective business experiences in implementing evolutionary paths towards CE, referring to strategic management models.

With the objective to define innovative devices for measuring circularity, capable of stimulating environmental performance at the level of the company, sector, and socio-economic system, the authors describe an overview of the methodological contributions and existing indicator systems, subsequently showing in detail their measurement tool (CE-CUT), developed in collaboration with GEO (the Green Economy Observatory of the Bocconi University of Milan). In detail, CE-CUT can be used to evaluate the starting level of circularity in the different phases of the production process, providing the first set of ideas capable of quickly understanding what impacts can be generated through the adoption of circular strategies in the perimeter of a single company, of a supply chain, of a market sector (e.g. construction market). The importance and the strategic na-

single company, of a supply chain, of a market sector (e.g. construction market).

The importance and the strategic nature of the EC, the need for a managerial contribution, and the methodological approach to the topic (based on the Action Research method) make this book an original proposal in the national editorial panorama, truly valuable for different types of readers, including architects or researchers of the technological area. They can find in its contents interesting and innovative ideas necessary to start a pragmatic process of revising the methodological models for managing the building process, based on a circular vision of an environmental matrix, and inspired to the universal approach of System Thinking.

Rosa Romano

#### REFERENCES

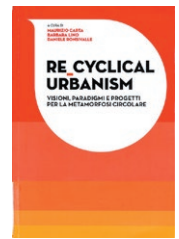
Commissione Europea (2015), *Lanello mancante – Piano d'azione dell'Unione europea per l'economia circolare*, Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle regioni, COM (2015) 614, Bruxelles, Belgium.

Commissione Europea (2019), *Il Green Deal Europeo*, Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle regioni, COM (2019) 640, Bruxelles, Belgium.

Commissione Europea (2020), *Un nuovo piano d'azione per l'economia circolare per un'Europa più pulita e più competitiva*, Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni, COM (2020) 98, Bruxelles, Belgium.

ture of the EC, the need for a managerial contribution, and the methodological approach to the topic (based on the Action Research method) make this book an original proposal in the national editorial panorama, truly valuable for different types of readers, including architects or researchers of the technological area. They can find in its contents interesting and innovative ideas necessary to start a pragmatic process of revising the methodological models for managing the building process, based on a circular vision of an environmental matrix, and inspired to the universal approach of System Thinking.

Rosa Romano



**Maurizio Carta, Barbara Lino e Daniele Ronsinvalle (Eds.)**  
**RE\_CYCLE URBANISM. Visioni, paradigmi e progetti per la metamorfosi circolare**  
LISt Lab, Trento, 2016

Il libro prende le mosse dall'amara constatazione degli effetti prodotti dal pervasivo ed erosivo antroposviluppo, per introdurre un nuovo paradigma urbanistico basato sulla rinnovata alleanza tra componenti umane e naturali guidata dal progetto etico e da una efficace quanto concreta concezione dello sviluppo sostenibile. La svolta prende le mosse dalla crisi economica e finanziaria dei primi anni del nuovo millennio alla quale gli autori attribuiscono il disvelamento dell'inganno della crescita infinita e la nascita di un'urbanistica al contempo visionaria e militante dello sviluppo sostenibile. A distanza di qualche anno dalla data di prima pubblicazione del libro possiamo di certo affermare che tale proposta abbia anticipato il vero cambiamento che oggi stiamo vivendo. La crisi pandemica, infatti, non solo ha messo definitivamente a nudo, semmai ce ne fosse stato bisogno, la pericolosità di un modello di sviluppo autodistruttivo, ma ci ha anche fatto toccare con mano la possibilità di cambiare rotta. La sfida descritta nel libro nasce dalla convinzione che sia possibile vivere un buon antropocene progettando opportunamente il processo di transizione ecologica a partire dalla riattivazione della tradizionale alleanza tra componenti umane e naturali. Una rinascita che non riguarda, quindi, la sola fisicità del nostro ambiente di vita, ma anche e soprattutto la valorizzazione dei flussi e delle energie vitali in esso presenti. Decenni di indiscriminato sfruttamento delle risorse, si legge nel libro, ci hanno

The book begins with a bitter observation of the effects produced by pervasive and erosive human development, then introduces a new urban paradigm based on a renewed alliance between human and natural components guided by ethical planning and by an effective and practical concept of sustainable development. The change takes its cue from the economic and financial crisis of the first years of the new millennium to which the authors attribute the revelation of the deception of infinite growth and the birth of a sustainable urbanism which is both visionary and militant. Some years after the book was first published, we can certainly affirm that this proposal anticipated the real change that we are living today. Indeed, the pandemic has not only clearly revealed, as though there were really any need, the danger of a self-destructive development

model, but has also allowed us to reach out and touch the possibility of changing course. The challenge described in the book is born of the conviction that it is possible to live a good Anthropocene, with a carefully planned process of ecological transition, beginning with the reactivation of the traditional alliance between humankind and nature. A rebirth, therefore, which not only considers the physical environment in which we live, but also and above all, the enhancement of the flows and vital energies present within it. Decades of indiscriminate exploitation of resources, the book affirms, have led us to recognise the right path towards defining a new life cycle characterised by principles of sustainability, beyond the trivialising "reuse consisting only of recycling". A new life cycle which, some time ago, Francesco Rizzo (2009)

portato a comprendere la giusta strada per definire un nuovo ciclo di vita improntato ai principi della sostenibilità, al di là della banalizzazione di un "riuso fatto solo di riciclo". Un nuovo ciclo di vita che, qualche tempo prima Francesco Rizzo (2009) faceva corrispondere ad un passaggio esistenziale ed epistemologico verso una società a bassa entropia caratterizzata dal prevalere dei valori qualitativi e spirituali su quelli puramente quantitativi e ad alta intensità di energia. Gli autori del libro interpretano questo passaggio come l'invenzione di sistemi energetici a bassa entropia in quanto fondati sullo sviluppo culturale. Sistemi in grado non solo di ridurre i consumi energetici, ma anche e soprattutto di utilizzare al meglio il lavoro che l'energia può liberare. Il futuro del neoantropocene descritto nel libro parte dalle città, per espandersi a livello globale in una rinnovata ecologia integrale basata sui processi riciclici di un nuovo metabolismo urbano. Un modello che prende le forme di intriganti quanto promettenti metamorfosi circolari in grado di riattivare i cicli vitali urbani e innescare un rinnovamento profondo della società, tra approcci incrementali ed adattivi e nuovi modelli operativi di progetto, quali patti di riciclo, corresponsabilità progettuale, responsabilità sociale, città aumentata. Immergendosi nel racconto del libro, che di capitolo in capitolo si fa sempre più incisivo e concreto, si ha la netta sensazione della grande distanza che separa il nuovo paradigma urbanistico basato sulla rendita sociale e culturale da quello costruito sulla rendita fondiaria e finanziaria.

*Recyclical* – non solo *recycling* – *urbanism* e *City-forming* sono i due termini usati per qualificare la proposta e illustrarne i principi applicativi. Il primo, declinato in "sette rami paradigmatici", definisce il modo in cui le azioni possono intercettare i bisogni

compared to an existential and epistemological journey towards a society founded on cultural development with low entropy. Systems capable of not only reducing energy consumption, but also and most importantly, of making the best use of the work which the energy can release. The future of the neo-Anthropocene described in the book begins with the city and expands to a global level of renewed integral ecology based on the recycling processes of a new urban metabolism. A model which takes the form of intriguing and promising circular metamorphoses capable of reactivating urban life cycles and triggering a profound renewal of society, using incremental and adaptable approaches and new operative design models, such as recycling pacts, co-managed design, social responsibility, an augmented city. Immersing oneself in the book,

which chapter after chapter becomes more incisive and substantive, produces a distinct awareness of the great distance which separates the new urban paradigm based on social and cultural profit from that built on land revenues and finance. *Recyclical* – not only *recycling* – *urbanism* and *City-forming* are two terms used to categorise the proposal and illustrate the principles of application. The first, composed of "seven paradigmatic branches", defines the way in which the actions can intercept the needs of the physical and vital components of the territory, while the second, more evocative term, defines the operational protocol, or rather the programme of actions which are formed in an adaptable way based on the consolidation of the roles and values. A programme of colonizing actions, as described in the text, which react



delle componenti fisiche e vitali del territorio, mentre il secondo, più evocativo, ne definisce il protocollo operativo, ovvero il programma di azioni che si vanno a formare in modo adattivo in base al consolidamento dei ruoli e dei valori. Un programma di azioni colonizzatrici, com'è scritto nel testo, che agiscono come catalizzatori delle risorse identitarie, lavorando sui palinsesti piuttosto che sulla sovrascrittura omologante. In questo senso il *city-forming*, in quanto prodotto/processo, si pone esso stesso come strumento resiliente in grado di adattare la propria efficacia al rapporto osmotico che è in grado di costruire con gli abitanti. Una bella evoluzione di ciò che Dioguardi (2009) definì "città laboratorio", ovvero un insieme di terminali intelligenti e rete di innovazioni non soltanto tecnologiche, ma anche e soprattutto di natura sociale attraverso le quali plasmare l'esistente. Consapevoli di essere gli artefici dell'agenda progettuale della metamorfosi circolare, gli autori arricchiscono i concetti base con attributi non propriamente disciplinari, quasi a voler sottolineare la dimensione ipercomplessa della sfida che si pone e che viene descritta come la riscrittura del codice genetico dei nostri spazi di vita per produrre nuova intelligenza urbana. In questa visione la città assume le sembianze di un super organismo costituito da insieme di individui che si muovono all'unisono in quanto guidati da una visione anticipatrice e motivante. Questa seconda immagine usata dagli autori chiarisce molto bene il principio di interdipendenza tra la dimensione fisica e inanimata degli spazi e quella viva e pulsante delle persone. Un principio di congiunzione e interdipendenza che potremmo definire di *space/feeling/action* per il quale la città, alla stregua di un organismo vivente, risulta in grado di auto-analizzarsi di continuo attraverso la rappresentazione e la condivisione sociale degli elementi di trasformazione, nonché di

as catalysts for resources of identity, working on palimpsests rather than homologous overwriting. In this sense, cityforming, as a product/process, proposes itself as a resilient instrument able to adapt its own efficacy to the osmotic relationship which it is able to form with the inhabitants. A beautiful evolution which Dioguardi (2009) defines as the "city laboratory", namely a mixture of intelligent terminals and networks of innovation which are also and first and foremost of a social nature through which the existing may be moulded.

Conscious of being the creators of the design agenda for circular metamorphosis, the authors enrich the basic concepts with not entirely disciplined features, almost as if they want to highlight the hyper-complexity of the challenge which is presented and which is described as the rewriting of

the genetic code of the spaces in which we live in order to produce a new urban intelligence. Within this vision, the city assumes the semblance of a super organism made up of a mixture of individuals who move in unison, guided by an anticipatory and motivational vision. This second image used by the authors really clarifies the principle of interdependency between the physical inanimate dimension of the spaces and the live pulsating human dimension. A principle of conjunction and interdependency which we can define as *space/feeling/action*, the same as a living organism which is able to continuously self-analyse through social representation and sharing of the transformative elements, as well as being able to design conscious adaptable solutions activating the collective intelligence. The authors of the book describe this as "process-design within

progettare in modo consapevole soluzioni adattive attivando l'intelligenza collettiva. Gli autori del libro parlano a questo proposito di "processo-progetto entro uno scenario previsto", il che chiarisce ancora meglio la natura non più chiusa e predefinita, ma open source del contributo pianificatorio e progettuale che si costruisce nel tempo catalizzando e capitalizzando l'esperienza.

Il volume è la raccolta delle premesse e degli esiti del Workshop *PMO/Re-verse Hyper-cycling "Costa Sud"* svoltosi a Palermo nel settembre 2014 e in quanto tale è un concentrato sapientemente miscelato di teoria e pratica. Il workshop è stato infatti una iniziativa di progettazione urbanistica ma anche di politica urbana e di innovazione sociale prodotta nell'ambito del PRIN "*Re-cycle Italy*". Coordinato da Renato Bocchi, e promossa dall'UdR di Palermo insieme al Comune di Palermo, l'ANCE Palermo e l'Ordine degli Architetti, Pianificatori, Paesaggisti, Conservatori della Provincia di Palermo, il workshop ha prodotto concrete iniziative capaci di intervenire sia sugli stili di vita, sia sui modi d'uso del territorio e sulle forme di comunità, con l'obiettivo dichiarato di riportare i temi dello sviluppo al centro delle iniziative per il nostro mezzogiorno. Consultando alcune dinamiche territoriali post pandemia verrebbe da dire che gli autori abbiano ancora una volta anticipato il cambiamento.

Daniele Fanzini

#### REFERENCES

- Dioguardi, G. (2009), *Organizzazione, cultura, territorio*, Franco Angeli, Milano, Italia.
- Rizzo, F. (1989), *Economia del patrimonio architettonico ambientale*, Franco Angeli, Milano, Italia.

a planned scenario", which provides an even clearer picture of nature no longer confined and predefined, but an open source in the planning and design process which is built over time catalysing and capitalising the experience.

The volume is a collection of the prerequisites and results of the PMO/Re-verse Hyper-cycling "Costa Sud" Workshop held in Palermo in September 2014 and as such is a skilfully mixed concentrate of theory and practice. Indeed, the Workshop was an urban planning initiative which included urban policy and social innovation produced as part of PRIN "Re-cycle Italy". Coordinated by Renato Bocchi and promoted by the UdR of Palermo together with the Municipality of Palermo, ANCE Palermo and the Order of Architects, Planners, Landscapers, Preservationists of the Province of Palermo, the workshop produced

practical initiatives able to impact on the lifestyle, use of the territory and forms of community with the declared aim of bringing the issues of development back to the centre of the initiatives for our southern regions. With regards certain post-pandemic territorial dynamics, it may be said that the authors have once again anticipated the change.

Daniele Fanzini

a cura di/edited by Alessandro Claudi de Saint Mihiel

## Il nuovo “paesaggio domestico” dopo la pandemia Covid-19

Alessandro Claudi de St. Mihiel,

Responsabile della Rubrica Innovazione e sviluppo industriale

Nell'ultimo anno e mezzo, i diversi mesi passati in lockdown hanno messo in discussione i modelli – oramai consolidati – di habitat e degli spazi in cui viviamo. La pandemia ha accelerato tutte le criticità evidenziando i limiti di città, infrastrutture, architetture, spazi domestici e stili di vita determinati da archetipi e paradigmi ormai obsoleti.

Tuttavia questo ha comportato che il dibattito culturale si sia orientato sull'importanza della progettazione, dell'investimento sulla ricerca e dell'attivazione di dinamiche di *open innovation* evidenziando l'impatto sociale, economico e ambientale di misure innovative e sostenibili antropocentriche ed ecocentriche.

Fino agli eventi recenti, la casa aveva subito un processo di espansione oltre i propri confini fisici, svuotandosi gradualmente, ed espandendo la domesticità nello spazio pubblico della città (Lepore, 2004).

La crisi sanitaria ha evidenziato questioni che avrebbero potuto essere ignorate in precedenza, dando loro nuova urgenza. Il processo è stato rafforzato dalla recente rivoluzione digitale; le nuove tecnologie consentono di rendere molto più permeabili e porosi che in passato i confini simbolici che delimitano l'area entro cui prende forma l'idea di interno/esterno dello spazio domestico. In secondo luogo, la sostanziale *polifunzionalità* che sta caratterizzando sempre più frequentemente lo spazio della casa-abitazione, rende possibili livelli crescenti di flessibilità nella definizione delle pratiche e dei vissuti che si sviluppano entro i

### The new domestic landscape after the pandemic Covid-19

In the last year and a half, the several months spent in lockdown have questioned the consolidated habitat models and spaces in which we live. The pandemic has accelerated all critical issues by highlighting the limits of cities, infrastructures, architectures, domestic spaces and lifestyles determined by obsolete archetypes and paradigms.

However, this has meant that the cultural debate has focused on the importance of design, investment in research and the activation of open innovation dynamics, highlighting the social, economic and environmental impact of innovative and sustainable anthropocentric and ecocentric measures.

Until the recent events, the house had undergone a process of expansion beyond its physical borders, gradually emptying itself, and expanding domes-

ticity into the public space of the city (Lepore, 2004).

The health crisis has highlighted issues that could have previously been ignored, giving them new urgency. The process has been strengthened by the recent digital revolution; new technologies make the symbolic boundaries that delimit the area within which the idea of interior / exterior of the domestic space takes shape much more permeable and porous than in the past. Secondly, the substantial *multifunctionality* that is increasingly characterizing the house-dwelling space makes possible increasing levels of flexibility in the definition of practices and experiences that develop within the its borders. A flexibility that is a source of continuous negotiations (and often tensions) between those who share the frequentation of these spaces (Mandich and Rampazi, 2009).

confini di tale spazio. Una flessibilità che è fonte di negoziazioni (spesso, di tensioni) continue fra quanti condividono la frequentazione di tali spazi (Mandich and Rampazi, 2009).

Il significato dell'abitare, della domesticità, esito di una lunga evoluzione storica nel corso della quale una serie importante di processi macro (sviluppati in ambito economico, politico, tecnologico e così via) contribuiscono a delineare (a livello micro) una sfera specifica dell'esperienza quotidiana, si è fatto liquido; i confini e i riferimenti sociali tra sfera pubblica e privata si sono persi, o meglio fusi, comportando implicazioni in alcuni tra i temi più complessi e controversi della società moderna: la distinzione pubblico-privato e le trasformazioni spazio-temporali. Di questo processo sono state sottolineate le implicazioni negative. Richard Sennet mette in luce l'impovertimento che il rifugiarsi nella vita privata genera nella vita delle città che diventano luoghi sempre meno adatti alla vita pubblica, che dovrebbe costituirne l'essenza. È come se, in un certo senso, l'affermarsi della casa come rifugio assorbisse le energie sociali che un tempo animavano la città (Sennett, 2006).

Progettare architetture resilienti a shock sistemici come il Covid-19, ideare e produrre elementi di arredo flessibili e funzionali per i comparti residenziale e terziario, virare verso il *biophilic design*<sup>1</sup> costituirà la cifra del cambiamento futuro nella prassi progettuale e realizzativa dei manufatti alle diverse scale.

Si tratterà di adottare un approccio tecnico-sanitario, che agisce anche a livello inconscio con la funzione di assicurare gli utenti agendo sia su fattori oggettivi, legati agli aspetti normativi e tecnici, ma anche soggettivi, quali la percezione del rischio; dai sistemi con tecnologie *contactless* e *wireless* per minimizzare il contatto con superfici potenzialmente contaminate a sistemi

The meaning of living, of domesticity, as a result of a long historical evolution in the course of which an important series of macro processes (developed in the economic, political, technological spheres and so on) contribute to delineating (at the micro level) a specific sphere of daily experience, has become liquid; we lost, or rather merged, the boundaries and social references between the public and private spheres, with implications in some of the most complex and controversial themes of modern society: the public-private distinction and space-time transformations.

Some authors underlined the negative implications of this process. Richard Sennet highlights that taking refuge in private life produces the impoverishment of cities, that become less and less suitable for public life, which should be their essence. In a certain

sense, the affirmation of the house as a refuge seems to absorb the social energies that once animated the city (Sennett, 2006).

Designing architectures that are resilient to systemic shocks such as Covid-19, producing flexible and functional furnishing elements for the residential and tertiary sectors, turning towards biophilic design<sup>1</sup> will constitute the key to future change in the design and construction practice at different scales.

A technical-health approach should be adopted; it could reassure users also at an unconscious level, by acting on both objective factors, related to regulatory and technical aspects, and on subjective factors, such as the perception of risk; from contactless and wireless technologies, in order to minimize the contact with potentially contaminated surfaces, to natural ventilation systems, from the use of materials that

di ventilazione naturale, dall'utilizzo di materiali che facilitano l'igiene o che azzerano la carica virale rapidamente al ricorso a soluzioni di arredo flessibili e configurabili per adattare gli ambienti al cambio continuo di utilizzo.

Alla scala urbana, negli ultimi anni, l'agenda è stata dominata dalle *smart city*. Il progetto *smart* ci ha visti impegnati in una sfida digitale senza precedenti, includendo la tecnologia in tutti gli ambiti urbani, dalle piazze ai percorsi, nel sistema dei trasporti e nella fruizione dei servizi, in una corsa continua verso la connessione e la tecnologia. Oggi *smart* non basta più. Il passo ulteriore da compiere è verso la *safe city*: si guarda a modelli di città dove la tecnologia dialoga con la necessità di sicurezza e di controllo degli spazi, per ripristinare un senso di tranquillità nelle persone. Il *design* entrerà in stretta relazione con i dati, i requisiti *smart* e *safe* saranno affrontati contestualmente per orientarsi nella pianificazione urbana contemporanea (Pierotti and Nonni, 2020).

Nel 1972 al MoMa di New York la mostra "Italian: the new Domestic Landscape" curata da Emilio Ambasz segnò il lancio del design italiano nel mondo, puntando i riflettori su una nuova generazione di progettisti tra cui Mario Bellini, Gae Aulenti, Ettore Sottsass, Alberto Rosselli, Marco Zanuso.

I progettisti furono invitati a ideare ambienti e elementi d'arredo capaci di attivare nuovi rituali e abitudini lungo tutto l'arco della giornata, creando spazi capaci di ospitare oggetti "mutanti" nella forma e nella funzione, metafora dell'identità di una società che stava vivendo una profonda metamorfosi. La realtà domestica, quindi, come luogo di sperimentazione sociale oltre che estetica. La crisi internazionale che stiamo vivendo ci mette in una condizione simile, in cui poter immaginare nuovi modi di vivere, lavorare e muoversi.

facilitate hygiene or that quickly eliminate the viral load, to the use of flexible furniture to adjust the spaces to the continuous change of use.

At the urban scale, in recent years, the agenda has been dominated by smart cities. The smart project saw us engaged in an unprecedented digital challenge, including technology in all urban areas, in a continuous race towards connection and technology. Today smart is no longer enough. The further step to take is towards the safe city: we look at city models where technology dialogues with the need for safety and control of spaces, to restore a sense of tranquility in people.

Design will enter into a close relationship with data, smart and safe requirements will be addressed at the same time to get orientation in the contemporary urban planning (Pierotti and Nonni, 2020).

In 1972 at the MoMA in New York the exhibition "Italian: the new Domestic Landscape" curated by Emilio Ambasz marked the launch of Italian design in the world, shedding the spotlight on a new generation of designers, including Mario Bellini, Gae Aulenti, Ettore Sottsass, Alberto Rosselli, Marco Zanuso. The designers were invited to devise environments and furnishing elements capable of activating new rituals and habits throughout the day, creating spaces capable of hosting "mutant" objects in form and function, a metaphor for the identity of a society that was experiencing a profound metamorphosis. The domestic reality, therefore, as a place of social, as well as aesthetics, experimentation.

The international crisis we are experiencing puts us in a similar condition, in which we can imagine new ways of living, working and moving.

L'abitazione di domani sarà diversa; dobbiamo immaginarla come un ecosistema aperto e digitale, un ambiente estroverso, proteso verso lo spazio esterno che temporaneamente ci può essere negato.

Lo spazio dell'abitare, come un parassita, deve potersi espandere in modo organico, crescendo in funzione dei flussi degli utenti che lo abitano. La tecnologia in questo senso può aiutare dal punto di vista progettuale e costruttivo. Dobbiamo poter trasformare spazi di lavoro in spazi di svago; proiezioni immersive devono permetterci di guardare un film, effettuare una *conference call* o viaggiare con la realtà aumentata. A questi devono essere aggiunti spazi per l'attività fisica, per orti domestici, per immaginare ogni finestra in un punto di vista diverso sul mondo (Pininfarina Architecture, 2020).

Molti degli scenari ipotizzati su come avremmo abitato in futuro potrebbero essere azzerati, o almeno mutati, rispetto a una percezione forse superficiale che avevamo del mondo attuale e dei suoi possibili cambiamenti. Ma c'è molto di più. In questi ultimi anni si profetizzavano mutazioni che avrebbero quasi cancellato la casa per come noi la conosciamo. Così, quell'intimo luogo dell'abitare su cui per anni si è riflettuto poco e discusso ancor meno, dandolo quasi per scontato, si è ripreso tutto il suo valore emotivo e progettuale (Molinari, 2020).

Come ha affermato Michele De Lucchi in una recente intervista a L'Espresso, «bisogna forse imparare a essere meno incatenati agli spazi, agli oggetti e alla loro disposizione». Flessibilità e trasformabilità sono quindi i tratti salienti, e anche indispensabili, della contemporaneità. Intimità è allora l'altra parola che si fa largo in questo spazio abitativo influenzato dalla pandemia. Un'intimità resiliente, capace di trovare risorse e riscatto anche in questa ri-

Tomorrow's home will be different; we must imagine it as an open and digital ecosystem, an extroverted environment, reaching out towards the external space that can be temporarily denied to us.

The living space, like a parasite, must be able to expand organically, growing according to the flows of users who inhabit it. In this sense, technology can help from a design and construction point of view. We need to be able to transform work spaces into leisure spaces; immersive projections must allow us to watch a film, make a conference call or travel with augmented reality. Spaces for physical activity, for home gardens, to imagine each window in a different point of view on the world must be added to these (Pininfarina Architecture, 2020).

Many of the scenarios hypothesized on how we would have lived in the future

could be reset, or at least changed, with respect to a perhaps superficial perception we had of the current world and its possible changes. But there is much more. In recent years mutations that would have almost wiped out the house as we know it have been prophesied. Thus, that intimate place of living on which for years there has been little reflection and even less discussion, almost taking it for granted, has recovered all its emotional and design value (Molinari, 2020).

As Michele De Lucchi said in a recent interview with L'Espresso, «perhaps we need to learn to be less chained to spaces, objects and their arrangement». Flexibility and transformability are therefore the salient, and also indispensable, features of contemporaneity. Intimacy is then the other word that makes its way into this living space affected by the pandemic. A resilient



Casa Ponti, Milano. 1956-1957. Gio Ponti, Antonio Fornaroli, Alberto Rosselli. The house in via Dezza, the last residence of Ponti, who lived on the eighth floor of the building, takes on all his reflections on the modern house, adopting its spatial inventions. Figure: Gio Ponti Archive

duzione di relazioni, in questa incertezza fatta di cambiamenti continui. Ed è su questa intimità che si costruisce il canovaccio del nuovo racconto domestico, che si riscrivono spazio e arredi per lavoro, studio, sonno e svago, per i momenti pubblici e quelli privati (Di Caro, 2020).

Il vivere quotidiano, fatto di affetti, riti ordinari come cucinare e lavare e dormire, dovrà condividere il medesimo spazio (e gli stessi metri quadrati), del lavorare, fare riunioni, progettare, inventare, studiare. Ci sarà un sistema di arredi a geometria variabile. Alla fine è probabile che dovremo abituarci a far sì che la camera da letto diventi un piccolo “monocale polivalente”, in grado di adattarsi nel corso della stessa giornata ai differenti usi (Boeri, 2020).

A valle di queste considerazioni preliminari, questo numero della Rubrica ha individuato quale qualificato interlocutore la Ciat Design S.r.l., storica e internazionale realtà operante nel settore dell'arredamento di interni. Nelle pagine seguenti, l'arch. Michela Turco svilupperà alcuni ragionamenti sulle tematiche delineate in premessa e pertinenti il *know how* dell'azienda.

*1. Dalla primavera del 2020 la pandemia Covid-19 ha fermato interi comparti industriali tra cui la filiera del design: come sono cambiate dal suo punto di osservazione le modalità dell'abitare? E nello specifico come il settore dell'arredamento di interni si è modificato, rispondendo in termini progettuali e produttivi, a un tale stravolgimento?*

La pandemia ha agito come un catalizzatore nella relazione esistente tra l'individuo e la “casa”.

Il legame che ognuno di noi tesse con la propria casa appartiene

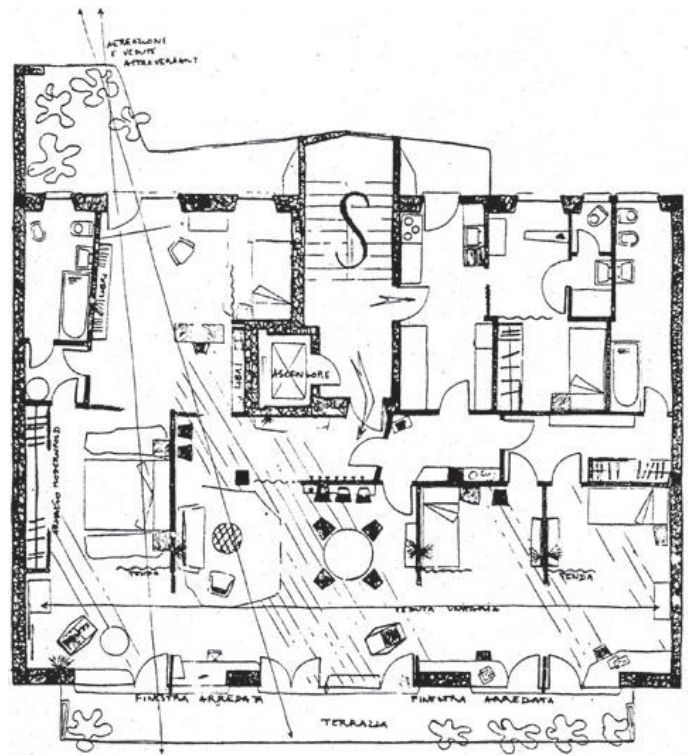
intimacy, capable of finding resources and redemption even in this reduction of relationships, in this uncertainty made up of continuous changes. We have to build upon this intimacy the plot of the new domestic story, which rewrites space and furnishings for work, study, sleep and leisure, for public and private moments (Di Caro, 2020).

Daily living, made up of affections, ordinary rituals such as cooking and washing and sleeping, will have to share the same space (and the same square meters), of working, having meetings, planning, inventing, studying. There will be a system of variable geometry furniture. In the end it is likely that we will have to get used to making the bedroom become a small “multipurpose studio”, able to adapt to different uses during the same day (Boeri, 2020).

Following these preliminary considerations, this number of the Feature has identified Ciat Design S.r.l., a historical and international company operating in the interior design sector, as a qualified interlocutor. In the following pages, arch. Michela Turco will develop some thoughts on the issues outlined in the introduction and pertinent to the company's know-how.

*1. Since the spring of 2020, the Covid-19 pandemic has stopped entire industrial sectors including the design chain: how have the ways of living changed from your point of view? And specifically, how has the interior design sector changed, responding in design and production terms, to such an upheaval?*

The pandemic acted as a catalyst in the relationship between the individual and the “home”.



alla sfera più intima ed autentica di ciascuno, perché afferisce e soddisfa il bisogno primario del riparo e della sopravvivenza.

Tutti nasciamo con questo bisogno, e tutti abbiamo necessità di soddisfarlo. La casa è, per sempre e per ognuno, il luogo in cui si svolge la vita. Dove la vita scorre e si rappresenta. Dove si svolgono le funzioni principali: mangiare, dormire, lavarsi, curarsi e curare, lavorare, ricevere, riposare; ma è anche il luogo che accoglie la nostra dimensione interiore, le nostre emozioni, i nostri ricordi, i nostri sogni, le nostre paure. La pandemia ci ha costretto a fare i conti con questo spazio in ogni suo aspetto. I decreti ministeriali l'hanno resa luogo di lavoro, esilio, carcere, talvolta ricovero, eppure, quando ci hanno liberati, i nostri

The bond we weave with our home belongs to our most intimate and authentic sphere, because it affects and satisfies the primary need for shelter and survival.

We are all born with this need, and we all need to fulfill it. The home is, forever and for everyone, the place where life takes place and flows. Where the main functions take place: eating, sleeping, self-washing, self-caring and caring, working, receiving, resting; but it is also the place that welcomes our inner dimension, our emotions, our memories, our dreams, our fears. The pandemic has forced us to deal with this space in every aspect. The ministerial decrees made it a place of work, exile, prison, sometimes a shelter, yet, when they released us, our showrooms were filled with enthusiastic customers eager to adapt their spaces to new needs.

I believe that the attention to the home in the “post-pandemic” phase has confirmed this ancestral need, recognizing and enhancing its value, permeating it with a sort of ethical will, more oriented towards aesthetics.

The search for beauty is an omnipresent thrust in the knowledge and understanding of the world around us and the pandemic, confining us to our own microworld, has favored the projection of this aesthetic tension within each microworld.

We have all had the desire, in this period more than ever, to live in a beautiful, healthy house, far from sadness and fear, as if to truly believe that beauty can save us.

The requests of our customers in the last period have been to adapt and/or transform rooms dedicated to typically domestic functions into “variable” functions: office, skype workstation, or even

showroom si sono riempiti di clienti entusiasti e desiderosi di adeguare i propri spazi alle nuove esigenze.

Ritengo che l'attenzione alla casa in fase "post pandemica" abbia confermato questo bisogno ancestrale, riconoscendone e potenziandone il valore, permeandolo di una sorta di volontà etica maggiormente orientata verso l'estetica.

La ricerca del bello è una spinta onnipresente nella conoscenza e nella comprensione del mondo che ci circonda e la pandemia, confinando ognuno di noi nel proprio micromondo, ha favorito la proiezione di questa tensione estetica all'interno di ciascun micromondo.

Tutti abbiamo avuto il desiderio, in questo periodo più che mai, di abitare in una casa bella, sana, lontana dalla tristezza e dalla paura, come a credere davvero tutti che la bellezza possa salvarci. Le richieste dei nostri clienti nell'ultimo periodo, sono state quelle di adeguare e/o trasformare stanze deputate a funzioni tipicamente domestiche in funzioni "variabili": ufficio, postazione skype, o anche stanze *relax*, o ancora possibilità di frammentare spazi o al contrario di annetterne.

C'è stata anche una grande attenzione agli spazi esterni, ai terrazzi, ai balconi, polmoni simbolici della nostra esistenza, progettati oggi non solo per accogliere, ma anche per stare, per coltivare, per piantare, per innaffiare.

La casa diventa polifunzionale, pulsante, mimesi di svariati altrove. Sui tavoli si mangia, si studia, si lavora. Le cucine sono aperte e accoglienti. Le pareti diventano mobili, talvolta aprono, talaltra chiudono. I salotti possono diventare cinema o palestre. Vanno smontandosi paradigmi obsoleti, divisioni tra il giorno e la notte, il pubblico e il privato, l'interno e l'esterno e la casa accoglie la vita in tutti i suoi aspetti, sia quelli privati, sia quelli

relaxation rooms, or even the possibility of fragmenting or annexing spaces. There was also great attention to outdoor spaces, terraces, balconies, symbolic lungs of our existence, designed today not only to welcome, but also to stay, to cultivate, to plant, to water. The house becomes multifunctional, pulsating, mimesis of many elsewhere. We eat, study, work on the tables. Kitchens are open and welcoming. The walls become mobile, sometimes they open, sometimes they close. The living rooms can become cinemas or gyms. We have to dismantle obsolete paradigms, divisions between day and night, public and private, interior and exterior; home welcomes life in its both private and public aspects. The lockdown constraints favored a digital opening, the only tool capable of bringing out who and what was inside and vice versa.

Technology has allowed us to oppose the tight advance of a horizon that continued to shorten, it has allowed us to breathe when our comfort bubble, continuously manned, threatened suffocation and explosion.

In short, to conclude, I would say that in this historical and social framework the concept of home, understood as exposed, care and shelter for our mind and for our spirit, we have clung to it recognizing it in its archetypal meaning, finally grasping its value.

*2. What services have been available to consumers and users in an already volatile and global market and what role do the new digital-supported sales methods play and will play in the post-pandemic future?*

Ciat Design S.r.l. is a family company born in the late 1960s, in a totally dif-

ferent time; today we are in the third generation and compared to the past, the link with the territory has changed and the concept of "bourgeois" home has been overcome.

Almost sixty years have passed and everything has changed, except the curiosity and passion that still govern our doing and allow us to be a highly dynamic reality today.

Always present in the area, our headquarters are spread over 10.000 sq. meters of which 7.000 are dedicated to showrooms, the rest includes offices and warehouses. The logistics area covers an internal area of approximately 2.500 sq. meters and plays a fundamental role in our work. We have also recently opened a boutique of about 300 sq. meters in the city center of Naples to be closer to customers who are refractory to travel in the province.

*2. Quali sono stati i servizi a disposizione del consumatore e dell'utente in un mercato già così volatile e globale e che ruolo svolgono e svolgeranno le nuove modalità di vendita supportate dal digitale nel futuro post-pandemico?*

La Ciat Design S.r.l. è un'azienda nata sul finire degli anni 60 a carattere familiare in un momento storico totalmente differente da questo; oggi siamo alla terza generazione e rispetto al passato si è modificato il legame col territorio e superato il concetto di casa "borghese".

Sono trascorsi quasi sessanta anni ed è cambiato tutto, tranne la curiosità e la passione che ancora governano il nostro fare e ci consentono di essere oggi una realtà fortemente dinamica.

Presenti sul territorio da sempre, il nostro *headquarter* si sviluppa su oltre 10.000 mq di cui 7.000 dedicati a showroom, il resto comprende uffici e depositi.

L'area destinata alla logistica si estende su una superficie di circa

In 2014 we embarked on a new path, from the territory to e-commerce; from Ciat Arredamenti to Ciat Design. This turn represented our "answer" to tackle the economic crisis of recent years. Just like the giraffes that have stretched their necks to survive, we too, with a lot of courage, little by little, have figured out how to adapt to the new era.

Openness to digital and faith in new technologies have represented a highly performing tool for us, even in this pandemic phase.

Today we have become a reference point for both private customers and sector operators all over the world. We follow numerous residential and contract projects in many European and non-European countries. We work as a design hub by exporting our passion and our know-how to every continent, following our customer in every phase

2500 mq interni ed ha un ruolo fondamentale nel nostro lavoro. Inoltre abbiamo da poco più di un anno aperto una boutique di circa 300 mq al centro della città di Napoli per essere più vicini alla clientela refrattaria agli spostamenti in provincia.

Nel 2014 abbiamo intrapreso una nuova strada, dal territorio all'*e-commerce*; da Ciat Arredamenti a Ciat Design. Questa virata ha rappresentato la nostra "risposta" per fronteggiare la crisi economica degli anni scorsi. Proprio come le giraffe che hanno allungato il collo per sopravvivere, anche noi, con moltissimo coraggio, un pò alla volta, abbiamo capito come adattarci alla nuova era.

L'apertura al digitale e la fede nelle nuove tecnologie hanno rappresentato per noi uno strumento altamente performante, anche in questa fase di pandemia.

Oggi siamo diventati un punto di riferimento sia per i clienti privati che per gli operatori del settore in ogni parte del mondo. Seguiamo numerosi progetti residenziali e *contract* in tantissimi paesi, europei ed extra europei. Lavoriamo come un *hub* del design esportando la nostra passione ed il nostro *know-how* in ogni continente, seguendo il cliente in ogni fase del suo progetto, con tantissimi servizi extra.

Ciat Design non rappresenta solo un negozio online dove acquistare, ma è un micromondo, una piattaforma digitale dove scoprire di più sul design e sull'arredamento, vedere in anteprima i prodotti delle nuove collezioni, avere anticipazioni sulle nuove tendenze, ma soprattutto dove trovare competenza e professionalità sempre a disposizione.

Alle spalle di questa realtà virtuale lavorano persone giovani e preparate, formate per assistere il cliente, interpretare il loro bisogno parlando ogni volta una lingua diversa, dall'inglese allo

of his project, with many extra services.

Ciat Design is not just an online store where you can buy, but it is a microworld, a digital platform where you can find out more about design and furniture, get previews of the new collections and trends, but above all where to find always available expertise and professionalism.

Behind this virtual reality, young trained people work, they assist the customers, interpret their need by speaking a different language each time, from English to Spanish, from German to Russian. We are resellers of over 400 Italian and foreign brands, and we are always looking for new talents and inspirations.

We strongly believe in synergy with manufacturing companies and with many of them we boast very long and strategic partnerships. In the same way

we take care of relations with external professionals, architects, interior designers and operators in the sector. Teamwork allows us to obtain happy results, each project becomes unique and unrepeatable and often surprises the customer because it exceeds initial expectations.

My hope for the future is that this awakening, this interest in the domestic space, does not fall asleep; I strongly believe that living in "beautiful" places contributes to the psychophysical well-being and happiness of each of us.

#### NOTES

<sup>1</sup> Biophilic design «is not about greening our buildings or simply increasing their aesthetic appeal through inserting trees and shrubs. Much more, it is about humanity's place in nature, and the natural world's place in human society» (Kellert *et al.*, 2008).

spagnolo, dal tedesco al russo. Siamo rivenditori di oltre 400 *brand*, italiani ed stranieri, e siamo sempre alla ricerca di nuovi talenti e nuove ispirazioni.

Crediamo fortemente nella sinergia con le aziende produttrici e con molte vantiamo partnership lunghissime e strategiche. Allo stesso modo curiamo i rapporti coi professionisti esterni, architetti, *interior designer* ed operatori del settore. Il lavoro in team ci consente di ottenere risultati felici, ogni progetto si fa unico ed irripetibile e spesso sorprende il cliente perché supera le aspettative iniziali.

Il mio auspicio per il futuro è che questo risveglio, questo interesse sullo spazio domestico, non si assopisca; credo fortemente che vivere in luoghi "belli" contribuisca al benessere psicofisico e alla felicità di ognuno di noi.

#### NOTE

<sup>1</sup> Il design biofilo «non consiste nel rendere più ecologici i nostri edifici o semplicemente aumentare il loro fascino estetico inserendo alberi e arbusti. Molto di più, riguarda il posto dell'umanità nella natura e il posto del mondo naturale nella società umana» (Kellert *et al.*, 2008).

#### REFERENCES

Arnaldi, V. (2020), "Dalla crisi nasce la casa fluida", intervista a Stefano Bori, Il Messaggero, 18 novembre.

Di Caro, R. (2020), "La casa è mobile: l'abitare dopo la pandemia secondo Michele De Lucchi", intervista a Michele De Lucchi, L'Espresso, 19 giugno.

Kellert, S.F., Heerwagen, J.H. and Mador, M.L. (Eds.) (2008), *Biophilic Design: The Theory, Science & Practice of Bringing Buildings to Life*, John Wiley & Sons, Hoboken New Jersey, USA.

Lepore, M. (2004), *Progettazione bioclimatica in ambito urbano*, Aracne Editrice, Roma, Italia.

Mandich, G. and Rampazi, M. (2009), *Domesticità e addomesticamento. La costruzione della sfera domestica nella vita quotidiana*, Quaderni di Ricerca del Dipartimento di Ricerche Economiche e Sociali, Sociologia@DRES, Cagliari, Italia.

Molinari, L., (2020), *Le case che saremo, abitare dopo i lockdown*, Nottetempo, Milano.

Pierotti, P. and Nonni, A. (2020), *DesignTech for future. Design e tecnologia per progettare il mondo dopo il Covid-19*, White Paper, Milano, Italia.

Pininfarina Architecture (2020), *DesignTech for future. Design e tecnologia per progettare il mondo dopo il Covid-19*, White Paper, Milano, Italia.

Sennet, R. (2006), *Il declino dell'uomo pubblico*, Bruno Mondadori, Milano, Italia.







