

High standard temporary buildings for housing emergency

Rossana Paparella*, Mauro Caini

Highlights

From the analysis of the problems and the criticalities emerged in the answers given so far to housing emergencies as a result of disastrous events, the need arises to propose more suitable design solutions. The aim of this work was to identify the criteria on which to impose project requirements in order to create modular living systems that, although temporary, can ensure a high performance standard in terms of comfort and energy efficiency, as well as at the same time guarantee the possibility of use in the widest possible range of action and in rapid execution times.

Abstract

The project proposal consists of modular living systems made with dry technology, temporary, re-usable and energy efficient. The concepts of standardization and modular coordination are applied in order to minimize the production and execution times of the modules. The latter, taken together with the criteria of temporariness, reversibility, flexibility and energy efficiency become basic requirements for the project and allow the achievement of standards, levels of comfort and above all performances comparable to those of sustainable buildings of the latest generation.

Keywords

Sustainability, Temporary modular systems, Dry technology, Energy efficiency

1. INTRODUCTION

The situations of emergency housing that occur anywhere in the world as a result of natural disasters, humanitarian emergencies, health or as a result of armed conflicts or in the presence of migratory flows, require adequate and immediate responses.

The European Environment Agency has mapped out three different types of disasters, such as weather, geophysics and technology [1], for the years from 1998 to 2009, and provided data referring to 32 countries taken into consideration, of which 27 EU member states and Iceland, Liechtenstein, Norway, Switzerland and Turkey. The mapping showed that the number and impact of disasters in Europe has increased, causing more than 100,000

Rossana Paparella

ICEA - Dipartimento di
Ingegneria Civile Edile ed
Ambientale, Università di
Padova, via Marzolo, 9, Padova,
35131, Italia

Mauro Caini

ICEA - Dipartimento di
Ingegneria Civile Edile ed
Ambientale, Università di
Padova, via Marzolo, 9, Padova,
35131, Italia

* Corresponding author

Tel.: +39-8276840;

Fax: +39-8275478;

e-mail: rossana.paparella@unipd.it

deaths and economic losses estimated at 150 billion euros. However, the impact of natural hazards in terms of fatal accidents is not uniform throughout Europe, unfortunately Italy is the country where from 2000 to 2017 there were 44 floods with 200 deaths and 22 earthquakes with a magnitude of at least 5.0 on the Richter scale, with 685 dead. In an already fragile and delicate context of the Italian territory, be subject to the different seismic, volcanic and hydrogeological risks, [2] were added the in act climatic changes [3] which, especially in the cities and in some parts of the territory, contributed to amplify exponentially the risk to the population.

Consequently, precisely in Italy the various emergencies caused by natural disasters (earthquakes, landslides, floods, exceptional snowfall, etc.) have occurred more frequently, occurring in some cases even simultaneously (earthquake and heavy snowfall) and on the basis of experience of the numerous calamitous events that have affected the Italian peninsula in the last 50 years, it has always been noted that it is necessary to give an immediate response to an unexpected housing demand [4] and how this response should also be differentiated according to the climatic conditions [5] related to the context.

The responses to emergencies [6] were analyzed, in particular in relation to the numerous seismic events that have affected our territory [7] [8], according to the criteria of temporality, flexibility reversibility and energy efficiency, finding for each of these unresolved problems. The choice fell on these criteria because it was found that they are precisely those that most qualify the answer itself.

Directive 2010/31 to Article 4 sets minimum energy performance requirements for buildings or housing units in order to reach optimal levels in terms of costs, but leaves Member States the option not to apply the minimum requirements for some building categories including temporary buildings, considered as such when the time of use does not exceed two years.

Therefore, as regards the criterion of the temporary nature of the housing solutions adopted, related to energy efficiency, based on the consideration given, it is not mandatory to provide any minimum energy performance requirement.

However, it is noted that the temporary solutions adopted in many localities have always exceeded the period of two years, considered a time limit for a temporary building. For example, in the case of the earthquake in L'Aquila in 2009, nine years after the earthquake, the MUSP, the Modules for Provisional School Use are still in use.

As regards the criterion of reversibility, which if applied allows the module

1. INTRODUZIONE

Le situazioni di emergenza abitativa che si verificano in qualsiasi parte del mondo a seguito di calamità naturali, emergenze umanitarie, sanitarie o a seguito di conflitti armati o in presenza di flussi migratori, richiedono risposte adeguate ed immediate.

L'agenzia europea per l'ambiente ha realizzato una mappatura per tre diverse tipologie di calamità, quali quelle meteorologiche, geofisiche e tecnologiche [1], per gli anni dal 1998 al 2009, ed ha fornito dati riferiti a 32 paesi presi in considerazione, di cui 27 stati membri EU e Islanda, Liechtenstein, Norvegia, Svizzera e Turchia. Dalla mappatura realizzata è emerso che il numero e l'impatto delle catastrofi in Europa è aumentato causando più di 100.000 morti e perdite economiche valutate in 150 miliardi di euro. L'impatto dei rischi naturali in termini di incidenti mortali non è però uniforme in tutta l'Europa, l'Italia purtroppo è il paese in cui dal 2000 al 2017 si sono verificate 44 alluvioni con 200 morti e 22 terremoti con una magnitudo di almeno 5,0 nella scala Richter, con 685 morti. In un contesto già così fragile e delicato del territorio italiano, soggetto ai diversi rischi sismico, vulcanico e idrogeologico, [2] si sono aggiunti i cambiamenti climatici in atto [3] che, specialmente nelle città e in alcune porzioni di territorio, hanno contribuito ad amplificare in maniera esponenziale il rischio per la popolazione. Di conseguenza, proprio in Italia si sono dovute affrontare con maggiore frequenza le diverse emergenze causate da calamità naturali (terremoti, frane, alluvioni, nevicate eccezionali, etc.) verificatesi in alcuni casi anche contemporaneamente (terremoto e nevicate abbondanti) e sulla base dell'esperienza dei numerosi eventi calamitosi che hanno interessato la penisola italiana negli ultimi 50 anni, si è sempre constatato come sia necessario dare una risposta immediata ad un'imprevista richiesta di abitazioni [4] e come questa risposta debba differenziarsi anche in funzione delle situazioni climatiche [5] riferite al contesto.

Sono state analizzate le risposte alle emergenze [6], in particolare in relazione ai numerosi eventi sismici che hanno interessato il nostro territorio [7] [8], secondo i criteri di temporaneità, reversibilità flessibilità ed efficienza energetica, riscontrando per ognuno di questi delle problematiche irrisolte. La scelta è ricaduta su questi criteri perché si è constatato che sono proprio quelli che maggiormente qualificano la risposta stessa.

La Direttiva 2010/31 all'articolo 4 fissa i requisiti minimi di prestazione energetica, per gli edifici o le unità immobiliari al fine di raggiungere livelli ottimali in funzione dei costi, ma lascia agli Stati membri la facoltà di non applicare i requisiti minimi per alcune categorie edilizie tra cui i fabbricati temporanei, considerati tali quando il tempo di utilizzo non supera i due anni.

Pertanto per quanto riguarda il criterio della temporaneità delle soluzioni abitative adottate, correlato alla efficienza energetica, sulla base della considerazione esposta, non è

to be completely removed, it is noted that in many cases analyzed, have been used reinforced concrete foundation slabs which have a significant impact on the environment and are difficult to remove.

As regards the criterion of flexibility, evaluating the solutions adopted for the city of L'Aquila, as part of the C.A.S.E. (Sustainable and Eco-compatible Antismic Complexes), we can notice in some cases the impossibility of diversification of the housing units, presenting all the same functional-spatial articulation.

In many cases the solutions analyzed are not designed to guarantee and do not guarantee energy efficiency, as can also be seen for the MAP (temporary housing modules) adopted for the earthquake that hit Emilia Romagna. In this specific case the situation occurred in which the expenditure related to electricity consumption is so high for each family, as both the appliances and the heating are electric, that obliged to the Emilia-Romagna region to intervene in order to stipulate with the Enel (National electricity board) a specific agreement on tariffs [9].

From what has been observed is still current the need to elaborate a project proposal that can respond to the needs dictated by the emergency and at the same time to the needs of reversibility, space flexibility and energy efficiency, but also taking into account that the reconstruction time greatly exceeds the two years. The use of housing units, which can be implemented quickly, designed to be adaptable to different settlement contexts, can be a good solution to meet the multiple needs that can be delineated in the various geographical areas in which the emergency may occur.

2. THE PROJECT PROPOSAL

The proposal concerns the project of temporary, high energy efficiency, residential modules, made of modular cross laminated timber (clt) wood panels, which are able to respond to the different needs of users and can be used in different emergencies; this means to provide its use in different possible locations and in different climatic contexts. The peculiar character of building in an emergency requires that the building phase be as fast as possible. The dry construction process is undoubtedly the one that most responds to this need. But another important factor is the following: the emergency can occur in the most dissimilar geographic areas, consequently the possibility of transporting the components becomes a fundamental element in this type of building. It is therefore necessary a more in-depth study of the interaction between this aspect and the design conception. This research would have a positive impact on the quality of the design, on the simplification of the construction site, the

obbligatorio prevedere alcun requisito minimo di prestazione energetica.

Si osserva però che le soluzioni temporanee adottate in molte località hanno sempre superato il periodo dei due anni, considerato tempo limite per un edificio temporaneo. Ad esempio nel caso del terremoto dell'Aquila 2009, a nove anni dal terremoto, sono ancora in uso i MUSP, i Moduli ad Uso Scolastico Provvisorio.

Per quanto riguarda il criterio della reversibilità, che qualora applicato consente di rimuovere completamente il modulo, si osserva che nei molti casi analizzati, sono state utilizzate platee di fondazione in calcestruzzo armato che hanno un notevole impatto sull'ambiente e risultano difficilmente rimovibili. Per quanto attiene al criterio della flessibilità, valutando le soluzioni adottate per la città dell'Aquila, nell'ambito del progetto C.A.S.E. (Complessi Antisismici Sostenibili ed Ecocompatibili), si osserva in alcuni casi l'impossibilità di diversificazione delle unità abitative, presentando tutte la stessa articolazione funzionale-spaziale.

In molti casi le soluzioni analizzate non sono pensate per garantire e non garantiscono l'efficienza energetica, come si può constatare anche per i MAP (moduli abitativi provvisori) adottati per il terremoto che ha colpito l'Emilia Romagna. In questo caso specifico si è verificata la situazione in cui la spesa relativa ai consumi dell'energia elettrica è talmente elevata per ogni famiglia, in quanto sia gli elettrodomestici che il riscaldamento sono elettrici, da dover far intervenire la Regione Emilia Romagna per stipulare con l'Enel (Ente Nazionale per l'Energia Elettrica) una specifica convenzione sulle tariffe [9].

Da quanto osservato è ancora attuale la necessità di elaborare una proposta progettuale che possa rispondere alle esigenze dettate dall'emergenza ed allo stesso tempo alle esigenze di reversibilità, flessibilità degli spazi ed efficienza energetica, ma anche tenendo conto che il tempo della ricostruzione supera abbondantemente i due anni. L'utilizzo di unità abitative, realizzabili in tempi rapidi, pensate adattabili ai diversi contesti di insediamento, può essere una buona soluzione per rispondere alle molteplici esigenze che si possono delineare nelle diverse aree geografiche nelle quali può verificarsi l'emergenza.

2. LA PROPOSTA PROGETTUALE

La proposta riguarda il progetto di moduli abitativi temporanei, ad alta efficienza energetica, composti da pannelli di legno cross laminated timber (clt) modulari, che siano in grado di rispondere alle diverse esigenze dei fruitori ed utilizzabili in differenti contesti emergenziali; ciò significa prevederne l'impiego in diverse possibili localizzazioni e in diversi contesti climatici. Il carattere peculiare del costruire in emergenza richiede che l'edificazione sia la più veloce possibile. Il processo costruttivo a secco è indubbiamente quello che risponde maggiormente a tale esigenza. Ma un altro importante fattore è il seguente: l'emergenza può verificarsi nelle più disparate aree geografiche, conseguentemente la

rapidity of the construction of the works and finally on the extension of the range of action in the use of this type of construction. For these reasons, the project proposal, which assumed which project requirements the functional and spatial flexibility, the reversibility and the energy efficiency, to meet these requirements, moves from the production process of the components, whose transport unit has been established to be the container. The modular dimensions of the panels can not be separated from the dimensions of the container, as this is the only mean capable of containing the products that can travel by road, train or ship. The land marks described above also produce consequences in the execution phase of the housing modules, which thus becomes a procedure for the assembly of independent products or a series of elements corresponding to the different elements of the construction. The study identified a 120 cm base module (multiple of 30 cm) on the basis of which the panels in plan and in elevation were designed: slab panel and wall panel, Figure 1. For the slab there are two types of panels, one 120x120 cm and one 240x120 cm, while three different types in elevation: a 120x300 cm base panel, a door panel and a window one.

It is noted that the choice of the modular dimensions of the component carried out, took into account the following aspects:

- allows to have on the market a large number of producers able to satisfy the possible request of production also if massive, as it does not require an endowment of special machinery;
- allows an easier retrieval of the product on the market from the quantitative point of view;
- from an economic point of view, the increased competition has an impact on the determination of a lower panel price.

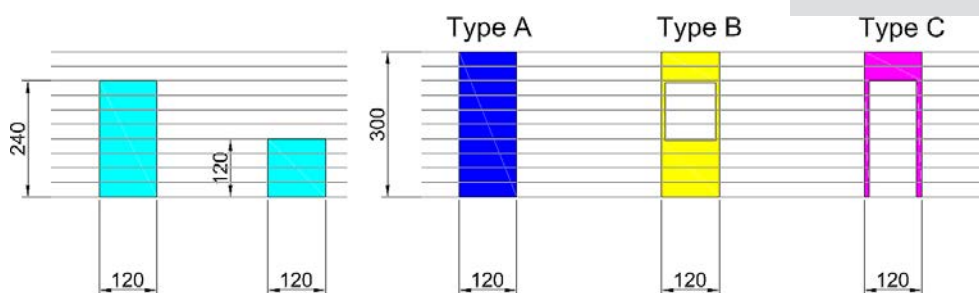


Figure 1. Slab panel and wall panel.

From the study of the component we moved on to the study of the spaces of the environmental units. In fact, having identified the modular dimensions of the panels, we proceeded with the study of their aggregation aimed at forming five different environmental units, consisting of: living room, kitchen, double

possibilità di trasporto dei componenti diventa un elemento fondamentale in questo tipo di edilizia. E' necessario quindi un studio più approfondito dell'interazione tra questo aspetto e la concezione progettuale. Tale ricerca avrebbe ricadute positive sulla qualità della progettazione, sulla semplificazione della cantierizzazione, rapidità di realizzazione delle opere ed infine sull'ampliamento del raggio d'azione nell'impiego di questo tipo di costruzioni. Per questi motivi la proposta progettuale, che ha assunto quali requisiti di progetto la flessibilità funzionale e spaziale, la reversibilità e l'efficienza energetica, per soddisfare tali requisiti, muove dal processo di produzione dei componenti, la cui unità di trasporto è stato stabilito essere il container. Le dimensioni modulari dei pannelli non possono prescindere dalle dimensioni del container, essendo questo l'unico mezzo capace di contenere i prodotti che può viaggiare su gomma, su treno e su nave. I requisiti (land marks) sopra descritti producono conseguenze anche nella fase esecutiva di realizzazione dei moduli abitativi che diventa così procedimento di montaggio di manufatti indipendenti ovvero un comporsi di elementi in serie corrispondenti ai diversi elementi della costruzione. Lo studio ha identificato un modulo base di 120 cm (multiplo di 30 cm) in base al quale sono stati progettati i pannelli in pianta e in alzato: pannello solaio e pannello parete, Figura 1. Per il solaio sono previsti due tipi di pannelli uno da 120X120 cm e uno da 240X120 cm mentre in alzato tre tipi di pannelli: un pannello base da 120X300 cm, un pannello porta ed un pannello finestra. Si osserva che la scelta delle dimensioni modulari del componente effettuata, ha tenuto conto dei seguenti aspetti:

- consente di avere sul mercato un gran numero di produttori in grado di soddisfare la eventuale richiesta di produzione anche massiva, in quanto non richiede una dotazione di macchinari speciali.
- consente un più facile reperimento

del prodotto sul mercato dal punto di vista quantitativo.

- dal punto di vista economico, la maggiore concorrenza ha ricadute sulla determinazione di un minor prezzo del pannello.

Dallo studio del componente si è passati allo studio degli spazi delle unità ambientali. Infatti identificate le dimensioni modulari dei pannelli, si

bedroom, single bedroom and bathroom. Furthermore, a “filter space” has been added at the entrance between the external and the internal environment. The design of five environmental units Figure 2, thanks to the use of modular panels in plan and in elevation, allows a considerable flexibility in their aggregation.

The environmental units can be joined together in various ways, giving rise to a different home every time.

This allows an important flexibility not only spatial but also functional, being each unit diversified from the others according to its function. The environmental units can be aggregated according to the needs of users and the climate in which they will be built, giving rise to different types of housing. In relation to the needs of users it is possible to predict the appropriate number of environmental units and in relation to the climatic context it is possible to foresee different forms of aggregation that vary from the most compact to the most complex.

The models available are many; in demonstration of this, Figure 3 shows 4 aggregation models, in a compact and/or articulated form. For the last model taken into consideration, there are 2 diagrams in an articulated form, demonstrating that the formal solutions that can be obtained can be multiple. Figure 4 shows the assembly scheme of an aggregate housing unit in compact form and in an articulated one.

è proseguito con lo studio della loro aggregazione finalizzata a formare cinque unità ambientali differenti, costituite da: soggiorno, cucina, camera matrimoniale, camera singola e bagno. Inoltre è stato aggiunto uno “spazio filtro” in corrispondenza dell’ingresso tra l’ambiente esterno e quello interno. La progettazione di cinque unità ambientali Figura 2, grazie all’utilizzo di pannelli modulari in pianta e in alzato, permette una notevole flessibilità nella loro aggregazione.

Le unità ambientali possono essere unite tra loro in svariati modi, dando luogo ogni volta ad un’abitazione diversa. Questo permette un’importante flessibilità non solo spaziale ma anche funzionale, essendo ogni unità diversificata dalle altre in base alla propria funzione. Le unità ambientali possono essere aggregate in funzione delle esigenze dell’utenza e del clima in cui si andrà a costruire, dando luogo a diverse tipologie residenziali. In relazione alle esigenze dell’utenza è possibile prevedere il numero adeguato di unità ambientali ed in relazione al contesto climatico è possibile prevedere diverse forme di aggregazione che variano dalla più compatta alla più articolata. I modelli ottenibili sono molteplici; a dimostrazione di ciò in Figura 3 sono esemplificati 4 modelli di aggregazione, in forma compatta e/o articolata. Per l’ultimo modello preso in considerazione sono riportati 2 schemi in forma articolata, a dimostrazione che le soluzioni formali ottenibili possono essere molteplici. In Figura 4 si può vedere lo schema di montaggio di una unità abitativa aggregata in forma compatta ed una in forma articolata.



Figure 2. Environmental units.

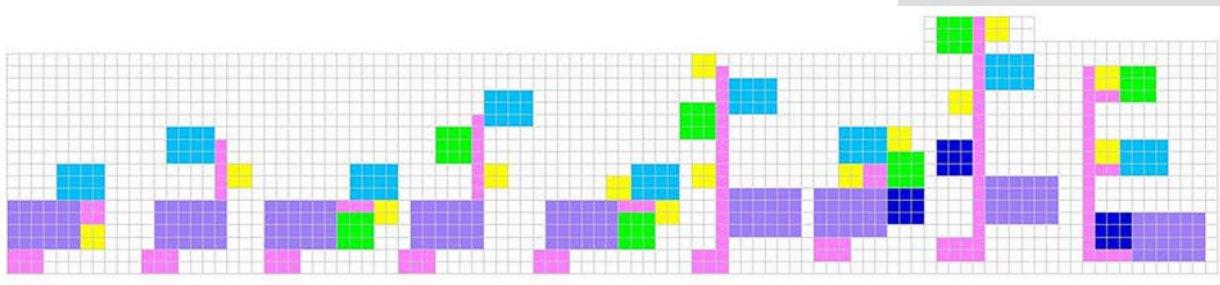


Figure 3. Possible aggregation models.

In Figures 5, 6, 7 and 8 the design solutions related to 4 possible models are shown in compact and articulated form, respectively.

Nelle Figure dalla 5 alla 12 sono riportate le soluzioni progettuali riconducibili a 4 possibili modelli

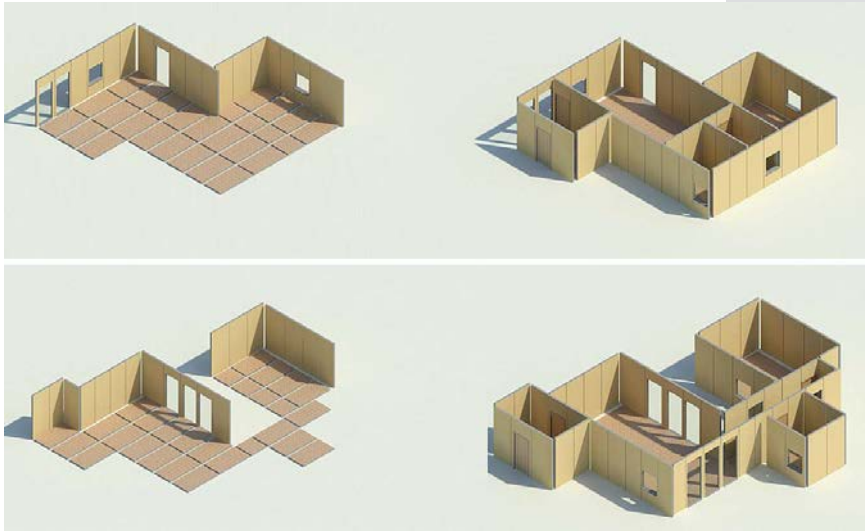


Figure 4. Assembly scheme of the panels of the aggregate housing unit in compact form.

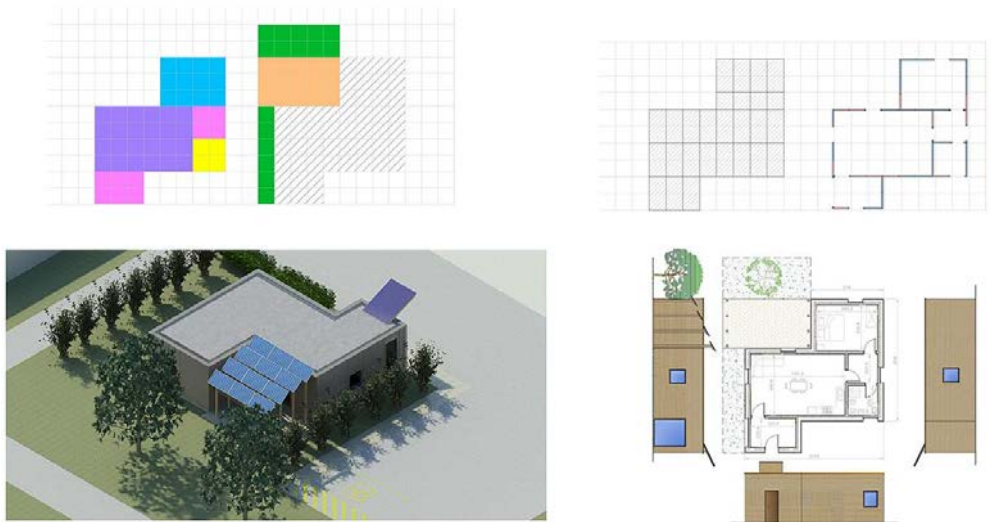


Figure 5. Model 1 compact form.



Figure 6. Model 1 articulated form.

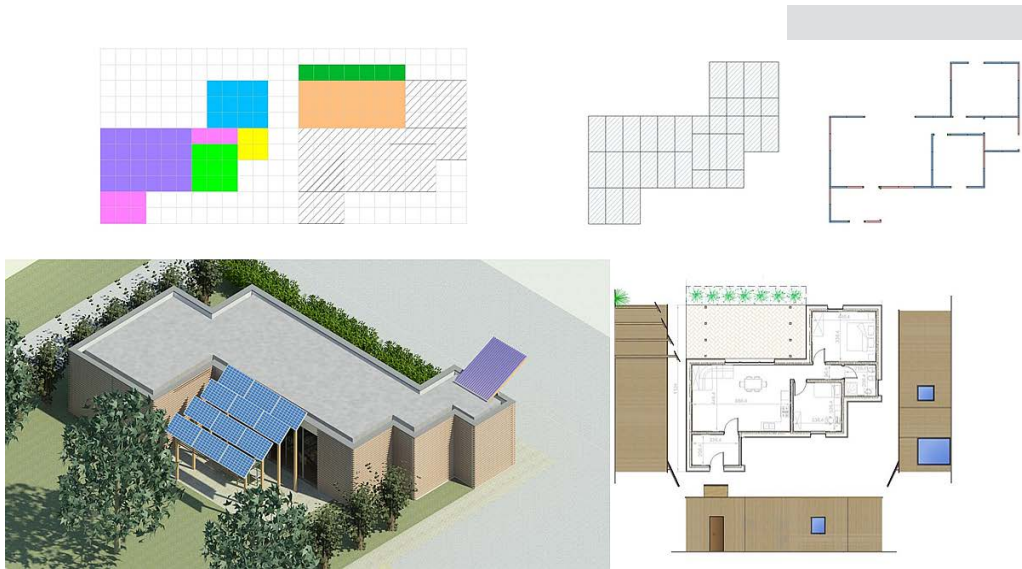


Figure 7. Model 2 compact form.



Figure 8. Model 2 articulated form.

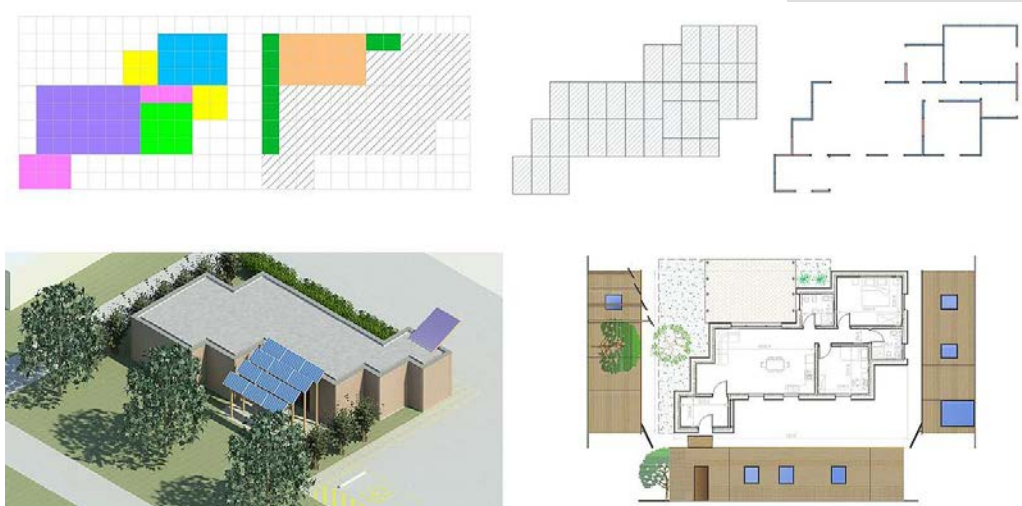


Figure 9. Model 3 compact form.



Figure 10. Modello 3 articulated form.



Figure 11. Model 4 compact form.

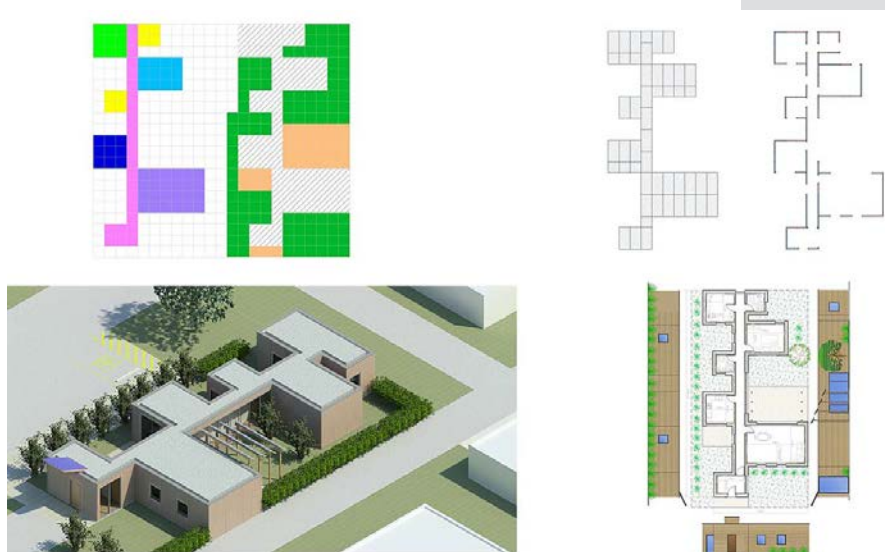


Figure 12. Model 4 articulated form.

In relation to the requirement of reversibility, the project proposal was oriented towards the choice of a technological system, for each class of technical element, made dry and modular. Specifically, it is observed that the best solution are the foundations on poles fixed by screwing, made of hot-dip galvanized steel, available in different sizes both in height and in diameter, possibly equipped with propellers depending on the load capacity of the ground and the operating loads.

These types of foundation are easy to install, to remove and to reuse and they are particularly versatile for temporary use, representing in different cases a valid alternative to concrete foundations. The installation of foundations on poles fixed by screwing, can be carried out in different ways, using mechanical means such as a mini-excavator or a mini-shovel equipped with a hydraulic auger, see Figure 13. The further advantages of this type of foundations are: the possibility to load foundations immediately after their realization; the non-use of benthic mud, the limited vibrations.



Figure 13. Installation of foundations on poles fixed by screwing (<https://goo.gl/images/mBTuSs>).

The last aspect addressed is the energy efficiency of the housing units, which can be reached by choosing technical elements consisting of wall and slab stratigraphy using structural panels in clt, pre-coupled with insulating panels in stone wool and through the use of photovoltaic systems and integrated thermal solar panels, respectively for the production of electricity and domestic hot water with electric heat pump generator. Figure 14 shows the technologies of vertical closure and bottom horizontal closure.

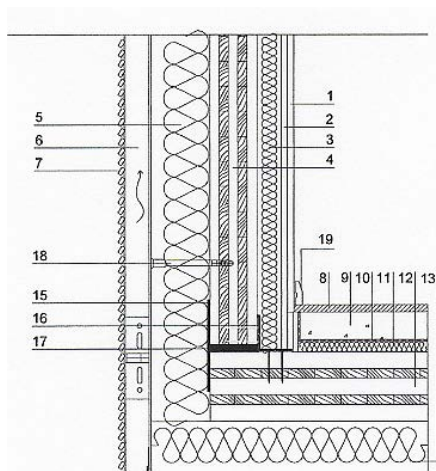
rispettivamente in forma compatta ed articolata.

In relazione al requisito della reversibilità, la proposta progettuale si è orientata verso la scelta di un sistema tecnologico, per ogni classe di elemento tecnico, realizzato a secco e modulare.

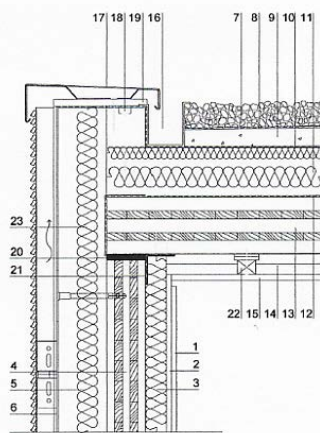
Nello specifico si osserva che risultano essere ottimali le fondazioni su pali infissi mediante avvitamento, realizzate in acciaio zincato a caldo, disponibili in diverse misure sia in altezza che in diametro, eventualmente dotate di eliche in funzione della capacità portante del terreno e dei carichi di esercizio. Tali tipi di fondazione sono facili da installare, da rimuovere e riutilizzare e risultano particolarmente versatili per usi temporanei rappresentando nei diversi casi una valida alternativa alle fondazioni in calcestruzzo. L'installazione delle fondazioni su pali infissi mediante avvitamento, può essere effettuata con modalità diverse, utilizzando mezzi meccanici come un mini-escavatore o una mini-pala dotati di una trivella idraulica, vedi Figura 13. Gli ulteriori vantaggi di questo tipo di fondazioni sono: la possibilità di caricare le fondazioni subito dopo la loro realizzazione; il

non utilizzo di fanghi bentonici, le limitate vibrazioni.

Ultimo aspetto affrontato è l'efficienza energetica delle unità abitative, che si raggiunge con la scelta di elementi tecnici costituiti da stratigrafie di parete e solaio utilizzando pannelli strutturali in clt, pre-acoppiati con pannelli isolanti in lana di roccia e mediante l'utilizzo di impianti fotovoltaici e pannelli solari termici integrati, rispettivamente per la produzione di energia elettrica e acqua calda sanitaria con generatore elettrico a pompa di calore. In Figura 14 sono illustrate le tecnologie della



1. Plasterboard slab th.1,2 cm.
2. Plasterboard slab th.1,2 cm.
3. Stone wool slab th.5 cm.
4. Load-bearing panel in clt. th. 10 cm.
5. Stone wool thermal insulation panel th. 20 cm.
6. Metal substructure ventilated wall
7. Ventilated wall finishing
8. Wooden floor th.1,5 cm.
9. Screed for installations th.8 cm
10. Sheet for laying screed th. 0,03 cm
11. Acoustic insulation th.2 cm
12. Load-bearing panel in clt th. 15 cm
13. Stone wool thermal insulation panel th. 20 cm
15. Audio cutting th. 0,04 cm
16. Element for panel anchorage
17. Skirting board



1. Plasterboard slab th.1,2 cm.
2. Plasterboard slab th.1,2 cm.
3. Stone wool slab th.5 cm.
4. Load-bearing panel in clt. th. 10 cm.
5. Stone wool thermal insulation panel th. 20 cm.
6. Metal substructure ventilated wall
7. Gravel th. 6 cm
8. Breathable waterproofing membrane
9. Gradient screed th. 5 cm
10. Sheet for laying screed th. 0,03 cm
11. Stone wool thermal acoustic insulation th. 20 cm
12. Vapour barrier
13. Load-bearing panel in clt th. 15 cm
14. Plasterboard slab th. 1,2 cm
16. Rainwater draining channel
17. Metal roof flashing
18. Perimeter fence
19. Closing table and support for roof flashing
20. Audio cutting
21. Metal corners for joining panels
22. Support frame for false ceiling

Figure 14. Detail of lower and upper vertical and horizontal closure.

For the purpose of improving energy efficiency, particular attention was paid to the stratigraphy of the envelope as shown in Figure 3, and for the frames, a U_w of 1.5 W / sqm value of thermal transmittance was considered. Due to the high degree of insulation of the envelope, it is considered necessary to provide for controlled mechanical ventilation with heat recovery. The energy performance verified for the housing modules falls back in the energy class A4. The results of the verification related to model 4 are shown below in Figure 15.

chiusura verticale e della chiusura orizzontale inferiore. Ai fini del miglioramento dell'efficienza energetica si è particolarmente posta attenzione alla stratigrafia dell'involucro come mostrato in Figura 10, e per gli infissi si è considerato un valore di trasmittanza termica U_w pari a 1,5 W/mq K. Dato l'alto grado di isolamento dell'involucro, si è ritenuto necessario prevedere la ventilazione meccanica controllata con recupero di calore. La prestazione energetica verificata per i moduli abitativi ricade nella classe energetica A4. Di seguito si riportano in Figura 15 i risultati della verifica

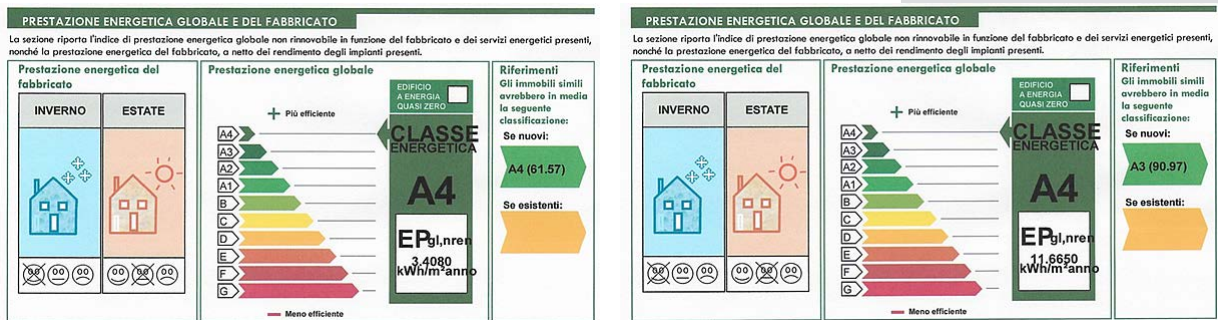


Figure 15. Checking of model 4 energy performance.

From the verification of the energetic performances it is possible to see that at the same square meters (sqm), the surface with a compact form has a non-renewable energy performance index EP_{gl,nren} equal to 3.41 KWh/sqm per year, while in the case of the articulated form the index of non-renewable energy performance EP_{gl,nren} rises to 11.66 KWh/ sqm per year. These results show in particular how the shape of the building, at the same technological choices, thickness of the layers and equal surfaces, has a central role in achieving the objective of energy efficiency and therefore in more general terms the role of integrated design is decisive for achieving the expected results.

3. CONCLUSIONS

The proposed work shows how the design in case of emergency can not be limited only to the project of the modular-building product system, but must take into account the entire production process of the component elements, taking into account above all the following factors: wide range use, speed of construction site set-up and realisation, possibility of planned dismantling and reuse. It is not therefore a matter of designing a modular system, but of defining and dimensioning the components of the system in such a way that from their aggregation it is possible to obtain a range of solutions for living modules capable of responding to the different needs of future users and usable in different emergency contexts. The resulting housing modules are able to meet the requirements of functional and spatial flexibility, reversibility, and energy efficiency. The temporarity, one of the factors taken into account in the design of the modules, has been considered a determining element in view of their subsequent reuse, and therefore has determined the adoption of those devices that allow it, such as screw poles. This criterion has not, however, been used as a disincentive element for permanence, because in brief it is not acceptable the combination short time-lack of comfort, as the lack of comfort goes in the direction of the non-sustainable economic management of living modules.

4. REFERENCES

- [1] EEA Technical Report, *Mapping the impacts of natural hazards and technological accidents in Europe*, Technical report No 13, ISSN 1725-2237, Copenhagen, 2010.
- [2] ISPRA, *Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio*, Rapporto 233-2015.
- [3] EEA Report, *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016, An indicator-based report*, n. 1/2017, ISSN 1977-8449, Luxembourg, 2017.
- [4] Bennicelli Pasqualis M., *Case temporanee. Strategie innovative per l'emergenza abitativa post-terremoto*, Milano, Franco Angeli, 2015.
- [5] UN-HABITAT e IFRC, (2010), *Shelter Projects 2009*, UN-HABITAT e IFRC.
- [6] Aquilino M.J., *Beyond shelter. Architecture for crisis*, Paris, Group Moniteur, 2011.
- [7] Bignami F.D., *Protezione civile e riduzione del rischio disastri*, Sant'Arcangelo (Rimini),

relativa al modello 4. Dalla verifica sulle prestazioni energetiche si evince che a parità di mq. di superficie la forma compatta ha un indice di prestazione energetica non rinnovabile EP_{gl,nren} pari a 3,41 KWh/mq anno, mentre nel caso della forma articolata l'indice della prestazione energetica non rinnovabile EP_{gl,nren} sale a 11,66 KWh/mq anno. Tali risultati mostrano in particolare come la forma dell'edificio, a parità di scelte tecnologiche, spessori degli strati e pari superfici, abbia un ruolo centrale nel raggiungimento dell'obiettivo dell'efficienza energetica e dunque in termini più generali il ruolo della progettazione integrata sia decisivo per il raggiungimento dei risultati attesi.

3. CONCLUSIONI

Il lavoro proposto mostra come la progettazione in caso di emergenza non possa limitarsi al solo progetto del sistema modulare-prodotto edificio, bensì debba prendere in considerazione l'intero processo di produzione degli elementi componenti, tenendo conto soprattutto dei seguenti fattori: ampio raggio d'impiego, velocità di cantierizzazione e realizzazione, possibilità di smontaggio programmato e riutilizzo. Non si tratta quindi di progettare un sistema modulare, quanto definire e dimensionare gli elementi componenti del sistema in modo tale che dalla loro aggregazione sia possibile ottenere un ventaglio di soluzioni di moduli abitativi capaci di rispondere alle diverse esigenze dei futuri fruitori ed utilizzabili in differenti contesti emergenziali. I moduli abitativi che ne risultano sono in grado di soddisfare i requisiti di flessibilità funzionale e spaziale, reversibilità, ed efficienza energetica. La temporaneità, uno dei fattori presi in considerazione nella progettazione dei moduli, è stata considerata elemento determinante in vista del loro successivo reimpiego, e quindi ha determinato l'adozione di quegli accorgimenti che lo consentono, come i pali a vite. Tale criterio non è invece stato utilizzato come elemento disincentivante alla permanenza, perché in sintesi non si accetta il binomio tempo breve-mancanza di comfort, in quanto proprio la mancanza di comfort va nella direzione della non sostenibile gestione economica dei moduli abitativi.

Maggioli editore, 2010.

- [8] Dipartimento della protezione civile, Manuale tecnico per l'allestimento delle aree di ricovero per strutture prefabbricate di protezione civile, approvato con decreto del capo del Dipartimento della protezione civile (N° 1243 del 24 marzo 2005).
- [9] Dall'Oca A., *Terremoto Emilia, ancora 450 persone nei container e senza luce: "Nessuno ha rinnovato convenzione Enel"*, ilFattoQuotidiano.it, 25 gennaio 2016, <<https://www.ilfattoquotidiano.it/2016/01/25/terremoto-emilia-ancora-450-persone-nei-container-e-senza-luce-nessuno-ha-rinnovato-convenzione-enel/2404093/>>