

LA COSTRUZIONE DELL'ARCHITETTURA

Dall'ideazione all'attuazione

04

Direttore

Corrado Fianchino

Università degli Studi di Catania

Comitato scientifico

Raffaella Lione

Università degli Studi di Messina

Renato Morganti

Università degli Studi dell'Aquila

Marina Fumo

Università degli Studi di Napoli Federico II

Tutti i volumi della collana (ICAR/10 e ICAR/11) sono stati precedentemente sottoposti al vaglio di membri del comitato scientifico e di *referees* anonimi esterni per *peer review*.

LA COSTRUZIONE DELL'ARCHITETTURA

Dall'ideazione all'attuazione



L'architettura è un fatto d'arte
un fenomeno che suscita emozione
al di fuori dei problemi di costruzione, al di là di essi.

LE CORBUSIER

La collana raccoglie saggi e testi, individuali o collettivi, su temi e aspetti inerenti le procedure operative destinate alla costruzione dell'architettura, sia a livello di ideazione che di fattibilità, così che si possano individuare gli strumenti attuativi delle opere architettoniche.

Si pone l'attenzione su un'attività costruttiva conforme agli attuali sviluppi dei sistemi, alla complessità delle esigenze della società contemporanea e alla "costruzione della bellezza".

Con opere e studi di giovani studiosi si colgono i segni dei recenti apporti all'architettura, che producono avanzamenti e modificazioni verso diverse concezioni ed espressività.

Il focus è rappresentato dagli scritti che analizzano le attività sul costruito, anche di carattere storico, con riferimento all'adeguamento del patrimonio edilizio esistente alle contemporanee esigenze energetiche e statico-costruttive.

Sono di particolare interesse le ricerche che approfondiscono le caratteristiche tecniche degli interventi in relazione alle attuali possibilità espressive ottenute con procedure automatizzate, sia a livello progettuale che operativo.

Gaetano Sciuto
Oriana La Verde
Manuela Marino

Temporary and mobile architecture
Oltre l'emergenza

Prefazione di
Corrado Fianchino





Aracne editrice

www.aracneeditrice.it
info@aracneeditrice.it

Copyright © MMXVII
Gioacchino Onorati editore S.r.l. – unipersonale

www.gioacchinoonoratieditore.it
info@gioacchinoonoratieditore.it

via Vittorio Veneto, 20
00020 Canterano (RM)
(06) 45551463

ISBN 978-88-255-0711-9

*I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica,
di riproduzione e di adattamento anche parziale,
con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi.*

*Non sono assolutamente consentite le fotocopie
senza il permesso scritto dell'Editore.*

I edizione: dicembre 2017

Indice

9 Prefazione (*Corrado Fianchino*)

11 Capitolo 1

Costruire temporaneo (*Gaetano Sciuto*)

1.1. Architetture temporanee, 11

1.2. La prefabbricazione, 17

25 Capitolo 2

I materiali per la prefabbricazione (*Oriana La Verde, Manuela Marino*)

2.1. I materiali per le architetture temporanee, 25

2.1.1. *Il calcestruzzo armato*, 25 - 2.1.2. *L'acciaio*, 27 - 2.1.3. *L'alluminio*, 29 - 2.1.4. *I materiali plastici*, 31 - 2.1.5. *Il legno*, 34

37 Capitolo 3

Nascita ed evoluzione del concetto di abitazione trasferibile (*Gaetano Sciuto*)

3.1. Abitazioni trasferibili per l'emergenza abitativa, 37

3.2. La ricerca progettuale nel settore dell'edilizia residenziale trasferibile, 42

59 Capitolo 4

Esempi contemporanei di edifici trasferibili (*Oriana La Verde, Manuela Marino*)

67 Capitolo 5

Architetture mobili. Il quadro esigenziale (Gaetano Sciuto, Oriana La Verde, Manuela Marino)

5.1. Mobilità, 67

5.2. Flessibilità, 69

5.3. Sostenibilità, 71

5.4. Sicurezza, 72

5.4.1. *Sicurezza statica e sismica*, 73 - 5.4.2. *Resistenza al fuoco e ad eventi eccezionali*, 73 - 5.4.3. *Sicurezza nei confronti delle intrusioni*, 74 - 5.4.4. *Tutela della salute degli utenti*, 74

5.5. Aspetto, 74

5.6. Benessere, 75

5.7. Accessibilità, 77

5.8. Attrezzabilità, 78

5.9. Gestione, 78

87 Capitolo 6

Tre progetti di moduli abitativi trasferibili in legno (Gaetano Sciuto)

6.1. Modulare è rapido, 89

6.1.1 *Il concept*, 89 - 6.1.2. *La progettazione funzionale*, 90 - 6.1.3. *Il montaggio*, 91 - 6.1.4. *La progettazione tecnologica*, 92

6.2. Expandable home, 95

6.2.1 *Il concept*, 95 - 6.2.2. *La progettazione funzionale*, 95 - 6.2.3. *Il montaggio*, 97 - 6.2.4. *La progettazione tecnologica*, 98 - 6.2.5. *Un'ipotesi di impiego del modulo abitativo*, 99

6.3. Mod-home, 102

6.3.1 *Il concept*, 102 - 6.3.2. *La progettazione funzionale*, 102 - 6.3.3. *Il montaggio*, 104 - 6.3.4. *La progettazione tecnologica*, 105

6.4. Conclusioni, 107

PREFAZIONE

*Corrado Fianchino**

Siamo portati, per cultura e tradizione, a identificare qualsiasi edificio con gli attributi di solidità, stabilità e durevolezza, propri dei materiali mediante i quali è stato realizzato. Soprattutto nel bacino del Mediterraneo, dove le costruzioni in pietra e mattoni hanno da sempre connotato le architetture tradizionali. Parlare quindi di edifici trasferibili, in particolare se destinati a una utilizzazione temporanea, limitata e circoscritta nel tempo, nell'immaginario comune richiama situazioni emergenziali che generano una improvvisa richiesta di abitazioni, come le calamità naturali, a seguito delle quali un numero spesso rilevante di persone perde la propria abitazione in maniera definitiva o per periodi medio-lunghi, oppure le crisi correlate a particolari contingenze o a eventi eccezionali, come gli sbarchi sulle nostre coste di immigrati extracomunitari ai quali i centri di accoglienza spesso non riescono a garantire un alloggio dignitoso, vista l'imprevedibilità e la variabilità del fenomeno delle ondate migratorie, influenzate come sono dalle condizioni meteorologiche e dagli eventi bellici ed economici dei paesi d'origine.

È da sottolineare che l'emergenza abitativa non è riferita soltanto a quei soggetti che hanno immediata necessità di un ricovero perché hanno perduto la loro casa o perché sono in attesa che si concludano le complesse procedure burocratiche necessarie per raggiungere la meta tanto agognata; il concetto va esteso anche a quella ampia parte della popolazione mondiale che vive in favelas, bidonville e baraccopoli, in condizioni di estremo disagio e povertà e in situazioni abitative il più delle volte decisamente disumane, per la quale il ricorso ad abitazioni trasferibili potrebbe rappresentare una concreta soluzione, attuabile peraltro in tempi decisamente contenuti.

Ma se è innegabile che gli edifici trasferibili rappresentino una valida soluzione alle problematiche sopra evidenziate, in virtù

della loro trasportabilità, velocità di montaggio ed economicità, è altresì vero che essi possono essere utilizzati anche per svariati altri impieghi, superando però il preconconcetto che si debba ricorrere alle architetture mobili solo in fase emergenziale. Moduli abitativi prefabbricati, trasferibili e adattabili sia ai vari contesti insediativi, climatici e ambientali, sia alle diverse esigenze dei potenziali fruitori, possono avere un valido impiego ad esempio come residenze turistiche o abitazioni per le vacanze, oppure per finalità riferite a particolari esigenze logistiche o legate alla mobilità del lavoro e ai cicli produttivi stagionali: manufatti a servizio di aree protette, locali a supporto di attività agricole o alloggi per le maestranze che operano in cantieri mobili o ubicati in luoghi lontani da centri abitati. Il concetto può estendersi anche ad altre funzioni, diverse da quella residenziale, per le quali si ha necessità di disporre di un manufatto edilizio per limitati intervalli di tempo. Ci si riferisce, ad esempio, agli edifici necessari allo svolgimento di fiere, esposizioni temporanee in spazi aperti, manifestazioni sportive e culturali di varia natura e durata. Non è da trascurare neanche il loro eventuale impiego per garantire la sosta, il rifugio e il riparo dei turisti in aree geografiche caratterizzate da un clima caldo torrido oppure da frequenti e intense piogge, oppure come strutture di servizio pubblico, sempre legate alla ricettività turistica: potrebbe infatti essere molto utile collocare o rimuovere in tempi rapidi edifici destinati a ospitare ristoranti, bungalow, guardia medica, ecc. in rapporto all'andamento stagionale o climatico.

Infine è necessario rimuovere un altro pregiudizio molto radicato, cioè quello che tende a far considerare un edificio trasferibile (e quindi con carattere di provvisorietà) come un manufatto privo di qualità architettonica. In realtà i requisiti di mobilità e temporaneità che tali costruzioni dovranno possedere non escludono la possibi-

lità di realizzare oggetti edilizi qualitativamente validi, adeguati alle esigenze abitative della società contemporanea, capaci di garantire sempre elevati standard prestazionali in qualsiasi condizione climatica e in grado di adattarsi al contesto ambientale relativo al sito nel quale essi andranno, di volta in volta, a essere collocati, purché per la loro progettazione si adotti un adeguato approccio metodologico.

Il presente lavoro dimostra come, attraverso l'individuazione dei requisiti che gli edifici trasferibili dovranno possedere al fine di garantire prestazioni ottimali dovunque siano utilizzati e con qualsiasi destinazione d'uso, sia realmente possibile progettare oggetti edilizi temporanei dotati di elevati standard qualitativi a livello funzionale, formale e tecnologico, superando i limiti di standardizzazione e omologazione, spesso tipici di questi manufatti. Infatti, è proprio tramite la disamina del quadro esigenziale e prestazionale così elaborato che è possibile evidenziare le principali criticità connesse alla progettazione degli edifici trasferibili e, di conseguenza, individuare le soluzioni tecnologiche più adeguate per superarle.

* Professore ordinario, Università degli Studi di Catania.

CAPITOLO 1. COSTRUIRE TEMPORANEO

Gaetano Sciuto

1.1. Architetture temporanee

La locuzione *architettura temporanea* rappresenta, nell'accezione comune, quasi un ossimoro. Si è portati infatti a considerare i manufatti architettonici come oggetti duraturi, permanenti e stabili, destinati a conservarsi negli anni, quasi eterni, avendo una vita media decisamente più lunga rispetto a quella di chi ne fruisce. L'uomo, sin dalla notte dei tempi, ha inseguito il mito dell'immortalità che ha tentato di raggiungere sia attraverso la procreazione, garantendo così la perpetuazione della specie, sia attraverso le sue opere, soprattutto quelle artistiche e architettoniche, pensate e realizzate per avere il carattere di eternità, negato alla vita terrena. L'aggettivo temporaneo è attribuito invece a qualcosa di provvisorio, che dura un lasso di tempo molto ridotto, decisamente breve se riferito alla vita umana, pari ad alcuni giorni, settimane, mesi o stagioni.

Il concetto di temporaneità applicato alle abitazioni si può fare risalire al primo archetipo di dimora dove le popolazioni primitive, originariamente nomadi, trovavano rifugio e protezione dagli agenti esterni durante le loro trasmissioni: la tenda. Essa, tra l'altro, rappresenta il più antico esempio di costruzione sostenibile, non occupando in maniera permanente la porzione di suolo su cui viene eretta e lasciandola nuovamente libera quando viene rimossa per poter essere spostata e montata nuovamente in un altro luogo. La tenda costituisce quindi anche un primo prototipo di costruzione mobile, trasferibile e transitoria.

Nel campo dell'architettura, accanto all'attributo *temporaneo* oggi viene spesso utilizzato anche l'aggettivo *effimero* per indicare oggetti edilizi per i quali la vita media di esercizio prevista è notevolmente ridotta. Sono edifici progettati e realizzati in occa-

sione di avvenimenti particolari o eccezionali quali fiere, esposizioni, manifestazioni sportive o culturali; sono pensati per durare il tempo necessario alla conclusione dell'evento, destinati a essere smantellati e a rimanere solo un ricordo nella memoria di chi li ha visti, abitati, utilizzati. Essi spesso rappresentano il fronte avanzato della sperimentazione formale e tecnologica legata sia all'uso di nuovi materiali e procedimenti, sia all'evoluzione nei cicli di produzione, lavorazione e posa in opera di materiali di uso tradizionale (quali ad esempio il legno o la pietra) e legata alla tendenza generalizzata dell'*usa e getta*, tipica della cultura consumistica dei nostri giorni.

Come accennato in precedenza, rientrano in questa categoria i manufatti realizzati in occasione di mostre, fiere, Expo. Tra tutti i padiglioni costruiti per l'Expo di Shanghai del 2010, solo quattro sono rimasti nella loro ubicazione originaria; alcuni sono stati smontati e successivamente rimontati nei paesi che rappresentavano; altri hanno vissuto solo per il tempo dello svolgimento dell'evento. Anche i padiglioni dell'Expo di Milano stanno subendo la stessa sorte.

Tra i primi e più noti esempi di architetture effimere, che all'epoca della loro realizzazione esprimevano il massimo livello dell'evoluzione tecnologica, sono certamente da annoverare il Crystal Palace e la Torre Eiffel, realizzati entrambi con il medesimo obiettivo ma contraddistinti da un destino notevolmente differente. Il primo, eretto a Londra nel 1851 per ospitare la prima Esposizione Universale, fu smontato nel 1852 per essere ricostruito in un sobborgo di Londra dove rimase fino al 1936, quando fu distrutto da un incendio. La seconda, costruita in poco più di due anni (dal 1887 al

1889) per l'Esposizione Universale di Parigi, secondo le intenzioni doveva essere smontata dopo vent'anni dalla sua realizzazione ma invece è diventata a tutti gli effetti il simbolo di Parigi.

Un altro esempio, più recente, di architettura temporanea è il cosiddetto Info-Box costruito nella Potsdamer Platz di Berlino nell'arco di tempo compreso tra i mesi di giugno e ottobre del 1995, su progetto degli architetti Schneider e Schumacher. Esso era ubicato nei pressi dell'imponente cantiere sorto in occasione della realizzazione dell'intervento di riqualificazione della piazza, uno dei più importanti e monumentali della storia dell'architettura contemporanea, resosi necessario per colmare l'enorme vuoto urbano originato dall'abbattimento del muro che divideva la zona Ovest da quella Est di Berlino. Si trattava di una costruzione dalla geometria estremamente semplice: era infatti un grande parallelepipedo sospeso su pilotis, rifinito all'esterno da una pelle metallica di colore rosso. Per questo edificio fu prevista l'adozione di procedimenti costruttivi industrializzati con assemblaggio a secco, sia per l'ossatura portante (costituita da una doppia maglia ortogonale

di profilati in acciaio zincato), sia per l'involucro (un sistema multistrato a intercapedine che inglobava totalmente gli elementi dello scheletro portante e che conteneva anche tutte le canalizzazioni impiantistiche) rifinito all'esterno con pannelli metallici e all'interno da una controparete a doppia lastra in cartongesso. Le ampie vetrature che interrompevano la continuità del rivestimento metallico erano funzionali a consentire la visione del cantiere e dei diversi edifici in fase di esecuzione da una posizione privilegiata. Grazie alla modularità e alla componibilità del sistema costruttivo adottato, lo spazio interno dell'edificio risultava totalmente flessibile e adattabile a varie funzioni. Il padiglione, appositamente predisposto per accogliere i visitatori che arrivavano da tutto il mondo per ammirare questa grande opera in divenire (nel corso dei sei anni della sua vita ne accolse circa sei milioni) era stato espressamente voluto solo allo scopo di fare immaginare loro l'evoluzione di questa parte della città, mettendoli a contatto, in maniera virtuale, con quella che sarebbe stata la configurazione definitiva della piazza a lavori ultimati e consentendo una visione privilegiata sul «più gran-



Figura 1.1. L'Info-Box all'interno del cantiere della Potsdamer Platz a Berlino.



Figura 1.2. Info-Box. Particolare delle scale di emergenza.

de cantiere d'Europa»⁽¹⁾. Al suo interno erano esposti i plastici e i disegni dei progetti che erano in fase di realizzazione; inoltre era possibile, attraverso la visione di filmati e di immagini risalenti a varie epoche, essere informati sulla storia di questo luogo simbolo della divisione e della successiva riunificazione della nazione tedesca. Pensato per una precisa funzione, nel gennaio del 2001, dopo circa due anni dalla conclusione dei lavori, avendo esaurito il suo compito, il manufatto fu smantellato, sebbene l'opinione pubblica ne chiedesse a gran voce il suo mantenimento, considerandolo ormai come un emblema della riunificazione della città al pari del Reichstag o della Porta di Brandeburgo.

Le architetture temporanee nascono quindi con l'intento di esercitare la loro funzione per un periodo predeterminato e comunque limitato. Questa loro peculiarità si contrappone alla capacità di durare nel tempo, resistendo ad agenti esterni e ad eventi

variamente prevedibili, tipica delle costruzioni permanenti. Nella attuale cultura tecnica, uno dei principali requisiti richiesti alle opere di architettura è la durabilità, intesa come la capacità degli edifici di mantenere negli anni le prestazioni per cui sono stati progettati e di conservare la loro integrità fisica ed estetica il più a lungo possibile, per motivazioni di carattere funzionale ed economico. Proprio per questo motivo le costruzioni temporanee non dovrebbero essere mantenute più a lungo del periodo di tempo previsto in fase di progettazione; in caso contrario il rischio concreto consiste nel dover gestire un manufatto che può andare incontro a fenomeni di degrado e di invecchiamento accelerato, sicuramente più rapido di un edificio permanente, causando costi di manutenzione e di gestione elevati e spesso insostenibili.

Gli edifici temporanei possono avere un valido impiego anche per finalità legate alle normali esigenze della vita quotidiana

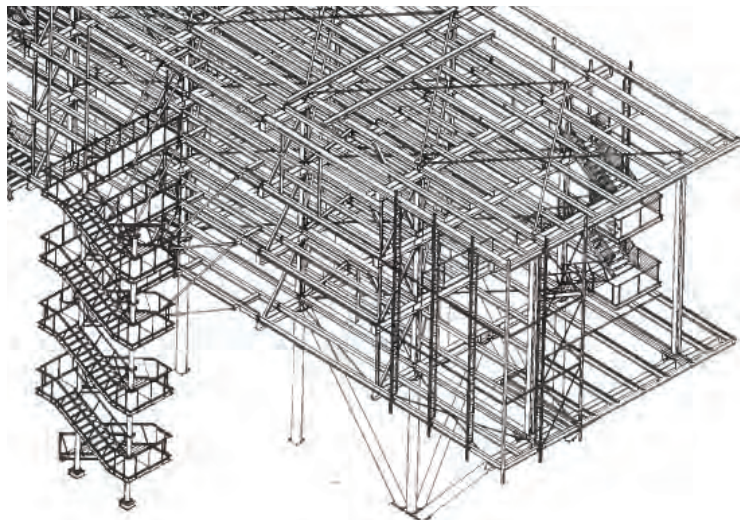


Figura 1.3. Info-Box. Assonometria dello scheletro portante in acciaio.



Figura 1.4. Info-Box. Particolare della grande vetrata angolare.

na e non necessariamente connesse a eventi eccezionali. Un esempio potrebbe consistere nella possibilità di sostituire edifici permanenti durante particolari fasi della loro vita. Nel caso di lavori di manutenzione di notevole rilevanza che richiedono lo sgombero del fabbricato da parte degli utenti, per consentire la prosecuzione delle attività (residenziali e/o lavorative) che si svolgono normalmente al suo interno, si può ricorrere a un manufatto temporaneo, che dovrà quindi possedere la caratteristica di poter essere facilmente e velocemente montato in opera e altrettanto rapidamente smontato quando il suo compito sarà esaurito; inoltre dovrà consentire la totale reversibilità dell'intervento, senza cioè modificare in maniera permanente il sito in cui l'opera è sorta, garantendo il ripristino dello stato di fatto originario dopo il suo smantellamento.

«Un interessante esperimento di edifici usati con limitazioni temporali era stato perseguito in passato e consisteva nelle cosiddette "case parcheggio", edifici residenziali temporaneamente adibiti per ospitare nuclei di abitanti di altri edifici che richiedevano interventi manutentivi così pesanti da non consentirne l'utilizzazione»⁽²⁾. Un esempio di casa parcheggio è rappresentato dal modulo abitativo CON-TE-IN-E.R., ideato nel 1977 da Anna Anfossi, Sergio Jaretti, Gianluca Cosmacini e Stefano Hutter. Questo progetto viene elaborato in occasione di un concorso di idee indetto dal consorzio IACP dell'Emilia Romagna e finalizzato alla realizzazione di residenze temporanee destinate a ospitare gli inquilini dei propri fabbricati da ristrutturare, per tutto il tempo necessario alla conclusione dei lavori. Si trattava di containers attrezzati, da impiantare in aree attigue agli edifici oggetto dell'intervento manutentivo. La larghezza massima di ogni modulo non superava i 2,50 m, e quindi per il trasporto non erano richiesti mezzi speciali. Dall'aggregazione di più containers, in orizzontale o in verticale, su un massimo di due elevazioni, si ottenevano alloggi di diversa dimensione e anche spazi

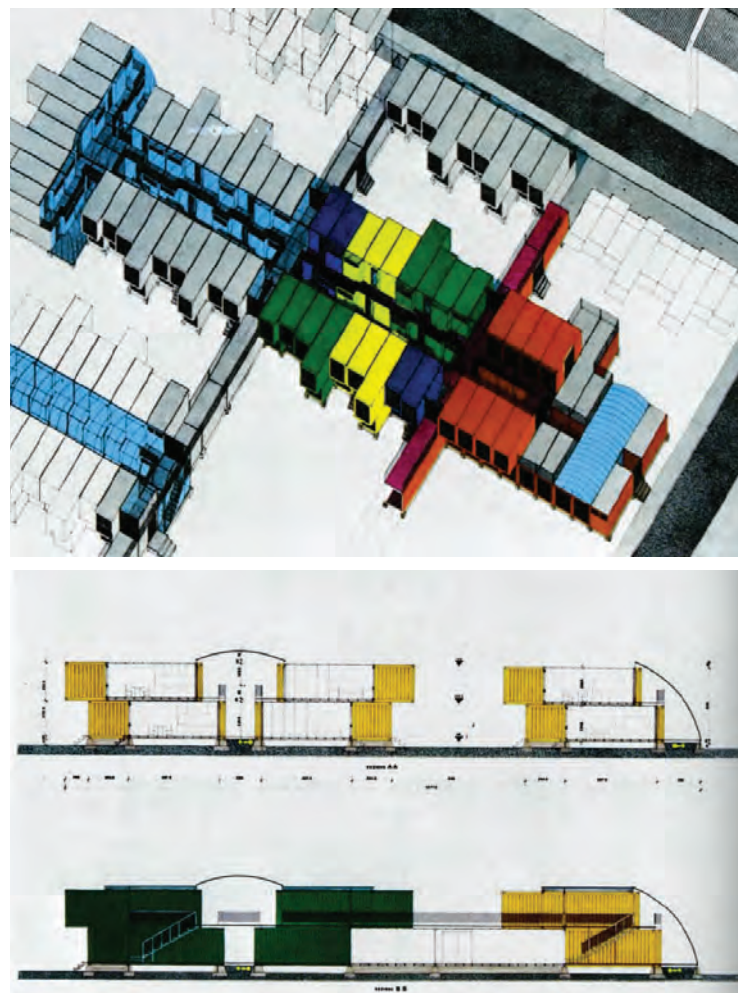


Figura 1.5. Progetto CON-TE-IN-E.R. Sopra, ipotesi di aggregazione dei moduli abitativi. Sotto, prospetti e sezioni dei moduli aggregati.

di servizio collettivi adibiti a lavanderia, stireria, luoghi per lo studio o per la socializzazione di ragazzi e adulti. La modularità delle unità abitative e la loro componibilità reciproca consentiva di realizzare un elevato numero di varianti tipologiche e funzionali, adattandosi in tal modo sia alle esigenze degli utenti, sia alle caratteristiche morfologiche e dimensionali delle aree nelle quali saranno collocati.

Anche nel corso di eventi singolari, legati a manifestazioni di massa, che mobilitano una grande quantità di persone per un lasso di tempo limitato e circoscritto, si può ricorrere utilmente agli edifici temporanei. Un esempio è rappresentato dagli alloggi trasferibili a basso impatto ambientale progettati da Kenzo Tange nel 1978 per ospitare i pellegrini che, annualmente, si recano alla Mecca e che normalmente si accampano in una pianura limitrofa alla città sacra. Sono manufatti ampliabili nei quali un involucro flessibile,

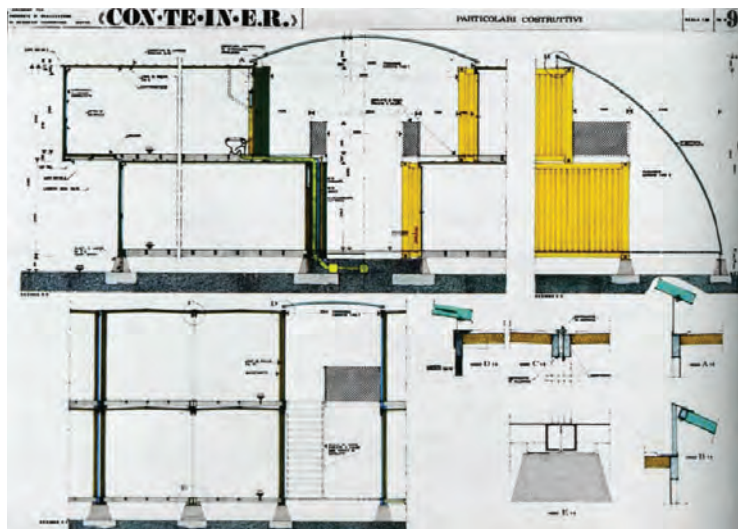


Figura 1.6. Progetto CON-TE-IN-E.R. Particolari costruttivi.

inizialmente raccolto su un modulo tridimensionale rigido, si dispiega, con movimento a soffietto o a ventaglio, aumentando il volume complessivo del manufatto. Sono pensati per realizzare dormitori comuni (quelli ampliabili a soffietto) oppure alloggi mono o bi-familiari (quelli ampliabili a ventaglio).

Un tipo particolare di architetture temporanee sono quelle trasferibili e transitorie. Esse, al pari di quelle stabili, devono soddisfare il bisogno primario dell'uomo di protezione e rico-

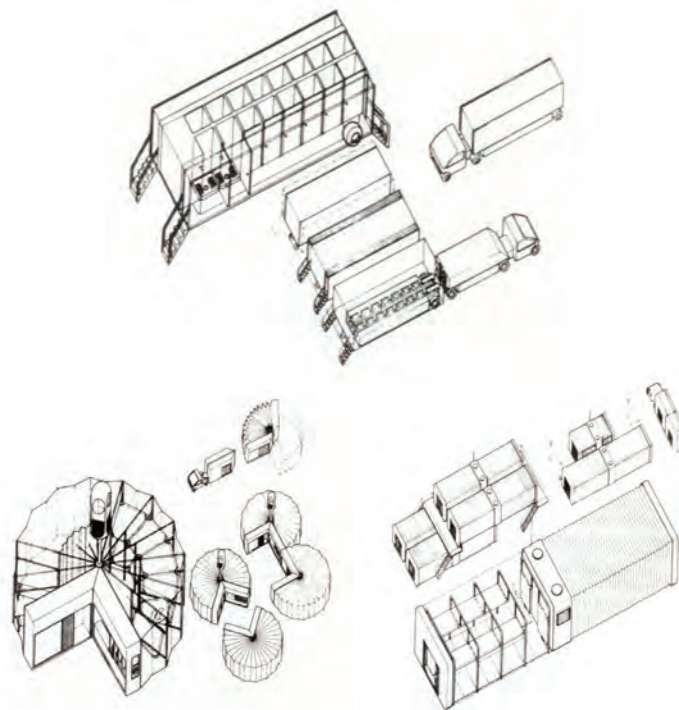


Figura 1.7. Kenzo Tange, alloggi trasferibili per i pellegrini della Mecca. Trasporto delle cellule abitative, modalità di ampliamento e loro aggregazione in sito.

vero, rapportandosi però a una condizione particolare legata ai requisiti di mobilità e di trasferibilità che devono soddisfare, e cioè quella di non conoscere a priori né il sito dove potranno essere collocate, né la destinazione d'uso e il tipo di utenza che ne beneficerà. Attraverso questa categoria di manufatti è possibile, ad esempio, garantire una dignitosa dimora alle popolazioni che vivono in baraccopoli o in campi di fortuna, agli immigrati o ai profughi che fuggono dalle zone di guerra, oppure dare in tempi rapidi una sistemazione provvisoria a chi ha perso la propria casa a seguito di un evento catastrofico, o ancora far fronte alla mobilità lavorativa legata a cicli produttivi stagionali o a supporto di cantieri mobili.

La natura di questi organismi edilizi è già intuitivamente comprensibile a partire dalla loro definizione, considerando il significato degli aggettivi: trasferibile e transitorio. *Trasferibile* sta a indicare la loro capacità di essere trasportati agevolmente da un luogo a un altro e quindi presuppone una loro opportuna configurazione, al fine di soddisfare eventuali richieste di rapidi spostamenti e di impiego immediato. *Transitorio* indica invece il fenomeno relativo al passaggio di un sistema da un regime a un altro, da una situazione a un'altra; sottende quindi l'idea di un organismo architettonico che oltre alla possibilità di movimento in se stesso, contempra anche la capacità di trasformazione delle sue parti nello spazio e nel tempo.

L'esempio più eclatante e al centro dell'attenzione mediatica è certamente quello degli alloggi temporanei utilizzati da molte organizzazioni, governative e non, per far fronte alle emergenze abitative generate da una calamità naturale. Per garantire un immediato ricovero agli sfollati e ai senzatetto, nella prassi comune vengono utilizzate le tende, in virtù della loro facilità di trasporto e velocità di montaggio. Spesso però, nel passato, piuttosto che avere la funzione di riparo provvisorio limitato a brevi periodi, venivano impiegate a scopo residenziale anche

per parecchi mesi. L'alternativa alla permanenza nelle tende era il trasferimento in container, strutture anonime, di scarsa qualità architettonica e con scadenti prestazioni termiche, igrometriche e acustiche, che rappresentavano un miglioramento solo apparente rispetto alle tende ma che, essendo più resistenti e più durature di queste ultime, sovente si trasformavano in dimora stabile, in attesa di una ricostruzione che tardava a concretizzarsi. Basti pensare che ancora oggi, a più di trentasei anni di distanza dal sisma che ha sconvolto l'Irpinia il 23 novembre 1980, «luoghi come Sant'Angelo dei Lombardi soffrono ancora per lo spopolamento post sisma e a Bucaletto, quartiere periferico di Potenza, si vive ancora nei prefabbricati impiantati nell'82 per accogliere gli sfollati»⁽³⁾. Nel corso degli anni si è quindi fatta strada l'idea di garantire alle popolazioni colpite da una catastrofe abitazioni temporanee più dignitose e performanti rispetto ai container. I *temporary shelters* sono edifici solitamente a un piano, isolati, costruiti in legno o materiali metallici, progettati per una vita media dai tre ai cinque anni. Questi manufatti sono riconosciuti come "alloggi transitori", per enfatizzare la loro intenzionale natura provvisoria, intesa quale passaggio da temporaneo a permanente. Dal 2004 gli alloggi transitori sono diventati la norma per le organizzazioni umanitarie; sono stati ampiamente utilizzati nel Kashmir dopo il terremoto del 2005, a L'Aquila nel 2009, in Pakistan dopo le alluvioni del 2010 e del 2011, ad Haiti a seguito del sisma del 2010 e, recentemente, anche in occasione del terremoto che ha interessato alcune regioni dell'Italia centrale.

Gli edifici trasferibili, dovendo essere operativi in tempi brevi in caso di necessità, tra i diversi requisiti che dovranno possedere, richiedono in maniera imprescindibile il ricorso alla prefabbricazione e alla scelta di sistemi costruttivi componibili, in grado di limitare le lavorazioni in sito, che saranno così ridotte a semplici operazioni di assemblaggio a secco delle diverse parti.

1.2. La prefabbricazione

Con il termine prefabbricazione si intende un procedimento costruttivo che consiste «nella preparazione fuori opera (cioè in luogo diverso dalla sede definitiva) degli elementi costitutivi di una struttura, nel loro trasporto a piè d'opera e nel loro successivo montaggio in opera. Si tratta di una tecnologia che opera la scomposizione dell'edificio nelle sue parti componenti, realizza queste separatamente nelle sedi più idonee e trasforma il cantiere in un'officina di montaggio»⁽⁴⁾.

All'interno di tale definizione si possono però distinguere due diverse modalità di impiego della prefabbricazione: *totale*, quando l'opera da realizzare è formata integralmente da componenti prodotti in fabbrica (*fuori opera* o *off-site*); *parziale*, quella più comunemente utilizzata, quando vengono combinate parti realizzate in fabbrica con parti realizzate in cantiere (*in opera* o *on-site*) secondo procedimenti più o meno tradizionali. Le operazioni che si svolgono in cantiere saranno di differente entità in rapporto al sistema adottato: si possono ridurre alla semplice collocazione in sito di cellule tridimensionali, generalmente di modeste dimensioni, integralmente assemblate in stabilimento, complete di tutte le finiture e pronte per essere abitate; possono consistere nel montaggio delle diverse parti di cui è composto l'edificio; possono infine riguardare la realizzazione in opera di alcuni elementi della costruzione e l'integrazione con queste dei componenti preassemblati fuori opera.

Contrariamente a quanto si possa pensare, il criterio di realizzare fuori opera alcune parti di una costruzione, al fine di razionalizzare il lavoro e di ottimizzare la fase esecutiva, risale a epoche molto remote. Già gli egizi usavano predisporre fuori opera grandi blocchi monolitici, da trasportare in sito e assemblare tra loro per realizzare edifici monumentali. Per non parlare dei templi greci, concepiti secondo criteri modulari che ben si adattano alla pos-

sibilità di predisporre una serie di componenti standardizzati da "montare" in opera. Anche nelle costruzioni in legno si denota il ricorso a una forma arcaica di prefabbricazione, già a partire dalle operazioni di taglio del tronco e di conformazione dei vari semilavorati, elementi costruttivi base da assemblare tra loro in opera; tra l'XI e il XIV secolo in Norvegia viene codificato un sistema di prefabbricazione applicato nella costruzione delle Stav-Kirke, basato sulla progettazione di elementi costruttivi unificati e coordinati dimensionalmente, finalizzati alla realizzazione delle varie parti dell'edificio: le fondazioni, le pareti portanti, le partizioni interne, le coperture a falde.

Ma la nascita e lo sviluppo della prefabbricazione moderna, così come la si intende al giorno d'oggi, è collocabile temporalmente agli inizi del XIX secolo, a seguito della rivoluzione industriale, che generò una notevole innovazione dei processi produttivi (si pensi alla possibilità di produrre "in serie" svariati elementi) e di lavorazione delle materie prime o dei semilavorati, e soprattutto della utilizzazione nel settore edilizio di materiali nuovi o fino ad allora mai impiegati come elementi portanti, quali la ghisa, il ferro, l'acciaio⁽⁵⁾ e, successivamente, il calcestruzzo armato. Le caratteristiche di resistenza meccanica del ferro erano già conosciute in epoche remote ma il suo utilizzo ai fini statici nell'ambito delle costruzioni era limitato alla funzione di ancoraggio e di ritegno tra elementi in pietra, sotto forma di grappe o zanche. Infatti fino all'incirca alla fine del Settecento non era possibile produrlo a costi competitivi e in dimensioni tali da poterlo utilizzare come materiale da costruzione alla stregua di pietra e legno.

Utilizzando gli elementi metallici prodotti in officina furono realizzate opere infrastrutturali di notevoli dimensioni quali ponti, stazioni ferroviarie e porti, ma anche grandi opere architettoniche come mercati coperti, gallerie commerciali ed edifici per le grandi esposizioni universali. È proprio in occasione della prima Esposizione

Universale, tenutasi a Londra nel 1851, che venne realizzata l'opera simbolo della prefabbricazione dell'età moderna: il Crystal Palace. Eretto a Hyde Park su progetto di Joseph Paxton, giardiniere già noto per la costruzione di serre, fu realizzato in circa sette mesi⁽⁶⁾. Il padiglione copriva una superficie di 92000 m² ed era costituito interamente da membrature in ferro e pannelli in vetro rinforzato di dimensioni standardizzate. Ciò consentì di velocizzare il montaggio ma soprattutto di garantire la possibilità di smontare il manufatto, recuperando integralmente tutti i suoi componenti, per poterlo poi trasferire altrove, così come avvenne realmente nel 1852 quando fu rimontato a Sydenham, un sobborgo di Londra, dove rimase fino al 1936, quando venne distrutto da un incendio. Questo edificio è unanimemente considerato il primo esempio di industrializzazione del processo edilizio poiché per la sua realizzazione fu necessaria una importante attività di sintesi tra progettazione architettonica, coordinazione modulare, standardizzazione dei componenti edilizi e studio dei sistemi di giunzione e assemblaggio.



Figura 1.8. Crystal Palace, Londra.

Le tecniche di prefabbricazione sviluppatasi nel corso degli anni e nelle diverse nazioni differiscono tra loro per le modalità di produzione, il peso dei componenti⁽⁷⁾, le modalità con le quali i vari elementi si assemblano tra loro e il grado di flessibilità realizzativa che consentono, ma possono essere ricondotte a tre sistemi di produzione dei componenti edilizi, definiti: chiuso, aperto e ibrido.

Il sistema chiuso (*industrializzazione per modelli*) consente la realizzazione di specifici organismi edilizi attraverso la loro scomposizione in elementi prefabbricati di grandi dimensioni, tra loro coordinati dimensionalmente, ciascuno dei quali è prodotto serialmente in stabilimento e successivamente assemblato insieme agli altri in sito per ottenere solo quel determinato manufatto. Il maggiore limite di questo sistema consiste proprio nella produzione di componenti industrializzati che, essendo strettamente legati a uno specifico tipo di organismo, sono utilizzabili soltanto per la sua realizzazione, escludendo la possibilità di impiegarli nella costruzione di altre categorie di edifici. Il principale vantaggio è rappresentato dal poter far fronte in breve tempo a un improvviso aumento della domanda di quel tipo edilizio.

Il sistema aperto (*industrializzazione per componenti*) prevede l'utilizzazione di componenti polivalenti, cioè progettati e prodotti indipendentemente dalla loro collocazione o uso finale, intercambiabili tra loro, provenienti anche da più aziende produttrici, che possono essere assemblati reciprocamente, così da poterli combinare insieme per realizzare un generico oggetto edilizio. L'istanza principale è la componibilità e la compatibilità tra gli elementi, principalmente quella dimensionale, che richiede un approccio progettuale basato su criteri di coordinazione modulare. Il vantaggio di questo sistema consiste nella grande disponibilità e libertà di scelta dei componenti, che permette una varietà di soluzioni formali e di dettaglio, nonché una maggiore libertà da parte del progettista e degli stessi fruitori. Il limite sta proprio nella compatibilità fra i diversi pezzi, che rende necessaria un'attenta fase di progettazio-

ne dei giunti necessari alla connessione tra gli elementi, al fine di minimizzare le difficoltà di assemblaggio in cantiere.

Il sistema ibrido si pone come una soluzione intermedia tra i due precedentemente esaminati. Si cerca di raggiungere la versatilità dei sistemi aperti a partire da un insieme di componenti dati, com'è tipico dei sistemi chiusi. Anche in questo caso risulta essenziale la coordinazione modulare e lo studio di un abaco di possibili varianti planimetriche e volumetriche ottenibili con un numero limitato di componenti standardizzati prodotti in serie.

A partire dagli anni Novanta del secolo scorso, grazie anche alla progressiva informatizzazione del processo produttivo e allo sviluppo di macchine operatrici tecnologicamente avanzate a “controllo numerico”⁽⁸⁾, si assiste a un graduale ma continuo cambiamento nell'approccio alla progettazione edilizia industrializzata. Da una produzione ripetitiva e riferibile a precisi modelli, di forma e dimensioni standardizzate, si passa ad una realizzazione più libera e versatile di componenti dalla geometria variabile in rapporto alle specifiche esigenze del progettista. L'uso di macchine operatrici a controllo numerico, capaci cioè di modificare in breve tempo la loro linea produttiva, adattandosi alle differenti specifiche progettuali trasformate in informazioni digitali gestite da un software, consente una maggiore versatilità del processo produttivo, permettendo anche la realizzazione di una sequenza di “pezzi unici”. In quest'ottica è necessario che, in fase progettuale, ci si avvalga di strumenti informatici in grado di comunicare con lo stesso linguaggio e di operare in perfetta sincronia con quelli propri delle macchine operatrici. «I nuovi *sistemi integrati* permettono di produrre pezzi con caratteristiche differenti l'uno dall'altro in tempi e costi paragonabili a quelli della produzione in serie. [...] Ciò significa che il costruire può intraprendere la strada dell'industrializzazione senza rinunciare a quel carattere di unicità e originalità che è caratteristica propria di ogni costruzione»⁽⁹⁾.

L'avvento degli ausili informatici nel campo della progettazione e della produzione ha modificato non solo gli strumenti di lavoro ma

anche l'approccio a tali attività, sia dal punto di vista tecnico, sia da quello architettonico, consentendo la possibilità di elaborare e di governare forme e geometrie difficilmente gestibili con i metodi tradizionali. Paradigmatico è l'esempio del Guggenheim Museum di Bilbao, ideato da Frank O. Gehry tra il 1992 e il 1993 e inaugurato nel 1997. Per la sua progettazione Gehry si avvale di un sofisticato software, denominato *Katia*, mutuato dal settore aeronautico. Mediante un modello fisico in scala e un complesso macchinario che ne consentiva la “lettura” tridimensionale fu possibile vettorializzare interamente in 3D l'edificio e procedere quindi a tutte le verifiche e le modifiche che si resero necessarie. Ultimata questa fase, sempre con l'ausilio del software, l'intero organismo edilizio fu idealmente suddiviso in una serie di elementi costruttivi, dallo scheletro portante⁽¹⁰⁾ all'involucro⁽¹¹⁾, la maggior parte dei quali erano pezzi unici. Per ciascuno di questi il programma generò tutti gli elaborati grafici necessari alla definizione del progetto esecutivo⁽¹²⁾ che, sotto forma di informazioni digitali vettorializzate, furono trasferiti alle macchine a



Figura 1.9. Guggenheim Museum, Bilbao.

controllo numerico interfacciate al sistema, rendendo così possibile la loro realizzazione in modo del tutto automatico.

Il ricorso a tecnologie così sofisticate, giustificabile per edifici di notevole rilevanza architettonica, simbolica e rappresentativa, sembra fuori da ogni logica se riferito a manufatti ordinari. Oggi invece si assiste all'utilizzo di macchine a controllo numerico anche per la produzione in stabilimento di elementi costruttivi, soprattutto bidimensionali, destinati alla realizzazione di organismi edilizi di dimensioni medio-piccole. È il caso, ad esempio, della costruzione di edifici in pannelli a strati incrociati in legno lamellare, comunemente definiti con gli acronimi XLam (Cross Laminated) o CLT (Cross Laminated Timber). I diversi componenti del fabbricato, dimensionalmente rapportati ai limiti tecnologici imposti dalla produzione industriale dei semilavorati e da quelli pratici legati alle esi-

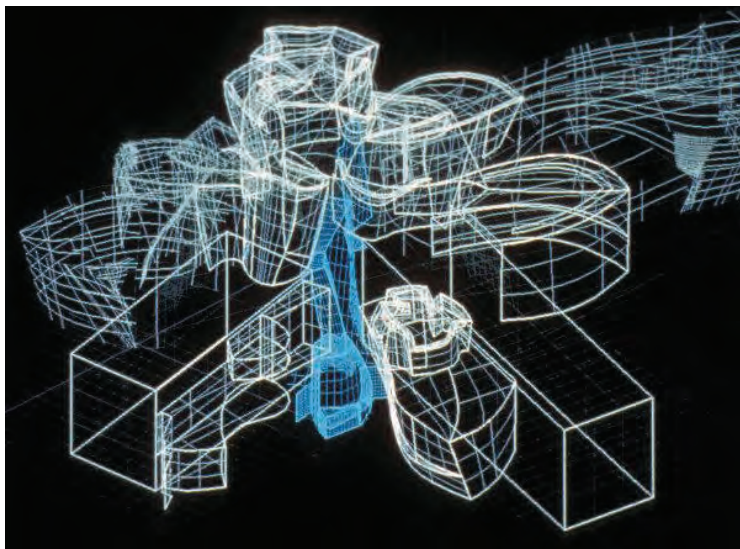


Figura 1.10. Guggenheim Museum, Bilbao. Digitalizzazione in 3D del modello fisico.



Figura 1.11. Guggenheim Museum, Bilbao. Fasi esecutive dello scheletro portante.