

Filippo Angelucci, Cristiana Cellucci, Michele Di Sivo, Daniela Ladiana,
Dipartimento di Architettura, Università degli Studi G. d'Annunzio di Chieti-Pescara, Italia

filippo.angelucci@unich.it
cristiana.cellucci@gmail.com
michele.disivo@unich.it
daniela.ladiana@unich.it

Abstract. Dopo la serie di eventi sismici 'severi' avviatisi dal 2009, gli strumenti legislativi italiani classificano i materiali di demolizione come rifiuti urbani, nonostante la Direttiva 2008/98/CE tenda entro il 2020 al 70% del riuso/riciclo di tutti i residui da attività umane. Questo produrrà un impoverimento tecnico, culturale, ambientale ed economico per territori già gravemente provati. Partendo dalla convergenza tra i paradigmi dell'Economia Circolare e della *Smartness*, il saggio individua le innovazioni tecnologiche avviabili attraverso una rete di archivi dei materiali da demolizione. Luoghi in cui attività e spazialità collettive, per la selezione, riuso e riciclo, possono generare forme di resilienza socio-organizzativa-collettiva per affrontare perdite e danni subiti dalle comunità.

Parole chiave: Economia circolare; *Smartness*; Riuso; Manutenzione riparativa; Resilienza post sisma.

Un nuovo quadro problematico nei territori del 'cratere'

Il territorio italiano, dal 2009, è stato colpito da eventi sismici di medio-elevata entità¹ che hanno fatto rilevare nuove 'straordinarie' emergenze andate ad aggiungersi alle già gravi situazioni emergenziali definibili però 'ordinarie' per un Paese che da sempre convive con il rischio sismico. Un'ampia porzione del territorio peninsulare, caratterizzata da una struttura insediativa policentrica, storicamente consolidata e ancora economicamente attiva grazie alle sue ricchezze storiche, culturali e paesaggistiche (Ernst & Young, 2016), ha subito ingenti danni.

Dopo questi eventi sismici sono emersi dati importanti riferiti non solo ai danni subiti dal patrimonio edilizio (strutturali, simbolici, immobiliari) e dalle popolazioni (perdite umane, sintomi post-trauma), ma anche alle ricadute negative sul quadro tecnico-costruttivo delle attività di ricostruzione e sulle dinamiche socioeconomiche e insediative dei territori colpiti.

A repository of recovered materials from post-earthquake reconstruction areas

Abstract. Following the series of 'severe' seismic events that began in 2009, Italian legislation classified demolition debris as urban waste, despite Directive 2008/98/EC calling for the reuse/recycling of 70% of all waste from human activities by 2020. This choice will produce a technical, cultural, environmental and economic impoverishment in territories already under heavy strain. Considering the convergence between the paradigms of the Circular Economy and *Smartness*, the essay identifies possible technological innovations for creating repositories of recovered materials. Collective activities and spatialities tied to processes of selection, reuse and recycling can generate forms of social-organisational-collective resilience required to confront the losses and damages suffered by a community.

Keywords: Circular economy; *Smartness*; Reuse; Restorative maintenance; Post-earthquake resilience.

Considerando i dati riferiti a uno dei crateri più estesi² delinea-tosi con la sequenza sismica di Amatrice dall'agosto 2016, emergono alcune evidenze.

Nelle indagini ISTAT riferite a 140 comuni con danni gravi risultava un 66,4% degli edifici residenziali realizzati con struttura portante in muratura (rispetto al valore nazionale del 57,2%), un 22,5% con strutture in CIs armato (su 29,5% nazionale) e un 11,1% con altre tecniche (su 13,3% nazionale). Una quota pari all'82,1% del totale degli edifici aveva uno sviluppo su due o tre piani. Di questo patrimonio edilizio solo l'87,8% era utilizzato per usi strettamente residenziali mentre nel 12,2% si accoglievano usi non residenziali (di servizio, produttivi, ricettivi) con un'importante quota del 30,8% di abitazioni vuote oppure occupate da non residenti (ISTAT, 2017).

Negli stessi comuni, le attività produttive prevalenti registrate dopo l'ultimo censimento del 2011 erano espressione di una vocazione tendenziale per il comparto delle costruzioni pari al 13,7% delle unità locali (contro l'11,6% del quadro italiano) e per il 74,5% nel macrosettore dei servizi (contro il 78,3% nazionale) (ISTAT, 2014). La presenza di 3.878 esercizi attivi nel settore turistico (ricettivi, alberghieri, extra-alberghieri) faceva registrare una disponibilità di 74,2 posti letto ogni mille abitanti su un valore nazionale pari a 80,3 (ISTAT, 2015).

Questi dati fanno emergere un'ampia area insediativa in cui i danni al patrimonio costruito hanno comportato ripercussioni che vanno ben oltre la perdita della casa. Entrano di fatto in gioco impatti negativi sulle economie di un territorio in cui le at-

A New Set of Problems for Territories in the Earthquake 'Crater'

Since 2009, the Italian territory has been plagued by a series of earthquakes of medium-high intensity¹. These events have added new 'extraordinary' emergencies to the already serious 'ordinary' situations supported by a country that has always coexisted with seismic risk. Widespread damage has been suffered by a vast portion of the Italian Peninsula, characterised by a polycentric and historically consolidated structure of settlement that maintains an economic vitality thanks to its historic, cultural and landscape heritage (Ernst & Young, 2016).

These recent earthquakes were followed by the release of important information not only about the damages suffered by Italy's tangible heritage (structural, symbolic, real estate stock) and its population (loss of hu-

man life, post-trauma symptoms), but also regarding the negative effects on the technical-physical aspects of reconstruction and socio-economic and settlement dynamics in affected areas. Information relative to one of the largest seismic craters² caused by the 2016 Amatrice earthquake reveals the following.

ISTAT studies of 140 towns that suffered serious damages show that 66.4% of residential buildings were constructed with masonry load bearing structures (compared to a national average of 57.2%), 22.5% in reinforced concrete (national average 29.5%) and 11.1% using other techniques (vs. 13.3%). Some 82.1% of all buildings are two to three-floors in height. Of this stock, 87.8% was used strictly for residential purposes, while 12.2% also hosted non-residential uses (services, production, hospitality), with a signifi-



01 | Qualità delle macerie nell'area del cratere. Foto di: M. Marà, S. Stampatori, T. Zechini
Quality of wreckage in the post-earthquake crater. Photo by: M. Marà, S. Stampatori, T. Zechini

tività turistico-ricettive, produttive enogastronomico-artigianali e socio-culturali trovano spazio e attrattività proprio nell'essere integrate nel tessuto edilizio dei centri abitati.

Al danno immediatamente rilevabile sugli edifici (crollati o da demolire) si aggiungono così due ulteriori aspetti gravosi differiti nel tempo medio/lungo e per i quali saranno necessarie linee di intervento innovative.

Il primo riguarda i tempi di rimozione delle macerie (Fig. 1): se ridotti, comportano azioni di smaltimento in discariche indifferenziate; se troppo estesi, rallentano la ripresa della vitalità delle zone colpite. Il secondo aspetto è relativo al recupero selettivo dei materiali. In sua assenza, si perdono non solo preziose risorse reimpiegabili, ma si obbliga a una ricostruzione tutta basata sull'uso di materiali nuovi che produrrà un ulteriore impoverimento economico, tecnico e culturale.

Paradigmi convergenti

La materia del costruito non può essere considerata statica e morfologicamente compiuta. È sempre 'artefatta', perché concretizza nel tempo risorse ed energie che le hanno conferito forme, funzioni e significati simbolici. È quindi materia che può vivere

cant quota (30.8%) of homes either unoccupied or occupied by non-residents (ISTAT, 2017).

In the same towns, the primary productive activities registered during the most recent census in 2011 revealed that 13.7% of local units were related to the building industry (compared to an Italian average of 11.6%) and 74.5% to the macro-sector of services (vs. the national value of 78.3%) (ISTAT, 2014).

The presence of 3,878 exercises operating in the tourism sector (hospitality, hotels, non-hotel accommodations) revealed a value of 74.2 beds per every one thousand persons, compared to a national value of 80.3 (ISTAT, 2015). These numbers describe a vast inhabited area in which the repercussions of damages to built heritage extend far beyond the loss of homes. Negative impacts spread to the economies of a ter-

ritory dedicated to tourism-hospitality, food/wine-handicraft, productive and socio-cultural activities, attractive precisely for their integration within the built fabric of historic centres.

The damages immediately visible to buildings (collapsed or to be demolished) are accompanied by additional serious medium/long-term conditions, in need of innovative approaches.

One involves the time required to remove debris (Fig. 1): when limited, debris is indiscriminately consigned to generic landfills; when overly lengthy, the return of activities to affected areas is slowed. A second aspect involves the selective recovery of materials. When absent, we lose precious reusable resources and mandate an approach to reconstruction based entirely on the use of new materials, which produces an additional technical, cultural and economic impoverishment.

più cicli di vita e deve entrare a far parte di un progetto più ampio, per superare la cultura dell'usa e getta senza riparazione (Latouche, 2013) e per diffondere una progettualità basata anche sulla selezione/reintegrazione di resti e spoglie del costruito (Friedman, 2009; Emery, 2011).

Anche la materia risultante da crolli e demolizioni (CeD) delle aree colpite da un sisma può entrare a far parte di circuiti innovativi di recupero, riciclo e riuso.

È infatti riscontrabile una convergenza tra due importanti paradigmi della contemporaneità che stanno comportando mutazioni radicali del costruire, cambiandone le modalità di pensare, utilizzare e integrare le risorse materiali.

Un primo paradigma riguarda l'economia circolare (EC) che oggi attraversa una fase andata ben oltre il superamento del principio 'produci, consuma, smaltisci' (nel caso delle aree colpite dal sisma, demolisci, smaltisci, produci). Si sta infatti diffondendo una visione 'rigenerativa' dell'idea di circolarità (AISEC, 2017) per recuperare materia anche a fine ciclo di vita degli artefatti. Attribuendo all'economia un'accezione «restorative by intention and by design» (MacArthur Found., 2013), l'EC passa da un ruolo reattivo a un approccio proattivo, attraverso tre principali

Converging Paradigms

The material consistency of human building cannot be considered static or morphologically complete. It remains an 'artefact', something that has given concreteness over time to the resources and energies that served to create its forms, functions and symbolic meanings. For this it is matter that lives through more than one lifecycle and must become part of a vaster project, designed to overcome a throwaway society that no longer repairs anything (Latouche, 2013) and favour a design approach based on the selection/reintegration of discarded material and construction waste (Friedman, 2009; Emery, 2011).

Material from collapses and demolitions (C&D) in areas affected by earthquakes can also become part of innovative cycles of recovery, recycling and reuse.

In fact, there is a convergence between two important paradigms of our contemporary era, causing radical changes in how we build, and modifying the ways we think about, utilise and integrate material resources.

An initial paradigm involves the Circular Economy (CE), now in a phase that has moved well beyond simply overcoming the principle of 'producing, consuming, disposing' (in the case of areas affected by earthquakes, demolishing, disposing, producing). A new 'regenerative' vision of circularity is beginning to spread (AISEC, 2017), focused on recovering materials at the end of an artefact's lifecycle. Attributing the notion of «restorative by intention and by design» to the economy (MacArthur Found., 2013), the CE passes from a reactive role to a proactive approach through three principal strategies: the useful applica-

strategie: utile destinazione dei materiali, estensione della vita utile di beni/componenti, intelligente utilizzo/lavorazione dei prodotti (Potting *et al.*, 2017).

Tali strategie comportano gradienti di circolarità crescenti, in base alle innovazioni di processo/prodotto messe in campo. Esse possono contribuire nel trasformare i principi dell'EC in pratiche attive per un'intelligenza collettiva, basata sulla partecipazione degli abitanti nel recupero, riparazione e riuso dei resti del patrimonio andato perduto, come materia da rigenerare. Rintracciando valori anche nei materiali non più utilizzati per reimpiegarli nella ricostruzione (Turner *et al.*, 2003); aumentando i cicli d'uso dei materiali (*life cycle approach*) minimizzando la produzione di scarti (Campioli *et al.*, 2017); favorendo la cura delle risorse di scarto, anche con incrementi valoriali, per incentivarne lo scambio nei futuri cicli edilizi.

Il secondo paradigma riguarda invece la *smartness* (Sm) che, inizialmente, è stata considerata solo per l'efficienza dei dispositivi digitali nelle cosiddette città smart. In seguito, ha assunto importanza nella valutazione dell'efficacia degli strumenti digitali e della qualità delle informazioni per i processi partecipativi e decisionali che incidono sulle trasformazioni del capitale sociale, umano e naturale. Di recente però il paradigma della Sm ha assunto una declinazione legata alle innovazioni dei territori locali, in termini economici, culturali e costruttivi (Bonomi e Masiero, 2014).

È in quest'ultima accezione che la *smartness* converge verso il concetto di circolarità economica, mettendo in gioco creatività e risorse collettive che possono riguardare anche il riutilizzo della materia proveniente dal patrimonio irrimediabilmente danneggiato dal sisma. Attraverso la costituzione di reti di *prosumer* e *maker* (manutentori/riparatori) che condividono esperienze, saperi

of materials, the extended lifespan of a product and its parts, smarter product use and manufacture (Potting *et al.*, 2017).

These strategies comport growing degrees of circularity, based on innovations to process/product. They can contribute to transforming the principles of the CE into active practices for a smarter society, based on the participation of users in the recovery, repair and reuse of the remains of lost heritage, as material to be regenerated. Assigning values to materials that have lost their use by reutilising them for new reconstruction (Turner *et al.*, 2003); increasing the cycles of use of materials (*life cycle approach*) and minimising waste production (Campioli *et al.*, 2017); caring for discarded resources, and increasing their value, to stimulate their exchange within future cycles of construction.

The second paradigm involves *smartness* (Sm), initially considered solely in relation to the efficiency of digital devices for so-called smart cities. Successively, it became an important variable for verifying the efficacy of digital tools and the quality of information used in participatory and decision-making processes affecting transformations of social, human and natural capital. Recently, however, the paradigm of Sm is taking on a definition associated with economic, cultural and building-related innovations in local territories (Bonomi and Masiero, 2014). In relation to this latter definition, *smartness* converges toward the concept of a circular economy, bringing into play creativities and collective resources that may also include the reuse of materials from buildings irremediably damaged by an earthquake. By creating networks of *prosumers* and

tecniche e culture costruttive per l'*upcycling* (Cattaneo, 2013); organizzando filiere basate sulle tecnologie digitali e l'autovalutazione/ricalibrazione per l'uso/riuso delle risorse di scarto; condividendo le forme di reimpiego dei materiali di recupero, come strategia resiliente di comunità per affrontare la ricostruzione (Klein, 2008).

Le evidenze sperimentali Una serie di sperimentazioni nazionali e internazionali mostrano l'evidente possibilità di superare il modello lineare di produzione dell'economia classica, esplorando le possibili convergenze tra Economia Circolare e *smartness*, passando dall'approccio *cradle to grave* verso nuovi modelli *cradle to cradle* per introdurre nuovi cicli di produzione.

Un primo gruppo di sperimentazioni affronta l'attivazione di circuiti *closing the loop*, considerando tutte le fasi del processo edilizio e le loro relazioni con la biosfera, per contribuire alla definizione di nuovi prodotti (VAMP-TO-Trento, Atlante Inerti). In alcuni casi si ridefiniscono le esternalità di flusso nel substrato biofisico, con l'attivazione di filiere che utilizzano rifiuti/sottoprodotti (BioBuild/Arup, pannelli da biocompost agricoli; Bus Boarder Platform, riciclo rivestimenti di cavi in rame; C2CA, riciclo materiali di scarto del Cls, RECinert Filiera Ri-inerte). In altri, si attivano scambi di prodotti/rifiuti su piattaforme di beni di seconda mano (Waste Producer Exchange, BreMap, Harvestmap, PlanetReuse, Bexleyheath, interfaccia imprese/enti di beneficenza).

Un secondo gruppo considera le dinamiche tecnologico-sociali come elementi chiave per avviare innovazioni *smart* basate sul *closed loop recycling* per impiegare la materia proveniente dai trattamenti di riciclo *post-consumer*, coinvolgendo gli utenti in

makers who share experiences, technical know-how and cultures of building in favour of *upcycling* (Cattaneo, 2013); organising supply chains supported by digital technologies and self-evaluation/recalibration for the use/reuse of discarded resources; sharing best practices in the reuse of recovered materials as a resilient strategy for communities facing reconstructions (Klein, 2008).

Experimental Evidence

A series of national and international experiments demonstrate the evident possibility of overcoming the linear model of production of a classical economy. By exploring possible convergences between the Circular Economy and *smartness*, they move from a *cradle to grave* approach toward new models of *cradle to cradle* and introduce new cycles of production.

A first group of experiments explores

the activation of circuits that *close the loop*. This means considering all phases of the building process and their relationships with the biosphere to contribute to the definition of new products (VAMP-TO-Trento, *Atlante Inerti*).

In some cases, there is a redefinition of externalities on the biophysical substrate, and the activation of supply chains that use waste/sub-products (e.g. BioBuild/Arup, panels from agricultural biocomposts; Bus Boarder Platform, recycling the protection on copper wires; C2CA, recycling concrete waste materials, RECinert *Filiera Ri-inerte*). Others activate exchanges between products/waste via second-hand platforms (e.g. Waste Producer Exchange, BreMap, Harvestmap, PlanetReuse, Bexleyheath interface between businesses/charity organisations).

A second group considers technological-social dynamics as key elements for

una visione creativa-capacitante per implementare progetti di natura sociale. Si collocano in questo gruppo esperimenti di collettivi come PKMN Architectures, Leon11, WOBO, Basurama che recuperano spazi urbani degradati attraverso il riciclo di oggetti/materiali non riutilizzabili e la partecipazione delle comunità locali. Oppure, i padiglioni OfficinaRoma (Raumlabor) o Rake, realizzati con materiali recuperati da allestimenti espositivi e demolizioni edilizie.

Un terzo raggruppamento riguarda sperimentazioni di *urban mining* (Brunner, 2011) per ottenere risorse da rifiuti urbani, attraverso cicli di mappatura, recupero, stima del potenziale di ri-usabilità/reimpiego di materiali a elevata domanda e difficoltosa reperibilità. In questa prospettiva si collocano le strategie *online* per: il riconoscimento/mappatura di scarti (*e-waste* e non), il controllo di qualità del materiale trattato, i rilevamenti/monitoraggi delle fasi di riciclaggio (MCS-Recycling/Londra, Urban Mine Platform, progetto PUMA-Prospecting the Urban Mines of Amsterdam, progetto Circular-construction/Metabolich per le città di Utrecht e Amersfoort); per l'attivazione di reti di *reverse logistic* dal consumatore al produttore (programma FARE/Fiat Auto Recycling, BorsinoRifiuti start-up, iniziativa Entrajuda in Portogallo, progetto PolyCE per il riciclo delle materie plastiche dai rifiuti elettronici).

Per un archivio dei materiali da demolizione post-sisma

solo come scarti edilizi da smaltire, ma come materia 'viva' da reintegrare nelle filiere della ricostruzione.

Dal quadro finora evidenziato emerge la possibilità di reinterpretare i materiali provenienti da CeD nelle aree di cratere non

initiating *smart* innovations based on *closed loop recycling*, in order to make better use of materials from *post-consumer* recycling treatments, involving users in a creative-enabling vision to implement social projects. This group features experiments by collectives such as PKMN Architectures, Leon11, WOBO and Basurama, which recover degraded urban spaces by recycling non-reusable objects/materials and fostering the participation of local communities. Other examples include the *OfficinaRoma* (Raumlabor) or Rake pavilions, constructed using materials recovered from exhibitions and building demolitions. A third group is linked to experiments in *urban mining* (Brunner, 2011) to obtain resources from urban waste, through cycles of mapping, recovery, estimating the potential of reusability/reuse of materials in high demand and with a scarce availability.

This perspective includes *online* strategies for: the identification/mapping of waste (*e-waste* and non-*e-waste*); the quality control of treated material; the surveying/monitoring of recycling phases (e.g. MCS-Recycling/London, Urban Mine Platform, PUMA-Prospecting the Urban Mines of Amsterdam project, Circular-construction/Metabolich project for the cities of Utrecht and Amersfoort); the activation of *reverse logistics* networks from consumer to producer (e.g. FARE/Fiat Auto Recycling, *BorsinoRifiuti* start-up, Entrajuda initiative in Portugal, PolyCE project for the recycling of plastic materials from electronic waste).

Proposal for a Repository of Post-Earthquake Demolition Materials

The situation described above reveals the possibility to reinterpret C&D

In questo senso, è possibile ipotizzare la costituzione di una rete di archivi dei materiali da CeD per attivare due scenari di resilienza post-sisma riguardanti: le innovazioni di processo, per governare le fasi di recupero/archiviazione nel riavvio immediato della ricostruzione (resilienza socio-organizzativa); le innovazioni di progetto, per integrare gli spazi per il recupero/archiviazione nella ripresa attiva della vita in comunità (resilienza socio-collettiva).

Per quanto riguarda gli aspetti legati al processo di recupero dei materiali da CeD, la Direttiva 2008/98/CE definisce un quadro di riferimento in materia di rifiuti finalizzato alla protezione dell'ambiente e della salute, stabilendo il raggiungimento del 70% di riciclo dei materiali entro il 2020. In particolare, introduce il principio della "gerarchia dei rifiuti" stabilendo una priorità basata sulla prevenzione, preparazione, riutilizzo, riciclo, recupero e, solo per ultimo, lo smaltimento in discarica (EU, 2016). Non prevede quindi solo la riduzione o compensazione delle esternalità negative, ma il passaggio verso una sostenibilità 'forte' in cui tali esternalità non sono prodotte.

Questa logica, confrontata con il quadro legislativo italiano fa emergere alcuni aspetti critici.

Il D.Lgs. 205/2010, in attuazione della 2008/98/CE, all'articolo 184ter definisce la "cessazione della qualifica di rifiuto". Dopo le operazioni di recupero, riciclaggio o riutilizzo, i materiali (oggetti/sostanze) possono essere reimpiegati se risultano comunemente utilizzati, esiste per essi un mercato/domanda, soddisfano requisiti/standard esistenti e non comportano impatti negativi per ambiente e salute.

Tuttavia, proprio a seguito degli eventi sismici del 2016, nella Legge 45/2017 i materiali derivanti da CeD in aree danneggiate

materials from the areas of the earthquake crater as 'living' materials to be reintegrated within reconstruction works, and not merely as waste to be disposed of.

In this direction, it is possible to imagine the constitution of a network of C&D material repositories that can be used to activate two scenarios of post-earthquake resilience for: process innovations for managing the phases of recovery/cataloguing during the immediate start-up of reconstruction works (social-organisational resilience); design innovations that make the spaces required by recovery/cataloguing activities an integral part of the return to life for the community (social-collective resilience).

With regards to aspects linked to the recovery of C&D materials, Directive 2008/98/EC defines a framework of reference for waste focused on pro-

tecting the environment and health, setting the target to recycle 70% of all materials by 2020. In particular, it introduces the principle of "waste hierarchy" based on prevention, preparation, reuse, recycling, recovery and, only lastly, disposal in a landfill (EU, 2016). In addition to a reduction in or compensation of negative externalities, the Directive also foresees a movement toward 'strong' sustainability that no longer produces these externalities. Compared with the Italian legislative framework, this logic reveals a number of critical issues.

Article 184ter of Legislative Decree 205/2010, the transposition of 2008/98/EC, defines the "end of the qualification as waste". Commonly used materials (objects/substances) that have been the object of operations of recovery, recycling and reuse, can be reutilised when there exists a market/

dal sisma sono classificati come rifiuti urbani. Risultano esclusi da questa definizione i resti di beni di interesse architettonico, artistico, storico, simbolico (coppi, mattoni, ceramiche, pietre, legno e opere in metallo lavorato) oppure i materiali tossici da rimuovere. Tali indicazioni, opposte alla filosofia della direttiva europea, hanno intensificato lo smaltimento indifferenziato in discarica, perdendo grandi quantità di materia potenzialmente reimpiegabile a livello locale, nella ricostruzione e nei ripristini ambientali delle cave dismesse.

L'attivazione di una rete di archivi dei materiali da CeD potrebbe contribuire positivamente nel governo dei flussi metabolici di energia e materia del processo di ricostruzione, minimizzando gli impatti ambientali negativi e alimentando lo sviluppo di una resilienza socio-organizzativa, in termini di attività economiche e tecniche a elevato impatto positivo sui territori locali.

Il governo del ciclo di recupero da CeD, proiettato verso una successiva attività di archiviazione dei materiali, deve certamente confrontarsi soprattutto con le questioni della pianificazione, programmazione e prevenzione *ex ante*, in termini di armonizzazione delle fasi di processo (organizzazione dei cantieri, gestione dei flussi, coordinamento con le attività di primo soccorso). Anche le fasi operative di recupero *ex post*, per la costituzione di un archivio dei materiali, presuppongono però una programmazione preventiva delle attività. È necessario operare con tecniche di demolizione selettiva, procedendo alla 'decostruzione' progressiva dell'edificio. La demolizione selettiva è necessaria per ottimizzare le fasi di cantiere rispetto all'obiettivo del recupero/archiviazione (identificazione e selezione delle frazioni materiche, prodotti, scarti, materiali tossici; separazione di elementi, componenti, semilavorati; stoccaggio provvisorio; classificazio-

ne e attribuzione dei codici CER) (Fig. 2). Ma è fondamentale anche per la movimentazione e la localizzazione nel territorio degli impianti di trattamento mobili o per la gestione dei trasporti di scarti e rifiuti presso siti e discariche a media distanza. L'istituzione di una rete di archivi dei materiali, territorializzata nelle aree colpite dal sisma, può comportare esternalità e impatti positivi sociali, economici e insediativi anche dal punto di vista progettuale. Gli spazi dedicati alle attività da svolgersi in un archivio dei materiali da CeD, infatti, devono essere in grado di generare capacità pratiche e comportamentali di resilienza socio-collettiva, per affrontare/superare 'insieme' gli effetti dello shock post sisma.

In quanto tali, dovrebbero prevedere l'impiego di tecnologie soft, deboli e informazionali per integrarsi nei siti di recupero, ma anche negli insediamenti provvisori di emergenza, rispetto a tre momenti temporali.

Un primo momento riguarda l'archiviazione *ex ante*, come attività preventiva e conoscitiva sui materiali. Oggi, la diffusione capillare di dispositivi ICT miniaturizzati, leggeri, indossabili, facilita l'acquisizione/archiviazione di dati multimediali sull'ambiente costruito attraverso l'azione diretta degli utenti e la condivisione delle informazioni in network online (Ratti, 2014; Shootman *et al.*, 2016). A quest'archiviazione, operata spontaneamente dagli abitanti, possono affiancarsi dati provenienti da rilevamenti georeferenziati, geomatici, *photomapping*, ormai basati su dispositivi portatili (micro-laserscan, mini-droni). Questa fase di archiviazione faciliterebbe la costituzione di una banca dati condivisa sulle qualità/quantità essenziali della materia del costruito nelle aree a rischio sismico, già nelle fasi pre-emergenziali, con potenzialità anche per l'avvio di progettualità partecipative pre-

demand, when they satisfy existing requirements/standards and when they do not negatively impact on the environment and health.

Nonetheless, precisely in the wake of the 2016 earthquakes, Law n. 45/2017 classified C&D materials from damaged areas as urban waste, though excluding remains of architectural, artistic, historic or symbolic interest (tiles, bricks, ceramics, stones, wood and metal artefacts) and toxic materials that must be removed. These indications, opposed to the philosophy of the European Directive, intensified the un-separated disposal of waste in landfills, with a resulting loss in large quantities of building materials that could potentially have been reused locally during reconstruction works or the environmental recovery of exhausted quarries. The activation of a network of C&D material repositories could make a

positive contribution to the governance of the metabolic flows of energy and matter involved in processes of reconstruction, minimising negative impacts on the environment and nurturing the development of a social-organisational resilience, in terms of economic and technical activities with a positive influence on local territories. The governance of the cycles of recovering C&D materials, projected toward their successive classification, means confronting above all questions of *ex ante* planning, programming and prevention, intent on harmonising the phases of this process (building site organisation, flow management, coordination with first response activities). In addition, *ex post* recovery actions to favour the creation of a repository of materials presuppose a preventative programme of activities. There is a need for techniques of selective demo-

lition and the progressive 'deconstruction' of a building. Selective demolition serves to optimise site activities in relation to the objective of recovery/cataloguing (identification and selection of groups of materials, products, waste, toxic substances; separation of elements, components, semi-finished products; temporary storage; classification and EWC code assignment) (Fig. 2). However, it is also fundamental for the movement and localisation of mobile treatment plants within different territories, or for managing the medium-distance transportation of discarded materials and waste to different sites and landfills.

A network of material repositories, distributed across areas affected by earthquakes, may generate positive externalities and social, economic and collective benefits also in the field of design. Spaces dedicated to the differ-

ent activities taking place in a repository of C&D materials must be able to generate practical and behavioural capacities for social-collective resilience that help confront/overcome the effects of post-earthquake trauma 'together'. As such, they must foresee the use of soft, weak and information-based technologies, integrated within recovery sites, as well as temporary emergency sites, linked to three moments in time.

The first moment is one of *ex ante* classification, a preventative activity of studying materials. Today, the capillary diffusion of miniaturised, lightweight and wearable ICT devices facilitates the acquisition/cataloguing of multimedia data about the built environment through the direct actions of users and the sharing of information via online networks (Ratti, 2014; Shootman *et al.*, 2016). Information

02 | Tipologie e quantità (in Tonnellate) delle macerie private e pubbliche rimosse dal 2012 al 2017 dopo il terremoto del 2009/L'Aquila. Elaborazione degli autori dal database online "Monitoraggio Macerie" (Fonte: USRA/USRC)

Typology and quantities (in Tons) of public and private wreckage removed from 2012 to 2017 after the 2009 earthquake/L'Aquila. Authors' processing from online database "Monitoraggio Macerie" (Source: USRA/USRC)

ventive di messa in sicurezza, programmazione dei cantieri e/o fiscal based (sisma bonus, art bonus, crowdsourcing).

Un secondo momento concerne l'archiviazione *in itinere*, dopo l'evento sismico, come attività di recupero e selezione dei materiali. Ha ricadute sugli assetti *in situ* (compatibilità tempi/risorse per il recupero manuale, gradi di selezione dei materiali), ed *ex situ* (dislocamenti di prossimità, consumo provvisorio di suolo). L'archiviazione può diventare essenziale per un agire responsabile da parte di tecnici, abitanti, *prosumer* (Peretti *et al.*, 2017) e incentivare una cultura rigenerativa delle risorse. L'archivio dovrebbe allora trasformarsi in luogo delle azioni sistematiche di archeologia edilizia, sull'esempio delle strategie emergenziali adottate dal MiBACT per i beni di valore storico. Influenzando nell'organizzazione degli insediamenti provvisori di emergenza (spazi *open air* per selezione/classificazione, depositi temporanei), ma anche sulla vita delle persone che potrebbero trovare

nelle azioni collettive di identificazione, recupero e archiviazione le prime occasioni di reattività psicologico-sociale per affrontare gli effetti delle perdite familiari e patrimoniali.

Il terzo momento riguarda l'archiviazione *ex post*, in una visione in cui la rete degli archivi dei materiali può protrarre la sua presenza sul territorio come sistema infrastrutturale di laboratori partecipativi a supporto e completamento della ricostruzione.

In questa fase, le attività degli archivi/laboratorio potranno riguardare due filiere di riuso, recupero e riciclo (Misuzu *et al.*, 2013). Le filiere corte, riferibili allo stoccaggio di materiali per il riuso, alla valutazione e/o *upgrading/retrofitting* prestazionale con tecniche e manodopera locale, al riciclo dei materiali di scarto attraverso impianti mobili, all'istituzione di centri di scambio/commercio delle risorse utili recuperate. Le filiere lunghe, connesse allo smaltimento di materiali tossici, all'avvio di residui complessi verso adeguati impianti di trattamento/riciclo

CER code	Descrizione Description	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total
17 09/04	Rifiuti misti da costruzione/demolizione Mixed waste from building/demolition	183.711	554.059	490.174	458.481	450.205	316.180	2.464.810
17 01/07	Mix di cemento, mattoni, mattonelle, ceramiche Mix of concrete, bricks, tiles, ceramics	10.324	13.802	15.375	11.647	1.571	320	58.039
17 01/01	Cemento Concrete	2.130	7.105	4.578	11.272	4.953	2.492	32.539
17 04/05	Ferro e acciaio Iron and steel	1.096	4.052	3.204	1.144	799	716	11.011
17 05/04	Terra e rocce Soil and rocks	384	4.233	345	1.670	279	1.339	8.250
17 02/01	Legno Wood and timber	882	1.059	943	1.124	1.191	984	6.183
17 03/02	Miscela bituminosa Asphalt mix	419	833	1.306	572	134	473	3.826
17 06/04	Materiali isolanti Insulating materials	342	332	192	291	242	202	1.601
17 08/02	Materiali a base di gesso Plaster-based materials	222	341	213	158	192	147	1.273
17 04/07	Metalli misti Metal mix	368	288	31	18	35	47	787
17 02/03	Plastica Plastic materials	43	64	156	28	48	59	398
17 01/02	Mattoni Bricks	6	2	0	152	172	75	367
17 02/02	Vetro Glass	49	55	34	20	12	17	187
17 04/04	Zinco Zinc	4	19	0	52	22	37	134
17 01/03	Mattonelle e ceramiche Tiles and ceramic elements	0	15	40	23	24	17	119
17 04/02	Alluminio Aluminium	13	19	3	7	26	6	74
17 04/01	Rame, bronzo, ottone Copper, bronze, brass	3	6	10	1	6	3	35
17 04/11	Cavi Electrical cables	5	5	6	0	0	0	16
17 04/06	Stagno Tin	0	3	1	0	0	0	4
17 04/03	Piombo Lead	0	0	0	0	0	0	0

GER code	Descrizione Description	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total
17 09/04	Rifiuti misti da costruzione/demolizione Mixed waste from building/demolition	9.603	33.600	44.423	56.695	64.503	69.297	269.311
17 01/07	Mix di cemento, mattoni, mattonelle, ceramiche Mix of concrete, bricks, tiles, ceramics	30	18	129	4.944	456	0	5.583
17 01/01	Cemento Concrete	0	0	130	300	848	1.354	2.632
17 04/05	Ferro e acciaio Iron and steel	32	227	93	271	215	333	1.171
17 02/01	Legno Wood and timber	16	106	56	89	176	266	709
17 03/02	Miscela bituminosa Asphalt mix	98	0	83	153	54	94	467
17 05/04	Terra e rocce Soil and rocks	0	0	76	227	0	33	336
17 06/04	Materiali isolanti Insulating materials	5	26	31	80	102	80	304
17 08/02	Materiali a base di gesso Plaster-based materials	50	45	1	42	51	29	218
17 01/02	Mattoni Bricks	0	0	0	50	0	4	54
17 04/04	Zinco Zinc	3	0	29	0	12	0	44
17 02/02	Vetro Glass	0	6	5	9	14	3	37
17 02/03	Plastica Plastic materials	1	0	1	9	2	16	31
17 04/07	Metalli misti Metal mix	0	0	1	3	15	1	20
17 01/03	Mattonelle e ceramiche Tiles and ceramic elements	0	9	0	8	0	2	19
17 04/02	Alluminio Aluminium	0	1	0	2	0	0	3
17 04/01	Rame, bronzo, ottone Copper, bronze, brass	0	0	0	0	0	0	0
17 04/11	Cavi Electrical cables	0	0	0	0	0	0	0

17 09/03	Rifiuti da costruzione + sostanze pericolose Building waste + dangerous elements	565	1.246	665	563	586	382	4.007
17 09/01	Rifiuti da costruzione/demolizione + Mercurio Building/demolition waste + Mercury	376	796	1.044	669	369	327	3.581
17 06/05	Materiali da costruzione + amianto Building materials + asbestos	191	234	121	25	68	39	678
17 04/09	Rifiuti metallici + sostanze pericolose Metal waste + dangerous elements	16	143	253	140	6	61	621
17 09/02	Rifiuti da costruzione/demolizione + PCB Building/demolition waste + PCB	16	115	42	103	78	51	405
17 01/06	Materiali isolanti da costruzione + amianto Insulating building materials + asbestos	92	111	186	9	4	1	403
17 05/05	Fanghi di dragaggio + sostanze pericolose Dredging sludge + dangerous elements	2	63	37	0	29	0	161
17 03/01	Miscela bituminosa + catrame di carbone Asphalt mix + coal based tar	14	70	0	0	0	0	84
17 05/03	Terra e rocce + sostanze pericolose Soil and rocks + dangerous elements	0	22	0	1	3	0	26
17 02/04	Vetro, plastica, legno + sostanze pericolose Glass, plastic, timber + dangerous elements	0	1	18	2	2	2	25
17 08/01	Materiali a base di gesso + sostanze pericolose Plaster-based materials + dangerous elements	0	0	0	0	0	23	23
17 06/01	Materiali isolanti + amianto Insulating materials + asbestos	6	1	0	3	0	0	10
17 04/10	Cavi, impregnati di olio, catrame, carbone ecc. Electrical cables + oil, tar, coal etc.	0	1	0	0	0	0	1

17 09/01	Rifiuti da costruzione/demolizione + Mercurio Building/demolition waste + Mercury	0	28	89	101	85	79	382
17 06/05	Materiali da costruzione + amianto Building materials + asbestos	1	6	3	79	74	83	226
17 09/03	Rifiuti da costruzione + sostanze pericolose Building waste + dangerous elements	18	29	0	0	79	47	173
17 04/09	Rifiuti metallici + sostanze pericolose Metal waste + dangerous elements	0	0	5	23	17	0	45
17 09/02	Rifiuti da costruzione/demolizione + PCB Building/demolition waste + PCB	12	4	0	20	0	0	36
17 06/03	Altri materiali isolanti + sostanze pericolose Other insulating materials + dangerous elements	0	2	6	2	11	0	21
17 05/05	Fanghi di dragaggio + sostanze pericolose Dredging sludge + dangerous elements	0	0	0	16	0	2	18
17 05/03	Terra e rocce + sostanze pericolose Soil and rocks + dangerous elements	0	0	0	0	4	0	4
17 06/01	Materiali isolanti + amianto Insulating materials + asbestos	0	0	0	0	0	0	0

o discariche specializzate, ma anche all'attivazione di ricerche e studi sulle culture tecniche locali, in cooperazione con centri di ricerca e università.

Riflessioni sul dibattito in corso La quantità di macerie rimosse nelle aree di cratere italiane dal 2009 ha assunto dimensioni tali da richiedere un approccio diverso da quello del semplice smaltimento in discarica, anche perché è probabilmente destinata a crescere a fronte di un altro allarmante dato. Secondo il rapporto ANCE-CRESME del 2012, le aree a elevato rischio sismico in Italia sono infatti pari a circa il 44% della superficie nazionale; su tali aree insiste un patrimonio del 60% di edifici in pessimo o mediocre stato di conservazione, costruito prima dell'entrata in vigore della normativa antisismica per nuove costruzioni del 1974.

Intervenire su questo patrimonio edilizio per migliorarne resistenza/resilienza strutturale e abbatterne l'elevato grado di vulnerabilità potrebbe quindi non essere sufficiente.

È necessario agire secondo una visione ampliata che mette in gioco altri livelli di resilienza, socio-organizzativa e socio-collettiva, per affrontare le emergenze.

L'ipotesi di istituire una rete di archivi dei materiali provenienti da crolli e demolizioni, in questo senso, può delineare scenari di innovazione tecnologica nel settore delle costruzioni con forti valenze e ripercussioni nei territori locali: sia sul piano delle strategie di recupero/rigenerazione dell'ambiente costruito, sia nel campo della riattivazione di economie e vitalità/creatività delle comunità insediate, altrimenti destinate a inevitabili migrazioni. Innovazioni in cui le azioni di valorizzazione, cura e riparazio-

provided by geo-referenced and geomatic surveys and photo mapping – now possible using portable devices (micro-laser-scan, mini-drones) – can accompany this process of spontaneous cataloguing by local users. This phase of cataloguing would facilitate the creation of a shared database describing the essential qualities/quantities of the physical consistency of buildings in seismic risk areas, prior to any emergency. Other potentials include the start-up of preventative and participatory safety projects, the programming of building sites and/or fiscal activities (earthquake bonus, art bonus, crowdsourcing).

A second moment is one of *in itinere* classification, after an earthquake, involving the recovery and selection of materials. It affects assets both *in situ* (compatibility between time/resources for manual recovery, degree

of selection) and *ex situ* (relocation to nearby sites, temporary land use). Classification may be essential to responsible actions by technicians, users and *prosumers* (Peretti *et al.*, 2017) and support a regenerative culture of resources. The repository should then be transformed into a place of systematic actions of building archaeology, based on the example of the emergency strategies adopted by the MiBACT, the Italian Ministry of Cultural Heritage and Activities and Tourism, for historically valuable heritage. They can be incorporated within the organisation of temporary emergency settlements (open air spaces for selection/classification, temporary storage), but also into the lives of residents who may see collective actions of identification, recovery and classification/cataloguing as early opportunities to engage in the psychological-social reactivity

ne, anche condotte sul patrimonio edilizio minore assumono un'importante funzione neghentropica per affrontare le perdite e i danni subiti da una comunità.

NOTE

¹ Negli ultimi dieci anni, sono tre le sequenze sismiche che hanno interessato l'Italia, manifestandosi in un periodo di tempo particolarmente esteso e con scosse superiori a magnitudo 5: L'Aquila 2009, Pianura Padana Emiliana 2012, Amatrice 2016 (fonte INGV).

² Il cratere definito dopo il terremoto del 24 agosto 2016, da una prima definizione a 17 comuni, è stato esteso a comprendere 131 comuni (dopo le scosse del 26-30.10.2016) e 140 comuni (dopo le ultime scosse del 18.01.2017); 15 in Umbria, 87 nelle Marche, 15 nel Lazio e 23 in Abruzzo.

REFERENCES

AISEC, ALTIS, Bureau Veritas (2017), *Quaderno Italiano di Economia Circolare*, AISEC, Rome, pp. 5-11.

Bonomi, A. and Masiero, R. (2014), *Dalla smart city alla smart land*, Marsilio, Padua, pp. 16-70.

Brunner, P.H. (2011), "Urban Mining, A Contribution to Reindustrializing the City", *Journal of Industrial Ecology*, No. 15, Vol. 3, pp. 339-341.

Campoli, A., Torricelli, M.C. and Mannino, I. (2017), "Approccio Ciclo di Vita per la sostenibilità nel settore delle costruzioni e nelle trasformazioni del territorio", in Antonini, E., Tucci, F. (Eds.), *Architettura, Città e Territorio verso la Green Economy*, Edizioni Ambiente, Milano, pp. 135-152.

Cattaneo, M. (2013), *Manutenzione, una speranza per il futuro del mondo*, FrancoAngeli, Milano.

European Commission, EuroRys (2016), *Protocollo UE per la gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione, Direzione generale Mercato interno, industria, imprenditoria e PMI*, Brussels.

necessary to confront the loss of family members and property.

The third moment is one of *ex post* cataloguing. It belongs to a vision in which the network of materials repositories may extend across a territory as a structured system of participatory laboratories supporting and complementing the process of reconstruction. During this phase, activities of laboratory work may be related to the supply chain of reuse, recovery and recycling (Misuzu *et al.*, 2013). Short supply chains are referred to the storage of materials for reuse, to the performance evaluation and/or upgrading/retrofitting using local labour and techniques, to the recycling of discarded materials in mobile plants, to the institution of centres for exchanging/trading useful recovered resources.

Long supply chains, tied to the disposal of toxic materials, the transfer of com-

plex residual materials to specialised treatment/recycling plants or landfills, as well as the activation of research and studies of local cultural techniques, in cooperation with research centres and universities.

Reflections on current debate

The quantity of debris removed from post-earthquake areas in Italy since 2009 has assumed a dimension sufficient to require a diverse approach to simple disposal in landfills, also and because it is likely to increase following the release of another alarming statistic. According to the 2012 ANCE-CRESME Report, areas of elevated seismic risk cover 44% of the Italian territory; 60% of the buildings in these areas are in a very poor or mediocre state of conservation and built prior to the issuance of new earthquake resistant design criteria in 1974.

- Ellen MacArthur Foundation (2013), *Towards the Circular Economy. Economic and business rationale for an accelerated transition*, Vol. 1, Rethink the Future collection, Seacourt, Isle of Wight, UK, pp. 21-62.
- Emery, N. (2011), *Distruzione e progetto. L'architettura promessa*, Christian Marinotti Edizioni, Milano, pp. 279-315.
- Ernst & Young (2016), *Italia creativa. L'Italia che crea, crea valore, 2° Studio sull'Industria della Cultura e della Creatività*, Ernst & Young, Milano.
- Friedman, Y. (2009), *L'architettura di sopravvivenza. Una filosofia della povertà*, Bollati Boringhieri, Torino, pp. 79-98.
- ISTAT (2014), *Archivio statistico delle imprese attive (ASIA) e ASIA Unità locali*, Archivio statistiche ISTAT.
- ISTAT (2015), *Elaborazioni su dati dell'indagine "Capacità degli esercizi ricettivi" e del Bilancio demografico*, Archivio statistiche ISTAT.
- ISTAT (2017), "Caratteristiche dei territori colpiti dal sisma del 24 agosto, 26 ottobre e 30 ottobre 2016 e 18 gennaio 2017", Agg. edizioni 09.2016, 10.2016, 04.2017 Focus, available at: <http://www.istat.it/it/archivio/199364>.
- Kerry Turner R., Pearce, D.W. and Bateman, I. (2003), *Economia ambientale*, Il Mulino, Bologna.
- Klein, N. (2008), *Shock economy. L'ascesa del capitalismo dei disastri*, BUR, Rizzoli, Milan, pp. 535-537.
- Latouche, S. (2013), *Usa e getta. Le follie dell'obsolescenza programmata*, Bollati Boringhieri, Torino, pp. 118-152.
- Misuzu, A., Shin-ichi, S., Toshiaki, Y., Yasumasa, T., Tomohiro, T., Hidetaka, T. and Kohei, W. (2013), "Strategy for Separation and Treatment of Disaster Waste: A Manual for Earthquake and Tsunami Disaster Waste Management in Japan", *J Mater Cycles Waste Management*, No. 15, pp. 290-299.
- Peretti, G., Magliocco, A. and Pollo, R. (2017), "Qualità ecologica: uso efficace delle risorse e dei processi di riciclo, riduzione dei costi ambientali", in Antonini, E., Tucci, F., (Eds.), *Architettura, città e territorio verso la Green Economy*, Edizioni Ambiente, San Giuliano Milanese, pp. 255-270.
- Potting, J., Hekkert, M., Worrell, E., Hanemaaijer, A. (2017), *Circular Economy: Measuring Innovation in the Product Chain*, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, PBL report 2544, The Hague, NL.
- Ratti, C. (2014), *Architettura Open Source. Verso una progettazione aperta*, Einaudi, Torino, pp. 64-82.
- Schootman, M., Nelson, E.J., Werner, K., Shacham, E., Elliott, M., Ratnapradipa, K., Lian, M., McVay, A. (2016), "Emerging Technologies to Measure Neighborhood Conditions in Public Health: Implications for Interventions and Next Steps", *International Journal of Health Geographics*, No. 15, p. 20.

Intervening in this situation to improve structural resistance/resilience and drastically reducing this elevated level of vulnerability may not be enough.

There is a need for action based on a broader vision that brings into play other levels of social-organisational and social-collective resilience required to face up to emergency situations.

The hypothesis of establishing a C&D materials repository may help define scenarios of technological innovation in the building sector, with important values and repercussions for local territories: both in terms of strategies for recovering/regenerating the built environment, and in relation to the re-activation of economies and the vitality/creativity of resident communities, otherwise destined to suffer inevitable migrations. Innovations whose actions of promotion, caring for and repairing, also extended to built heritage of

a minor value, assume an important negentropic function when confronting the losses and damages suffered by a community.

NOTES

¹ Over the past ten years, Italy has been affected by three seismic sequences that have occurred over a particularly lengthy period of time and with tremors with a magnitude in excess of 5: L'Aquila 2009, Emilian Po Valley 2012, Amatrice 2016 (source INGV).

² The so called seismic 'crater' defined after the earthquake of 24 August 2016, initially involving 17 towns, was later extended to include 131 towns (following the tremors of 26-30.10.2016) and to 140 towns (in the wake of the latest tremors on 18.01.2017); 15 in Umbria, 87 in the Marche, 15 in Lazio and 23 in Abruzzo.