

Indice

Introduzione	pag. 8	4 L'EVOLUZIONE DEI SISTEMI COSTRUTTIVI IN LEGNO	pag. 85
1 LA PREFABBRICAZIONE	pag. 11	5 STRUTTURE IN LEGNO	pag. 95
1.1 Comprendere la prefabbricazione	11	5.1 Sistema costruttivo massiccio	95
1.2 Una storia che inizia da lontano	14	5.2 Sistema costruttivo con legno compensato di tavole	98
1.2.1 Prefabbricazione "artigianale"	15	5.3 Sistema costruttivo ad ossatura portante in legno	101
1.2.2 Prefabbricazione "artigianale industrializzata"	19	5.4 Sistema costruttivo a traliccio di legno	104
1.2.3 Prefabbricazione industriale	21	5.5 Sistema costruttivo ad intelaiatura di legno	107
1.2.4 Produzione industriale di costruzioni complete	24	6 IL LEGNO COME MATERIALE DA COSTRUZIONE	pag. 111
2 COSTRUIRE CON IL LEGNO	pag. 33	6.1 Il legno massiccio	112
3 LE ECCELLENZE DEL LEGNO	pag. 35	6.2 Il legno lamellare	117
3.1 Kengo Kuma and Associates, <i>Yusuhara Wooden Bridge Museum</i>	36	6.3 I pannelli	121
3.2 Kengo Kuma and Associates, <i>GC Prostho Museum Research Centre</i>	40	7 SISTEMI DI CONNESSIONE NELLE STRUTTURE IN LEGNO	pag. 125
3.3 Renzo Piano, <i>Padiglione IBM</i>	44	8 VANTAGGI DELLE COSTRUZIONI IN LEGNO	pag. 135
3.4 Renzo Piano, <i>Auditorium del Parco</i>	48	8.1 Benessere e comfort	135
3.5 Atelier Oslo e AWP, <i>Norvegia Lantern</i>	52	8.2 Statica e protezione sismica	137
3.6 Shigeru Ban Architects e KACI International, <i>Haesley Nine Bridges Golf Club House</i>	56	8.3 Eco-sostenibilità	139
3.7 Studio Weave, <i>Freya's Cabin</i>	60	8.4 Rapidità di montaggio	140
3.8 Lassila Hirvilammi Architects, <i>Kuokkala Church</i>	64	9 CRITICITÀ DEGLI EDIFICI IN LEGNO	pag. 143
3.9 Sou Fujimoto, <i>Final Wooden House</i>	68	9.1 Agenti atmosferici ed acqua	143
3.10 UID Architects, <i>Nest House</i>	72	9.2 Scarsa flessibilità strutturale post realizzazione	143
3.11 Cazú Zegers, <i>Tierra Patagonia Hotel</i>	76	9.3 Umidità e muffa	144
3.12 Jürgen Mayer H. Architects, <i>Metropol Parasol</i>	80		

9.4	Parassiti	145
9.5	Comfort termico estivo	146
9.6	Invecchiamento	146
9.7	Salubrità interna	147

10 | IL LEGNO E IL FUOCO _____ pag. 149

11 | TIPOLOGIE DI COSTRUZIONI PREFABBRICATE IN LEGNO _____ pag. 155

11.1	Costruzioni costituite da elementi finiti da assemblare	156
11.1.1	<i>WikiHouse 4.0</i>	156
11.1.2	<i>Tamedia Office Building</i>	160
11.1.3	<i>ICD/ITKE Research Pavilion 2010</i>	164
11.1.4	<i>Landesgartenschau Exhibition Hall</i>	168
11.1.5	<i>Kafé Kureon</i>	172
11.2	Costruzioni composte da pareti e/o elementi tridimensionali finiti da agganciare	176
11.2.1	<i>ICD/ITKE Research Pavilion 2011</i>	176
11.2.2	<i>System3</i>	180
11.2.3	<i>Costruzioni in legno Pagano</i>	184
11.2.4	<i>Fab Lab House</i>	188
11.2.5	<i>Heijmans ONE</i>	192
11.3	Moduli tridimensionali finiti da posizionare	196
11.3.1	<i>ÁPH80</i>	196
11.3.2	<i>Self Sustained Module</i>	200
11.3.3	<i>Summer-Container</i>	204
11.3.4	<i>Tetra Shed</i>	208
11.3.5	<i>Jyubako</i>	212

12 | CASE IN LEGNO ENERGICAMENTE AUTOSUFFICIENTI _____ pag. 217

12.1	L'abitazione che produce più di quanto consuma	218
12.2	<i>Halo</i> : la casa attivata dal sole	222
12.3	La casa che si alimenta con l'esercizio fisico	226

13 | TECNICHE SPERIMENTALI DI COSTRUZIONE IN LEGNO _____ pag. 231

13.1	Una struttura in legno cucito	232
13.2	<i>SHUS</i> : l'involucro abitativo intelligente in legno	236
13.3	Costruzioni in legno meteorosensibili	240
13.4	La casa prefabbricata in pallet	244
13.5	<i>Speedybrick</i> : come i Lego, ma per costruire case vere	248

14 | GRIDHELL: LE NUVOLE DI LEGNO _____ pag. 251

15 | COSTRUIRE IN BAMBÙ *di Pasquale De Rubeis* _____ pag. 261

15.1	Saint Val Architecture, <i>Bamboo Housing</i>	266
15.2	Penda, <i>One with the Birds</i>	270
15.3	H&P Architects, <i>BB Home</i>	274
15.4	TYIN Tegnestue, <i>Soe ker tie house</i>	278
15.5	Esan Rahmani e Mukul Damle, <i>Bamboo Pavilion</i>	282
15.6	Kengo Kuma, <i>Great Bamboo Wall House</i>	286
15.7	Vo Trong Nghia Architects, <i>Kontum Indochine Café</i>	290
15.8	DSA+s, <i>Noodle Restaurant</i>	294

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI | SITOGRAFIA – CREDITS FOTOGRAFICI _____ pag. 299

Introduzione

Il legno è il più antico materiale da costruzione impiegato dall'uomo. È stato utilizzato per secoli e numerosi edifici hanno superato la prova del tempo giungendo fino ai giorni nostri in condizioni praticamente inalterate. Probabilmente non c'è materiale edile che con le sue caratteristiche sia tanto straordinario quanto lo è il legno. L'architetto Matteo Thun, in occasione del Salone del Mobile di Milano nel 2010, ha affermato: «Il legno è il materiale del XXI secolo e come unico materiale da costruzione rigenerabile non è più possibile immaginare il design e l'architettura senza di esso». Il legno è infatti ecologico, essendo il solo materiale edile rinnovabile per il quale si utilizza meno energia sia nel processo di formazione sia in quello di trasformazione.

Oltre agli aspetti legati alla sostenibilità, che comunque non vanno mai dati per scontati, il legno si presta meglio di altri materiali da costruzione al raggiungimento di alcune prestazioni tecniche come ad esempio quelle energetiche. Il basso coefficiente di conducibilità termica del legno favorisce, infatti, il progettista nel dimensionamento degli isolanti che saranno meno impegnativi che negli edifici in muratura o in cemento armato, così come nella soluzione dei ponti termici.

Un'altra sorpresa positiva che il legno riserva è quella legata alla sua capacità di resistenza al fuoco. Altri vantaggi che riguardano l'impiego di questo materiale sono da attribuire alle sue proprietà fisico meccaniche come la leggerezza e l'elasticità, il legno come erroneamente viene talora asserito non è antisismico per il solo fatto di essere legno, ma lo sarà la

struttura che verrà progettata per assolvere alle sollecitazioni sismiche. Le peculiarità più interessanti del legno sono, tuttavia, la facilità di lavorazione e assemblaggio che consentono a questo materiale di avere un elevato grado di prefabbricazione.

Bisogna, tuttavia, ricordare che il legno è un materiale di origine vegetale e quindi biodegradabile. Quest'ultima caratteristica è fondamentale perché introduce l'argomento della durabilità, spesso poco conosciuta o erroneamente valutata dai progettisti.

Una progettazione superficiale che non tenga conto della durabilità del legno, porterà a risultati deludenti e potenzialmente pericolosi. Una progettazione intelligente, invece, può esaltare le caratteristiche del legno rendendolo assolutamente contemporaneo e all'altezza di altri materiali innovativi.

Molti progettisti illustri, avendo colto e compreso le ottime caratteristiche tecnologiche e prestazionali del legno, hanno voluto cimentarsi nella progettazione di strutture che facessero prevalentemente uso di questo materiale. I risultati ottenuti sono eterogenei, ma in tutti i casi il legno è sempre stato impiegato in modo innovativo e "colto", dimostrando quante e quali siano le sue potenzialità.

L'innovazione del legno in campo architettonico, oggi passa attraverso la prefabbricazione. Affermare che il futuro dell'edilizia possano essere le case prefabbricate in legno, può sembrare una provocazione, ma in realtà è soltanto una semplice constatazione di fatti.

La prefabbricazione degli elementi costruttivi appare di fondamentale importanza ai fini di una maggiore competitività delle costruzioni in legno rispetto ad altre tecnologie. In primo luogo la concentrazione delle operazioni in stabilimento, quindi in un ambiente chiuso e controllato, non soggetto a variabili esterne sfavorevoli, consente una radicale contrazione della fase di cantiere, con conseguenti vantaggi in termini economici. In secondo luogo, la prefabbricazione in stabilimento, per le sue caratteristiche ambientali e per i suoi aspetti procedurali, consente un maggiore controllo qualitativo delle operazioni tecniche e una riduzione dei rischi per gli operatori.

L'informatizzazione del processo produttivo e in particolare l'introduzione di macchine a controllo numerico consentono una più efficace automazione del processo, insieme alla produzione di elementi costruttivi anche complessi.

«L'evoluzione della sequenza delle lavorazioni e le possibilità della tecnologia dell'associazione tra macchina utensile, informatica di modellazione tridimensionale cad-cam non sono certo terminate [...]. Addirittura nel mondo del legno i moderni macchinari tengono conto delle tolleranze necessarie e si comportano in modo da prestare attenzione ai difetti del materiale organico legno.» [W/FRIED, 2010]

Grazie a questo processo di innovazione, la prefabbricazione degli elementi strutturali in legno non è vincolata ad un repertorio di pezzi stan-

dardizzati per dimensioni e forma, ma si adatta sempre alle caratteristiche del singolo progetto nei limiti delle possibilità tecnico-produttive. Più che sulla prefabbricazione di un abaco di elementi strutturali da proporre in serie, si mira quindi ad una progressiva automatizzazione del processo di produzione e di preassemblaggio in stabilimento. La possibilità di prefabbricare "su misura" in maniera rapida ed efficiente, inoltre, solleva dall'esigenza di sovrapproduzione e di operazioni di stoccaggio in stabilimento. Per quanto attiene alla fase costruttiva, questa risulterà estremamente più semplice e rapida, con un conseguente risparmio sui costi.

Il cantiere allestito per costruire un edificio prefabbricato in legno è un cantiere pulito, ordinato e silenzioso, in cui la messa in opera degli elementi strutturali avviene sempre a secco con un ridotto uso dei macchinari e senza l'impiego di materiali dannosi o aggressivi per l'ambiente.

Qualora, inoltre, l'edificio dovesse essere dismesso, non sarà necessaria l'adozione di particolari procedure per lo smaltimento, poiché si tratta di elementi non pericolosi e non inquinanti, quindi facilmente smaltibili.

Esistono diversi metodi costruttivi per realizzare edifici a struttura di legno; ogni sistema ha le proprie caratteristiche distintive che lo differenziano dagli altri per il comportamento strutturale, per gli aspetti estetico-architettonici o per i dettagli costruttivi che lo rendono più o meno adatto in determinati contesti climatici e ambientali.

È possibile classificare, inoltre, i prefabbricati secondo diversi criteri. Spesso si fa riferimento alla tecnica costruttiva impiegata, ma questo si-

stema può risultare fuorviante poiché, pur adoperando sistemi di costruzione differenti, si può giungere a risultati finali molto simili tra loro. È per questo motivo più opportuno classificare le differenti tipologie di costruzioni in legno prendendo in considerazione la forma in cui il prefabbricato arriva in cantiere e la metodologia di assemblaggio.

Ogni famiglia di prefabbricati avrà delle proprie peculiarità e, in virtù di questo, potrà meglio degli altri dare una risposta a determinati tipi di esigenze.

3.

Le eccellenze del legno

Tra i vari impieghi del legno quello in ambito strutturale ha stimolato in modo significativo le ricerche tecnologiche in campo edilizio. Il continuo evolversi delle forme architettoniche e la diffusione della filosofia sostenibile, hanno spinto grandi personalità del campo dell'architettura all'elaborazione di nuovi modelli e sistemi costruttivi basati sull'utilizzo del legno. Ogni innovazione è sempre identificabile come il risultato di un processo che punta a soddisfare un'esigenza estetica o funzionale, e come vedremo negli esempi riportati questi percorsi sono identificabili sia in interessanti opere di pochi metri quadrati di dimensioni, sia in notevoli costruzioni a scala urbana, con strutture che sembrano sfidare le leggi della fisica.

3.2

GC Prosthodontics Museum Research Centre

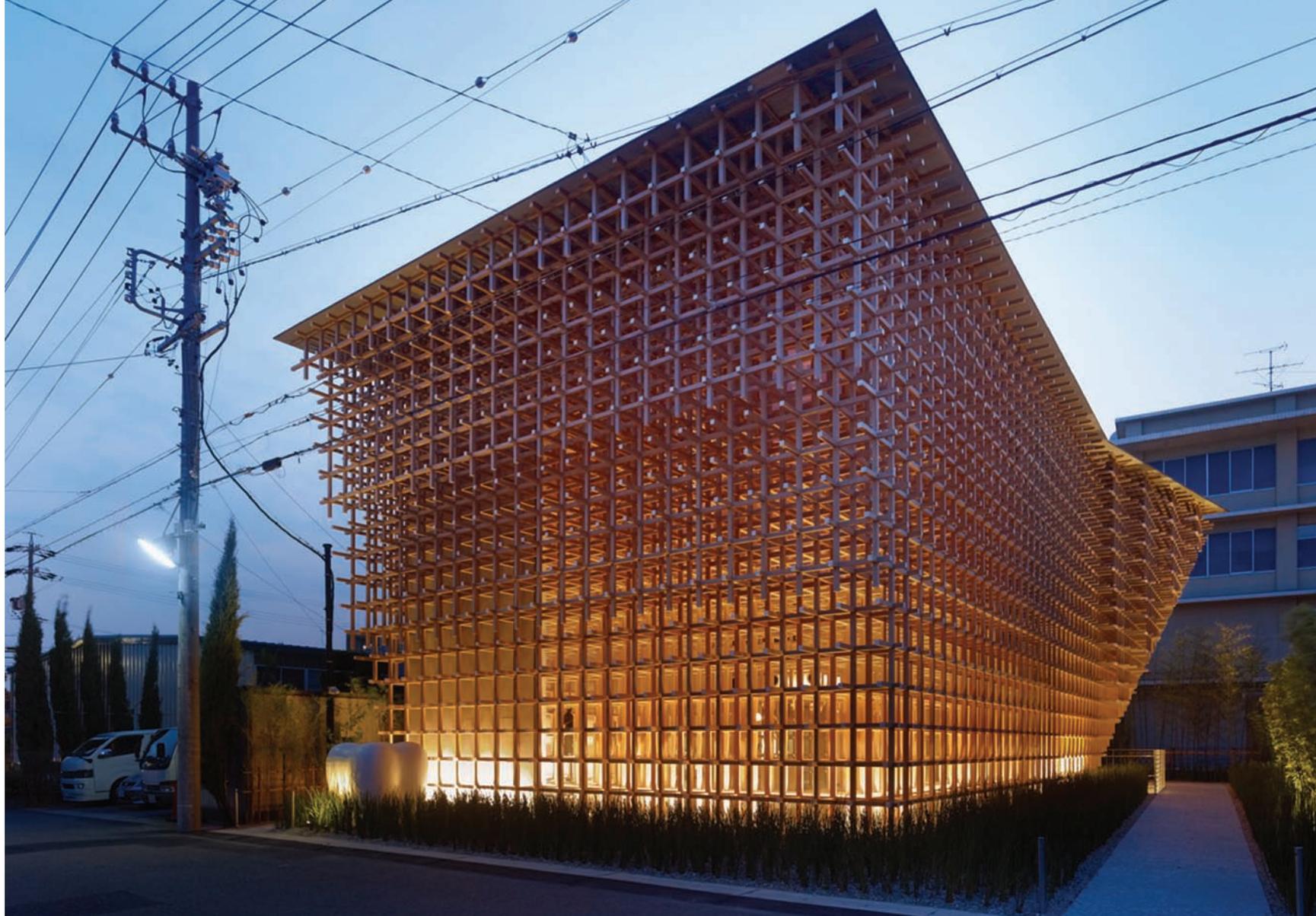


Autore: Kengo Kuma and Associates
Luogo: Kasugai-shi, Giappone
Anno: 2010

Il *GC Prosthodontics Museum Research Centre*, edificato nella Prefettura di Aichi, nel Giappone centrale, è un museo dedicato alla storia dell'odontoiatria. L'edificio si distingue per l'eleganza e la leggerezza della sua struttura. Anche questo progetto prende ispirazione dal *Chidori*, un gioco della tradizione nipponica realizzato con bastoncini di legno, qui tradotto in un reticolo tridimensionale quadrato.

Il manufatto, alto nove metri, è un volume la cui materialità risulta sbriaciolata dalle seimila bacchette di cipresso di cui è composta, elementi questi uniti tra loro da un semplice incastro secondo il sistema *Chidori*. Per costruire l'edificio Kuma si è avvalso della collaborazione dell'ingegnere strutturale Jun Sato e degli abili artigiani locali, che continuano ancora oggi a costruire il giocattolo.

Kuma ha creato un sistema espressivo che è, contemporaneamente, decorazione delle pareti, elemento strutturale ed installazione all'interno del museo. Come un virus che devasta letteralmente la costruzione, la decorazione viene fuori e scende dall'edificio per emergere, con potente poesia, sia all'interno sia all'esterno, creando moduli, che misurano mezzo metro quadrato, su cui si basa l'organizzazione dell'intero spazio museale. Un giocattolo diventa un modulo grafico che viene infinitamente ripetuto, si espande nello spazio e si trasforma in un elemento strutturale, concludendo la sua metamorfosi in architettura. È per questo che i visitatori all'interno ed all'esterno dell'edificio di Kuma si sentono un po' "sconcertati", poiché il design dell'edificio marginalizza la presenza del volume architettonico, in un contesto come quello della città giapponese, in cui c'è poco spazio tra un edificio e l'altro. In una *lectio magistralis*, tenutasi nel 2008 a Torino in occasione del Congresso Internazionale di Architettura, Kuma, parlando del museo, ha detto: «Molti miei colleghi credono che debba essere il museo il motivo di visita di un luogo, concependo i musei come fini. Per me sono mezzi: l'architettura deve essere una finestra verso qualcos'altro, sempre nel rispetto dei fenomeni naturali». Per Kuma, infatti, l'architettura non deve mai essere vincolante ma assomigliare ad un giardino: «Perché un giardino non ha né muri né finestre, ma è fatto soltanto di superfici orizzontali». La smaterializzazione della sua architettura è ottenuta attraverso l'allentamento e l'alterazione dei confini che dividono il costruito dall'ambiente circostante. Per ottenere questo, abolisce sia la sostanza del muro che quella della finestra, sostituendoli con qualcosa di ibrido, non solido e apparentemente fragile a vantaggio di uno spazio immateriale capace di combinare insieme natura ed artificio.





3.4

Auditorium del Parco



Autore: Renzo Piano
Luogo: L'Aquila, Italia
Anno: 2012

L'*Auditorium* del Parco nasce come struttura temporanea donata dalla provincia autonoma di Trento ad una città dilaniata dal terremoto al fine di promuovere la cultura musicale, per la quale L'Aquila già negli anni precedenti all'evento sismico poteva vantare un ruolo d'onore. Collocare un edificio caratterizzato da un forte potenziale aggregativo, in un punto strategico tra il centro storico e l'ingresso al Parco del Castello, risponde all'obiettivo di riportare all'interno della città storica le attività culturali propulsori della rinascita e del miglioramento della qualità di vita cittadina.

L'idea progettuale proposta dall'architetto Renzo Piano e dal suo *team* di progettazione predilige l'uso di forme pure, che nella loro astrattezza riescono a risolvere la delicata questione dell'inserimento di un edificio moderno all'interno di un contesto storico consolidato.

Gli spazi dell'*auditorium* sono distribuiti in tre cubi indipendenti ma collegati tra loro da passerelle in vetro e acciaio. Quello centrale, il principale, ospita la sala concerti con duecentotrent'otto posti, mentre i cubi minori posizionati ai lati sono destinati ai servizi per il pubblico, con il foyer e il bar, ai camerini e agli spazi per gli artisti. L'area antistante i tre cubi è stata riorganizzata in modo da individuare uno spazio in grado di ospitare eventi all'aperto perfettamente integrato nel parco, le cui origini risalgono agli anni Trenta. In seguito a uno studio sulle specie arboree presenti, inoltre, si è provveduto alla piantumazione di nuovi alberi per risarcire in alcuni punti il profilo vegetazionale e per rimarcare la centralità prospettica verso il Castello cinquecentesco.

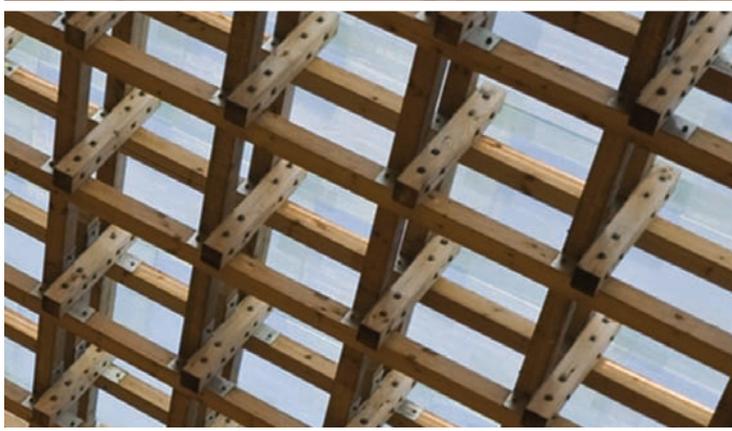
La struttura adottata per tutti i cubi è realizzata con travi in legno alle quali sono collegati a secco pannelli composti da strati di legno lamellare. Questa tecnologia permette di coniugare numerosi aspetti tra i quali un alto grado di sostenibilità, di risparmio energetico e rispondenza ai requisiti antisismici, i quali sono garantiti anche dalla collocazione di isolatori sismici elastomerici al di sotto della platea che sorregge la struttura lignea.

Nel trattamento esterno delle superfici il materiale protagonista è sempre il legno di abete, proveniente dal Trentino Alto Adige e sottoposto ai test di controllo previsti dall'istituto di ricerca IVALSA. Una trama di doghe orizzontali di colori differenti e termotrattate è stata collegata alla sottostruttura in modo da creare un'intercapedine e sfruttare i benefici del sistema di facciata ventilata.



3.5

Norvegia Lantern



Autore: Atelier Oslo, AWP
Luogo: Sandners, Norvegia
Anno: 2010

Il progetto *Lantern*, dello studio norvegese Atelier Oslo in collaborazione con i francesi AWP, si è aggiudicato il primo premio di un concorso internazionale del 2008 indetto dalla città di Sandnes, Norvegia, in cui si chiedeva di progettare una struttura “in grado di ricoprire la superficie più ampia possibile” in uno spazio pubblico del centro. La comunità locale aveva goduto negli ultimi anni del forte sviluppo industriale ed economico della città senza però riuscire ad ottenere la conquista di un’identità propria, tematica che ha spinto i partecipanti a concentrarsi su un’opera in grado di porsi come vera e propria icona cittadina. In una piazza stretta, completamente pedonale, Atelier Oslo e AWP hanno progettato una struttura all’aperto in grado di ospitare attività molteplici, da mercato a sala concerti: un padiglione considerabile come un oggetto scultoreo in grado di chiamare alla memoria l’antica architettura norvegese, di stimolare la creatività locale e offrire la possibilità di spazi multifunzionali.

Disegnata con tetto a due falde, come molti edifici nella stessa via, è ispirata all’archetipo dell’abitazione e, sorretta da quattro colonne in rovere massiccio con giunti d’acciaio, ognuna diversa dall’altra e rientranti rispetto al perimetro della copertura, la struttura sorride al contesto, rimandando all’immagine della casa sull’albero. Il tetto non è pieno, ma è composto da una griglia di elementi di pino lamellare, primari e secondari, di 9×9 cm in sezione, e rinforzi in acciaio, sulla quale si appoggia un manto di vetro che costituisce la copertura vera e propria. Montati parzialmente sovrapposti, come in un tetto di ardesia, i moduli quadrati che costituiscono la copertura sono fissati reciprocamente in modo da essere solidali e poi ancorati direttamente agli elementi in legno, evitando l’inserimento di uno scheletro metallico che avrebbero gravato sull’immagine generale. Il tutto è stato verificato in fase di progetto grazie a un modello digitale in 3D che ha permesso di calcolare i carichi inerenti a migliaia di nodi ed elementi.

Lungo il perimetro della struttura, una serie di fari puntano verso la sua sommità interna trasformando l’architettura in una lanterna a scala urbana. Di notte, l’illuminazione ne esalta la leggerezza che di giorno è valorizzata dalla luce naturale per mezzo della copertura in vetro. Passanti e astanti possono spalancare lo sguardo al cielo in un luogo circoscritto e definito che pur non appare chiuso e limitato, ma in dialogo continuo con il contesto urbano.

Con rispettoso omaggio alla natura, le quattro colonne si biforcano sia verso l’alto



3.8

Kuokkala Church



Autore: Lassila Hirvilammi Architects

Luogo: Jyväskylä, Finlandia

Anno: 2010

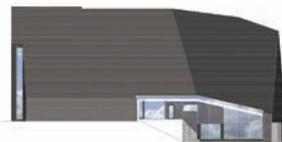
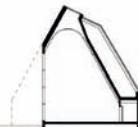
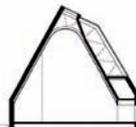
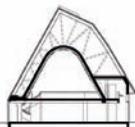
Iniziato con un concorso a inviti bandito nel 2006 dalla parrocchia di Jyväskylä e completato nel 2010, il progetto per la nuova chiesa della comunità di Kuokkala assorbe la tradizione del luogo e il linguaggio dell'architettura finlandese del Novecento, che si esprimono nei volumi scolpiti, nei tagli di luce e nell'importanza delle superfici, come pavimenti e rivestimenti.

I Lassila Hirvilammi architects hanno voluto scomporre in due l'architettura, collocando il campanile lontano dall'edificio del culto, precisamente al centro della piazza su cui si affacciano le attività commerciali della zona e luogo di ritrovo dei suoi abitanti. La torre campanaria è situata lungo il confine nord tracciato dall'edificio del culto, mentre la linea di congiunzione con il confine sud disegna il sagrato, sottolineato dal pavimento in granito finlandese, che si prolunga su per lo scalone esterno.

Essendo il legno una risorsa rinnovabile di questa nazione (anche se negli ultimi anni le associazioni ambientaliste hanno posto l'attenzione sull'impatto della deforestazione anche in queste terre, con il rischio della sparizione di centinaia di specie animali protette), l'uso in ambito architettonico è una tradizione oltre che uno strumento di espressione: nella chiesa di Kuokkala è impiegato l'abete sbiancato per le strutture portanti e i soffitti, il frassino per gli arredi, eccetto l'altare che è scolpito artigianalmente in tiglio. La tensione verso un progetto rispettoso e sostenibile spinge Lassila Hirvilammi a coniugare la componente vernacolare nella scelta dei materiali e nella rivisitazione delle forme alla sperimentazione di soluzioni strutturali di più recente invenzione, come il gridshell: sperimentato a partire dalla metà degli anni Settanta, è stabile e resistente per forma, coniugando le caratteristiche del reticolo a quelle del guscio. Realizzato con elementi prefabbricati ma sviluppati con gli artigiani dell'impresa, prevede solo giunzioni meccaniche di rapida applicazione, evitando l'uso di collanti chimici e favorendo la reversibilità del sistema e la riciclabilità del materiale. Il gridshell costituisce la parte interna della volta ecclesiastica con funzioni strutturali legate alla primaria copertura in legno lamellare, ma ha anche motivazioni ideologiche, essendo usato dai progettisti per ricreare quell'unione della navata che si interrompe per il frazionamento tra sala riunioni della parrocchia e luogo della celebrazione.

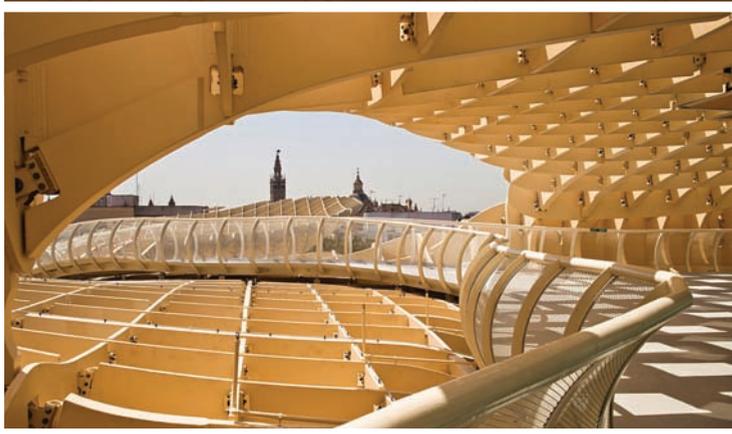
La sezione trasversale della chiesa evidenzia l'ampia intercapedine creata tra la copertura esterna, rivestita in lastre di pietra scura, e quella interna isolante in





3.12

Metropol Parasol



Autore: Jürgen Mayer H. Architects

Luogo: Siviglia, Spagna

Anno: 2011

Il *Metropol Parasol* di Siviglia, in Spagna, ideato dallo studio Jürgen Mayer H. Architects, è il progetto vincitore di un concorso indetto dall'amministrazione pubblica locale per la riqualificazione di Plaza de la Encarnacion, nel centro storico cittadino. La piazza, che sorge sull'incrocio tra il *cardo* e il *decumano* della città romana, è stata per secoli la sede del più grande mercato cittadino prima di venire abbandonata nel 1973 dopo la demolizione dello stesso mercato.

Gli ambiziosi obiettivi riproposti hanno riguardato la creazione di uno spazio multifunzionale in grado di assecondare le esigenze di cittadini e turisti, dialogare con il contesto sino a rilanciare il ruolo dell'intera città nella scena culturale spagnola. Su queste premesse, ispirandosi formalmente alle volte della cattedrale di Siviglia, lo studio di Jürgen Mayer progetta un'enorme struttura fungiforme in grado di assicurare ombreggiamento all'intera piazza, altrimenti poco sfruttabile nei periodi estivi. Le forme sinuose ed ondulate sono un esplicito richiamo ai modelli organici, e diventano il mezzo con cui viene affrontato, con voluto contrasto, il delicato dialogo con la città medievale e i resti romanici rinvenuti in sito.

Grazie alla preziosa collaborazione dello studio ingegneristico Arup viene studiata un'innovativa struttura fissata su solidi basamenti in calcestruzzo: grandi elementi "a tronco", contenenti ascensori e scale per raggiungere la terrazza panoramica in copertura, sostengono un'enorme struttura d'effetto costituita quasi interamente da pannelli in legno con incastro a nido d'ape, incollati tra loro con l'aggiunta di resina poliuretana.

La Arup ha effettuato una serie di tentativi sperimentali al fine di ottenere il miglior risultato possibile. Nella prima fase di ricerca sono state studiate varie strutture geometriche complesse per testare la fattibilità della struttura in materiali come l'acciaio, il cemento o la plastica: le soluzioni ottenute, oltre alle difficoltà strutturali, richiedevano un budget troppo elevato. Così è stato deciso di sviluppare la struttura in un legno micro-laminato (*Kerto*), protetto dagli agenti esterni grazie a un rivestimento in poliuretano resistente all'acqua. Come spiegato da Jan Peter Kopitz, l'ingegnere che ha seguito il progetto dalla sede dell'Arup di Madrid, il calcolo strutturale è avvenuto attraverso «uno strumento di interazione automatica con cui determinare lo spessore di ciascun elemento di legno e ottimizzare l'intersezione di ogni parte della struttura». Per il comportamento del *Metropol Parasol* sono stati studiati più di 3.000 nodi di connessione all'intersezione degli elementi in legno.



11. Tipologie di costruzioni prefabbricate in legno

Come abbiamo visto, un prefabbricato in legno è una costruzione/edificio che prevede l'utilizzo del legno nella sua parte strutturale. I criteri che possiamo utilizzare per classificare le differenti tipologie di costruzioni in legno sono sicuramente la forma in cui il prefabbricato arriva in cantiere e la metodologia di assemblaggio.

Possiamo avere, pertanto, tre tipi di edifici in legno:

– *Costruzioni costituite da elementi finiti da assemblare*

Tutta una serie di componenti standardizzati, anche di piccole dimensioni, sono pensati per poter essere assemblati tra loro in modo da dar vita ad edifici anche molto diversi a livello morfologico.

I sistemi costruttivi usati in queste costruzioni consentono un'elevata libertà compositiva ed espressiva a livello architettonico. Rispetto alle altre due tipologie, questi edifici richiedono, però, tempi più lunghi per il montaggio e non possono essere assemblati da chiunque.

– *Costruzioni composte da pareti e/o elementi tridimensionali finiti da agganciare*

Queste costruzioni nascono dall'unione di pareti e/o componenti tridimensionali interamente assemblati in fabbrica, completi di impianti e finiture. Ciò consente di ridurre i tempi di montaggio e di poter ricorrere per farlo anche ad una manodopera non specializzata con un conseguente abbattimento dei costi.

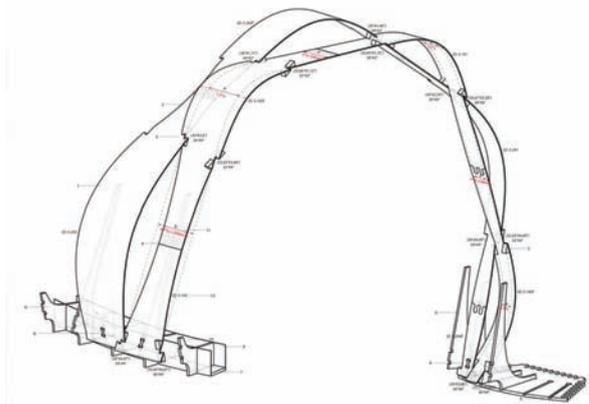
– *Moduli tridimensionali finiti da posizionare*

Questo particolare tipo di prefabbricato in legno è pensato per soddisfare le esigenze di chi necessita di edifici “chiavi in mano” in tempi brevissimi. Il Monoblocco si adatta sia all'impiego temporaneo sia all'utilizzo come vero e proprio edificio residenziale. Totalmente finita e dotata di tutti gli impianti, la struttura, leggera e facilmente trasportabile, deve essere solamente posizionata.

L'aspetto più interessante di questa tipologia di costruzioni è che consentono il totale controllo qualitativo del manufatto che giunge dallo stabilimento produttivo completamente finito.

Queste cellule tridimensionali possono essere utilizzate singolarmente, ma spesso sono pensate per essere assemblate una sull'altra o lateralmente a formare un organismo più articolato di dimensioni maggiori, ma composto da moduli standard prefabbricati che vengono solamente fissati tra loro.

11.1.3

ICD / ITKE
Research Pavilion

Autore: ICD/ITKE Università di Stoccarda
Luogo: Stoccarda, Germania
Anno: 2010

Nel land del Baden Württemberg, uno dei più ricchi della Germania, si stanno ponendo discretamente le basi dell'industria del futuro. L'università di Stoccarda collabora con numerose aziende locali, che fanno parte della rete produttiva cresciuta intorno a Bosch, Daimler Benz e Porsche, i colossi della regione, per sviluppare nuove tecnologie ecologiche. Tra i vari campi esplorati, quello della costruzione ha un ruolo importante. Achim Menges, uno dei talenti più interessanti nel campo dell'applicazione delle tecniche digitali all'architettura, dirige l'*Institute for Computational Design*, che dal 2010 si è alleato con l'*Institute of Building Structures and Structural Design* per realizzare ogni anno un padiglione sperimentale.

Il primo progetto, frutto di questa collaborazione, è un padiglione temporaneo di ricerca la cui struttura, estremamente innovativa, è la dimostrazione di quali risultati si possano ottenere attraverso la correlazione tra i processi computazionali integrati e i nuovi processi di produzione robotizzata. Si tratta di una struttura autoportante a piegatura attiva, del diametro superiore a dodici metri, composta interamente da strisce di compensato di betulla estremamente sottili ed elastiche.

Mentre nel mondo fisico la forma materiale è sempre inseparabilmente connessa a forze esterne, nei processi virtuali di computational design forma e forza sono di solito trattate come entità distinte, in quanto sono suddivise in processi di generazione di forme geometriche e successive simulazioni basate sulle proprietà specifiche del materiale.

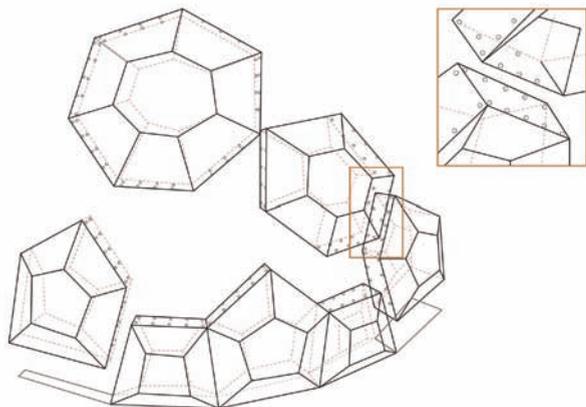
Il padiglione di ricerca dimostra un approccio alternativo al design computazionale: qui la generazione computazionale della forma è direttamente condizionata dal comportamento fisico e dalle caratteristiche del materiale. La struttura è interamente basata sul comportamento elastico di piegatura delle strisce di compensato. Le strisce vengono prodotte roboticamente come elementi piani e successivamente vengono collegate in modo che le aree elasticamente piegate e quelle in tensione si alternino lungo la loro lunghezza. La forza localizzata in ciascuna area piegata della striscia, mantenuta dalla corrispondente zona sottoposta a tensione della striscia vicina, aumenta notevolmente la capacità strutturale del sistema.





11.2.1

ICD / ITKE Research Pavilion 2011



Autore: ICD/ITKE Università di Stoccarda
Luogo: Stoccarda, Germania
Anno: 2011

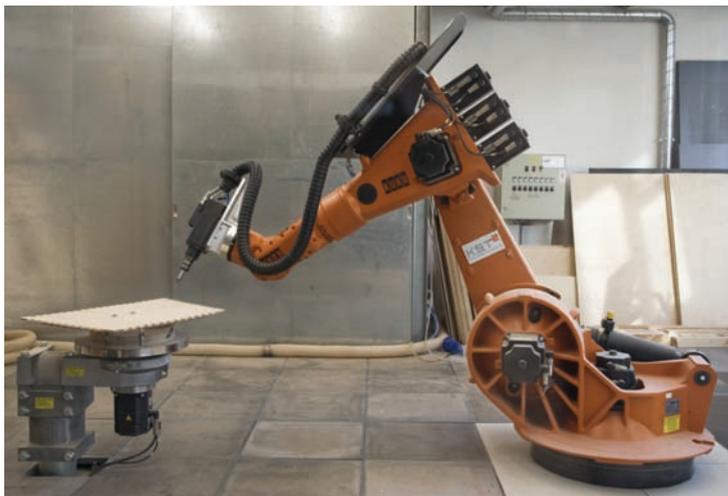
Nel 2011 l'istituto dell'Università di Stoccarda di Progettazione delle strutture portanti e delle costruzioni ha realizzato una costruzione sperimentale temporanea in legno ispirata ai principi della Bionica.

La struttura è stata ideata, progettata e realizzata attraverso un processo condiviso tra ricerca e insegnamento. Il progetto si è avvalso di procedure innovative di simulazione e progettazione computerizzata oltre che di metodologie di esecuzione assistite dal calcolatore per la trasposizione costruttiva di principi strutturali esistenti in natura. In particolare, l'esperimento si è concentrato sull'analisi e la traduzione delle strutture ossee a placca di un particolare tipo di riccio di mare.

La particolarità innovativa dell'esperimento consiste nella possibilità di applicare, mediante calcolatore, i principi bionici desunti da una struttura naturale su modelli geometrici di varia tipologia ottenendo contemporaneamente un'altissima efficienza strutturale. In questo caso l'obiettivo è stato puntualmente raggiunto rendendo possibile la realizzazione dell'intero padiglione, in tutta la sua complessa morfologia, attraverso l'esclusivo utilizzo di pannelli di legno compensato di spessore estremamente ridotto (6,5 mm) impostati sullo sviluppo di un sistema modulare che permette un elevato grado di adattabilità e di prestazioni.

Il padiglione è organizzato come struttura a due livelli gerarchici. Al primo, le articolazioni dei fogli di compensato sono incollati insieme per formare una cella; nel secondo livello, un collegamento a vite semplice unisce insieme le cellule, consentendo il montaggio e lo smontaggio del padiglione. Il sistema modulare di piastre poligonali è collegato insieme in corrispondenza dei bordi. Tre bordi si incontrano in un punto solo, un principio che consente la trasmissione delle forze normali e tangenziali, ma non momenti flettenti tra le articolazioni, risultando così un cuscinetto a curvatura, con struttura deformabile. A differenza delle tradizionali costruzioni leggere, dotate di forme ottimizzate, questo nuovo principio di disegno può essere applicato ad un'ampia gamma di geometria personalizzata. Chiaramente è necessario l'ancoraggio al suolo per resistere ai carichi del vento.

Le piastre e le articolazioni di ciascuna cella sono state prodotte con il

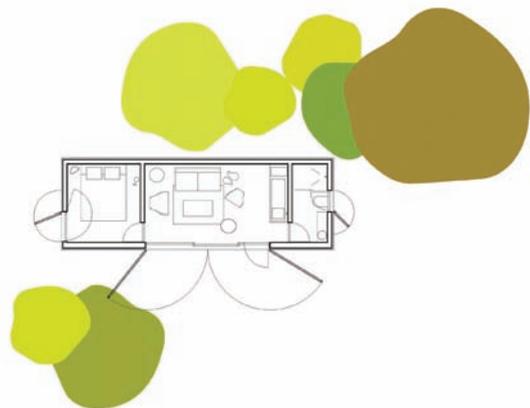


sistema robotico di fabbricazione dell'università. Ciò ha permesso la produzione economica di oltre 850 componenti geometricamente diverse, così come oltre 100.000 giunzioni. Dopo la produzione robotica, i pannelli di compensato sono stati uniti insieme per formare le celle. Il montaggio dei moduli prefabbricati è stato effettuato presso il campus della città dell'Università di Stoccarda. Tutto il lavoro di progettazione, ricerca, fabbricazione e costruzione sono stati eseguiti congiuntamente da studenti e ricercatori.



11.3.1

ÁPH80



Autore: Studio Ábaton
Luogo: Madrid, Spagna
Anno: 2013

Uno dei nuovi trend della bioedilizia è quello di realizzare case piccole, prefabbricate, sostenibili e trasportabili ovunque.

In tal senso, tra le abitazioni più innovative e interessanti, troviamo quella dello studio spagnolo Ábaton, la cosiddetta *ÁPH80*, una tipologia di alloggio mobile, studiata a misura di coppia, ossia adatta ad ospitare un massimo di due persone, e suddivisa in tre spazi distinguibili: un bagno, un soggiorno con angolo cottura e una camera da letto.

Le dimensioni della struttura sono estremamente ridotte, misura, infatti, appena 9 metri per 3. Dunque, la superficie totale è di 27 metri quadrati. Nonostante il poco spazio a disposizione, i futuri proprietari vivranno in un ambiente arieggiato, ben organizzato e salutare. La casa, in proposito, è stata sviluppata dai progettisti con l'idea di sfruttare al meglio i metri quadrati e di creare un luogo in grado di offrire agli occupanti tutte le comodità di un edificio tradizionale.

Inoltre, va evidenziato come la serie *ÁPH80* rispetti la filosofia dello studio Ábaton, volta a creare opere all'insegna del benessere, della tutela ambientale e della semplicità.

In relazione a tali principi, il *team* di lavoro ha utilizzato per la realizzazione dei pannelli, impiegati nella struttura portante, legno massello, di abete spagnolo, certificato e ipoallergenico. Gli interni sono del medesimo materiale, tinto con una tonalità avana, che conferisce al tutto un aspetto familiare.

Allo scopo di evitare perdite di calore e di dare alla casa un'ottima tenuta termica, fondamentale per mantenere la temperatura su livelli ottimali in qualsiasi periodo dell'anno, l'*équipe* ha rivestito il fabbricato con un isolamento termico di dieci centimetri.

Per quanto riguarda l'esterno, le mura sono composte da trucioli di legno ricoperto da cemento grigio.

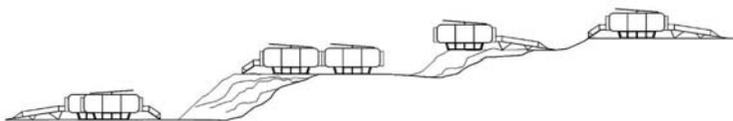
Interessante è notare che una parte dei moduli di cemento grigio fungono anche da schermature solari. Quindi, in altre parole, riparano e nascondono le ampie porte vetrate, a scorrimento, inserite sul lato anteriore della casa, e le finestre collocate, invece, sui lati. Aprendo questi sistemi ombreggianti, le stanze ricevono moltissima luce e consentono





11.3.2

Self Sustained Module



Autore: Cannata Fernandes Architect
Luogo: Motosinhos, Portogallo
Anno: 2003

Piccoli, pratici, efficienti e trasportabili ovunque. Sono queste le peculiarità dei moduli costruiti dallo studio Cannata Fernandes Architect, appartenenti all'innovativo progetto *Self Sustained Module*, prefabbricati pensati appositamente per rispondere alle esigenze più diverse.

I *Self Sustained Module* sono dei veri e propri edifici portatili, costruiti direttamente in fabbrica e trasportati, una volta pronti, nei siti interessati. Ideali, non solo per offrire alla gente un riparo temporaneo, ma anche per ovviare all'inconveniente di non poter realizzare alcun tipo di struttura permanente in quelle zone caratterizzate da un terreno particolarmente accidentato e impossibile da "domare" e nelle regioni e paesi economicamente svantaggiati.

Questi prefabbricati possono essere integrati ad un'infrastruttura esistente oppure possono essere impiegati da soli, in totale indipendenza. La loro progettazione, come detto poco sopra, avviene in azienda, dove vengono costruiti con tutto il necessario, a partire dalle fondamenta *built-in*, ovvero inserite nel modulo e parti non amovibili dello stesso. In aggiunta, hanno un sistema idrico e fognario e un impianto elettrico. La loro dimensione consta di una superficie di 27 metri quadri, con 3,00 m per 9,00 m di lunghezza, una grandezza che rende le singole unità adatte per essere portate in camion o addirittura in elicottero. La forma è rettangolare e organizzata in spazi ben definiti. Ogni modulo, infatti, presenta una piccola cucina dotata di tutte le comodità e gli elettrodomestici, un bagno, un letto, un divano a muro, sedie e un tavolino.

I *Self Sustained Module* hanno un cuore sostenibile, non solo per il legno usato nella realizzazione della struttura portante ma anche per gli impianti preposti a sfruttare le energie pulite che li rendono energeticamente autosufficienti. Un aspetto fondamentale se pensiamo alla possibilità di utilizzare le unità in posti colpiti da catastrofi naturali, dove il più delle volte vi è l'interruzione dell'energia elettrica. La struttura in legno è suddivisa tra una struttura di base che contiene gli impianti ed il sovrastante volume che può variare a seconda delle esigenze di utilizzo.

Scendendo nel dettaglio, i prefabbricati hanno un proprio sistema fo-





gnario, preposto al drenaggio e all'aspirazione dell'acqua, un serbatoio per lo stoccaggio dell'acqua dolce di 500 litri, un impianto per il riscaldamento e il raffreddamento adeguato sia per le zone fredde che per quelle calde e, cosa più importante, sono dotati di venti pannelli fotovoltaici, associati a un set di batterie solari, in grado di raccogliere l'energia prodotta e destinata ad essere rilasciata in situazioni di emer-



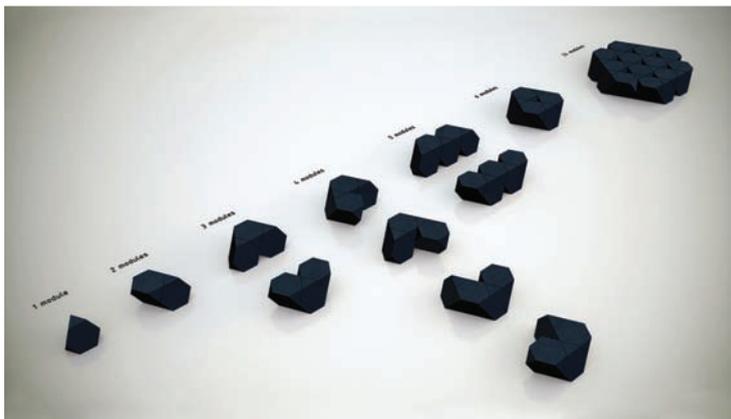
genza o quando occorre. La durata di queste ultime e degli altri sistemi di raccolta è di tre giorni.

I progettisti sottolineano come l'intenzionalità progettuale sia stata mirata soprattutto a fornire un modulo che possa essere ripetuto ed associato quasi all'infinito.

Questi prefabbricati, pronti all'uso, sono capaci di adattarsi a ogni terreno e condizione atmosferica e, soprattutto, pensati per piegarsi a ogni richiesta e a ogni genere di esigenza. Non solo abitazioni, dunque, ma anche uffici temporanei, rifugi, osservatori, caffetterie, negozi, distaccamenti per le unità di emergenza, quali vigili del fuoco e polizia.

11.3.4

Tetra Shed



Autore: David Ajasa-Adekunle
Luogo: Londra, Regno Unito
Anno: 2012

Ci capita di sentirci sempre più stressati. Andiamo sempre più di corsa, siamo sempre più in affanno. Spesso ci verrebbe voglia di fermarci, di cambiare aria. Oggi non abbiamo più bisogno, e per forza, di abbandonare il nostro luogo di lavoro per staccare la spina e sentirci di colpo completamente rilassati. Perché, per fortuna, si stanno creando soluzioni particolarissime ed al passo con i tempi, pronte a regalare già da subito, mentre si è al lavoro al loro interno, un palpabile stato di benessere. Stiamo parlando della “*garden shed*”, alla quale si va sempre più aggiungendo un nuovo termine: quello di “*office*”.

Di cosa si tratta? Di strutture comode, molto luminose, trasportabili, davvero originali ed interessanti. È vero, sono di piccole dimensioni, ma non per questo risultano essere claustrofobiche, anzi. La “*garden shed office*” si basa su un concetto di design “minimale”: dunque uno spazio essenziale, funzionale ed anche a basso costo. Sul mercato appaiono infinite proposte. Quella che attira maggiormente l'attenzione è senza alcun dubbio la *Tetra Shed*.

Il sistema di costruzione modulare *Tetra Shed* è un edificio prefabbricato che può essere la risposta a tutte le esigenze di spazio e di funzionalità. Il progetto è costituito essenzialmente da un modulo prefabbricato angolare unico e costituisce uno spazio inaspettatamente accogliente che offre tutte le funzionalità di una vero d'ufficio. La cosa migliore di questo progetto è il fatto che è possibile combinare più moduli prefabbricati per dar vita ad edifici di dimensioni più grandi.

Il progetto è di David Ajasa-Adekunle dello studio di design Innovation Imperative di Londra. A colpire è subito la forma, un poliedro a quattro facce, da qui deriva il nome “*tetra*” (dal greco “quattro”).

La scelta dell'aspetto offre di collocare facilmente la soluzione ovunque. Si tratta di uno spazio open ben sfruttabile in ogni suo angolo. Tende a mimetizzarsi tra la natura anche grazie alla sua superficie di 10 metri quadri.

L'azienda offre la possibilità di fare scegliere la struttura tra più colori. Le porte così come le finestre sono “pieghevoli” (*fold out*): riescono in questo modo ad attirare luce naturale ed aria fresca. I materiali sono





12.

Case in legno energeticamente autosufficienti

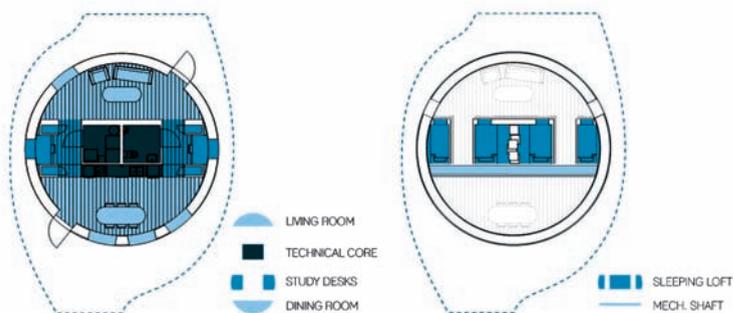
Fino ad oggi le case in legno venivano considerate a bassa inerzia termica, non erano, cioè, in grado di mantenere temperature: in inverno si raffreddavano rapidamente ed in estate si scaldavano altrettanto velocemente.

Oggi, invece, rispetto ad una casa tradizionale poco efficiente i consumi delle case in legno prefabbricate possono essere inferiori sino al 60–70%, senza accorgimenti particolari.

Un'impiantistica basata su un intelligente utilizzo di energie rinnovabili può portare questo risultato al 80–90%. È possibile, tuttavia, andare oltre rendendo le abitazioni in legno completamente autosufficienti. In questo capitolo analizzeremo alcuni progetti in cui, attraverso differenti metodologie, si è raggiunto tale risultato.

12.2

Halo



Autore: Chalmers University of Technology

Luogo: Göteborg, Svezia

Anno: 2013

12.2 Halo: la casa attivata dal sole

La proposta di modelli abitativi sostenibili per i giovani è un tema sempre più frequente in architettura. Per il concorso *Solar Decathlon China*, che premia le migliori soluzioni progettuali a ridotto impatto ambientale, un team di venticinque studenti della *Chalmers University of Technology* di Göteborg, in Svezia, ha ideato e costruito *Halo*, una casa prefabbricata ed eco-compatibile che può ospitare quattro studenti e si alimenta interamente con energia solare. La costruzione ha una forma circolare che sottolinea il carattere sociale della casa come luogo di incontro e di scambio. Il tema sviluppato dagli studenti di Göteborg è quello della condivisione degli spazi, partendo dall'assunto che sia la qualità, e non la quantità di spazio, a dare un valore aggiunto al progetto. Attraverso la condivisione si cerca di massimizzare la superficie disponibile di sessanta metri quadri e suddividere equamente le risorse. Gli studenti dispongono di ambienti comuni ampi, un living, una zona pranzo e una cucina collocati nelle parti periferiche della casa e aree private più piccole destinate ai quattro posti letto, al bagno e alle zone studio, riunite nella parte centrale.

I requisiti ambientali sono fondamentali: la pianta circolare del nucleo abitativo riduce al minimo il perimetro esterno e le dispersioni di calore. Le aperture, invece, sono posizionate in modo da ricevere la luce del giorno, soprattutto da sud. Il tetto curvo, costituito da pannelli fotovoltaici di ultima generazione, assolve a più funzioni: è un guscio impermeabile che protegge dalle precipitazioni e dal vento, produce 10 kW di energia utilizzabile e disegna due coperture laterali da usare come patio.

Mantenendo vive le tradizioni scandinave, *Halo* è realizzata quasi esclusivamente in legno di provenienza locale, sia per la struttura, che per le finiture e l'edificio è termicamente isolato con materiale in fibra di legno. I progettisti hanno lasciato che gli interni fossero una tela bianca a disposizione degli abitanti: una combinazione di arredi fissi, su disegno, e mobili a basso costo e di seconda mano ha permesso agli studenti di sperimentare spazi con stili e *layout* diversi.





13.

Tecniche sperimentali di costruzione in legno

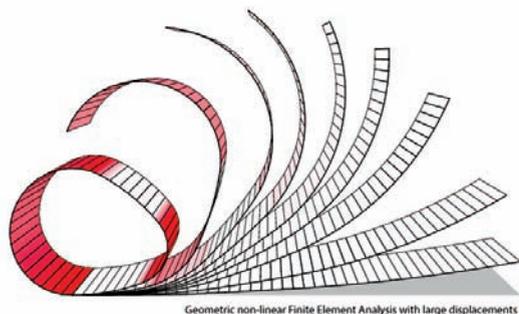
Costruire col legno è ormai una realtà: in questo capitolo verrà fatto un focus sulle tecniche sperimentali delle costruzioni in legno che si stanno studiando per migliorare e rendere più sostenibili le nostre abitazioni.

Lo sviluppo di queste costruzioni è dovuto ad una presa di coscienza del fatto che il legno sia un materiale molto più sostenibile rispetto i tradizionali calcestruzzo e mattone.

Di tecniche sperimentali e all'avanguardia ne abbiamo ancora pochi esempi, ma è opportuno un approfondimento poiché racchiudono insieme la sostenibilità dei materiali e dei processi di produzione, la praticità delle dimensioni ridotte degli elementi costruttivi, e la velocità di assemblaggio al pari di una costruzione prefabbricata.

13.1

ICD/ITKE Research Pavilion 2015/2016



Autore: ICD/ITKE Università di Stoccarda
Luogo: Stoccarda, Germania
Anno: 2016

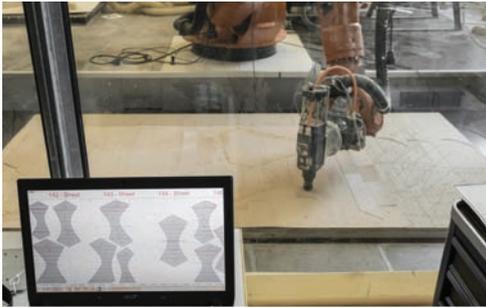
13.1 Una struttura in legno cucito

L'*Institute for Computational Design (ICD)* e l'*Institute of Building Structures and Structural Design (ITKE)* dell'Università di Stoccarda hanno realizzato, nello aprile 2016, un padiglione di ricerca che impiega la cucitura per l'assemblaggio e l'unione degli elementi lignei tridimensionali. Dimostrando così come tecniche tessili e processi di fabbricazione robotizzati possano essere combinati e utilizzati in strutture leggere, in questo caso costituite da gusci a placche ispirati a un particolare riccio di mare. Il padiglione si inserisce nella serie di prototipi dell'Università di Stoccarda, che indagano le nuove possibilità delle tecniche di progettazione, di simulazione e di realizzazione su base computerizzata applicate all'architettura. Il progetto è stato sviluppato e realizzato da ricercatori e studenti in un *team* interdisciplinare composto da architetti e ingegneri nonché biologi e paleontologi dell'Università di Tubinga.

Può un dollaro della sabbia, che appartiene alla famiglia dei ricci di mare, essere il giusto riferimento formale e costruttivo per un padiglione? E può una macchina da cucire essere il macchinario giusto per collegare tra di loro dei pannelli di legno? Pare proprio di sì, visto che l'*Institute for Computational Design (ICD)* e l'*Institute of Building Structures and Structural Design* dell'Università di Stoccarda l'hanno fatto per il Padiglione di Ricerca 2015/16, studiando se e come fosse possibile combinare metodi di realizzazione robotizzata e tessile che hanno trovato poi applicazione in una costruzione leggera a guscio a placche. Punto di partenza per lo sviluppo del padiglione è stata l'indagine bionica di elementi strutturali a guscio suddivisi per placche così come si presentano in natura (grazie alla collaborazione di due dipartimenti dell'Università tedesca di Tubinga), a cui è seguito uno studio sull'applicazione di metodi di realizzazione robotizzati di ultima generazione in cui impiegare la cucitura industriale, in questo caso di sottili pannelli di compensato di faggio.

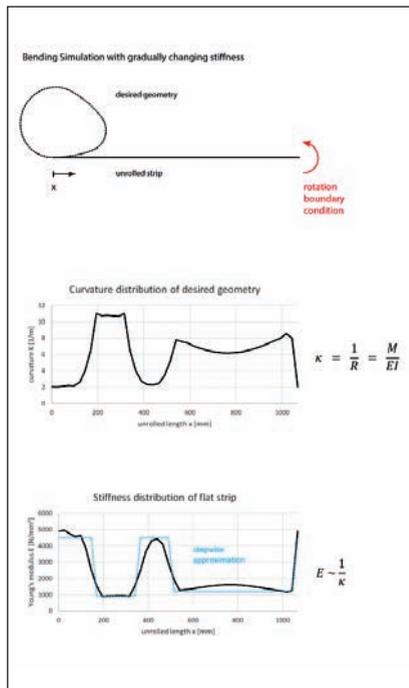
L'Università aveva già studiato i ricci di mare, per sviluppare metodi di costruzioni in legno a pannelli, sia per il padiglione espositivo "a placche" del 2011 sia per quello realizzato in pannelli di compensato del 2014.





Il progetto del padiglione si basa sull'analisi della morfologia che costituisce il guscio del "dollaro della sabbia", una sottospecie del riccio di mare. Precedenti indagini effettuate dai partner dell'Università di Tubinga avevano già portato alla trasposizione di principi costruttivi bionici in placche "architettoniche" realizzate con pannelli di legno uniti da giunzioni a incastro. Dal gruppo degli *Echinodermata* (un phylum di deuterostomi marini) sono state scelte due specie della classe degli *Echinoidea* (ricci di mare) e dell'ordine dei *Clypeasteroidea* (tra cui il dollaro della sabbia), che sembravano particolarmente adatte per la trasposizione tecnico-architettonica di principi morfologici e procedurali di crescita. Le immagini ottenute con un microscopio a scansione

elettronica di diverse specie di ricci di mare e di dollari della sabbia hanno permesso di comprendere meglio le loro complesse strutture interne, mettendo in evidenza che le congiunzioni tra le placche del guscio di questo animale sono costituite non solo da incastri tipo code di rondine ma anche da ulteriori collegamenti fibrosi. Si è supposto che questi collegamenti elastici abbiano la funzione di garantire l'integrità del guscio del dollaro della sabbia durante il processo di crescita e a protezione dalle forze esterne. Da tali considerazioni si è evinto, dunque, che la capacità di resistenza del guscio del dollaro della sabbia si basa anche sulla differenziazione delle caratteristiche dei materiali all'interno della sua struttura a due strati.



Prototype



Eduardo Vittoria guardava alla leggerezza come un nuovo modo di concepire le opere di architettura:

«La compresenza di entità spaziali e temporali qualificanti l'architettura non può ridursi ad una sfilata di colonne, di stanze, di oggetti, ma invece deve estrinsecarsi nei rapporti che mettono in relazione il visibile con l'invisibile, l'invaso con l'involucro, la luminosità con la trasparenza, la società con la funzionalità [...] Rapporti che a furia di dettagli di fabbricazione artigianale o seriale, diventano espressione poetica di una immaginaria leggerezza, ispiratrice dei modi di pensare e realizzare il cambiamento di luoghi e oggetti dell'abitare.»

Di qui la visione leggera della tecnologia, fondata su diverse discipline che mettono in relazione la conoscenza teorica della realtà e della natura costitutiva dei materiali con il loro uso all'interno dell'organizzazione sociale e politica, in cui si esprime la eterogeneità e discontinuità del mondo contemporaneo. Ancora Vittoria sottolineava come

«[...] è necessario mettere a punto un disegno di riscrittura della cultura materiale del design fondato sull'uso degli elementi immateriali e impalpabili della natura (il vento, la luce, l'aria e tutti gli altri di cui possiamo disporre per assicurare l'equilibrio dei cicli naturali e delle risorse), nella prospettiva di una visione leggera della tecnologia, una cerebralità sensibile, liberata dalla dogmatica pesantezza intellettuale.»

Ma «desiderio di leggerezza e bisogno di radicamento convivono da sempre nell'uomo e trovano espressione anche nelle sue costruzioni in cui

prevale ora l'una, ora l'altro. Hanno ispirato modi di edificare diversi e ad essi si fanno corrispondere anche miti e archetipi diversi: la tenda e la capanna per la prima, la caverna e la costruzione in pietra per il secondo». La leggerezza è la caratteristica preminente di una tipologia di struttura architettonica in legno nata dalle sperimentazioni di Frei Otto negli anni Settanta e fondata sull'ibridazione della resistenza per forma del guscio (*shell*) con la stabilità della struttura reticolare (*grid*): la *gridshell*.

Le strutture in legno leggere sono state spesso oggetto di studio e sperimentazione. Dalle prime *balloon frame* alle visionarie costruzioni di Frei Otto ed Edmund Happold, fino ad arrivare alle strutture più dinamiche di Ville Hara e Mutsuro Sasaki, si assiste ad un graduale passaggio da una concezione bidimensionale ad una tridimensionale, dove gli elementi del graticcio strutturale piano si piegano in configurazioni spaziali resistenti. Il primo a sperimentare questa tecnica è Frei Otto con la *Multihalle* di Mannheim del 1975, la più grande *gridshell* autoportante in legno nel mondo, che dal 1998 è divenuta monumento di rilevanza storica e culturale. Questa costruzione è realizzata con un reticolo di bacchette di abete a doppia orditura e a maglia quadrata, sagomato a formare una geometria complessa e articolata. La sagomatura avviene in cantiere dove il graticcio di legno è assemblato in piano sul terreno per poi essere sollevato in alcuni punti in modo da conferirgli la forma finale.

L'opera strutturale di Otto, ha aperto la strada a sperimentazioni diverse, con la realizzazione di griglie sempre più complesse e articolate.

FIGG.10-12 | PETER HULBERT, COPERTURA DELLA *CHIDDINGSTONE CASTLE ORANGERY*, 2007, CHIDDINGSTONE, REGNO UNITO





FIGG.13-15 | VILLE HARA, *HELSINKI ZOO LOOKOUT TOWER*, 2002, HELSINKI, FINLANDIA

Eravamo abituati ai germogli nella cucina cinese e alle sedie da giardino, ma negli ultimi anni gli impieghi del bambù si sono moltiplicati. Oggi questo materiale è utilizzato per la realizzazione di filati e tessuti, carta, mobili, parquet, strumenti musicali, oggetti di arredo, utensili da cucina, cosmetici, bevande, biciclette e perfino case e ponti.

Più resistente di qualsiasi organismo vegetale e dei tradizionali materiali da costruzione come calcestruzzo armato ed acciaio, il bambù si è imposto prepotentemente nello scenario edilizio contemporaneo.

Graminacea dalla crescita molto rapida (circa 120 cm nei primi giorni e con altezze fino ai 20–25 m nel corso della vita), il bambù è adoperato oltre che per opere di rifinitura anche per assolvere a funzioni strutturali. La sua flessibilità, deformabilità trasversale nonché resistenza consentono di annoverarlo, infatti, tra i materiali utilizzabili anche come scheletro strutturale di un involucro edilizio.

Il bambù gode di grandissimo favore tra gli ecologisti. La pianta cresce con una rapidità spaventosa, si adatta alle più svariate condizioni atmosferiche e si manifesta in ben mille e trecento varietà. La sua coltivazione non richiede l'impiego di alcun agente antiparassitario o concime trattandosi di una pianta estremamente resistente. Come ogni altra specie vegetale, il bambù è in grado di assorbire anidride carbonica restituendo ossigeno all'atmosfera, ma è particolarmente efficiente in questi termini: alcune tipologie possono produrre il 35% di ossigeno in più rispetto a quanto ne produrrebbe una stessa superficie ricoperta di altre varietà di alberi.

Si aggiunga a questo il fatto che l'impiego del bambù nella costruzione di edifici permette di limitare notevolmente la quantità di cemento e di calcestruzzo utilizzati. Questo può determinare una notevole riduzione dell'impatto ambientale. Durante la fabbricazione del cemento Portland, infatti, si producono grandissime quantità di gas serra, mentre per assemblare il calcestruzzo si fa un enorme uso di inerti naturali, che vanno estratti e trasportati nel luogo di utilizzo.

La leggerezza del bambù e la sua elevatissima flessibilità rendono, inoltre, questo materiale compatibile con la realizzazione di strutture antisismiche. È proprio questo il fronte in cui si sta investendo molto, anche per via dei risultati incoraggianti riscontrati in alcune aree colpite da eventi sismici devastanti.

Il terremoto di magnitudo 7.8 che ha colpito l'Ecuador nell'aprile del 2016 ha provocato oltre alle perdite in termini di vite umane, con seicentocinquanta vittime ed oltre dodicimila feriti, anche il crollo di circa settemila edifici. A differenza delle strutture realizzate in cemento armato che sono andate distrutte nella maggior parte dei casi, specie nelle cittadine vicino all'epicentro, le costruzioni in bambù hanno, invece, resistito. Non si tratta di abitazioni "di fortuna" ma di costruzioni realizzate grazie all'accordo di collaborazione siglato tra l'ufficio regionale dell'America Latina e dei Caraibi (LAC) dell'INBAR (*International Network for Bamboo and Rattan*) ed il Governo dell'Ecuador che ha portato all'inserimento del bambù nei codici costruttivi nazionali, al fine di regolamentarlo ed incentivarlo.

15.1

Bamboo Housing



Autore: Saint Val Architecture

Luogo: Haiti

Anno: 2011

Si chiama *Bamboo Housing* (“Custodia Bambù”) ed è un progetto davvero interessante ed innovativo. Si tratta di un alloggio realizzato in bambù eco-sostenibile, pensato per svilupparsi tutto in altezza.

A progettare la struttura è stato lo studio Saint Val Architecture con sede a Parigi, fondato nel 2006 da Laurent Saint Val.

Questo edificio nasce per Port au Prince ad Haiti, con l’aspirazione di poter aiutare le persone del luogo nella difficile ricostruzione post-sisma. Per il progetto si è deciso di impiegare soprattutto materiali reperibili localmente, che fossero anche naturali e rinnovabili.

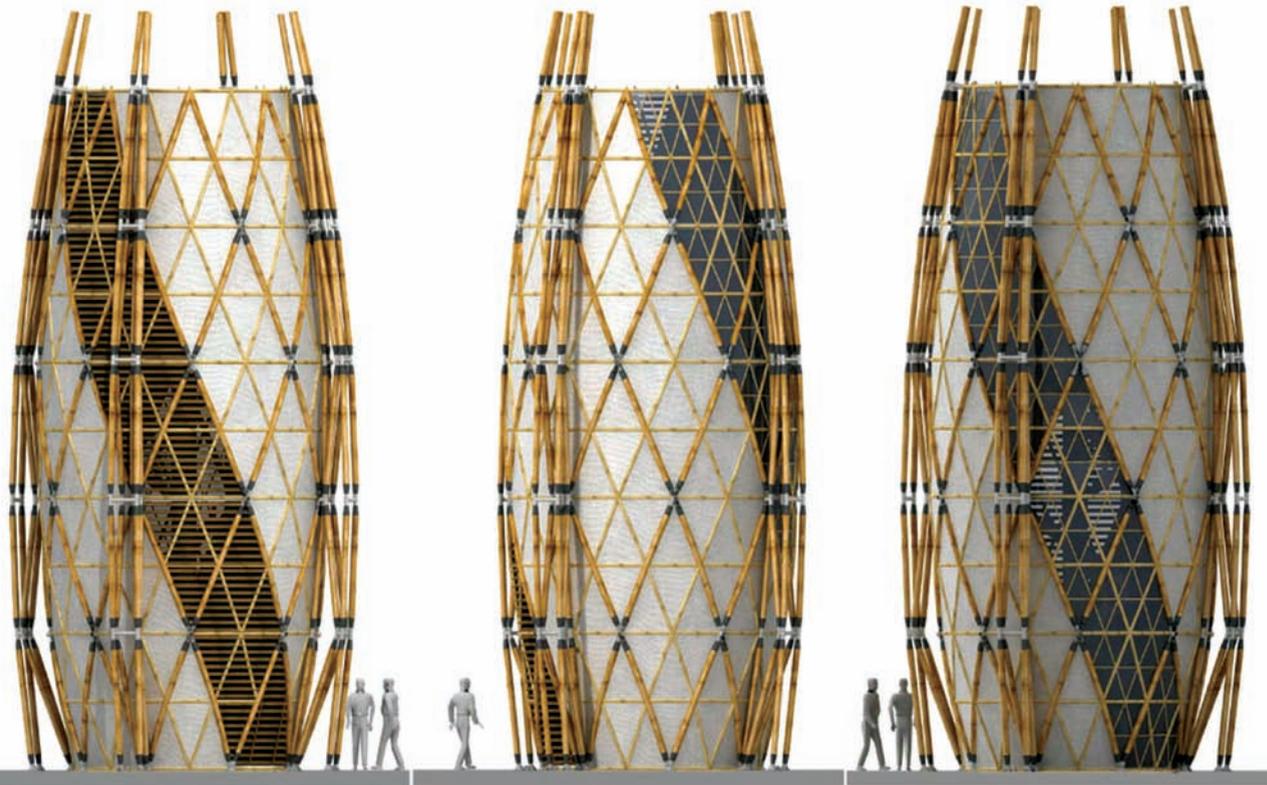
La struttura è principalmente realizzata in bambù, un materiale ecologico, di facile reperibilità, dai costi contenuti, ma soprattutto “innovativo” in campo architettonico. Il progetto *Bamboo Housing* è, infatti, una sorta di sperimentazione il cui fine è quello di rompere ed andare oltre i soliti schemi tradizionali. Soltanto così è possibile dar vita ad un nuovo modo di costruire un’abitazione residenziale, rovesciando gli standard a cui siamo da sempre abituati.

Secondo gli stessi progettisti dello studio Saint Val Architecture «questo blocco residenziale può essere paragonato alla scultura di un totem».

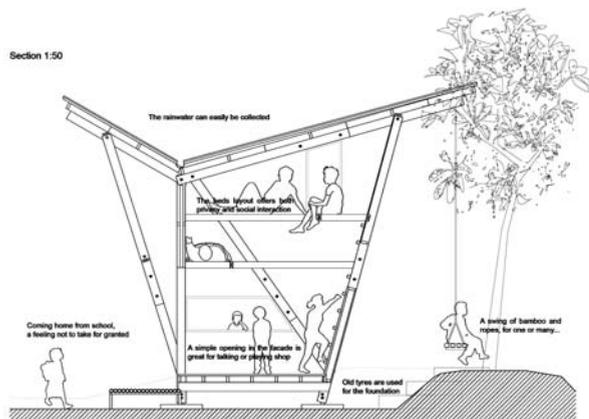
La struttura portante della casa, che trae ispirazione dalla tradizionale arte di tessitura del cestino in vimini con l’uso di fibre vegetali naturali, è costituita da pali di bambù collegati tra loro grazie a giunti di metallo “X” *high tech*. Questa tecnica costruttiva è stata ideata per rendere l’edificio sicuro da un punto di vista sismico, in modo da consentirgli di resistere ad eventuali terremoti futuri.

La struttura in bambù, inoltre, caratterizza notevolmente l’edificio da un punto di vista morfologico. C’è chi ha sottolineato il contrasto, nella *Bamboo Housing*, tra il bambù in cui aspetto estetico appare in qualche modo “primitivo” e i giunti in metallo frutto di una tecnologia moderna.

Nell’abitazione i pavimenti sono circolari. La casa è costituita da cinque livelli ai quali si accede tramite una scala centrale a chiocciola, che dal piano terra si eleva fino alla sommità dell’edificio. Sulla parte esterna della casa i progettisti hanno deciso di inserire doghe in legno e grandi pannelli di vetro curvo, che seguono l’andamento della struttura. L’intero edificio,



15.4

Soe ker tie
House

Autore: TYIN Tegnestue

Luogo: Noh Bo, Tak, Thailandia

Anno: 2009

Nell'autunno del 2008 il team TYIN si è spinto fino a Noh Bo, un piccolo villaggio alla frontiera tra Thailandia e Birmania, dove la maggior parte degli abitanti è costituita da profughi *Karen*, in larga percentuale bambini resi orfani dai numerosi conflitti che hanno interessato la regione.

Qualche mese prima il team di progettisti norvegesi era entrato in contatto con Ole Jørgen Edna di Levanger che, nel 2006, aveva fondato a Noh Bo un orfanotrofo che necessitava di essere ampliato. La struttura, che prima ospitava ventiquattro bambini, sarebbe così stata in grado di accoglierne quasi cinquanta. La principale forza ispiratrice del progetto è stata la volontà di dare a questi ragazzini una vita normale, regalandogli uno spazio privato, una casa, all'interno di un quartiere dove interagire e giocare. Lo studio TYIN ha messo a disposizione il proprio sapere architettonico che, combinato con le abilità artigiane degli operai *Karen*, ha prodotto le "Soe ker tie house" letteralmente "case a farfalle" per la forma particolare delle coperture. Questi moduli abitativi riescono a combinare le tecniche costruttive locali con le conoscenze architettoniche europee, realizzando un ottimo esempio di architettura con finalità sociale, sostenibile e funzionale. La struttura progettata dagli architetti della TYIN *Tegnestue architects* è costruita prevalentemente in bambù intrecciato e reso impermeabile alle piogge, ma nello stesso tempo in grado di lasciar passare l'aria, per favorire una ventilazione naturale durante le calde estati.

Queste abitazioni si contraddistinguono per la tecnica di tessitura del bambù sulle pareti laterali e sul retro, come nelle costruzioni locali. Il materiale è stato raccolto a poca distanza dal sito stesso e i lavori sono stati eseguiti dai *Karen* insieme agli architetti che così hanno potuto trasmettere un metodo costruttivo più sostenibile e in sintonia con i mezzi disponibili. Si è realizzato, in questo modo, uno scambio culturale reciproco e arricchente per tutti.

Il tetto, grazie alla sua forma speciale, favorisce la ventilazione naturale e consente di raccogliere l'acqua piovana. Ogni struttura in bambù è stata assemblata *in loco* con bulloni e risulta sopraelevata rispetto al terreno grazie a quattro fondamenta in cemento, colate in vecchie gomme per evitare l'umidità.





15.5

Bamboo Pavilion



Autore: Esan Rahmani, Mukul Damle
Luogo: Aree disagiate dell'Oceano Indiano
Anno: 2010

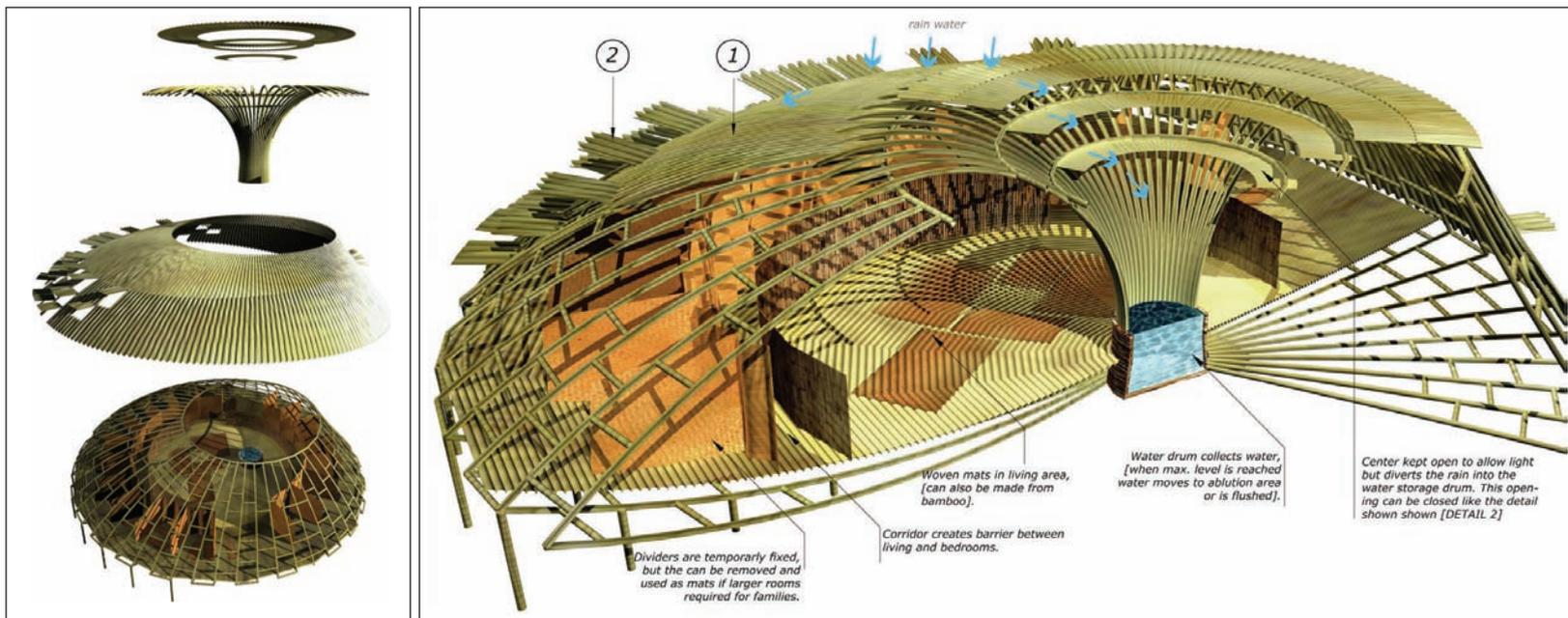
Il *Bamboo Pavilion* è un rifugio per persone bisognose completamente realizzato in bambù.

Grazie al materiale che ne compone la struttura, il *Bamboo Pavilion* è considerato uno dei migliori esempi di architettura sostenibile. Il progetto è stato ideato dall'architetto australiano Esan Rahmani che ha lavorato in collaborazione con Mukul Damle, con lo scopo di creare una struttura in grado di ospitare i rifugiati e parte della popolazione che ha bisogno di un riparo in tutta l'area dell'Oceano Indiano.

Le motivazioni che hanno portato i progettisti a scegliere un materiale come il bambù naturalmente sono molteplici. Il bambù, essendo un arbusto naturale, è una fonte inesauribile per l'architettura come materiale da costruzione e ha un impatto sulla natura pari a zero. Nelle zone in cui è presente, elimina la fase del trasporto, dispendiosa dal punto di vista economico. Il bambù, inoltre, è un materiale completamente biodegradabile e riciclabile e, come il legno, riduce le emissioni tossiche e l'inquinamento nell'atmosfera rispetto ai classici materiali utilizzati in edilizia. Si tratta di un materiale leggero e al tempo stesso resistente che, proprio per queste caratteristiche, in asia da secoli viene impiegato per i più svariati usi.

Il *Bamboo Pavilion*, si configura come un organismo integrato ed incentrato su se stesso, grazie alla sua pianta centrale. La distribuzione degli spazi interni è molto razionale, perché nella parte centrale è disposta una grande zona comune mentre lungo il perimetro si affacciano le camere da letto, servizi igienici e varie stanze per lavaggio e stoccaggio. La struttura segue, quindi, un andamento radiale. La parte più interessante del *Bamboo Pavilion* è il centro. Questa zona è costituita da una grande colonna centrale a forma di imbuto. L'imbuto ha due funzioni: la prima è quella di raccogliere l'acqua piovana e convogliarla verso un contenitore che funge anche da basamento, la seconda è quella di ricordare tutta la copertura.

La raccolta dell'acqua piovana può avvenire grazie alla cavità predisposta all'interno dell'imbuto e al sistema di drenaggio che ne fa parte. Per come è strutturato questo importante elemento, è assicurata anche l'illuminazione nella zona immediatamente sottostante. La luce penetra,



quindi, grazie alla configurazione radiale di tutta la struttura superiore. La copertura, infatti, ha come fulcro l'imbuto centrale e va a svilupparsi radialmente fino al perimetro, per mezzo di costoloni in bambù collegati fra loro da pannelli mobili.

Il *Bamboo Pavilion* è uno degli esempi meglio riusciti della cosiddetta Bioarchitettura ed è, inoltre, socialmente utile sia alla comunità, per la funzione che svolge, sia all'ambiente.

15.6

Great Bamboo Wall House



Autore: Kengo Kuma
Luogo: Pechino, Repubblica Popolare Cinese
Anno: 2004

Kengo Kuma ha realizzato tra il 2002 e il 2004 nella campagna intorno a Pechino, a ridosso della Grande Muraglia, una residenza denominata *Great Bamboo Wall*. L'appellativo "*Great Wall*" ricorda la Grande Muraglia, dalla quale l'architetto trae ispirazione, attratto dal suo percorso infinito e dal legame indissolubile che essa sviluppa con il paesaggio. Uno degli aspetti più affascinanti di quest'opera architettonica è, infatti, la sua capacità di ascoltare il territorio che la ospita e di integrarsi con esso, seguendo costruttivamente la linea senza fine della Grande Muraglia. Kengo Kuma è noto per la sua ricerca progettuale volta all'integrazione tra architettura e territorio, come egli stesso sottolinea: «L'architettura deve essere concepita come una cornice per osservare l'ambiente [...] cancellando l'oggetto dobbiamo rendere manifesto il luogo». Dal punto di vista concettuale, però, la *Great Bamboo Wall* si differenzia dalla Grande Muraglia. Infatti, se quest'ultima nasce per dividere due popoli, la prima nasce invece con lo scopo di unire popoli e culture, mescolando insieme l'architettura tradizionale giapponese con elementi propri della modernità. Gli arredi, in stile *minimal chic*, rispondono alle esigenze di un Oriente volto al lusso tipico della cultura occidentale, rimanendo però ancorato nei disegni alle antiche culture orientali, creando un perfetto equilibrio tra tradizione e innovazione.

L'utilizzo stesso di un materiale come il bambù denota l'intento di Kengo Kuma, che dichiara: «Il bambù è il simbolo dello scambio culturale, biologico, tra Giappone e Cina, ed è soprattutto questa la motivazione che mi ha indotto ad utilizzarlo».

Il bambù diventa la pelle dell'abitazione, rivestita da cortine di canne a distanza variabile l'una dall'altra. In questo modo, ora lo spazio interno è più protetto, ora si concede a tratti, si "filtra", ora si offre completamente al paesaggio, in una regia di luci e di ombre che assumono il ruolo di materiali veri e propri.

L'intero complesso ruota attorno alla sala da tè. Questa, immersa in una piscina ricolma d'acqua, acquisisce una forte valenza simbolica: secondo i dettami buddisti, infatti, i corsi d'acqua hanno il compito di delimitare i confini della realtà spirituale contrapposta alla realtà. L'andamento ir-



15.7

Kontum Indochine Café



Autore: Vo Trong Nghia Architects
Luogo: Provincia di Kon Tum, Vietnam
Anno: 2013

Kontum Indochine Café è una caffetteria in bambù parte di un complesso alberghiero situato lungo il fiume Dakbla, nella città di Kontum, in Vietnam. La struttura, adiacente al *Dakbla Bridge*, è utilizzata come caffetteria per la colazione, la cena ed il tè per gli ospiti dell'hotel, oltre che come sala banchetti semi-esterna per le cerimonie nuziali.

Collocata in posizione angolare, la caffetteria è composta da due elementi: un edificio principale con un grande tetto orizzontale realizzato con una struttura in bambù e una cucina annessa in cemento e pietra.

L'edificio principale ha pianta rettangolare, ed è circondato da un lago artificiale poco profondo. Tutte le facciate sono aperte verso l'esterno: la facciata a sud dà sulla strada principale lungo il fiume Dakbla, quella a est su una strada di servizio, quella ad ovest su un ristorante che fa parte del complesso alberghiero e quella a nord sulle cucine annesse della caffetteria.

Facendo ombra sotto al tetto di bambù e massimizzando l'aria fresca grazie alla superficie d'acqua del lago, lo spazio interno all'aperto funziona felicemente senza l'uso di aria condizionata persino in un clima tropicale. Il tetto è coperto da pannelli in fibra rinforzata di plastica e da un rivestimento in paglia. I pannelli traslucidi sintetici sono in parte a vista sul soffitto per fornire luce naturale nella profonda parte centrale dello spazio sottostante il tetto.

Il tetto dell'edificio principale è sorretto da una struttura in puro bambù composta da quindici moduli di forma conica rovesciata. La forma di queste colonne trae ispirazione dal tradizionale cestino vietnamita usato per la pesca che gradualmente si assottiglia dalla cima verso la base.

Questa struttura aperta massimizza il flusso del vento nell'edificio in estate, mentre resiste alle rigide tempeste nella stagione monsonica.

Il progetto, firmato dallo studio di architettura Vo Trong Nghia è stato pensato senza pareti, per permettere una vista ininterrotta del paesaggio circostante. Dalla caffetteria, gli ospiti dell'hotel, infatti, possono godere di una splendida vista panoramica sulle montagne e sul fiume Dakbla incorniciato dalle arcate di bambù.

Il progetto si propone di utilizzare il bambù in edilizia, rispettandone la

