

Cristiana Cellucci, Dipartimento di Architettura, Università "G. d'Annunzio" Chieti-Pescara  
 Michele Di Sivo, Dipartimento di Architettura, Università "G. d'Annunzio" Chieti-Pescara

cristiana.cellucci@gmail.com  
 m.disivo@unich.it

**Abstract.** La progettazione dello spazio abitativo, si confronta oggi, con un contesto estremamente incerto, dominato da rapidi processi di obsolescenza funzionale e tecnologica dei modelli abitativi ereditati. Il progetto dello spazio abitativo dovrebbe in primis occuparsi dell'ottimizzazione del progetto rispetto alla durata dei sub-sistemi e alla capacità di contrastare i processi di obsolescenza, relativi sia all'uso di materiali e componenti pensati per fallire dopo il breve periodo, sia di modelli spaziali rigidi incapaci di adattarsi alla variabilità nel tempo delle esigenze del nucleo familiare. La ricerca indaga la flessibilità come un requisito fondamentale da incorporare nel "ciclo di vita" dell'abitazione, attraverso strategie che incidono sia sulla forma che sull'apparato tecnologico che governa la sua struttura.

**Parole chiave:** Incertezza, Obsolescenza, Life Cycle Design, Flessibilità spaziale, Flessibilità tecnologica

## Variabili di sistema, variabili di contesto e obsolescenza dello spazio abitativo

è il rischio di diventare tecnicamente o funzionalmente obsoleti. Questo in parte è dovuto al fatto che gli interventi sull'edilizia abitativa si sono orientati verso la logica dell'*Optimal Point Design* (OPD), ovvero verso il raggiungimento di un unico obiettivo, l'abitare nel senso più tradizionale del termine, sfolto di conseguenza tutte le capacità che non sono necessarie per adempiere a quelle specifiche funzionalità. Di conseguenza, se nel breve periodo il sistema abitativo è ottimizzato rispetto alle prestazioni richieste dall'utenza, nel lungo periodo risulta essere rigido verso nuovi compiti e quindi obsoleto (Mark, 2005), ovvero il divario tra la prestazione richiesta dall'utenza e quella che il sistema è in grado di fornire è molto alto.

Il paper mette in evidenza i principali aspetti sociali ed economici che hanno determinato l'inadeguatezza dei modelli abitativi

Uno dei principali problemi della casa su cui negli ultimi decenni si sono intrecciate riflessioni progettuali e teoriche, ma in genere di tutti i sistemi tecnologici,

ereditati, individuando nelle "variabili di contesto e di sistema" le principali cause di obsolescenza funzionale e tecnologica dell'abitazione.

Le variabili di contesto, riguardano tutti quei fattori come la variabilità nel tempo delle esigenze del nucleo familiare, il numero degli utenti e le loro relazioni socio-affettive, la variabilità d'uso dello spazio (la promiscuità delle attività abitative e lavorative) che determinano l'obsolescenza funzionale del sistema. Questo comporta una riflessione su due aspetti fondamentali: il passaggio dalla dimensione statica (la casa come prodotto finito) a una visione dinamica e transitoria dell'abitare contemporaneo, ovvero la disponibilità di abitazioni in grado di evolversi in base all'incertezza e alla variabilità dell'utenza; il passaggio dalla standardizzazione alla personalizzazione e la necessità di riflettere sulla dialettica spaziale all'interno della casa, ovvero sulla relazione tra spazi di intimità, di privacy e di socialità.

Le variabili del sistema riguardano tutti quei fattori che determinano una caduta prestazionale dei componenti utilizzati, ovvero l'obsolescenza tecnologica del sistema, come la sostituzione o variazione dell'apparato impiantistico, le operazioni di demolizione e ricostruzione (dovute al processo di degrado naturale o artificiale, oppure ai mutamenti del nucleo familiare), la sostituzione delle finiture, che comportano un impatto sull'assetto generale dell'abitazione oltre un notevole dispendio economico e di risorse. Questo comporta una riflessione su due aspetti fondamentali: il passaggio da un'esclusiva attenzione alla prestazione del componente a una dimensione economica e ambientale delle tecniche costruttive e dei materiali utilizzati, ovvero un progetto mirato a prolungare la durata di vita dell'edificio e dell'alloggio; l'impegno etico del progetto sul tema dell'abitare contemporaneo.

## Strategies for spatial and technological flexibility

**Abstract.** The design of housing systems is today challenged by a highly uncertain context, dominated by the rapid development of functional and technological obsolescence in inherited housing models. The design of housing systems should first and foremost optimise the longevity of the sub-systems and be able to offset the process of obsolescence which is concomitant to both the current use of materials and components devised to fail after a short period, and to rigid spatial models that are incapable of adapting to changes in the household's needs over time. This research examines flexibility as a fundamental requirement to be incorporated in the Life Cycle of the house, through the use of strategies that affect both the form and the technological system that governs its structure.

**Keywords:** Uncertainty, Obsolescence, Life Cycle Design, Spatial flexibility, Technological flexibility

### System variables, context variables and obsolescence of the housing system

One of the main problems affecting the house, which in recent decades has become linked to theoretical and design considerations, is the risk of becoming technically or functionally obsolete, a risk that generally threatens all technological systems. This is partly due to the fact that works carried out on residential housing have focused on the logic of *Optimal Point Design* (OPD), which means that they focus on the achievement of a single goal: housing in the most traditional sense of the term, thereby reducing all the capabilities that are not needed to fulfil those specific features. Therefore, in the short term the housing system is optimised to fulfil the service required by the user, in the long term the housing system will be in-

flexible towards new service requirements and consequently become obsolete (Mark, 2005). In other words, there is a wide gap between the service needed and the service that the system is able to provide.

This paper highlights the main social and economic factors that have shaped the inadequacy of inherited housing models, identifying the main causes of functional and technological obsolescence in the "context and system variables".

Context variables relate to those factors, such as the changes in the needs of the household, the number of users and their socio-affective relationships, and the different uses of the space (the link between work and living activities), that determine the functional obsolescence of the system. This involves the consideration of two fundamental aspects: firstly, the evolu-

Se la flessibilità è la capacità di un sistema di essere facilmente modificato e di rispondere ai bisogni dell'utenza in modo tempestivo ed efficace, allora essa può essere considerata come un antidoto all'obsolescenza; una caratteristica del sistema che ne garantisce l'estensione del ciclo di vita nel tempo.

### La flessibilità come strategia

Il controllo nel ciclo di vita dell'edificio, dell'obsolescenza tecnologica e funzionale di un sistema

in generale, e dello spazio abitativo in particolare, comporta la necessità di incorporare il criterio di flessibilità nel progetto; questo richiede una riflessione sia sul sistema edificio che sull'organizzazione degli apparati tecnologici, cioè significa riflettere sulla relazione tra flessibilità spaziale e tecnologica.

Nell'ambito della ricerca sono state definite strategie per l'implementazione della flessibilità, capaci di incidere sia sulla forma che sull'apparato tecnologico che governa la sua struttura, a partire dalla concezione della casa, non come prodotto finito, ma come processo (Campioli, 2009). Le strategie individuate sono riferite a tre principali ambiti su cui incide la flessibilità: morfologico spaziale, morfologico strutturale e delle attrezzature (Fig. 1):

– Aumento della superficie interna attraverso l'aggiunta di unità ambientali (S1)

Questa strategia permette l'aumento della superficie utile dell'abitazione, senza incidere sul volume iniziale perché l'aumento avviene all'interno di esso. Tale aumento è possibile all'interno di un'abitazione su due livelli, attraverso la chiusura orizzontale di spazi a tutt'altezza a favore di nuove unità ambientali, come può essere l'aggiunta di un'ulteriore camera da letto per la nascita di un figlio. L'aumento delle unità ambientali della casa all'interno

tion from a static element (the house as a finished product) to a dynamic and transitional view of contemporary living, namely the availability of housing capable of evolving according to uncertain and changing usage; secondly, the shift from standardisation to customisation and the need to rethink the spatial dialectic of the home, i.e. the relationship between intimate, private and social spaces.

System variables relate to those factors which lead to a drop in performance of the used components – i.e. the technological obsolescence of the system – such as the replacement or the adaptation of the engineering system, demolition and reconstruction works (due to the process of natural or artificial wear and tear, or to changes in the household), and the replacement of finishings. These have an impact on the general layout of the dwelling, as

well as wasting money and resources. This involves the consideration of two fundamental aspects: firstly, the transition from the exclusive focus on component performance to the focus on the economic and environmental dimensions of construction techniques and materials, refocusing, in other words, on a project that aims to extend the life of the building and of the dwelling; and secondly, the ethical commitment of the project on the theme of contemporary living.

If flexibility is the ability of a system to be easily modified and to respond to changes in the environment in a timely and convenient, then the flexibility can be considered the antidote to obsolescence, or the characteristic of the system that guarantees slippage over time.

del volume iniziale non altera la relazione dell'edificio con l'esterno.

– Aumento della superficie dell'alloggio su nuovo supporto e aumento del volume iniziale (S2)

Questa strategia permette la crescita della superficie utile della casa creando nuovi spazi, rispetto al volume iniziale, sopra un nuovo supporto, quindi attraverso l'aggiunta di elementi strutturali. L'ampliamento della casa può essere annesso o meno al volume iniziale, attraverso l'occupazione di un patio o di un giardino esterno. In questo caso l'abitazione deve essere concepita per elementi modulari che possono essere ampliati nelle tre direzioni spaziali in base alla necessità, perché pianificati in fase progettuale, attraverso l'utilizzo di elementi prefabbricati modulari.

– Aumento della superficie su supporto esistente (S3)

Questa strategia permette l'aumento della superficie dell'abitazione attraverso la chiusura di spazi che sono già costruiti e di pertinenza alla casa (supporto esistente) ma che non si considerano abitabili, perché aperti, per i quali non è necessario ampliare o modificare la struttura. Il nuovo spazio può essere un balcone o una terrazza che con piccoli interventi architettonici possono essere chiusi per formare parte dello spazio interno della casa, così come previsto dal piano casa o attraverso un'adeguata modifica del regolamento edilizio.

– Ridondanza degli accessi (S4)

Questa strategia garantisce la possibilità di una diminuzione della dimensione dell'abitazione in un determinato periodo di tempo, in cui il nucleo familiare non necessita più dell'intera superficie della casa e può dividerla in due o più unità, o può cedere parte della superficie a un'altra abitazione o a un'attività (studio). La pianificazione preventiva di un minimo di due accessi (in base alla

### Flexibility as a strategy

In the life cycle of the building, the control of the technological and functional obsolescence of a system in general, and particularly of the housing system, involves the need to incorporate the criterion of flexibility in the design; this calls for a re-evaluation of both the building system and the organisation of the technological equipment, which means having to rethink the relationship between spatial and technological flexibility.

In the field of research, a set of strategies for the implementation of flexibility has been defined, which is able to influence both the design's form and the technological system that governs its structure, starting with the concept of the home, not as a finished product, but as a process (Campioli, 2009). The identified strategies relate to three main areas that are affected

by flexibility: spatial form, structural form and equipment (Fig. 1):

- Increasing the internal surface area by the addition of living units (S1)

This strategy enables the useful surface area of the house to be enlarged without affecting the initial volume because the enlargement takes place within the original volume. This type of enlargement is possible in a dwelling with two floors, through the horizontal enclosure of high spaces in order to create new living units, such as the addition of a new bedroom after the birth of a child. The enlargement of the house's living units within the initial volume does not alter the relationships between the building and the outside.

- Increasing the dwelling's surface area in a new structure and the increasing of the initial volume (S2)

This strategy enables the useful sur-

Criterion: complexity of plan																	
Increased of the inner surface area by the addition of living units	Strategy S1	Area	Increasing the dwelling's surface area in a new structure and the increasing of the initial volume	Strategy S2	Area	Increased surface on existing support	Strategy S3	Area	Excess access points	Strategy S4	Area	Undefined environmental units	Strategy S5	Area	Customising privacy needs and social needs	Strategy S6	Area
	X	Spatial Morphology		X	Spatial Morphology		X	Spatial Morphology		X	Spatial Morphology		X	Spatial Morphology		X	Spatial Morphology
	X	Structural Morphology		X	Structural Morphology		X	Structural Morphology		X	Structural Morphology		X	Structural Morphology		X	Structural Morphology
		Equipment			Equipment			Equipment			Equipment		X	Equipment		X	Equipment
Criterion: optimization of plant components						Criterion: complexity of plan											
Using mobile equipment.	Strategy S7	Area	Over-sized and inspectable engineering system	Strategy S8	Area	The use of dry layered closures	Strategy S9	Area	Adjustment and adaptability of the building envelope	Strategy S10	Area	Structural uniformity and adaptable floors	Strategy S11	Area	The integration of home automation systems	Strategy S12	Area
		Spatial Morphology		X	Spatial Morphology			Spatial Morphology			Spatial Morphology		X	Spatial Morphology			Spatial Morphology
		Structural Morphology		X	Structural Morphology		X	Structural Morphology		X	Structural Morphology		X	Structural Morphology		X	Structural Morphology
	X	Equipment		X	Equipment			Equipment			Equipment			Equipment		X	Equipment

01 | Relazione tra strategie e ambiti  
The relationship between strategy and areas

Strategy	S06	S12	model: low flexibility															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Space Morphology</th> <th>Structural Morphology</th> <th>Equipment</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>2</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Space Morphology			Structural Morphology	Equipment	0	2	0	0	0	0	2	0	0			
	Space Morphology	Structural Morphology			Equipment													
	0	2			0													
0	0	0																
2	0	0																
Strategy	S04	S05	model: high flexibility															
	S06	S10			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Space Morphology</th> <th>Structural Morphology</th> <th>Equipment</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>	Space Morphology	Structural Morphology	Equipment	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	Space Morphology	Structural Morphology			Equipment													
	3	3			3													
3	3	3																
3	3	3																
S11	S08																	
S09	S07																	

02 | Modelli tipologici tecnologici di abitazioni flessibili, ottenuti dalla relazione tra le diverse strategie appartenenti ai tre ambiti individuati  
Typological and technological models of flexible housing, obtained from the relationship between the different strategies that belong to the three identified areas

dimensione iniziale della casa) può incidere notevolmente sul costo complessivo legato all'eventuale realizzazione della divisione della stessa in due unità.

– Indeterminatezza della unità ambientali (S5)

Questa strategia si basa sul dotare la casa di spazi indeterminati, che possano cambiare l'uso senza trasformarsi fisicamente. Questo è possibile o attraverso un dimensionamento neutrale delle unità ambientali per ospitare qualsiasi funzione e una degerarchizzazione delle stesse (per cui ad esempio una camera può trasformarsi in studio ecc); oppure attraverso la concezione dello spazio come contenitore universale in cui l'organizzazione delle unità ambientali e la loro trasformabilità è data dallo spostamento di pareti e mobili contenitori (armadi, librerie ecc).

– Personalizzazione della privacy/socialità (S6)

Questa strategia mira a creare un giusto equilibrio tra privacy e socialità all'interno del nucleo di convivenza attraverso un'organizzazione dello spazio che garantisca riservatezza alle unità ambientali della camera-bagno e studio e condivisione alle unità ambientali destinate alla socialità del gruppo di convivenza. Questo incide sia sulla disposizione delle unità ambientali, sia sui sistemi che ne garantiscono il benessere ambientale: elementi illuminanti per la modulazione della luce e del calore, attrezzature e pareti mobili che garantiscono il dimensionamento dello spazio in funzione dell'uso ect.

– Utilizzo di attrezzature mobili (S7)

Questa strategia consente la riorganizzazione spaziale e funzionale dell'intera unità abitativa con tempistiche rapide, grazie allo spostamento di pareti divisorie attrezzate, di mobili contenitori o di partizioni interne modulari prefabbricate montate in opera con giunzioni a secco. Questa soluzione è efficace soprattutto nella re-

face area of the house to be enlarged by creating new spaces in a new structure, therefore increasing the initial volume with the addition of structural elements. By taking over a patio or a garden, the house extension can either be attached to the initial structure, or not. In this case the dwelling should be conceived as modular elements, which can be extended in three spatial directions according to need, because it is designed in stages, through the use of prefabricated modular elements.

- Increasing the surface area within the existing support (S3)

This strategy enables the enlargement of the dwelling area through the enclosure of spaces that are already built and that belong to the property (the existing structure) but that are not considered habitable because they are in the open, but which do not require

the extension or the modification of the structure. The new space can be a balcony or a terrace that, with small architectural works, can be enclosed to form part of the internal space of the house, as foreseen by the design of the house or through an appropriate modification of the building code.

- Excess access points (S4)

This strategy provides the option to decrease the size of the dwelling at any given time, when the household no longer needs the entire surface area of the house and can divide it into two or more units, or can assign part of the surface area to another dwelling or activity (an office). The advance planning of a minimum of two access points (depending on the initial size of the house) can have a significant impact on the overall cost attached to any eventual division of the dwelling into two units.

alizzazione di spazi di piccola dimensione dove la compartimentazione avviene attraverso l'uso di attrezzature mobili che consentono all'utente di utilizzare la stessa superficie in modo diverso. Situate liberamente le reti di adduzione e di scarico, le attrezzature possono essere, inoltre collocate, secondo le necessità degli abitanti, o essere riunite in una matrice di base che contenga le reti, consentendo movimenti strategici alla trasformabilità d'uso dello spazio (Fig. 2).

– Ridondanza e ispezionabilità dell'apparato impiantistico (S8)

Questa strategia consiste nel dimensionamento delle centrali tecnologiche al fine di consentire eventuali modifiche o aggiunte dei nuclei tecnici (bagno e cucina). Nel caso di rifunzionalizzazione, ampliamento/riduzione si deve avere la possibilità di riprogrammare il sistema impiantistico e eventualmente implementarlo, ridurlo o di sostituirne delle parti senza dover cambiare il sistema (Di Sivo, 1992). Una strategia significativa è la pianificazione e programmazione dei punti di adduzione (acqua e gas), in fase di progettazione, in funzione degli accessi o di possibili divisioni che richiedono l'aggiunta di ulteriori nuclei tecnici ecc. Altra soluzione è la disposizione degli impianti in parti ispezionabili e manutenibili, come può essere un cavedio tecnologico in una fascia perimetrale all'alloggio, oppure l'utilizzo di solai attrezzabili (pavimenti sopraelevati o controsoffitti), contenenti reti flessibili in materiale plastico o l'uso di una loggia perimetrale cava contenente il sistema impiantistico, adattabile alle necessità del momento.

– Utilizzo di chiusure stratificate a secco (S9)

Questa strategia consente la reversibilità dell'abitazione con tempistiche abbastanza rapide e il riutilizzo parziale o totale dei componenti utilizzati. Questa strategia consente un'adeguata flessibilità nel tempo attraverso l'adozione di soluzioni morfologiche dei sub-

- Undefined environmental units (S5)

This strategy is based on equipping the house with undefined spaces that can adapt their usage without having to physically change. This is possible either through the neutral sizing of the living units in order to accommodate any function, and the elimination of hierarchy between them (whereby a bedroom can convert to a study, etc.), or through the conception of the space as a universal container where adaptable living units are organised by moving walls or furniture (wardrobes, bookcases, etc.).

- Customising privacy needs and social needs (S6)

This strategy seeks to create an equal balance between the privacy needs and the social needs of the household, through the organisation of a space that guarantees the seclusion of the living units of the bedroom, bathroom

and study, and the sharing of the living units where the cohabitants socialise. This affects both the arrangement of the living units and the systems that ensure their comfort: lighting elements for the modification of light and heat, equipment, and moveable walls that ensure the size of the rooms match their function, etc.

- Using mobile equipment (S7)

This strategy enables the spatial and functional reorganisation of the entire living space within a short timeframe, thanks to the movement of partition walls that are equipped with storage units or with prefabricated internal modular partitions that are mounted with dry partitioning joints. This solution is particularly effective in the design of small spaces, where compartmentalisation is achieved through the use of mobile equipment that allows the user to employ the same area in

sistemi, che facilitino il montaggio e lo smontaggio dei componenti e che garantiscano sia una totale reversibilità dell'abitazione, sia la sostituzione di alcuni componenti con altri dalle prestazioni più elevate e sia il cambio di posizione degli stessi (tamponature o tramezzi). Le chiusure verticali opache o trasparenti possono essere pensate come pacchetti stratificati a secco uniti con giunzioni di tipo meccanico senza l'impiego di materiali di connessione (collanti o sigillanti), facilmente smontabili e rimontabili.

– Adeguamento e modificabilità dell'involucro (S10)

Questa strategia consente la movimentazione della facciata, che in genere necessita di essere riabilitata ogni venti anni per considerazioni tecniche o estetiche. L'adeguamento dell'involucro può essere relazionata con la possibilità di ampliamento dello spazio interno su di un supporto nuovo o esistente. Tra le possibili soluzioni possiamo citare l'uso di facciate mobili che scorrono su logge preesistenti per garantire l'ampliamento dello spazio interno; facciate continue non portanti che consentono di smontare alcuni elementi di chiusura e di sostituirli con altri o di rimontarli successivamente con una nuova configurazione, il tutto con tempistiche e costi inferiori a quelli necessari per pareti perimetrali tradizionali.

– Regolarità strutturale e solai adattabili (S11)

Questa strategia consiste nell'organizzazione del sistema strutturale su una maglia regolare, fondamentale per garantire la facile trasformabilità dell'edificio; l'uso di materiali che garantiscono una massima reversibilità del sistema oltre alla flessibilità degli spazi interni attraverso lo smontaggio e il rimontaggio dei componenti metallici; l'utilizzo di travi cave o di travi reticolari capaci di integrare nella morfologia strutturale il sistema impiantistico, rendendo completamente libero lo spazio interno da vincoli che possano ostacolare la trasformabilità dello spazio. Inoltre è importante

prevedere un adeguato sovradimensionamento (tenendo conto dell'incremento dei costi) della struttura portante in previsione di possibili ampliamenti dell'alloggio nel tempo.

– Integrazione di sistemi domotici (S12)

Questa strategia consente una facile trasformabilità dello spazio, attraverso l'uso di sistemi domotici che permettono maggiore facilità nella gestione delle trasformazioni interne. Tali sistemi possono essere collegati a specifiche chiusure verticali, programmate per traslare su logge e terrazzi, aumentando la superficie interna, oppure a un sistema di mobili contenitori capaci di trasformare lo spazio in funzione del suo utilizzo. Questa strategia prevede una programmazione delle possibili soluzioni spaziali attuabili ed è particolarmente utile per determinate categorie di utenza, disabili o anziani.

Incorporare le strategie di flessibilità individuate, già nella fase iniziale di progettazione dell'abitazione, consente l'apertura del progetto ai cambiamenti che avvengono nel contesto sociale ed economico, ovvero che le decisioni prese nella fase iniziale non vincolino le future scelte.

È evidente che dato l'insieme A di possibili strategie adottate e l'insieme B costituito dalle possibili configurazioni associate alle singole strategie, stabilita nel primo periodo la strategia da adottare,  $a \in A$ , questa risulta, nel secondo periodo, vincolata ad un sottoinsieme di configurazioni  $B(a) \subseteq B$ . Ne consegue che la misura della flessibilità ( $F_{\text{misura}}$ ) è data dal numero di opzioni aperte nel secondo periodo dopo che è stata presa una decisione nel primo periodo. In altre parole, la flessibilità è il numero di alternative rimanenti dopo una prima trasformazione (Mandelbaum e Buzacott 1990). La misura della flessibilità può essere ottenuta dal rapporto tra il numero di possibili configurazioni attuabili in un secondo perio-

different ways. With liberally located inlet and outflow networks, equipment can also be positioned according to the needs of the inhabitants, or can be reunited in a base matrix that contains the network, providing strategic movement to the adaptability of the space (Fig.2).

- Over-sized and inspectable engineering system (S8)

This strategy consists of sizing technological systems so as to allow for eventual modifications or additions to the technical core (bathroom and kitchen). In the event of a change in the function of the building, or if the building is extended or reduced, it must be possible to reprogram the engineering system, and eventually to implement, reduce or replace its parts without changing the system itself (Di Sivo, 1992). A significant aspect to this strategy is the planning and program-

ming of inlet points (for water and gas) during the design stage that are in line with access areas or with possible future divisions due to the later addition of technical cores, etc. Another solution is the arrangement of systems that are able to be partly inspected and maintained, such as a technological shaft along the perimeter of the dwelling, or floors (raised floors or false ceilings) that can be equipped with flexible networks made of plastic material, or the use of a hollow perimetrical loggia containing the installation system, which can be adapted to the needs of the moment.

- The use of dry layered closures (S9)

This strategy enables the construction to be reversed within a reasonably quick timeframe and enables the reuse of all or part of the components. The strategy provides adequate flexibility over time, through the adoption of

morphological solutions for the subsystem. This facilitates the assembly and disassembly of the components and ensures not only the building's reversibility, but also the possibility of replacing some of the components with higher performing ones, as well as being able to change the positions of those components (cladding or partition walls). The opaque or transparent vertical closures can be thought of as dry layered packets that are united with mechanical joints without the use of connecting materials (adhesives or sealants), and easily disassembled and reassembled.

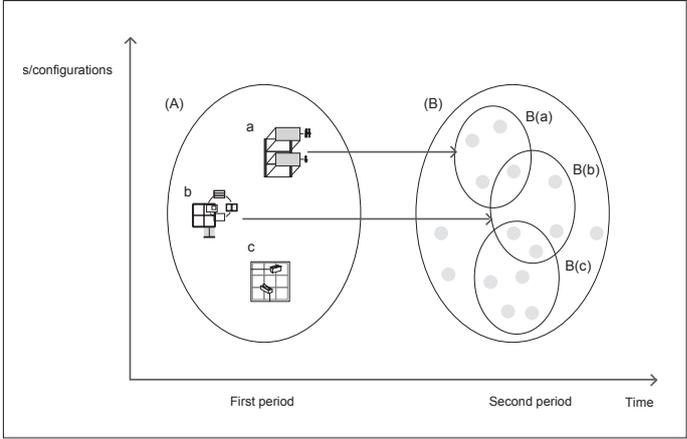
- Adjustment and adaptability of the building envelope (S10)

This strategy enables the repositioning of the facade, which generally needs to be rehabilitated every twenty years due to technical or aesthetic considerations. The adjustment of the envelope

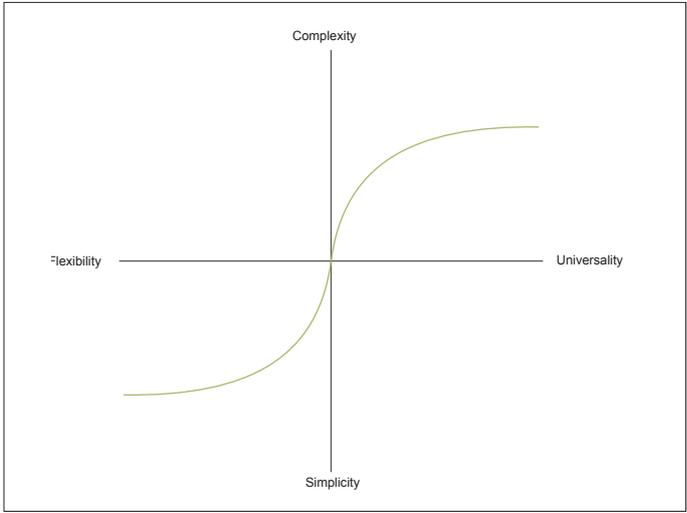
can include the possibility of enlarging the internal space within a new or existing structure. Among the possible solutions are the use of mobile facades that roll along a pre-existing loggia in order to extend the internal space, and non-load bearing curtain walls that allow some closure elements to be disassembled and then either replaced or subsequently reassembled in a new arrangement. These solutions cost less and take less time than traditional exterior walls.

- Structural uniformity and adaptable floors (S11)

This strategy consists of the following: organising the structural system over a regular grid, which is essential to ensure the easy convertibility of the building; the use of materials that ensure maximum reversibility of the system in addition to the flexibility of the internal spaces, through the dis-



03 | Ipotesi di relazione tra l'insieme di scelte strategiche in fase di progetto (A) e l'insieme delle possibili configurazioni attuabili in un secondo periodo (B)  
 The hypothesis of the relationship between the set of strategic choices in the design phase (A) and the set of feasible combinations in the second period (B)



04 | Trade-off tra flessibilità e universalità di un progetto e la sua complessità  
 The trade-off between the flexibility and the universality of design and its complexity

do e in numero di strategie adottate in fase di progetto (Fig.3):

$$F_{\text{misura}} = N_{C(B)} / N_{S(A)}$$

Dove:  
 $N_{C(B)}$  è configurazioni attuabili in un secondo periodo  
 $N_{S(A)}$  numero di strategie adottate in fase di progetto.

**Prospettive di sviluppo**

La ricerca apre a possibili scenari di sviluppo, utili alla pratica del settore. Tali ambiti dal punto di

vista concettuale riguardano:

- La relazione tra i criteri generali di complessità programmatica e semplicità costruttiva e gli approcci di flessibilità e universalità al progetto dello spazio della casa, quindi, un interessante settore da esplorare è il "trade-off" tra *Universal Design* e *Flexible Design* all'interno del progetto dello spazio abitativo. Il primo legato a un'alta complessità organizzativa dovuta alla progettazione per un'utenza ampliata che tenga conto anche delle persone con disabilità momentanea o permanente, il secondo legato maggiormente alla semplificazione costruttiva per la facile trasformabilità dell'alloggio nel tempo (Fig.4).

- Lo sviluppo di strumenti per la valutazione qualitativa e quantitativa della flessibilità. Dalla letteratura sulla flessibilità nei sistemi complessi, se pur ricca di spunti e di riflessioni trasferibili al sistema edilizio, emerge una difficoltà su come misurare la flessibilità, soprattutto in relazione alla reversibilità delle strategie adottate (Fig. 5). Dal punto di vista operativo, lo studio della flessibilità apre ad una riflessione sui domini della progettazione (dominio dell'utente, dominio funzionale e dominio fisico) attraverso la traduzione delle esigenze in requisiti progettuali e quest'ultime in strategie tipologico/spaziali e tecnologiche. Un'ulteriore importante prospet-

assembly and reassembly of metallic components; and the use of hollow or rectangular beams capable of integrating the installation system inside the structural form, leaving the internal space completely free of constraints that could obstruct the its convertibility. It is also important to envisage adequate over-sizing of the supporting structure (taking into account the increase of costs) in anticipation of possible extensions to the property at a later date.  
 - The integration of home automation systems (S12)  
 This strategy enables the easy convertibility of the space, through the use of home automation systems that make it easier to manage internal changes. These systems can be connected to specific vertical closures, programmed to transform loggias and terraces, thereby increasing the inter-

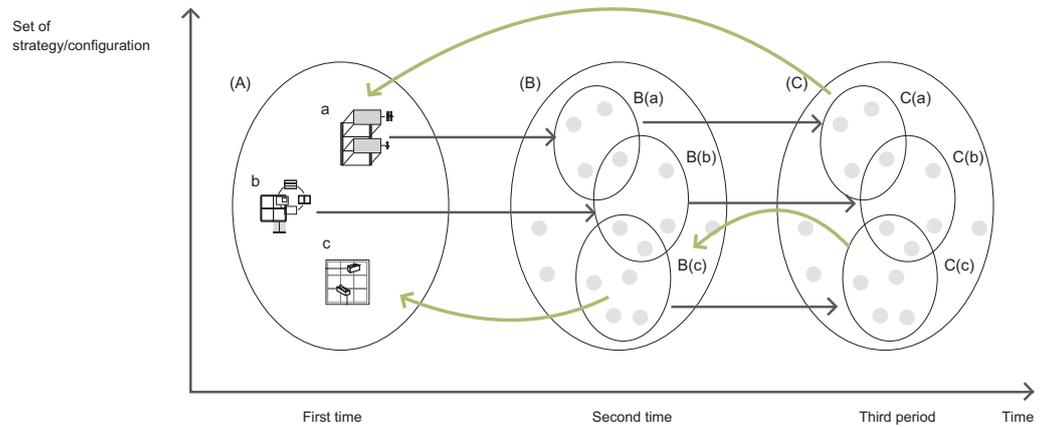
nal space, or they can be connected to a system of storage units capable of transforming the space depending on how they are used. This strategy envisages the programming of feasible spatial solutions and it is particularly useful for certain types of users, such as the disabled or the elderly.  
 By incorporating these strategies of flexibility at an early stage in the design of a house, the design can be primed for changes in the social and economic context. This means that the decisions made in the initial stages will not limit future choices.  
 Set A consists of possible strategies to adopt and set B consists of possible compositions associated with the single strategies. Once the strategies to be adopted have been established in the first period,  $a \in A$ , this is linked in the second period to the subset of compositions  $B(a) \subseteq B$ . It follows that the

measure of flexibility ( $F_{\text{measure}}$ ) is provided by the number of open options in the second period after the decision made in the first period. In other words, flexibility equals the number of remaining alternatives after a first conversion (Mandelbaum and Buza-cott 1990).  
 It is therefore possible to say that flexibility can be measured by the ratio between the number of feasible compositions in a second period and the number of strategies adopted during the design phase (Fig.3):  
 $F_{\text{measure}} = N_{C(B)} / N_{S(A)}$   
 Where:  
 $N_{C(B)}$  are feasible compositions in a second period  
 $N_{S(A)}$  the number of strategies adopted in the design phase.

**Prospects of development**

Research opens up possible development scenarios, which are useful to the industry.  
 From the conceptual point of view, these areas concern:  
 - The relationship between the general criteria of complex programming and simple construction, and the flexible and universal approach to the design of the house. An interesting area to explore, therefore, is the trade-off between *Universal Design* and *Flexible Design* within the design of the housing system. *Universal Design* is linked to high organisational complexity due to its allowance for a wide variety of uses that also take into account people with temporary or permanent disabilities. *Flexible Design* is mostly linked to the simplification of construction in order to enable the easy transformation of the dwelling over time. This

The hypothesis of the relationship between the evolution and the reversibility of the strategic choices adopted in the design phase



tiva di sviluppo riguarda il dominio di processo, attraverso una progettazione che declini la dimensione programmatica (legata alla variabilità delle esigenze dell'utente, alla necessità di personalizzazione dell'alloggio, alla dimensione temporale), in relazione al contesto, legandola alla riscoperta di sistemi costruttivi e materiali a basso costo e a processi di collaborazione tra progetto e produzione. Questo è possibile attraverso:

- la costituzione di un laboratorio tipologico/tecnologico per la sperimentazione delle strategie elaborate nell'ambito della ricerca, consolidando il rapporto di collaborazione tra gli istituti di ricerca e le aziende locali afferenti al settore dell'edilizia;
- la promozione delle competenze territoriali con l'organizzazione in filiera dei vari operatori coinvolti nella realizzazione delle strategie (aziende per la produzione di materiali e tecnologie per le costruzioni, industrie che producono arredi e sistemi domotici integrati all'ambiente domestico).

Si delinea, dunque, una cultura del progettare e del costruire che ha come punto di forza il riferimento a ciò che nella ricerca sociologica e antropologica è stata recentemente definita come "intelligenza collettiva" (Lévy, 1994). L'edificio si trasforma, in questo modo, in una costruzione semplice, che utilizza materiali e tecniche valorizzate da un sapere artigianale e facilmente reperibili sul mercato, ma complessa nella sua organizzazione, con la partecipazione degli utenti alle fase decisionali e la condivisione dei saperi nella fase esecutiva.

conceptual relationship is shown in the following figure (Fig.4).

- The development of tools to evaluate the quality and the quantity of flexibility. Even though it is rich with ideas and re-evaluations that can be applied to building systems, the literature on flexibility in complex systems leaves us with the difficulty of how to measure flexibility, especially with regard to the reversibility of adopted strategies. This conceptual relationship is shown in the following diagram (Fig. 5).

From an operational point of view, the study of flexibility leads to a re-thinking of the domains of design (the user's domain, the functional domain and the physical domain), through the transformation of needs into design requirements, followed by the transformation of design requirements into typological/spatial strategies and tech-

nology. An important subsequent angle of development concerns the domain of procedure, through a design that tailors the programming dimension (linked to the changes in use, the need to customise the dwelling and the timeframe involved) to the context, connecting it to the rediscovery of construction systems and low-cost materials, and also to collaborative procedures between the design and the production. This can be achieved in the following ways: firstly, with the creation of a typological/technological Laboratory for testing strategies developed by research, consolidating the collaboration between institutions of research and local companies that are connected to the construction industry; and secondly, with the promotion of regional skills by organising a chain of involved collaborators for the im-

## REFERENCES

- Campoli, A. (2009), *Progettare oltre l'emergenza, spazi e tecniche per l'abitare contemporaneo*, Il sole 24 ore Press, 118, Milano.
- Cattaneo, M., Di Sivo, M., Furlanetto, L., Ladiana, D. (2009), *Cultura di Manutenzione*, Alinea, Firenze.
- Cellucci, C. (2014), *Tempo e Resilienza: nuove prospettive per la flessibilità spaziale e tecnologica della casa*, PhD thesis, Dipartimento di Architettura, University "G. d'Annunzio" of Chieti and Pescara.
- Di Sivo, M. (1992), *Il progetto di manutenzione*, Alinea, Firenze.
- Kyung, W.S., Chang, S.K. (2013), "Interpretable Housing for Freedom of the Body: The Next Generation of Flexible Homes", *Journal of Building Construction and Planning Research*, Vo.1.
- Lévy, P. (1994), *L'intelligence collective. Pour une anthropologie du cyberspace*, Editions La Decouverte, Paris.
- Mandelbaum M., Buzacott J. (1990), "Flexibility and decision-making", *European Journal of Operational Research*, Vol.44, No. 1.
- Mark G.T. (2005), "Incorporating flexibility into system design: a novel framework and illustrated developments", Thesis (Masters of Science), Department of Aeronautics and Astronautics, Massachusetts Institute of Technology.
- Suh N. (1999), "A theory of complexity, periodicity and the design axioms," *Research in Engineering design*, Vol.11.

plementation of strategies (companies that produce materials and technology for construction, industries that manufacture furniture, and home automation systems).

Emerges, then, a design and construction culture whose strength lies in what sociological and anthropological research has recently defined as "collective intelligence" (Lévy, 1994).

In this way, the building is transformed into a simple construction that uses a combination of materials and techniques boosted by artisanal know-how and by being easily accessible on the market. The simple construction will, however, be complex in its organisation, with the participation of the dwelling users in the decision-making phase and with the sharing of knowledge in the implementation phase.