

# TTB Tall Timber Building

Bassi valori di *Embodied Energy* e *Carbon-Footprint*, il legno è materiale per il futuro ... anche per i grattacieli

di Dario Trabucco e Mattia Mercanzin



## PROVOCAZIONI PROGETTUALI: E SE FOSSE DI LEGNO?

Metsä Wood, produttore finlandese, ha "ri-progettato" l'iconica Empire State Building utilizzando il legno come materiale principale, insieme a Michael Green, architetto di fama mondiale e portavoce per l'utilizzo di legno nelle costruzioni moderne. L' Empire State Building (in questa pagina) ha rappresentato una tappa fondamentale nel percorso di crescita, sia degli edifici alti, sia dell'uso dell'acciaio strutturale, negli anni Venti. Per quasi 40 anni è stato l'edificio più alto del mondo. Per questo è stato scelto per proporne la rielaborazione immaginando di utilizzare il legno ingegnerizzato (nel rendering sopra la sostituzione e a destra il ridisegno).





# TORRI DI LEGNO



L'ipotesi di realizzare grattacieli con struttura lignea non è poi così fantascientifica (il Canada si sta già dotando di una Technical Guide per la progettazione e la costruzione degli edifici alti in legno che cerchi di riassumere le principali questioni che caratterizzano la tipologia): la possibile sostituzione, almeno parziale, dell'utilizzo del calcestruzzo (responsabile del 5% delle emissioni globali di CO<sub>2</sub>) con un materiale come il legno, capace di immagazinare anidride carbonica (andando in una direzione tendente all'obiettivo zero carbon) può e dev'essere una delle tematiche di ricerca per i progettisti di oggi e di domani. Il legno, essendo un materiale rinnovabile che cresce grazie alla luce solare, ha bassi valori di Embodied Energy e Carbon-Footprint (valori esclusivamente legati alle fasi di lavorazione e trasporto) e, da un punto di vista strutturale, risulta per alcuni aspetti competitivo con materiali come l'acciaio ed il calcestruzzo.

Attualmente, edifici alti nove e dieci piani sono già stati realizzati in Europa ed in Australia impiegando il legno come principale materiale per la loro struttura, ed in alcuni concorsi di progettazione sono stati proposti edifici alti 30-40 piani caratterizzati da una struttura lignea. La questione principale sta quindi nell'investigare l'altezza massima raggiungibile da un "edificio alto in legno" (che di seguito indicheremo come *Tall Timber Building* o TTB). Con l'obiettivo di investigare le strategie e le tecnologie che rendono possibile la realizzazione di TTB di 40 piani, lo scorso 25 novembre, presso l'Ufficio di Ricerca del Council on Tall Building and Urban Habitat (CTBUH) all'Università Iuav di Venezia, s'è svolto il kick-off meeting del "*Tall Timber Buildings CTBUH Working-Group*" (TTBWG) ed ha visto la partecipazione di alcuni degli acca-

## STRUTTURA, SOLAI, INVOLUCRO ... MA È LA CORRETTA "FIRE STRATEGY" L'ELEMENTO ESSENZIALE PER PROGETTARE GRATTACIELI DI LEGNO

demici e dei professionisti di maggior spicco per ciò che riguarda la ricerca e l'utilizzo del legno come materiale strutturale per gli edifici alti. Una "promozione" dell'uso intensivo del legno con fini strutturali si può legare anche alle keypoint dei progetti di ricerca introdotti dagli enti legati a Forest-based Product in vista di Horizon 2020. Un interesse legato al legno come materiale strutturale per la realizzazione di edifici alti è stato dimostrato anche dalle indagini effettuate per la redazione della Roadmap del CTBUH (Oldfield, Trabucco, & Wood, 2014).

### COS'È UN EDIFICIO ALTO DI LEGNO?

Affinché un edificio possa essere definito "edificio alto" (*tall building*), deve rispondere a determinati requisiti. Oltre ai più "classici" quali l'altezza relativa al contesto, la presenza di tecnologie e sistemi strutturali tipici degli edifici alti, la snellezza dell'edificio (il suo rapporto base/altezza), quello che più degli altri risulta avere fondamentale importanza per il settore "strutturale" è dato dalla definizione di "*Tall Building*" intesa come "edificio in cui le sollecitazioni derivanti dalle azioni orizzontali (azione del vento e azioni sismiche) agenti su di esso prevalgono sulle sollecitazioni verticali". Per gli edifici alti, infatti, il vero problema da risolvere è costituito dalla sollecitazione

generata del vento (il periodo di oscillazione dato dall'eventuale sisma non crea quasi mai effetti di risonanza con la naturale "oscillazione" a cui è progettato per resistere l'edificio), che agisce con andamenti variabili da zona a zona. Proprio per far fronte a queste azioni, la presenza di uno o più nuclei (*service core* che contengono gli ascensori, i cavedi per l'impiantistica ecc) in calcestruzzo sembra essere ancora la soluzione migliore, se non l'unica al fine di garantire adeguate performance strutturali. Le tematiche che più interessano attualmente la ricerca nel settore dei TTB possono essere riassunte brevemente nella ricerca di una definizione univoca di ciò che distingue un *Timber Tall Building* da un *Hybrid Tall Building*, nella risoluzione delle attuali limitazioni normative inerenti all'utilizzo del legno come materiale strutturale per la realizzazione di edifici alti (soprattutto per la parte inerente alle normative antincendio) ed una questione legata all'altezza media efficace per la realizzazione di questa tipologia di edifici (probabilmente prossima più ai 18-20 che ai 30-40 piani per questioni strutturali).

### FIRE STRATEGY, L'ANNOSA QUESTIONE DELLA RESISTENZA AL FUOCO DEL LEGNO

Contrariamente a quanto si è abituati a pensare, una struttura in legno (se correttamente

FIRE STRATEGY		
Concept Strutturale	Sicurezza mediante sorveglianza	Sicurezza mediante autospegnimento
Suddivisione dell'edificio in compartimentazioni in modo da gestire e limitare l'eventuale incendio evitandone o minimizzandone l'espansione (la dimensione dei compartimenti e le varie uscite di emergenza e vie di fuga saranno di volta in volta legate alla tipologia dell'edificio, al livello di occupazione ecc...)	Sistemi di rilevamento dell'eventuale incendio ed immediata comunicazione al comando dei vigili del fuoco più vicino, in modo da ottimizzare le tempistiche di spegnimento	Sistemi di rilevamento dell'eventuale incendio ed immediata attivazione degli impianti (sprinkler o simili) per l'autospegnimento dell'incendio.



#### IN FASE DI COSTRUZIONE

Posizionamento dei pannelli di solaio ibrido legno-calcestruzzo

(© DarkoTodorovicPhotographyadrok NET)



progettata e realizzata) è in grado di garantire prestazioni di resistenza al fuoco superiori ad altri materiali tradizionalmente usati per la realizzazione di edifici alti come per esempio l'acciaio.

Confrontando una struttura in acciaio con una in legno è possibile notare come, mentre nella prima, ad una determinata temperatura, si raggiunge bruscamente il collasso strutturale, nella struttura in legno, nonostante il fenomeno di combustione stia interessando le superfici esposte della sezione, (riducendola con un andamento costante pari a circa 38mm/h circa), l'elemento strutturale continui a conservare una discreta resistenza meccanica garantita dalla reazione alle sollecitazioni assicurata dalle fibre più prossime al baricentro della sezione, non compromessa dalle fiamme. Questa caratteristica garantisce una buona base di partenza per ciò che

riguarda la prevenzione incendi ed in alcuni casi (Life Cycle Tower One, Dornbirn, Austria, CREE) ha reso possibile la realizzazione di edifici *hybrid timber-concrete* con legno strutturale a vista, senza la necessità di un impianto sprinkler di autospegnimento. Per far fronte alla questione della sicurezza in caso di incendi, anche negli edifici alti in legno, così come accade normalmente negli edifici che devono sottostare alle normative di prevenzione incendi, è possibile agire in fase di progettazione seguendo uno degli approcci indicati nella tabella della pagina precedente.

#### INDICAZIONI E LINEE GUIDA PER COSTRUIRE LE TORRI DI LEGNO. PANELIZED O POST&BEEAM

Attualmente esistono alcuni report (Green, M., Karsh, E. e altri, 2013), (SOM, 2013) ed alcune "guideline" (FPInnovation, 2013), (Frangi,

A. & Smith, I, 2013) di riferimento relativi all'utilizzo del legno come materiale strutturale per la progettazione di edifici alti. La tabella riportata nella pagina seguente dimostra come sia possibile effettuare una prima classificazione dei TTB sulla base del loro schema strutturale. Ragionando in questo modo è possibile riconoscere principalmente tre tipologie strutturali: una tipologia caratterizzata da una struttura a telaio (travi e pilastri), una tipologia realizzata da pannelli (sia con pannelli di legno tipo CLT piuttosto che tramite l'utilizzo di pannelli compositi legno-calcestruzzo) ed una tipologia ibrida che combina la struttura a telaio con i pannelli strutturali.

#### QUESTIONI STRUTTURALI E TECNOLOGICHE: LE POSSIBILI CLASSIFICAZIONI ED IL RUOLO DEI SOLAI.

La forma architettonica, le caratteristiche geometriche dell'edificio (in particolar modo la sua snellezza intesa come il rapporto tra la sua altezza e le sue dimensioni in base) hanno ripercussioni dirette sulla struttura e sul modo in cui essa risponde alle sollecitazioni interne ed esterne.

Una seconda possibile classificazione per i Tall Timber Building può essere basata sui materiali utilizzati per la realizzazione della



Progetto	Localizzazione	Destinazione d'uso	numero piani	tipologia costruzione	data completamento	progettisti
e3 berlin	berlin, germany	commerciale e residenziale	7	telaio	2008	kaden klingbeil
limnologen	vaxjo, sweden	residenziale	8	pannelli	2009	arkitektbolaget kronoberg
bridport house	london, england	residenziale	8	pannelli	2010	karakusevic&Carson
3xgrun	berlin, germany	residenziale	5	pannelli e telaio	2011	atelier pk, roedig&rozynski sturm
holz8 (h8)	bad aibling, germany	commerciale e residenziale	8	pannelli	2011	shankula architekten
fortè building	melbourne, australia	commerciale e residenziale	10	pannelli	2012	michael green, for landlease
university of britishcolumbia (esb)	vancouver, bc, canada	istituzionale	5	pannelli e telaio	2012	perkins&will
lifecycle tower one	dornbirn, austria	commerciale	8	pannelli e telaio	2012	herman kaufman zt gmbh
tamedia	zurich, switzerland	commerciale	6	telaio	2013	shigeruban architects
cenni di cambiamento	milan, italy	commerciale e residenziale	9	pannelli	2013	rossiprodi associati srl

loro struttura: così facendo è possibile individuare le seguenti quattro categorie:

- Struttura balloon-frame con pannelli leggeri
- Struttura con pannelli strutturali (Cross Laminated Timber CLT)
- Struttura con telaio in legno lamellare
- Struttura ibrida/composita (legno-acciaio, legno-calcestruzzo). Un'ulteriore classificazione riscontrabile in bibliografia è quella fornita dalla guida tecnica canadese edita da FPI (Forest ProductBased InnAovation) nel 2013, che suddivide le soluzioni in "all timber" e "hybrid timber": nelle prime vengono inseriti gli edifici con struttura interamente in legno, nella maggior parte dei casi realizzati mediante pannelli CLT legati tramite connettori metallici (seguendo cioè i principi "plattform approach" come quello utilizzato da Waugh&ThistleTon per Stadthaus o quello "Find Forest Through the Trees FTTT" di Green&Karsh illustrato in "The Case for Wood Tall Buildings" del 2013); nelle seconde, edifici con strutture simili a quelle composite legno-calcestruzzo simili ai concept "Life Cycle Tower" di CREE-Rhomberg&ARUP piuttosto che al sistema "Concrete Jointed Timber Frame" (CJTF) studiato da SOM LLC. Un ruolo fondamentale per la performance strutturale dell'edifi-

co è giocato dai solai. Alla loro progettazione sono legate sia questioni di isolamento acustico (legate al basso peso specifico), che funzioni prettamente strutturali di irrigidimento in grado di determinare il funzionamento dell'edificio. Questi funzionano come piastre, trasmettendo le azioni orizzontali agenti in facciata all'eventuale nucleo centrale dell'edificio. Bisogna di volta in volta quindi cercare soluzioni in grado di garantire adeguati livelli di comfort e specifiche capacità strutturali (una riduzione della freccia dei solai è ottenibile ricorrendo a connessione solai-travi e solai-core come incastri anziché appoggi-cerniere). Altro ruolo fondamentale per il funzionamento strutturale degli edifici alti in legno è giocato dagli elementi di connessione.

Questi, infatti, soprattutto quando si realizzano strutture tipo "pannelled" in CLT, devono essere sufficientemente rigidi e forti per garantire il corretto trasferimento delle sollecitazioni tra i diversi elementi orizzontali e verticali, ma anche sufficientemente "flessibili" in modo tale da evitare che si creino strutture con giunti monolitici con le conseguenti problematiche legate alla propagazione di rumori e vibrazioni (Frangi & Smith, 2014). Per la progettazione dei moderni edifici in legno ci si affida ai software

di calcolo ad elementi finiti che si utilizzano comunemente in ingegneria, ma uno degli aspetti più difficili da gestire e prevedere è proprio il reale funzionamento di questi elementi, nonostante ci si affidi poi quasi nella totalità dei casi ad elementi di connessione prefabbricati e non direttamente alla produzione "su misura". Come dimostrato in Timber Tower Research Project (SOM, 2013) confrontando le deformazioni di tre colonne in calcestruzzo armato, acciaio e legno, progettate per resistere alla stessa sollecitazione, quella in calcestruzzo presenta minore deformazione, mentre quelle in acciaio e legno presentano deformazioni simili. La rigidità del calcestruzzo è circa il triplo di quella del legno, quindi, per ottenere lo stesso comportamento, sarebbe necessario un aumento di materiale di due tre volte per l'elemento in legno (FPIInnovation, 2013). Se bisognasse progettare strutture in legno così pesanti si perderebbero i vantaggi che solitamente vanno a ripercuotersi positivamente sul dimensionamento delle fondazioni. Per garantire funzionamenti simili a livelli di rigidità, mantenendo il vantaggio tipico del legno dato dal ridotto peso specifico (se confrontato con il CA e l'acciaio) è possibile sfruttare eventuali muri a taglio (shear walls nella bibliografia)

## QUANTO LEGNO? CONSIDERAZIONE ANTISISMICHE ED ... ECONOMICHE

Un aspetto da tenere in considerazione è definito dal "system-integration" e dalle considerazioni "estetiche" relative all'edificio. Una possibile classificazione è relativa all'esposizione del legno: le strutture possono suddividersi in esposte, parzialmente esposte o Coperte/rivestite

In "Timber Tower Project" lo studio SOM, dopo accurate analisi e simulazioni scarta l'ipotesi di una soluzione "All Timber Scheme" (che avrebbe comportato una riduzione della Carbon Footprint del 60-75%). La difficoltà nel garantire determinati requisiti nei nodi, le eccessive dimensioni che dovrebbero avere avuto gli elementi portanti al fine di poter garantire determinati livelli di portanza (sarebbero serviti anche dei pilastri interni evitati con la soluzione ibrida successivamente proposta), l'eccessiva complessità dei dettagli e, non per ultimo, gli eccessivi costi per la realizzazione della soluzione interamente in legno hanno portato allo sviluppo dell'alternativa "Concrete Jointed Timber Frame" (CJTF caratterizzata dall'utilizzo di legno strutturale con connessioni metalliche annegate in appositi elementi in calcestruzzo che creano vincoli di incastro riducendo la freccia in mezzera dei solai). Nella soluzione ibrida "CJTF" il legno raggiunge ugualmente la ragguardevole percentuale dell'80% tra i materiali utilizzati per la struttura, mentre il calcestruzzo armato si ferma ad un 20% ((SOM, 2013): percentuali che diventano 70% e 30% se si considerano anche le fondazioni dell'edificio, ed in ogni caso si tratta di valori medi riferiti al piano).

Per garantire una adeguata resistenza al momento ribaltante generato dall'azione del vento, la presenza di un core in calcestruzzo, opportunamente dimensionato potrebbe essere la migliore soluzione nell'ipotesi di un edificio "ibrido" legno-calcestruzzo, creando un blocco monolitico, privo di giunti (con le relative difficoltà legate agli elementi metallici di connessione da risolvere nel caso di realizzazione mediante pannellature CLT), almeno per i primi piani in cui si hanno i valori di momento più elevati. Dalla bibliografia (Frangi&Smith 2014 pg19) si evince come

l'altezza massima dei TTB sia legata a considerazioni anche economiche/commerciali: non ha senso crescere in altezza qualora gli elementi portanti verticali comincino ad occupare eccessivamente lo spazio della pianta. Strutturalmente si ricerca un comportamento duttile della struttura in caso di collasso. Questo è perseguibile solo garantendo, in caso di collasso, la plasticizzazione degli elementi di connessione metallici. Le ultime strategie di progettazione prevedono una nuova filosofia "Damage Avoidance Design" che garantisca non solo la sopravvivenza dell'edificio all'eventuale terremoto (secondo le due tipiche strategie progettuali NSA (Nonlinear Static Analysis) e FBD (Force Based Design)), ma ne renda possibile una veloce riparabilità ai fini di una successiva rimessa in servizio, riducendo così anche i tempi (ed i

relativi costi) legati alla decostruzione/demolizione dell'edificio.

I TTB sono una possibile alternativa per i progettisti, ma perché avvenga una loro diffusione sono necessarie politiche che agevolino la ricerca ed un lavoro di "normalizzazione" / "omogeneizzazione" delle varie norme esistenti, affinché un edificio in legno non venga visto solamente come un edificio con un elevato rischio di infiammabilità, una durabilità ridotta ed un carattere di "temporaneità".

La loro realizzazione potrà risolvere allora non solo le problematiche relative all'aumento della popolazione ma anche quelle del contenimento e della riduzione di quella parte di "Carbon Foot-print" (2030architecture, 2014) generata dalla realizzazione degli edifici. La massima altezza raggiungibile per un edificio alto in legno dipende da un'armonica combi-

### REPORT DI RICERCA

LifeCycle Tower One CREE by Rhomberg & Arup Germany	Si tratta di uno dei progetti di edifici alti in legno ibridi più innovativi. Il concept iniziale prevede la realizzazione di 20 piani. Il progetto è stato sviluppato da CREE by Rhomberg in collaborazione con ARUP Germany per la parte strutturale, ed è caratterizzato da un Sistema di solai ibridi legno-calcestruzzo, dall'utilizzo di pilastri interni e perimetrali in legno lamellare, dall'approccio del "legno esposto" per ciò che riguarda le questioni di sicurezza in caso d'incendio, e da una estrema velocità di realizzazione. Il calcestruzzo è utilizzato per la realizzazione del nucleo e per pilastri e muri dei due primi piani (poi interamente sostituiti da elementi in legno lamellare). La libertà delle piante permette l'utilizzo dell'edificio sia per uffici che per residenze. Un edificio con le stesse caratteristiche ma con un'altezza limitata a 8 piani è stato realizzato nel 2012 a Dornbirn in Austria.
Timber Tower Research (2012-13) Skidmore, Owings & Merrills LLC	Lo studio SOM ha svolto una ricerca circa la possibilità di costruire con sistemi strutturali che prevedono l'utilizzo del legno, un grattacielo di 40 piani da loro progettato negli anni 60. Dopo le ipotesi iniziali circa la possibile realizzazione dell'opera attraverso una tecnologia "all timber", viste le eccessive difficoltà progettuali e realizzative dei nodi, gli svantaggi strutturali (soprattutto in riferimento alla freccia dei solai), si è riprogettato l'edificio con una tecnologia ibrida legno-calcestruzzo (Concrete Joint Timber Frame) in cui il legno costituisce comunque il 70% del volume delle strutture (80% se si escludono dal computo le opere di fondazione).
Tall Wood Michael Green Architect & Equilibrium Consulting	La collaborazione tra lo studio di progettazione strutturale Equilibrium e l'architetto Michael Green ha portato alla realizzazione di un report circa la possibilità di realizzare edifici alti con struttura in legno. Sono stati ipotizzati quattro casi studio: un edificio di 12 piani realizzabile con telaio in legno, solai in legno e core; una prima ipotesi di torre da 20 piani con sistema strutturale a telaio ed internal shear-walls, ed una seconda ipotesi di torre da 20 piani con setti portanti in legno sia interni ed esterni, con le conseguenti limitazioni da un punto di vista della libertà di facciata, ed infine il quarto caso proposto è caratterizzato da un caso-studio di edificio da 30 piani, per il quale diventano necessari i contributi strutturali forniti dei setti (interni ed esterni) in CLT.

nazione tra le capacità meccaniche dei materiali e le decisioni architettoniche che guidano i progetti (Frangi & Smith, 2013).

Di conseguenza non è possibile, o pensabile stabilire una risposta corretta alla domanda “che altezza possono raggiungere i Timber Tall Buildings?” indicando solamente un determinato numero di piani o l'altezza in metri.

## SISTEMI DI FACCIATA

Uno degli aspetti più importanti che governano il dimensionamento strutturale di un edificio alto è dato dal contenimento degli spostamenti orizzontali, allo scopo di garantire determinati livelli di comfort e contemporaneamente rendere possibile il corretto funzionamento dei componenti che costituiscono la facciata dell'edificio stesso. Nel caso di un edificio con struttura in legno, un ruolo fondamentale lo giocano le connessioni tra gli elementi. Come si evince dai già citati report di SOM e di MGB &

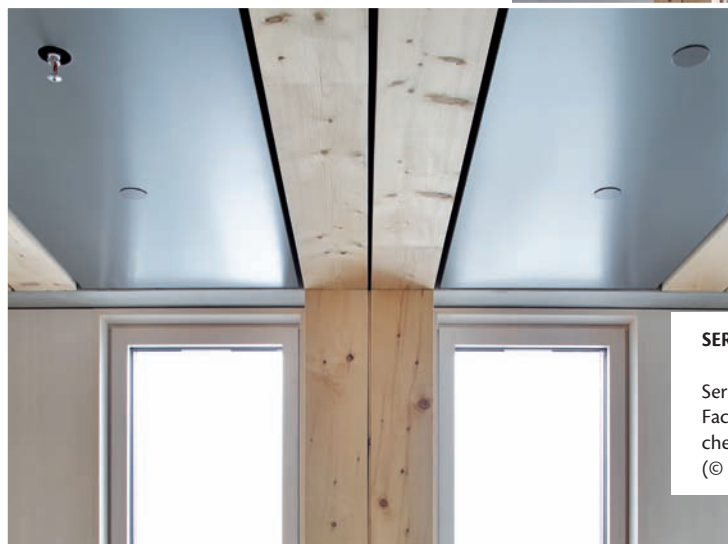
ciata. Queste porzioni opache caratterizzeranno inevitabilmente il prospetto degli edifici, con ripercussioni di ordine diverso a seconda della destinazione d'uso dell'edificio (ciò causerà svantaggi soprattutto nel caso di una torre da destinare ad utilizzo prevalentemente per uffici, laddove cioè la massimizzazione degli apporti solari garantirebbe minori consumi di energia relativi all'illuminazione).

## L'INTEGRAZIONE IMPIANTISTICA

Se da un lato la realizzazione di pareti in CLT assicura una veloce ed agevole integrazione

dell'impiantistica nello spessore dei pannelli stessi, allo stesso tempo, gli eventuali fori passanti, le riduzioni delle sezioni utili ecc portano con sé problematiche legate alla questione della “fire-safety”, costituendo di fatto un aumento del rischio di propagazione delle fiamme.

Bisognerà quindi porre particolare attenzione a tutti i dettagli costruttivi. Alcuni sistemi di solaio ibrido “legno-calcestruzzo” precedentemente citati (vedi ARUP e CREE by Rhomberg nel progetto di LifeCycleTower One a Dornbirn, piuttosto che RHDHV per il progetto di un ampliamento a Rotterdam)



### SERIALITÀ E MODULARITÀ

Serialità della struttura e utilizzo di legno esposto internamente. Facciata in legno e vetro (a tutta altezza e serialità/modularità degli elementi che compongono i solai ed integrazione dell'impiantistica in essi).  
(© Norman A. Müller)

Equilibrium Consulting (Green, M., Karsh, E., 2013), non sempre è possibile, o meglio non è propriamente conveniente, utilizzare tecnologie definibili “all timber”, ovvero interamente in legno.

Nell'eventuale utilizzo di sistemi costruttivi che prevedano uno schema strutturale con pareti a taglio poste parzialmente anche lungo il perimetro dell'edificio (come proposto da M.Green e dallo studio Equilibrium in “Wood Tall” per l'edificio da 30 piani), ci si trova ad avere una ridotta “libertà” in fac-





dimostrano le grandi possibilità offerte dai solai ibridi per ciò che riguarda l'integrazione impiantistica.

Gli edifici alti con struttura in legno possono allora essere catalogati/diversificati anche in base al grado di integrazione dell'impiantistica con la struttura stessa:

- Sistemi ad integrazione totale (esempio i solai di CREE per la LCT-One): è il sistema tipico degli edifici con struttura in legno a vista, caratterizzati quindi da una particolare attenzione al livello di dettaglio architettonico e delle finiture.

Pavimentazione e soffitto integrano perfettamente tutti i condotti ed i cablaggi necessari per l'impiantistica. Particolare attenzione va posta qualora il sistema strutturale preveda legno a vista anche nei solai.

- Sistemi ad integrazione parziale: solitamente è la tipologia di sistema di integrazione impiantistica tipica degli edifici con la struttura semicoperta. Normalmente i percorsi degli impianti meccanici (ventilazione) ed elettrici corrono al livello di pavimento. La presenza di controsoffitti semplifica la possibile distribuzione dei servizi.

- Sistemi non integrati: solitamente per spazi industriali, tutti i cablaggi risultano esterni. È possibile coprirli sfruttando controsoffittature.

Il nuovo concetto di prefabbricazione reso possibile dall'utilizzo di pannelli CLT deve staccarsi dall'attuale concetto "one size fits all" e guardare in direzione di quella che è una prefabbricazione ad hoc, resa possibile negli ultimi anni dall'utilizzo di macchinari a controllo numerico (CNC). Il problema maggiore da risolvere resta legato non tanto all'isolamento termico (essendo il legno un buon isolante termico) quanto piuttosto alla bassa capacità di fonoisolamento legata al suo ridotto (se confrontato con solai in calcestruzzo) peso specifico. Al fine di garantire una adeguata massa in grado di dissipare le vibrazioni e ridurre la propagazione dei rumori, si ricorre allora all'utilizzo di una soletta in calcestruzzo con spessori prossimi ai 10cm, sostenuta da una orditura lignea. Lo studio RHDHV ha sfruttato anche delle apposite molle tarate ad hoc per attutire i rumori di calpestio separando così ogni unità

## CASI STUDIO REALIZZATI

Prototype LifeCycle Tower One  
Cree by Rhomberg & Arup GmbH  
8 piani  
Dornbirn, Austria

L'edificio prevede la realizzazione di un nucleo in calcestruzzo armato contenente il vano ascensore, le scale ed altri spazi tecnici, l'utilizzo del sistema di solai ibridi legno-calcestruzzo (con l'impiantistica integrata), soluzioni costruttive che prevedono l'utilizzo del legno esposto nell'ambiente interno ed una struttura verticale interamente in legno a partire dal secondo piano (piano terra e primo invece presentano una struttura in calcestruzzo).

Limnologen  
8 piani  
Vaxjo, Svezia

Il progetto prevedeva la realizzazione di quattro blocchi residenziali da otto piani ciascuno, e l'utilizzo di pannelli CLT come elementi strutturali dell'edificio.

Stadthaus  
Murray Grove & Waugh Thistleton Architects  
9 piani  
Londra, UK

Si tratta del primo progetto di edificio alto nove piani realizzato interamente (anche il nucleo centrale ed il vano scala) attraverso l'utilizzo di pannellature CLT (il progetto è realizzato in stretta collaborazione con l'azienda KLH che ha fornito i pannelli in CrossLaminatedTimber)

Fortè  
Michel Green Architect & Land Lease  
10 piani  
Melbourne, Australia

È il primo edificio realizzato con struttura a pannelli CLT a raggiungere l'altezza dei dieci piani. Per la sua realizzazione sono state utilizzate 485 tonnellate (759 pannelli) di legname, circa 5500 elementi metallici per le connessioni, ed il materiale è stato spedito in 25 container (2navi). Si tratta attualmente del più alto timber tall building realizzato.

Three Building  
BergenProjectGroup  
14 piani  
Bergen, Svezia

Questo edificio (che, con i suoi 14 piani, sarà il più alto edificio multipiano con struttura in legno realizzato) si differenzia dai precedenti per lo schema strutturale utilizzato. Alla ormai nota realizzazione attraverso setti portanti in CLT è qui abbinato un mega-frame esterno realizzato in legno lamellare, ed ogni quattro piani è previsto un solaio in calcestruzzo armato per ottimizzare la ripartizione dei carichi. In questo caso anche il core è interamente realizzato in pannelli di CLT.

da quella vicina e da quella sottostante. Gli spazi "vuoti" tra le orditure lignee permettono il passaggio dei condotti di ventilazione e climatizzazione e di ogni eventuale tipo di impianto elettrico necessario. Concludendo, si può affermare che, sebbene il legno sia sempre stato un materiale utilizzato in architettura grazie alle sue molteplici qualità restringendone però l'utilizzo quasi esclusivamente per la realizzazione di edifici bassi

(tranne rarissimi casi di pagode o templi, soprattutto in estremo oriente), grazie agli importanti sviluppi tecnologici e grazie allo sviluppo di sistemi di ibridazione che ne permettono l'uso integrato con acciaio e calcestruzzo, oggi può vivere una nuova giovinezza, potendo essere considerato un materiale adatto anche alla realizzazione di edifici alti. I grattacieli in legno non saranno più quindi semplice fantascienza.