

# L'innovazione tecno-tipologica per l'applicazione di sistemi ibridi alla produzione dell'edilizia abitativa: tra cultura tecnologica e sperimentazione applicativa

RICERCA E  
SPERIMENTAZIONE/  
RESEARCH AND  
EXPERIMENTATION

Elena Mussinelli, Andrea Tartaglia, Joseph Di Pasquale,

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

elena.mussinelli@polimi.it  
andrea.tartaglia@polimi.it  
joseph.dipasquale@polimi.it

**Abstract.** Gli strumenti usati dalla ricerca di area tecnologica per elaborare i dati tendenziali di sviluppo in termini prefigurativi e farsi carico di costruire scenari programmatori vengono qui applicati all'evoluzione della domanda abitativa e al correlato quadro esigenziale in rapida trasformazione. Si sviluppa così una ricerca che, come prima fase, ha costruito il quadro teorico di riferimento per lo sviluppo di una produzione edilizia funzionale a ridurre le criticità connesse agli attuali modelli produttivi. Su tale base è stata poi avviata una seconda fase di ricerca finalizzata a individuare le potenziali ricadute pratiche e le opportunità operative di innovazione di processo e di prodotto.

**Parole chiave:** innovazione progettuale e produzione edilizia, cultura del progetto ed evoluzione della domanda abitativa, tecnologie ibride.

## Cultura tecnologica e scenari evolutivi: la crisi del sistema produttivo e i nuovi paradigmi dell'abitare

hanno poi trovato riscontro e ricadute nella prassi sia nell'innovazione di processi e sistemi progettuali, sia nello sviluppo di nuove forme organizzative della produzione. Si pensi alla cultura della programmazione edilizia, nella quale la capacità di lettura dei dati e la loro rielaborazione in termini prefigurativi hanno dato luogo "negli anni Settanta al varo del Piano decennale per l'edilizia residenziale pubblica (legge 457/1978) e all'istituzione del Comitato per l'Edilizia Residenziale CER presso il Ministero dei Lavori Pubblici" (Schiaffonati (1) 2014: 22)

Nella scia della tradizione culturale che fa dell'abitare una leva significativa per la riorganizzazione dei processi produttivi, la ricerca "Hybrid systems and technologies for architectural design"<sup>1</sup> qui presentata indaga le possibili alternative per il soddisfacimento del fabbisogno abitativo atteso, verificando la rispon-

La cultura tecnologica della progettazione architettonica si è sempre caratterizzata per capacità anticipatoria e predittiva, con la produzione di visioni e scenari evolutivi teorici che

Typological and technological innovation for the application of hybrid systems to housing construction: between technological culture and application testing

**Abstract.** The research tools used in the field of technology to elaborate development trend data in prefigure terms and the undertaking of construction of planning scenarios are here applied to the evolution of housing demands and to the rapidly changing, correlated requirement framework. Thus, the development of a research that, in the first phase proposes a theoretical framework of reference for the development of building construction, aims to reduce critical issues related to actual production models. This basis has then led to the establishment of a second step in research that, instead, aims to identifying potential practical ramifications and operative opportunities to innovate both process and product.

**Key words:** innovation project and building production, project culture and evolution of housing demands, hybrid technologies.

denza dei modelli tipologici ai nuovi quadri esigenziali.

La base teorica della ricerca è costituita dagli avanzamenti conseguiti negli ultimi decenni sui temi dell'innovazione tecno-tipologica in correlazione ai nuovi modelli della produzione edilizia (Schiaffonati e altri 1994; Schiaffonati (2) 2014), nonché dalle ricerche sulla prefabbricazione e industrializzazione dei sistemi costruttivi, sulle problematiche della gestione, manutenzione e riqualificazione dell'edilizia residenziale pubblica<sup>2</sup>.

Certamente, con gli anni Novanta e la conclusione in Italia del lungo ciclo dell'edilizia economico popolare, è venuto meno un importante stimolo alla ricerca applicata al progetto e alla produzione edilizia, pur a fronte della crescente inadeguatezza sia del patrimonio costruito che della nuova produzione rispetto alle dinamiche della domanda, tema che rappresenta ancora una sfida aperta per la cultura tecnologica della progettazione. L'attuale scenario tendenziale mette in luce i limiti del sistema produttivo edilizio nel rispondere al fabbisogno abitativo atteso a livello globale nei prossimi anni, e l'incapacità della risposta tecno-tipologica di corrispondere alle nuove esigenze abitative della società contemporanea.

## Urbanizzazione e andamenti demografici globali

Secondo le stime dell'United Nations Department of Economic and Social Affairs nel 2050 la popolazione mondiale sarà di 9,5 miliardi, rispetto agli attuali 7, e il tasso di urbanizzazione medio si attesterà intorno al 65%, rispetto all'attuale 50% (UN-Habitat 2006). Si prevede che entro il 2025 sia necessario un miliardo di nuovi alloggi (UN Habitat 2016).

Contrariamente alla percezione diffusa nell'opinione pubblica,

## Technological culture and evolutionary scenarios: crisis of the production system and new housing paradigms

Technological culture of architectural design has always been characterized by anticipatory and prognostic capability, with the development of visions and theoretical evolutionary scenarios that have been then confirmed and validated and have had ramifications in the innovational approach to both procedures and design systems, considering that housing design culture, in which the capability to interpret and re-elaborate data in prefigure terms, developed only "with the launch of the decennial Plan for public housing (law 547/1978) in the seventies", and the institutional residential housing committee CER at the Ministry of Public Works (Schiaffonati (1) 2014: 22).

In the wake of cultural tradition that makes living a significant incentive

for reorganizational procedures, the hereby presented "Hybrid systems and technologies for architectural designs"<sup>1</sup> research proposes to investigate possible alternatives to meet housing needs and to verify that typological models satisfy new requirement frameworks.

In the last decades, researchers have made advances in architectural technology in terms of technological and typological innovation related to new housing models (Schiaffonati and others 1994; Schiaffonati (2) 2014) as well as research in prefabrication and industrialization of building systems, on management, maintenance and upgrading issues of residential housing that represent the operative and theoretical basis on which the resulting scenarios of this research are based<sup>2</sup>.

Certainly, with the nineties and the end of the long social housing cycle in Italy, applied research projects and construc-

all'aumento demografico degli ultimi decenni ha corrisposto anche una crescita del livello di benessere globale del pianeta. La diminuzione dei tassi di natalità continuerà anche nei paesi in via di sviluppo in modo inversamente proporzionale all'aumentare della diffusione del benessere e dell'innalzamento del livello di istruzione, fino alla stabilizzazione tendenziale del numero di abitanti del pianeta intorno ai 10/11 miliardi, che non avverrà comunque prima della fine del secolo (Gerland Raffery 2014). Il processo di inurbamento continuerà quindi a essere direttamente collegato alla crescita economica.

Dal punto di vista del consumo del suolo va tenuto presente che, secondo i modelli di urbanizzazione attuati sino ad oggi, il tasso di crescita del suolo urbanizzato risulta più del doppio rispetto ai tassi di inurbamento della popolazione (Seto e altri 2012). In media una città che ha aumentato la sua popolazione del 20% ha avuto bisogno di incrementare il suolo urbanizzato del 46%.

### Capacità produttiva del settore edilizio industrializzato

Nei paesi sviluppati l'aumento del costo della mano d'opera e il progressivo abbassamento del livello di competenza delle maestranze ha evidenziato i vantaggi della costruzione *off-site* e di una maggiore industrializzazione del processo edilizio. L'uso della prefabbricazione/modularizzazione è aumentato nel mercato americano nella prima decade di questo secolo e si prevede un ulteriore incremento nei prossimi anni. Gli operatori che nel 2011 usavano tecnologie di prefabbricazione/modularizzazione in almeno il 50% delle loro commesse sono aumentati del 37% dal 2009, con una crescita tendenziale del 45% nel 2013 (AA.VV. 2011). Tuttavia l'attuale capacità produttiva del settore delle co-

struction have lacked a relevant stimulus in terms of growing inadequacy in both built heritage and new construction compared to dynamics in demand, which still represent a challenge for the technology culture of design. The actual trend scenario highlights the limitations of the construction system in meeting the global housing needs expected in the next years, and the technological and typological inability to match new housing needs of contemporary society.

### Urbanization and global demographic trends

According to the United Nations Department of Economic and Social Affairs' estimates, the world population figure in 2050 will be 9,5 billion, compared to the current 7, and the average urbanization rate will attest at approximately 65%, compared to the

current 50% (UN-Habitat, 2006). It is forecasted that one million new housing units will be necessary by 2025 (UN Habitat, 2016). Differently from widespread perception among public views, the demographic growth of the last decades has coincided with an increase in global wealth on the planet. The percentage of the global population that lives in extreme poverty (less than one dollar a day) has essentially halved in the last thirty years. The decline in birthrates will continue also in developing countries and in a manner that is inversely proportional to the rise in the spread of wealth and to the increase in education levels until the number of inhabitants of the planet stabilizes (at approximately 10 or 11 billion), which will not occur before the end of the century (Gerland Raffery, 2014). The urbanization process will thus continue to be related to economic growth. As

for land use, it must be kept in mind that, according to urbanization models realized to this day, the recorded growth rate of urbanized soil has more than doubled in comparison to the rate of urbanization among the population (Seto et al., 2012). On average, a city that has experienced a 20% growth in population has required a 46% increase in urbanized soil.

struzioni industrializzate/modularizzate è lontana dal soddisfare la domanda abitativa globale. Si prevede che la capacità produttiva di case prefabbricate/modularizzate possa raggiungere la cifra di 829.000 unità abitative l'anno entro il 2017, e che questo numero possa raggiungere i 3,4 milioni di unità prodotte nel 2050 (Kieran, Timberlake 2004), a fronte di un fabbisogno globale stimato in un miliardo di unità nel 2025 (UN Habitat 2016). Assumendo queste previsioni l'intero sistema industriale attuale per la costruzione di edifici prefabbricati/modularizzati sarà in grado di fornire solo una minima parte dell'intero fabbisogno di alloggi previsto (Wallance 2015).

### Tendenze nel mercato immobiliare

Con la Grande Recessione iniziata nel 2007 il numero degli acquisti di nuovi alloggi a livello globale si è fortemente ridotto. Nello stesso tempo però è cresciuta la tendenza già in atto all'aumento degli investimenti per ristrutturazioni e adeguamenti tecnologici e tipologici. Negli Stati Uniti le spese dei proprietari per migliorie e adeguamenti tecnologici sono aumentati del 40% negli ultimi 15 anni (AA.VV. 2015).

In Europa le strategie di ristrutturazione del patrimonio di housing sociale sono orientate alla riduzione dei costi di gestione, all'incremento delle prestazioni energetiche, al miglioramento della capacità dell'edificio di soddisfare i nuovi bisogni degli utilizzatori e ad aumentare il tasso di utilizzazione delle proprietà. Gli adattamenti tipologici sono causati prevalentemente dall'aumento del numero di componenti familiari (Gaspari Antonini 2013). Inoltre i consumatori si stanno orientando verso l'utilizzo di servizi abitativi piuttosto che all'acquisto di nuovi alloggi.

**Productive capacity of the industrialized building sector**  
The rise in workforce costs and the progressive decline in competency levels of mastery in developed countries has highlighted the advantages of off-site building and of a greater industrialization of the building process. The use of prefabrication/modularization has risen in the American market in the first decade of the century and an additional increase is expected in the next

### Productive capacity of the industrialized building sector

years. Operators who in 2011 made use of prefabrication/modularization technologies for at least 50% of their commissions have increased by 37% since 2009, with a trending growth of 45% in 2013 (AA.VV., 2011). However, the actual production capacity of the industrialized/modularized construction sector is far from being sufficient to satisfy the global housing demand. It is expected that the production capacity of prefabricated/modularized houses may reach a figure of 829.000 housing units withing 2017, and that this number may reach 3,4 million produced units in 2050 (Kieran, Timberlake, 2004) in the face of the aforementioned demand estimated to be a billion units in 2025 (UN Habitat 2016). Thus, according to assumptions based on these predictions, the result is that the actual entire industrialization system of prefabricated/modularized construction of buildings will be able to

years. Operators who in 2011 made use of prefabrication/modularization technologies for at least 50% of their commissions have increased by 37% since 2009, with a trending growth of 45% in 2013 (AA.VV., 2011). However, the actual production capacity of the industrialized/modularized construction sector is far from being sufficient to satisfy the global housing demand. It is expected that the production capacity of prefabricated/modularized houses may reach a figure of 829.000 housing units withing 2017, and that this number may reach 3,4 million produced units in 2050 (Kieran, Timberlake, 2004) in the face of the aforementioned demand estimated to be a billion units in 2025 (UN Habitat 2016). Thus, according to assumptions based on these predictions, the result is that the actual entire industrialization system of prefabricated/modularized construction of buildings will be able to

years. Operators who in 2011 made use of prefabrication/modularization technologies for at least 50% of their commissions have increased by 37% since 2009, with a trending growth of 45% in 2013 (AA.VV., 2011). However, the actual production capacity of the industrialized/modularized construction sector is far from being sufficient to satisfy the global housing demand. It is expected that the production capacity of prefabricated/modularized houses may reach a figure of 829.000 housing units withing 2017, and that this number may reach 3,4 million produced units in 2050 (Kieran, Timberlake, 2004) in the face of the aforementioned demand estimated to be a billion units in 2025 (UN Habitat 2016). Thus, according to assumptions based on these predictions, the result is that the actual entire industrialization system of prefabricated/modularized construction of buildings will be able to

Come evidenzia il Rapporto 2015 sugli affitti di Nomisma-Solo Affitti, l'aumento di alloggi in locazione in Italia è consistente, con un aumento 2014-2015 di circa il 10% delle famiglie che usano un alloggio in affitto come abitazione. Questo riflette anche una modificazione del concetto di proprietà che, specie nelle generazioni più giovani, è fortemente influenzato dall'estensione della *sharing economy* a moltissimi aspetti della vita, dove la temporaneità è assunta come condizione permanente (Di Pasquale e altri, 2014). Molti operatori del settore *real estate* stanno cercando di innovare il modello di business per individuare e soddisfare queste nuove esigenze, soprattutto nel senso di fornire servizi abitativi durante il ciclo di vita piuttosto che vendere metri quadrati di alloggi.

### Scenaristica nel medio-lungo periodo

I dati sopra esposti prefigurano uno scenario di medio periodo con evidenti elementi di criticità. L'arretratezza del livello di industrializzazione del settore edilizio e la sua inadeguatezza produttiva rispetto al fabbisogno atteso determineranno il permanere di processi costruttivi tradizionali a basso contenuto tecnologico e a elevato impatto ambientale.

Poiché una componente fondamentale dell'impronta ambientale generata dal processo di inurbamento deriva dai modelli attuativi delle trasformazioni dell'ambiente e dalla produzione di alloggi, infrastrutture, servizi, ecc., diventano decisive sia le tipologie che le tecnologie adottate nei processi produttivi. In particolare l'adozione di nuovi modelli di sviluppo urbano può impattare non soltanto sui consumi di suolo ma soprattutto in termini di consumi ed efficienza energetica e di trasporto.

provide for only a minimal share of all housing needs forecasted for the next years (Wallance, 2015).

#### Real estate market trends

With the beginning of the Great Recession in 2007, the number of global accommodation purchases has significantly diminished. At the same time, however, the already increasing trend taking place in investments on renovations and in technological and typological adaptations has risen additionally. Owner expenses on improvements and technologic upgrades in the United States have increased by 40% in the last fifteen years (AA.VV., 2015). The main objective of renovation strategies for social housing estates in Europe are directed towards the reduction of management costs, the increase in energy performance, the improvement of building capacity to satisfy users' new

needs and the rise in the rate of property use. Typological upgrades mainly result from an increase in the number of family members (Gaspari Antonini, 2013). Furthermore, consumers are inclined to using housing services rather than purchasing new accommodations.

As evidenced in the rentals Report of 2015 by Nomisma- SoloAffitti, the increase in home rentals in Italy is consistent, with a rise by about 10% in families that use a rental property as a living accommodation in 2015 as compared to 2014. This also reflects a modification in the concept of property that, especially among the more recent generations, is strongly influenced by the sharing economy on many levels of contemporary living, in which temporariness is taken on as a permanent condition (Di Pasquale et al., 2014). Many real estate agents are attempt-

ing to innovate the business model towards identifying and satisfying new needs that emerge from the spreading of a new housing paradigm, above all in terms of providing housing services throughout the life cycle rather than selling square meters of accommodation.

La tipologia abitativa ha un forte impatto sui consumi energetici, indipendentemente dall'adozione di tecnologie costruttive a basso impatto ambientale. Edifici multipiano in contesti urbani densi richiedono meno elettricità rispetto a quartieri a bassa densità. È stato stimato che un appartamento di un edificio multipiano costruito con tecnologie tradizionali consuma mediamente il 40% in meno rispetto a un alloggio equivalente in una costruzione monofamiliare costruita con tecnologie costruttive a elevato risparmio energetico. Il differenziale aumenta fino al 53% se anche l'edificio multipiano adotta le stesse tecnologie (Jonathan Rose Companies, 2011).

Lo stesso dicasi per quanto attiene le emissioni dovute al trasporto privato. In generale, considerando le tre componenti principali delle emissioni: trasporto, riscaldamento, raffrescamento e elettricità, un quartiere urbano denso genera il 30% di emissioni in meno rispetto a un quartiere a bassa densità. Il divario maggiore è rappresentato dalle emissioni per riscaldamento raffrescamento pari a - 34%, seguito dall'elettricità - 25% e dai trasporti -17%. (Glaeser Edward, 2009).

Sempre in una logica di scenario, considerando l'aumento della popolazione urbana al 2050 e mantenendo costanti i livelli di incremento della densità urbana attuale, il consumo di suolo urbano aumenterebbe del 150%, passando dall'attuale 2,6% della superficie totale (3,6 milioni di km quadrati) a circa il 6,5% (9,6 milioni di km quadrati).

Esiste, quindi, un forte divario tra le aspettative della domanda, sia quantitativa che qualitativa, e l'offerta attualmente disponibile. In estrema sintesi i principali elementi che interpretano questa distanza sono:

– l'inadeguatezza dell'attuale sistema produttivo industrializza-

tion process derives from the actualizing models of the transformations of the environment, from the production and the realization of lodgings, infrastructures, services, etc. In this sense, both the typologies and the technologies adopted in the productive processes are decisive. Notably, the outcomes of the adoption of different models of urban development have some relevant consequences not only in the occupancy of the soil, but also and above all in the consumptions and in the efficiency of energy and transportation.

#### Medium to long-term scenarios

The above-mentioned data picture a medium-term scenario with some manifest critical points. The underdevelopment of the industrialization level in the construction sector and its yielding deficiency compared with the expected requirements will determine the persistence of the traditional building processes characterized by a low-tech content and a high environmental impact.

The essential part of the environmental footprint produced by the urbanization

The typology of accommodation has a strong impact on the energetic consumptions, regardless of the adoption of building technologies characterized by a low environmental impact. Multistoried buildings in dense urban contexts require less electricity than those of low-density districts. It has been estimated that an apartment of a

- a soddisfare quantitativamente la domanda attesa;
- la forte pressione ambientale connessa al fenomeno dell'inurbamento a livello globale;
- l'eccessivo consumo di suolo;
- l'obsolescenza dei modelli tipologici, non più in grado di interpretare i nuovi paradigmi dell'abitare contemporaneo.

Assumendo questo scenario di trasformazione la ricerca definisce un modello teorico alternativo di risposta, declinato poi in termini di innovazione sia tecno-tipologica che di processo costruttivo.

### Un nuovo quadro teorico per l'innovazione della produzione edilizia

Il carattere prevalentemente urbano della domanda abitativa attesa nei prossimi anni e la considerazione che il 70% del suolo

urbanizzato è occupato da abitazioni (UN- Habitat, 2016) rendono l'individuazione della tipologia di edificio multipiano una scelta strategica ormai imprescindibile. La concentrazione demografica generata dall'urbanizzazione è "probabilmente essenziale per la preservazione degli ecosistemi rurali rimasti" (Martine e altri, 2008: 3). Su tale assunto, la ricerca ha identificato come alternativa di scenario l'ipotesi di concepire i nuovi edifici a uso abitativo come organismi dinamici e tecnologicamente "ibridi", nel cui *concept* progettuale vengono separati i sotto-sistemi semi-permanenti a lungo ciclo di vita e quelli a più forte contenuto tecnologico, soggetti quindi a più rapida obsolescenza, consentendo la loro intercambiabilità nel tempo e riducendo l'impronta ambientale del costruito.

Questa visione deriva anche dall'analisi del mondo della produzione e del *real estate* e dal coinvolgimento diretto di alcuni *stakehol-*

*der* significativi nel corso di seminari e *workshop* che hanno messo a confronto in particolare i responsabili del settore ricerca e innovazione di Gewiss S.p.A. (settore impiantistica elettrica), Valsir S.p.A. (settore impiantistica idrosanitaria e meccanica) e Progress S.p.A (settore della prefabbricazione avanzata in calcestruzzo).

L'edificio è stato scomposto in una struttura madre che ospita le principali dorsali impiantistiche e pensata con un ciclo di vita di circa cento anni, sulla quale si innestano moduli intercambiabili che integrano l'impiantistica elettrica, idraulica e meccanica con un ciclo di vita decennale garantendo una completa flessibilità e adattabilità al mutare della domanda abitativa. Il modello così strutturato può trovare molteplici ambiti applicativi con riferimento ad esempio alla residenza a basso costo, alla domanda di residenza temporanea e ai nuovi modelli di vita e lavorativi che richiedono una sempre maggiore mobilità. Queste strutture ibride possono avere una interessante applicazione anche in contesti di completamento urbano, in aderenza a fronti ciechi, in lotti residuali e per rigenerare tessuti degradati.

L'ibridazione è diventata una delle cifre caratteristiche della contemporaneità, forse la più forte e pervasiva nel trasmettere l'idea stessa del cambiamento, della mutazione genetico-tecnologica in ogni ambito delle attività umane. A partire dalla fine degli anni ottanta fino ad oggi, l'idea di "ibrido" come sinonimo di progresso e di innovazione si è estesa all'ambito dei prodotti di consumo, alla tecnologia, all'informatica, ma anche a livello culturale e di costume, dalla sociologia, alla letteratura, al cinema. L'evoluzione come combinazione tra due realtà diverse che genera una nuova identità è oggi assunta come principio alla base dell'innovazione anche nell'ambito della tecnologia. In architettura il termine ibrido è associato principalmente alla "combinazione di programmi

multistoried building constructed with traditional technologies consumes on average 40% less than an equivalent lodging in a single-family accommodation built with highly energy-saving constructive technologies. The differential increases until 53%, even though the multistoried building adopts the same technologies (Jonathan Rose Companies, 2011). The same applies to the emissions due to the necessities of private transportation. If we consider in general the three main components of the emissions - transportation, heating, cooling and electricity - a dense urban district will produce 30% fewer emissions than a low-density district. The biggest discrepancy is represented by the emissions due to heating and cooling - 34% less - followed by the emissions due to electricity - 25% less - and by the emissions due to transportation - 17% less (Glaeser Edward, 2009).

In addition to this, it is necessary to consider the issue of the land-use. Always in the perspective of a future scenario, if the increase of the urban population by 2050 is considered and if a constant level of growth in the current urban density is maintained, the urban land-use rises up to 150%. It will go from the current 2.6% of the whole surface (3.6 million square kilometers) to about 6.5% (9.6 million square kilometers).

Thus, a marked discrepancy exists between the expectations of the demand, which is both quantitative and qualitative, and the supply currently available. Very briefly, the main elements in terms of risk evaluation that explain this divergence are:

- deficiency of the current industrialized production system in the quantitative satisfaction of the expected demand;

- strong environmental pressure linked to the phenomenon of urbanization on a global scale;
- excessive soil occupancy;
- obsolescence of the typological models no longer able to interpret the new paradigms of the contemporary living.

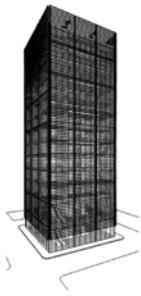
The aim of this research is to take on the scenario of transformation of the housing demand in the long term, in order to build an alternative theoretical model as a response, which then will be actualized in terms of technological innovation, as well as of innovation of the constructional process.

#### A new theoretical frame for the innovation of the constructional production

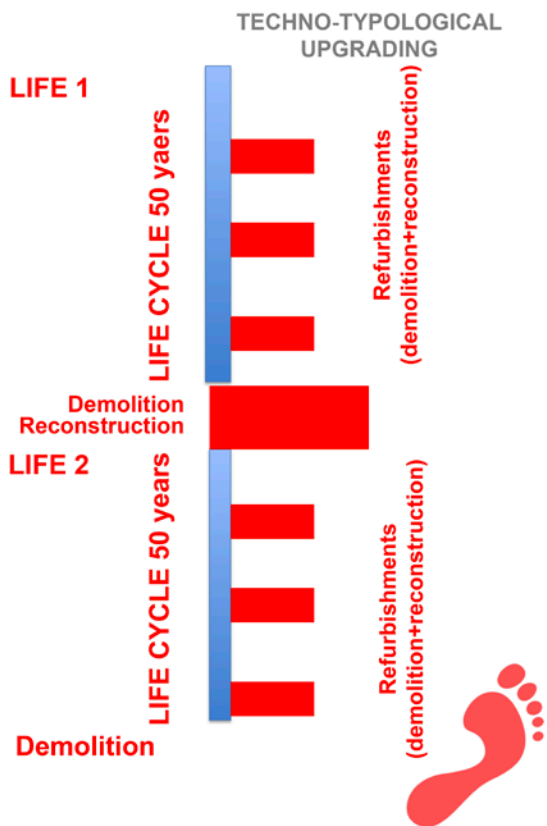
The fact that the housing demand expected in the next years is mainly urban and the consideration that 70% of the

urbanized land is occupied by houses (UN- Habitat, 2016) make the identification of the multistoried building typology a strategic option, by now ineluctable. The population density produced by the urbanization is "probably essential for the conservation of the remaining rural ecosystems" (Martine et al., 2008: 3). Based on this assumption, this research has identified the hypothesis of new buildings for residential use conceived as dynamic and technologically "hybrid" organisms as an alternative scenario. In the planning concept of these, the half-permanent subsystems having a long life cycle are separated from the half-permanent subsystems having a stronger technological content, which are subject to a faster obsolescence. This allows the interchangeability of the two in time and it reduces the environmental footprint of the building. This vision has been

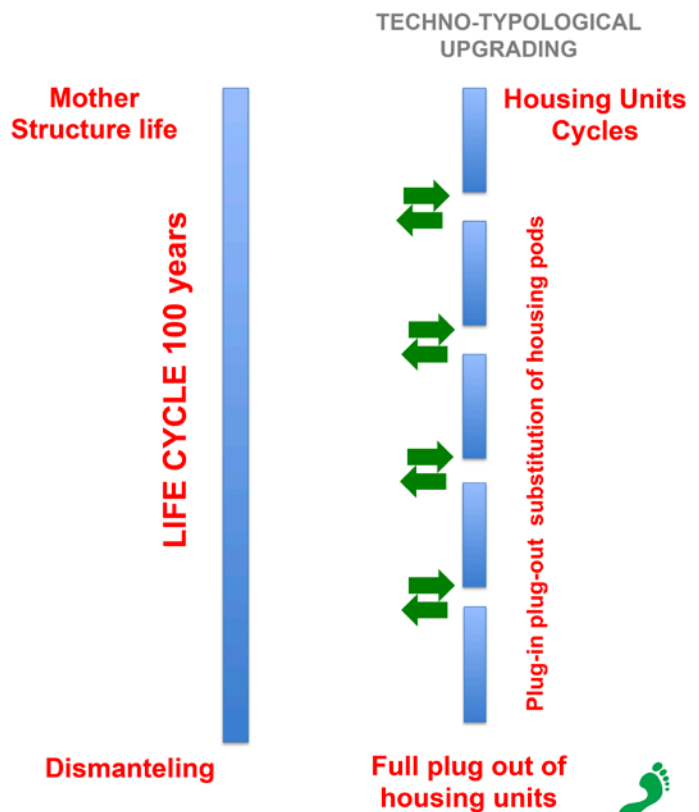
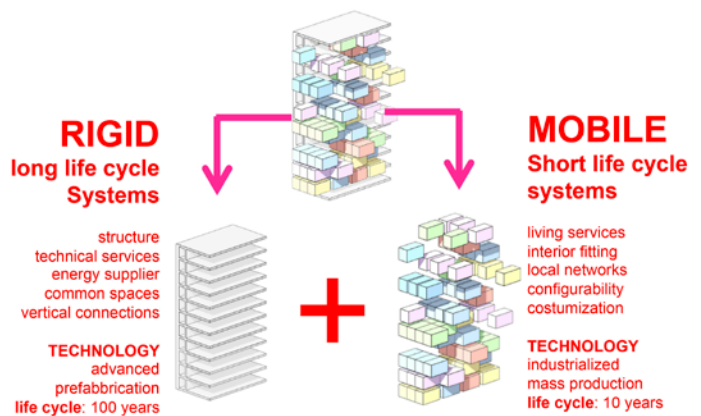
## TRADITIONAL BUILDING



**LONG AND SHORT LIFECYCLE SYSTEMS ARE STUCK TOGETHER IN ONE SINGLE RIGID BUILDING**



## HYBRID BUILDING



Schema grafico di confronto dell'efficienza del ciclo di vita tra il modello costruttivo tradizionale e il modello di innovazione proposta che prevede in un edificio abitativo multipiano l'applicazione di tecnologie ibride on-site/off-site a sotto sistemi differenziati per lunghezza del ciclo di vita.

Graphic diagram contrasting the efficiency of the life cycle the traditional constructional model to the innovative model presented. The latter envisages, in multistoried housing units, the application of on-site and off-site hybrid technologies to subsystems having different life cycle durations.

developed also through the analysis of the production industry and of the real estate, as well as through the direct involvement of some important stakeholders in seminars and workshops in which people in charge for the research and innovation divisions of Gewiss S.p.A. (electric plant design sector), of Valsir S.p.A. (hydro sanitary and mechanical plant design sector), and of Progress S.p.A. (advanced concrete prefabrication plant design sec-

tor) have been involved and confronted with each other.

The building has been sectioned in a mother structure hosting the main backbones of the system, which is supposed to have a life cycle of about one hundred years. Some interchangeable units have been inserted to integrate the whole electric, hydraulic and mechanical system with a ten-year life cycle, so as to guarantee a complete flexibility and adaptability to the changes

differenti all'interno di una singola struttura, combinazione dalla quale possono emergere notevoli opportunità che trascendono la stessa dimensione funzionale." (Avitabile, 2013). Il punto di partenza di questo approccio è quello che Steven Holl sintetizzava nella domanda "This building look like what it is?" Ma oltre alle mutazioni architettoniche generate dalle commistioni funzionali, è possibile individuare germi di ibridazione anche nei vari tentativi di ripensare e innovare lo stesso processo di produzione degli edifici e della città.

### Ricerca e ricadute nella prassi della produzione edilizia

L'ibridazione delle soluzioni tecnologiche e delle componenti edilizie è un tema ricorsivo nell'ultimo secolo che non ha però trovato una compiuta e diffusa attuazione capace di innovare i paradigmi del costruire<sup>3</sup>. Su tale scia sono state sviluppate molteplici esperienze più o meno paradigmatiche, configurate però più come suggestioni futuristiche che non come nuovi modelli produttivi<sup>4</sup>.

La ricerca "Hybrid systems and technologies for architectural design" agisce invece direttamente nelle prassi operativa di modularizzazione delle componenti a ciclo di vita più corto, con la conseguente possibilità di produrle *off-site*, individuando criteri di standardizzazione dell'interfaccia e specifiche dimensionali che inneschino delle economie sufficienti per una produzione su larga scala. In questo modo si intende ottenere la massima efficienza dei sottosistemi in relazione al loro ciclo di vita, combinando processi e tecnologie produttive *on-site* e *off-site*, con la possibilità di implementare adeguamenti tipologici più frequentemente e in modo meno invasivo rispetto al modello costruttivo

in the housing demand. Such a structured model can have multiple applications also to the affordable housing, to the temporary housing demand and to the new life and working styles requiring more and more mobility. These hybrid structures can have an interesting application also to some contexts of urban completion, in adherence to blind walls, residual lots and to renew degraded fabrics.

Hybridization has become one of the characteristic features of present times, maybe the strongest and the most pervasive in conveying the idea of change itself, of the genetic-technological mutation in every area of the human activities. Starting from the end of the eighties the idea of hybrid has become a synonym of progress and innovation spread across the areas of consumer goods, technology, computer science, but also across culture and custom,

from sociology to literature and cinema. The evolution as a combination of two different realities producing a new identity is nowadays accepted as the staple principle of innovation also in the area of technology. In the field of architecture, the term 'hybrid' is mainly associated to the "combination of different programs within a single structure. From this combination remarkable opportunities can arise, transcending the functional dimension itself." (Avitabile, 2013).

### Research and relapses in the approach to building production

hybridization of building solutions and of building components is a recursive topic of the last century that has not, however, had a complete and widespread implementation capable of innovating construction paradigms<sup>3</sup>. On the wake of this, multiple more or less

tradizionale, attraverso un sistema *plug-out* e *plug-in* dei componenti da sostituire/aggiornare/riconfigurare, consentendo la possibilità dinamica di adeguamento tipologico dell'alloggio da parte dell'utente a seconda del modificarsi nel tempo delle condizioni di vita e delle esigenze dimensionali.

La ricerca, continuamente verificata nel confronto con gli operatori del mondo della produzione, sta ora affrontando la sua seconda fase, con la messa a punto di soluzioni tecno-tipologiche e costruttive, nonché di modelli operativi per la produzione.

In particolare le attività in corso concernono:

- la definizione della struttura costruttiva e impiantistica dell'edificio ibrido tipo, con la esplicitazione delle specifiche di interfaccia e delle tipologie di impianto. In collaborazione con le aziende partner si stanno elaborando il sistema degli obiettivi tecnologici che identificano un edificio ibrido e le relative specifiche tecniche prestazionali alla base delle successive attività di ricerca applicata;
- la verifica sperimentale di efficienza e di competitività del modello nel ciclo di vita. Il confronto viene fatto basandosi sui principi di *life-cycle thinking* tra costi di impianto, costi di esercizio, costi di adeguamento tecno-tipologico, impronta ambientale e sostenibilità. La verifica della disponibilità di una base di dati storici e di letteratura sufficientemente affidabili ha tuttavia evidenziato significativi limiti nei dati diretti relativi a manutenzioni e ristrutturazioni, sia per i la ridotta estensione dei campioni (spesso riferiti a singoli patrimoni immobiliari di dimensioni non rilevanti) che per la sostanziale mancanza di una metodologia scientifica di raccolta dei dati. Ne consegue la necessità di adottare per trasferimento metodologie di *life cycle assesment* scientificamente attendibili e stime parametriche;

exemplary experiences are developed that, however, tend to amount more to future influences and rarely can be applied to new production models<sup>4</sup>.

The theoretical vision of the scenario defined in the "Hybrid systems and technologies for architectural design" research, instead, foresees relapses in the operational approach to modularization of components with a shorter life cycle. This resulted in the possibility of producing them off-site by identifying standardized interface criteria and dimensional specifications that trigger economies of a sufficient scale for a high rate production. In this manner, the intention is to obtain the highest efficiency from subsystems in relation to their life cycle by combining productive procedures and technologies both on-site and off-site, with the possibility of implementing typological adaptations more frequently and less invasive-

ly compared to those of the traditional building model. This by means of plug-out and plug-in system of components to be replaced/upgraded/reset that provides the user with the opportunity to make a typologically dynamic customization of the accommodation depending on living conditions overtime and space requirements.

The research, continuously verified by the comparison with operators in the production sector, is now facing its second phase with the fine-tuning of technological and typological construction solutions as well as of those of operative production model.

In particular, the ongoing activities concern:

- determining the main features of the building and plant engineering structure in the hybrid type building, stating the specifications of both interface and plant engineering type.

- la verifica del modello di *business* basato sul *life-cycle profit* (gestione e fornitura di servizi abitativi durante il ciclo di vita) rispetto al modello *real estate* tradizionale (sviluppo e vendita). Tale modello sarà verificato attraverso una serie di interviste a sviluppatori immobiliari italiani e stranieri, e con la partecipazione a convegni e conferenze aventi per tema il confronto tra pubblico e privato sulle principali tendenze di innovazione del prodotto abitativo in relazione alle mutazioni sociali, economiche e culturali innescate con la grande recessione.

A oggi il contributo di ricerca ha formalizzato il quadro teorico relativo alle dinamiche evolutive nel medio e lungo periodo delle soluzioni progettuali e produttive, a partire da valutazioni riferite all'intero ciclo di vita dei manufatti edilizi, individuando nei modelli ibridi i possibili fattori di innesco di processi di innovazione a livello tecnico, operativo e costruttivo. La fase in corso, già finanziata, sta verificando le soluzioni tecno-tipologiche in ragione delle nuove aspettative sociali e del mercato, anche incentivando l'adozione di sistemi industrializzati in ragione di una maggiore capacità produttiva, favorendo economie di scala e una complessiva maggior sostenibilità economica e ambientale dei processi.

#### NOTE

<sup>1</sup>La ricerca, sviluppata all'interno dell'Unità di Ricerca *Governance progetto e valorizzazione dell'ambiente costruito* coordinata da Elena Mussinelli, è supportata - anche con il finanziamento di una borsa a tema per il Dottorato di Ricerca in Architettura, Ambiente costruito e Ingegneria delle costruzioni del Politecnico di Milano - da tre importanti aziende che operano con ri-

The research team, together with the partner companies, is elaborating the technological object targets that identify an hybrid building and the related performance technical sheets as starting base for the next research activities;

- verifying the model's efficiency and competitiveness its life cycle experimentally. The comparison will be made based upon life cycle thinking principles, among plant engineering, maintenance and technological adaptation costs as well as environmental footprint and sustainability. The assessment of the available historical data has revealed significant limits concerning maintenance and revamp interventions, both for the limited dimension of the samples (often related to single real estates assets of small dimension) and for the lack of a scientific

methodology in data collection. Therefore, it will be adopted a scientifically reliable life cycle assessment methodology, and parametrical estimation;

- verifying the business model based on life cycle profit (management and supply of housing services in the life cycle) in compliance with the traditional real estate model (development and sale). The model will be assessed through interviews to national and international real estates developers, and participating to forum and conferences focused on public and private trends of housing market seeking the ongoing new behaviours and social, economic and cultural changes.

The contribution to research to this day has been that of formalizing the theoretical framework related to evolutionary dynamics of design and production

ferimento al settore delle costruzioni (Gewiss S.p.A., Progress S.p.A, Valsir S.p.A.).

<sup>2</sup>Cfr. Lucarelli M.T., Mussinelli E., Trombetta C. (a cura di) (2015), *Cluster in progress. La Tecnologia dell'architettura in rete per l'innovazione*, Maggioli Editore. In questa pubblicazione sono presentati gli otto cluster tematici avviati nel 2012 dalla Società scientifica SITdA. In particolare il cluster "Produzione edilizia - prodotto edilizio", come suo obiettivo si occupa delle condizioni tecniche e organizzative entro cui si realizzano i processi edilizi per ottimizzare la capacità degli edifici di fornire risposte adeguate alle esigenze del mercato e degli utenti, per sviluppare le innovazioni di prodotto e processo e promuovere l'applicazione di pratiche e metodologie innovative efficaci.

<sup>3</sup>Si pensi ad esempio al tentativo di evolvere l'attività di costruzione in un processo industrializzato elaborato da Thomas Edison nel 1910, a Buckminster Fuller e la sua Dymaxion House o all'Unità d'Abitation di Le Corbusier.

<sup>4</sup>Ci si riferisce ad esempio al gruppo Archigram con il progetto "Plug in city", a Kisho Kurokawa e all'approccio progettuale basato sulla *Filosofia della simbiosi* alla base della Capusle Tower o alle più concrete ricerche sull'ibridazione in architettura e sulle tecnologie appropriate di Giorgio Ceragioli (Ceragioli, 1995).

#### REFERENCES

AA.VV. (2015), *Emerging trends in remodeling markets*, JCHS - Joint center for housing studies of Harvard University.

AA.VV. (2014), *World Urbanisation prospects*, United Nations Department of Economic and Social Affairs.

AA.VV. (2011), *Prefabrication and Modularization, increasing productivity in construction industry*, Small market report, McGraw-Hill construction, New York.

Avitabile, F. (2013), *Prospettive ibride negli spazi urbani contemporanei*, tesi di dottorato in Progettazione urbana e urbanistica, Università Federico II di Napoli.

projects in the mid- and long-term, starting from assessments referred to the entire life cycle of the housing product, by identifying possible triggering factors of technical, operative and building innovation procedures in hybrid models. The already funded phase that is underway is, instead, aimed at identifying technological and typological solutions that are able to satisfy novel social and market expectations by also incentivizing the implementation of industrialized systems for a greater production capacity. Thus, favoring scale economies as well as an overall greater economic and sustainability of procedures.

#### NOTES

<sup>1</sup> The research, developed by the Research Group "Governance project and built environment enhancement" coordinated by Elena Mussinelli, is sup-

ported by - in addition to a Doctoral Research scholarship in Architecture, Built environment and Building Engineering at Politecnico di Milano - three important companies that deal in the construction sector (Gewiss Ltd, Progress Ltd, Valsir Ltd.).

<sup>2</sup>Cf. Lucarelli M.T., Mussinelli E., Trombetta C. (edited by) (2015), *Cluster in Progress. La Tecnologia dell'architettura in rete per l'innovazione*, Maggioli Editore. This publication presents eight thematic clusters launched by the Scientific company SitdA in 2012. In particular, the aim of the "Construction production- construction product" cluster is deal with technical and organizational conditions within which construction processes are realized to optimize the capacity of structures to meet market and users' needs adequately, to develop product and process innovations and to promote the

- Bongaarts, J. (2001), *Household Size and Composition in the Developing World*, Policy Research Division, Population Council.
- Ciaramella, A. (2007), *Il processo di produzione edilizia dal progetto alla gestione: le premesse, le fasi, i ruoli*, Libreria Clup, Milano.
- Ceragioli G., Comoglio Maritano, N. (1995), *Adaptable Technologies, typologies and evaluations for low-cost housing in the Megalopolis of developing countries*, MG, Belo Horizonte.
- Di Pasquale, J. (2015), *Scalable Modular Architecture. Dynamic housing for changing society*, Jamko Edizioni, Milano.
- Di Pasquale, J., Mussinelli, E., Carrera, A. and Manfren, F. (2014), *Pop-up hotel Expo 2015, Temporaneità come condizione permanente*, Jamko Edizioni, Milano.
- Gaspari, J., Antonini, E., Boeri, A. and Longo, D. (2013), "Volumetric addictions for sustainable refurbishment of residential buildings", *Proceedings of conference "Central Europe towards Sustainable Building 2013": Sustainable Building and Refurbishment for Next Generations*, Praga.
- Gerland, P., Raffery, AE. (2014), "World population stabilization unlikely this century", *Science magazine*.
- Glaeser, E.L. (2009), *Green Cities, Brown Suburbs*, City Journal, Winter.
- Jonathan Rose Companies (2011), *Location Efficiency and Housing Type: Boiling it Down to BTUs*, March 2011
- Kieran, S., Timberlake, J (2004), *Re-fabricating Architecture*, McGraw-Hill, New York.
- Losasso, M, (2010), *Percorsi dell'innovazione. Industria, edilizia, tecnologie, progetto*, Clean, Napoli.
- Martine, G., McGranahan, G., Montgomery, M. and Fernandez-Castilla, R. (2008), *The New Global Frontier: Urbanization, Poverty and Environment in the 21st century*, Earthscan, London.
- Montgomery, M. (2008), *The demography of the urban transition: what we know and don't know*, *The New Global Frontier: Urbanization, Poverty and Environment in the 21st century*, Earthscan, London.
- Schiaffonati, F., Mussinelli, E. (Eds.) (2015), *Tecnologia Architettura Territorio*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna.
- Schiaffonati, F. (1) (2014), "Il contesto culturale e la nascita della disciplina", in Coordinamento dei ricercatori di Tecnologia dell'Architettura del Politecnico di Milano (Ed.), *La cultura tecnologica nella scuola milanese*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna.
- Schiaffonati, F. (2) (2014), *Il progetto della casa sociale*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna.
- Schiaffonati, F., Crespi, L., Mussinelli, E., Besozzi, W. (1994), *Didattica e progetto. Documenti e progetti del corso di Unificazione Edilizia e Prefabbricazione*, Alinea, Firenze.
- Seto, K.C., Güneralp, B. and Hutyra, L.R. (2012), "Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, August 16, 2012.
- UN-Habitat (2006), *The State of the World's Cities 2006/7*, Earthscan, London.
- UN-Habitat (2016), *Urbanization and development: Emergin futures*, World city report.
- Wallance, D. (2015), *Mooving Parts: modular architecture in a flat world*, CTBUH 2015 Conferences, New York.

application of effective practices and methodologies.

<sup>3</sup> For example: the attempt to evolve construction activity in an industrialized method was elaborated by Thomas Edison in 1910; Buckminster Fuller's "Dymaxion House"; Le Corbusier and his Unité de Abitation.

<sup>4</sup> For example: Archigam group's experience with the "Plug in city" project; Kisho Kurokawa's design by means of a project approach based on the "Symbiosis Philosophy", which is applied to the Capsule Tower; Giorgio Ceragioli's research on hybridization in architectural design and on appropriate technologies (Ceragioli 1995).