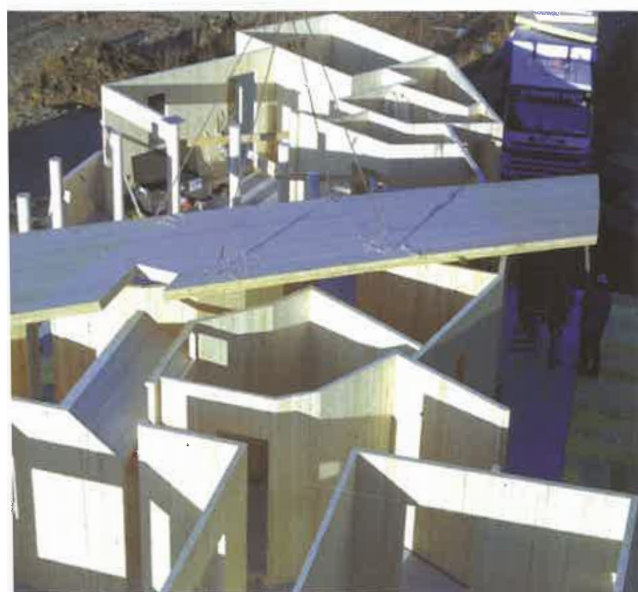




Realizzazione di un solaio a ordito più impalcato col sistema transform frame.

Realizzazione di un solaio a elementi autorportanti.



Installazione in opera di capriate leggere su trave reticolare longitudinale leggera in un cantiere a Montreal (Canada).



SOLAI COMPETITIVI

Prefabbricabili, standardizzabili, versatili, competenti sotto il profilo energetico e ambientale: semplici e innovativi per l'edilizia corrente

Rossano Albatici

Quando si parla degli elementi orizzontali di legno si pensa generalmente alle grandi coperture, opere di forte impatto visivo caratterizzate da un'eccezionale capacità di sfruttare al massimo le caratteristiche strutturali e le prestazioni meccaniche del materiale, lavori di alta ingegneria resi possibili dall'uso di sezioni composte e dalla realizzazione di connessioni innovative. Tuttavia, è nell'edilizia corrente, ossia edifici residenziali e per il terziario, che esiste una notevole possibilità di sfruttare le caratteristiche del legno per la realizzazione di elementi di chiusura orizzontale, siano essi di base, intermedi e di copertura di piccole e medie dimensioni. Il legno configura infatti una valida e conveniente alternativa ai materiali tradizionali da molteplici punti di vista. Prima di tutto da quello economico e costruttivo in termini di velocità in fase di cantiere grazie all'uso di elementi prefabbricati e preassemblati, di facilità di montaggio per la presenza di correlazioni semplici e predisposte in officina facilmente modificabili in sito all'occorrenza, di minore dispendio energetico in tutte le fasi di lavorazione, dalla produzione al trasporto alla posa in opera, grazie alla leggerezza degli elementi e alle operazioni a secco. In secondo luogo, gli elementi di legno offrono una notevole flessibilità di utilizzo e di accoppiabilità con gli altri elementi della costruzione, soprattutto con il sub-sistema impiantistico, con i materiali di isolamento termico e acustico, con gli elementi di finitura. A ciò va aggiunta inoltre la recente introduzione di sistemi di controllo della qualità del materiale e del prodotto finale, che deve essere garantita e costante nel tempo, e di sistemi di certificazione che prendo-

no in considerazione direttamente la gestione sostenibile del patrimonio forestale (come il marchio FSC - Forest Stewardship Council e il Pan European Forest Certification). Le oramai consolidate e conosciute tecniche di progettazione, calcolo e posa in opera, infine, consentono l'utilizzo di elementi lignei anche in ambiti spesso e ingiustamente considerati off limits per il legno come la sicurezza al fuoco e l'isolamento acustico.

In linea generale, per la realizzazione di una chiusura orizzontale si possono considerare due procedimenti costruttivi: sistema a ordito più impalcato e sistema a elementi autoportanti.

Trascurando i sistemi più tradizionali, si espongono qui di seguito quelli maggiormente utilizzati negli edifici a prevalente impiego di legno che in questi ultimi 10 anni stanno conoscendo un vero e proprio "rinascimento" in Nord Italia e soprattutto in Trentino Alto Adige. Viene posta particolare attenzione a quei prodotti innovativi oggi sul mercato che hanno ottime prestazioni e che si adattano a molteplici esigenze rendendo gli elementi di legno competitivi e con caratteristiche spesso difficilmente eguagliabili dagli altri materiali edili.

Il sistema a ordito più impalcato

Il sistema a ordito più impalcato è caratterizzato da elementi prevalentemente lineari tipo trave che trasmettono i carichi verticali assorbiti dall'impalcato soprastante continuo ai setti o alle travi principali. L'ordito può essere semplice, caratterizzato da un'unica travatura disposta in una direzione (in genere quella con luce minore per avere elementi a sezione ridotta) e con passo costante, oppure multiplo, con travature sovrapposte (primaria, secondaria più gli eventuali ordini complementari) con direzione ortogonali fra loro fino ad arrivare ad una maglia minima idonea alle caratteristiche di resistenza degli elementi di impalcato. I sistemi più utilizzati sono due: a pannelli intelaiati e a capriate leggere, quest'ultimo per le coperture. Il sistema a pannelli intelaiati deriva dal "platform frame" e consiste nel predisporre una serie di elementi monodimensionali a sezione snella e passo costante (generalmente 40-60-80-100 cm in base al materiale e alla dimensione massima resistente degli elementi di impalcato nonché alla struttura degli appoggi laterali), collegati fra di loro da ulteriori elementi trasversali con funzione controventante come travi leggeri di legno interposti o sovrapposti. I travetti del solaio possono essere a sezione pie-



Posa in opera di un solaio platform frame interamente realizzato a piè d'opera.

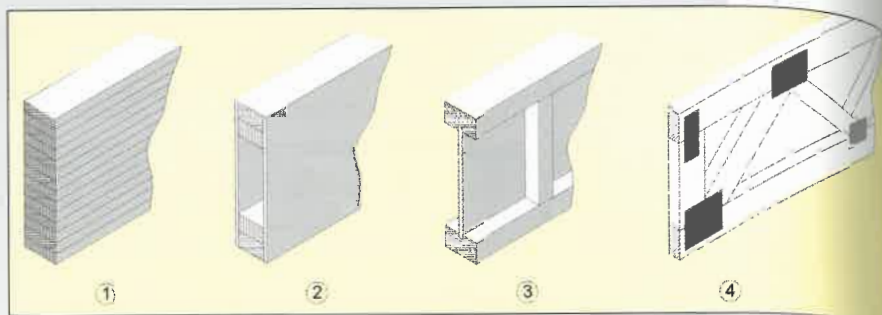
Solaio realizzato con travetti a sezione reticolare e impalcato a pannelli OSB.



Sei motivi per scegliere i solai in legno

Velocità in cantiere	Elementi prefabbricati e preassemblati Facilità di montaggio
Ridotto dispendio energetico	Elementi leggeri Operazioni a secco
Flessibilità	Accoppiabilità con sistema impiantistico, materiali per l'isolamento termico e acustico, elementi di finitura
Sostenibilità del materiale	Gestione sostenibile certificata FSC, PEFC
Sicurezza al fuoco	Sicurezza al fuoco: combustione lenta, autoprotezione della sezione resistente con sviluppo di uno strato di carbone a bassa conduttività, possibilità di protezione con elementi di rivestimento ignifughi e intumescenti
Isolamento acustico	Isolamento acustico: basso coefficiente di trasmissione per fiancheggiamento, buone caratteristiche di assorbimento acustico, facile accoppiabilità con materiali fonoassorbenti

na e snella, a sezione composta o a sezione reticolare. Si possono introdurre travi rompitratta in presenza di luci eccessive o per diminuire la freccia di inflessione del solaio, nel qual caso i travetti possono essere correlati con giunti in linea di testa o a sovrapposizione diretta e uniti con semplice chiodatura o con connettori metallici di superficie tipo piastre preforate. La correlazione col cordolo di fondazione viene generalmente eseguita ancorando una tavola di legno al cordolo stesso con funzione di soglia tramite barre filettate o staffe con interposta una membrana impermeabile con funzione di protezione all'umidità. Sulla tavola sono poi appoggiati i travetti del solaio semplicemente chiodati. La correlazione ai piani può essere eseguita con le stesse modalità del solaio di base oppure unendo i travetti alle travi portanti con scarpette metalliche o piastre in acciaio poste in una fresatura interna. L'impalcato è costituito da tavole di legno disposte orizzontalmente o diagonalmente e inchiodate ai travetti, o da pannelli a base di legno generalmente incollati agli elementi portanti. Il sistema a capriate leggere per coperture inclinate consiste nell'utilizzare elementi snelli e leggeri uniti fra di loro a formare incavallature a spinta eliminata, realizzati in officina e facilmente posizionabili in opera da almeno due operai o per il tramite di una piccola gru. Le unioni meccaniche fra gli elementi di tipo moderno sono costituite da piastre dentate, anelli e caviglie con connettori di tipo cilindrico o da piastre preforate. Anche in questo caso la correlazione con gli elementi perimetrali della costruzione può essere fatta per semplice appoggio con unione chiodata (nel qual caso è raccomandato l'uso di ulteriori staffe metalliche) o tramite scarpette metalliche bullonate o chiodate. Per aumentare la rigidità e la stabilità della costruzione, le capriate vengono controventate tramite collegamenti trasversali realizzati con segati sovrapposti o interposti, semplici, doppi o incorciati.



Ordito + impalcato

In senso orario:
 Tipologie di sezioni per i travetti dei soli platform: snella (1), composta (2 e 3), reticolare (4).

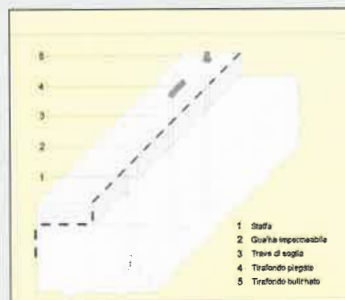
Correlazione fra la trave di soglia e il cordolo di fondazione.

Solaio realizzato col sistema platform frame: si nota la sezione snella e il passo ridotto degli elementi nonché le zone di sovrapposizione dei travetti in corrispondenza delle travi rompitratta.

Correlazione complanare dei travetti tramite scarpette metalliche chiodate.

Correlazione al cordolo tramite tavola di soglia con striscia di appoggio.

Sovrapposizione di pannelli di impalcato tramite incollaggio con l'ordito sottostante.



Il sistema a elementi autoportanti

Come funziona	Tipi di sezioni	Applicazione		
Elementi pre-assemblati, larghezza data, lunghezza variabile (dipende dalla luce libera), in opera contigui.	A cassone: travetti a passo costante con tavolato di unione controventante. A sezione piena (pannelli di tavole o legno compensato di tavole). Coprono luci fino a 20 m senza interruzioni.	Pannelli di tavole incollate KLH, MERK. Utilizzati per pareti e solai; spessore max 60 cm. Pannelli in legno lamellare (elementi per solai a tavole impilate).	Pannelli di tavole inchiodate MHM (di prossima produzione).	Pannelli di tavole uniti da perni lignei THOMA, spessori fino a 40 cm, luci fino a 8 m.

Il sistema a ordito più impalcato

Come funziona	Tipologie di ordito	Applicazioni
L'ordito assorbe i carichi verticali e li trasmette ai setti o alle travi principali.	Trave unica in direzione della luce minore Passo costante o multiplo. Travi sovrapposte con direzioni ortogonali tra loro.	Pannelli intelaiaati. Capriate leggere (per le coperture).

Il sistema a elementi autoportanti

Il sistema a elementi autoportanti consiste in elementi preassemblati con larghezza determinata e lunghezza variabile in base alla luce libera, posti in opera uno accanto all'altro a coprire tutta l'area interessata. Si distinguono generalmente due tipi di sezione: a cassone e piena. La prima è più tradizionale ed è simile al sistema platform prima descritto. È costituita da travetti a passo costante con un tavolato di unione nella parte estradossale e intradossale con funzione di controventamento e per consentire la massima compartecipazione di tutti gli elementi all'azione resistente, anche se essi sono in definitiva sollecitati soprattutto singolarmente e l'azione portante avviene pressoché nella direzione ortogonale al piano. Più interessanti e innovativi sono i solai a sezione piena, detti anche pannelli di tavole o legno compensato di tavole.

Recentemente introdotti sul mercato, hanno una larghezza fino a 4.8 metri e possibilità di coprire

luci di anche 20 metri senza soluzione di continuità. Il loro vantaggio risiede nel fatto che l'elemento, essendo "massiccio", offre rigidità e resistenza nelle due direzioni del piano secondo un comportamento sia a lastra (sollecitazioni nel piano e quindi sforzi normali e di taglio) sia a piastra (sollecitazioni ortogonali al piano, sforzi di flessione bidirezionali e di taglio). Inoltre, tutta la struttura compartecipa alla trasmissione dei carichi in maniera più uniforme per cui i singoli elementi sono sollecitati in misura minore permettendo spessori ridotti o la copertura di luci di notevoli dimensioni. Una volta noti i carichi di progetto, il dimensionamento viene eseguito dalle stesse ditte produttrici sulla base di tabelle predisposte. La correlazione fra gli elementi di solaio può avvenire per semplice accostamento (anche con l'ausilio di gambo cilindrico), per battentatura (con eventuale connessione bullonata o avvitata) o, più frequentemente, con giunto a linguetta o maschio-femmina (semplice, doppio o anche triplo).

Si possono distinguere tre tipi di solaio a sezione piena: a pannelli di tavole incollate, inchiodate e con perni lignei.

I pannelli di tavole incollate (come i pannelli KLH e MERK) hanno un numero di strati dispari che dipende dalle esigenze di tipo statico e che variano da 3 fino a 11 per uno spessore massimo di 60 cm. Le colle utilizzate sono in genere poliuretatiche monocomponenti prive di solventi e formaldeide oppure a base di resina melaminica. Siccome i pannelli sono utilizzati indifferentemente per pareti e per solai, in quest'ultimo caso le tavole risultano essere disposte orizzontalmente. Sono in produzione anche i cosiddetti pannelli in legno lamellare, elementi per solai a "tavole impilate" ossia disposte verticalmente a coltello, con un'altezza compresa fra 7 e 24 cm, larghezza variabile fra 20 e 120 cm e con una lunghezza massima di 18 metri. I pannelli di tavole inchiodate (come i pannelli MHM di prossima produzione) sono costituiti da elementi uniti da chiodi di alluminio che sono disposti alternativamente vicino al lembo superiore e inferiore di ogni tavola per garantire una migliore correlazione e una maggiore rigidità fra gli elementi sottoposti a flessione. La chiodatura è fatta in modo tale che ogni tavola sia sempre unita sia a quella precedente sia a quella successiva in un certo numero di punti.

I pannelli composti da elementi uniti da perni lignei (come i pannelli THOMA) consentono spessori fino a 40 cm e luci fino a 8 metri. Il pannello è sostituito da un nucleo portante di tavole con

Capriate leggere

A destra, copertura a capriate leggere.

Sotto, correlazione delle capriate leggere al bordo con le chiusure verticali per semplice chiodatura.



spessore di 60-80 mm e da strati di tavole esterne ai due lati disposte orizzontalmente, diagonalmente e verticalmente con spessori compresi fra 24 e 50 mm. La loro unione è garantita da perni di faggio con un diametro di 16-21 mm. Le correlazioni sono effettuate tramite giunto maschio-femmina.

Tecniche di giunzione dei pannelli a sezione piena

Le tecniche di giunzione al bordo dei pannelli a sezione piena con gli altri elementi della costruzione sono simili nei tre casi citati. In particolare, la correlazione con le chiusure verticali può essere eseguita principalmente in tre modi:

1. disponendo un angolare di acciaio bullonato di collegamento solaio-parete, posto sia superiormente sia inferiormente;
2. disponendo un angolare di acciaio bullonato nella parte superiore e collegando il solaio alla parete inferiore con viti di testa;
3. come la soluzione precedente, ma utilizzando un'asta filettata incollata al posto delle viti.

Fra i diversi elementi è opportuno inserire sempre una striscia di materiale resiliente per assorbire eventuali disomogeneità geometriche ed evitare così punti preferenziali di passaggio dei cari-

Elementi autoportanti

Dall'alto in basso:

Posa in opera di pannelli a tavole incollate. Si noti il giunto battentato di correlazione fra i pannelli.

Pannello per solaio a tavole incollate e impilate dotato di giunto a linguetta.

Pannelli con elementi uniti da perni lignei in cantiere pronti per la posa in opera (realizzazione Zimmerei Frener Artur di Bressanone - BZ).



Accorgimenti per l'acustica, l'umidità, l'inerzia termica e gli impianti

Uno dei punti di debolezza di tutte le chiusure orizzontali è l'isolamento acustico sia per rumori aerei sia per rumori da calpestio. Fra i vari fattori che influenzano il comportamento acustico di una struttura il principale è la massa, soprattutto alle medie frequenze dove c'è una correlazione diretta fra massa superficiale dell'elemento e crescita del potere fonoisolante. E il legno da costruzione è un materiale leggero, che non supera i 750 kg/m³. Le soluzioni da mettere in campo sono due:

1. la separazione del piano di calpestio dal solaio ligneo attraverso l'interposizione di un materiale che smorza l'onda acustica, come per esempio lana resiliente ad alta densità o pannelli in fibra morbida di legno (spessore variabile fra 20 e 30 mm), che verrà poi fatto risvoltare ai bordi del solaio lungo le pareti

perimetrali per impedire il passaggio del suono anche fra ambienti contigui sullo stesso piano;

2. l'uso di guaine elastomeriche per eliminare i ponti acustici separando la zona di correlazione del solaio dalle partizioni interne o dalle pareti perimetrali. Come per qualsiasi solaio, anche per quelli di legno bisognerà fare attenzione a non includere gli eventuali impianti nella parte di finitura posta sopra l'isolante acustico che altrimenti verrà da questi forato nelle zone di passaggio con conseguente perdita prestazionale.

Il vantaggio delle realizzazioni di legno rispetto a quelle in laterizio, calcestruzzo o acciaio, per contro, risiede nel fatto che i collegamenti sono meno rigidi e questo diminuisce di molto il passaggio del rumore per fiancheggiamento. Inoltre, il legno offre un buon comfort negli spazi interni grazie alle caratteristiche di assorbimento acustico che possono anche essere migliorate nei solai a vista scanalando la superficie intradosale o utilizzando, nei solai a tavole impilate, elementi di spessore diverso per realizzare piccoli solchi.

Il legno è un materiale igroscopico, quindi deve essere posta particolare attenzione nell'evitare esposizione diretta ad acqua o in ambienti con concentrazioni eccessive di vapor acqueo per lunghi periodi. Il legno di abete, per esempio, prodotto con un contenuto di umidità pari a 11±2%, è soggetto a una variazione dimensionale dello 0.24% per ogni 1% di variazione di umidità del materiale. Per tale motivo i solai di legno vanno protetti con strisce di materiale impermeabile, soprattutto in fase di montaggio, nelle zone di correlazione con materiali umidi (per esempio fondazioni in calcestruzzo o cordoli su setti di laterizio). Come è noto, il legno è un materiale dotato di poca inerzia termica e, anche se la capacità termica è paragonabile a quella di altri materiali come per esempio il laterizio, la capacità di immagazzinare calore durante il giorno abbassando i picchi di temperatura estivi è limitata. La soluzione attualmente utilizzata è quella di aumentare la massa degli orizzontamenti di legno appesantendoli opportunamente o con l'aggiunta di materiale granulare sciolto a secco posto

Tecniche di giunzione dei pannelli a sezione piena

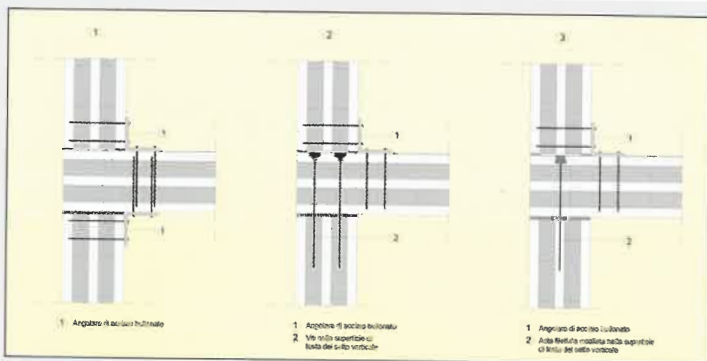
In senso orario:
Correlazioni corrette fra solaio e pareti di legno.

Solaio della Lignotrend dove si notano le nervature di legno a tavole impilate, gli spazi fra una nervatura e l'altra riempiti con materiale isolante, la finitura intradossale con scanalature che migliorano la resa acustica del solaio a vista, l'accoppiamento con una soletta in calcestruzzo (con funzione resistente e per aumentare l'inerzia termica dell'elemento) unita al solaio per mezzo di reti di acciaio longitudinali.

Elementi di solaio a cassone (sopra) e nervato (sotto) all'esposizione permanente della Viba di Hertogenbosh (Olanda). Interessante notare il sistema di isolamento realizzato tramite sottili fogli resilienti del peso di 60 g/m² dotati di superficie riflettente da entrambe i lati (emissività pari a 0.03) che possono garantire un buon isolamento termico con un peso molto contenuto e una notevole semplicità di montaggio (vedi www.tonzon.nl).

Esempio di correlazione fra un solaio di legno, un setto in calcestruzzo e una trave in acciaio.

Il solaio di legno è appoggiato alla parete con interposta una guaina elastomerica per evitare i ponti acustici. Sono presenti anche nastriature di tenuta all'aria (Prodotto della Rothoblaas di Cortaccia - Bz).



subito sopra la parte resistente (spessore consigliato di 10 cm) o con il posizionamento di mattoni di terra cruda. Altra possibilità è stendere sull'impalcato uno strato di calcestruzzo cementizio armato facendo compartecipare la soletta con il legno per il tramite di connettori di acciaio. Questa soluzione è utilizzata quando ci sono contemporanee ragioni di tipo statico che richiedono interventi di rinforzo strutturale.

Per quanto riguarda il posizionamento del subsistema impiantistico, si procede usualmente come per i solai ad elementi di acciaio e laterocemento, ossia: nei solai a ordito più impalcato, inserendo eventuali canalizzazioni fra i tra-

vetti che vengono poi forati localmente nelle zone di passaggio; nei solai a sezione piena, appoggiando gli impianti all'estradosso (anche totalmente o parzialmente in traccia se ci sono problemi di spazio) o inserendoli all'intradosso nella camera d'aria lasciata prima delle finiture (generalmente pannelli di legno, di cartongesso o di terra cruda). Mentre nei solai autoportanti si possono realizzare cavedi di passaggio verticale degli impianti in qualsiasi punto, per i solai del tipo platform frame è opportuno concentrare il passaggio in zone precedentemente individuate che vanno irrigidite tramite segati che collegano gli elementi di ordito.

Da sinistra a destra:

La sovrastruttura di un solaio di legno separata per il tramite di materiale resiliente frapposto agli appoggi. Si nota anche lo spazio dove passano gli impianti che sarà poi riempito di materiale sfuso per garantire una migliore inerzia termica.

Solaio prefabbricato dove si notano le fessature nella parte inferiore per l'assorbimento (realizzazione lignotrend).

Solaio a ordito più impalcato ben coibentato e dotato di isolante acustico anche sotto l'impalcato per l'assorbimento del rumore da calpestio.

Elementi dell'impianto idraulico parzialmente in traccia per diminuire l'altezza finale della chiusura orizzontale.



Pannelli di legno accessori per solai

Anche nel campo della produzione degli elementi accessori di legno per solai si è assistito ultimamente ad una veloce innovazione. Alle classiche tipologie di pannello, ossia i compensati (semplici o paniforti), i pannelli di fibre (leggeri o MDF), i pannelli di lana di legno e i pannelli di particelle (semplici, OSB o cementati), si sono infatti affiancati i pannelli di legno strutturale composito (Parallam, Microlam e Intrallam essenzialmente utilizzati per elementi portanti monodimensionali), i pannelli sandwich e i pannelli listellari.

I pannelli sandwich sono costituiti dall'accoppiamento di due pannelli di legno con un'anima di materiale isolante termico e/o acustico o di alleggerimento, generalmente a struttura reticolare. In questo modo si combinano le caratteristiche proprie del legno con una migliorata resistenza meccanica e alle perturbazioni ambientali in un unico elemento preformato, leggero, di facile trasporto e con posizionamento in opera a secco. Generalmente utilizzati per gli impalcati, i pannelli sandwich hanno dimensioni standard dipendenti dal produttore e necessitano di poche lavorazioni aggiuntive in cantiere. L'unione fra gli elementi, ottenuta per conformazione al bordo del materiale interposto o dei pannelli di legno, avviene per battentatura, per giunto maschio femmina o a linguetta. La capacità portante e quindi le dimensioni del pannello possono essere aumentate se si utilizzano morali di legno periferici con funzione irrigidente.

I pannelli listellari sono costituiti da un'anima semplice o doppia realizzata con listelli piallati accostati sul lato più sottile e ricoperti di sfogliati o pannelli di legno.

La larghezza del singolo listello è generalmente di 20-30 cm; qualora essa sia minore di 80 mm il pannello è detto lamellare. Dotati di buona stabilità dimensionale, leggerezza e resistenza meccanica, possono essere utilizzati in sostituzione al tavolato anche nel settore edile (e non solo in quello dell'arredamento) quando lo spessore è di almeno 40 mm (listellare a tripla anima).

Si ricorda che le caratteristiche dei pannelli a base di legno utilizzati nel settore delle costruzioni, sia con compiti strutturali sia di semplice finitura, devono essere dichiarate dal produttore secondo la norma UNI EN 13986:2005 "Pannelli a base di legno per l'utilizzo nelle costruzioni - Caratteristiche, valutazione di conformità e marcatura" che riguarda, fra le principali, le prestazioni meccaniche, di qualità, di durabilità (anche biologica), di isolamento termico e acustico, di resistenza al fuoco, di permeabilità al vapore e di rilascio di sostanze chimiche.

Pannelli di legno accessori per solai

Tipologie di pannelli	Denominazioni e caratteristiche
Compensati	Semplici o paniforti
Pannelli di fibre	Leggeri o MDF
Pannelli di lana di legno e pannelli di particelle	Semplici, OSB o cementati
Pannelli sandwich	Accoppiamento di due pannelli di legno con un'anima di materiale isolante termico e/o acustico o di alleggerimento. Vengono utilizzati per gli impalcati e forniti in dimensioni standard
Pannelli listellari	Anima semplice o doppia realizzata con listelli piallati accostati sul lato più sottile e ricoperti di sfogliati o pannelli di legno

chi, per garantire una migliore tenuta all'aria della costruzione e per eliminare ponti acustici.

In base alle luci in gioco, i pannelli di tavole possono essere rinforzati con travi sottostanti a formare solai nervati o addirittura accoppiati con sezioni a cassone ad elevate prestazioni. In questo senso sono in produzione appositi elementi scatolari modulari (come quelli proposti dalla lignotrend - www.lignotrend.de) con una struttura portante costituita da travi multistrato a passo ravvicinato confinate da uno o due strati di tavole per parte, parallele o perpendicolari ad esse. I vuoti risultanti sono generalmente riempiti con materiale isolante o utilizzati come passaggio per gli impianti. I singoli moduli, larghi 60 cm e lunghi 3 metri, sono uniti con giunti maschio femmina a formare elementi rigidi in grado di coprire luci fino a 18 metri. Per ultimo, è importante ricordare che si possono utilizzare solai di legno anche in edifici che non sono completamente a struttura lignea, per esempio in edifici a setti in laterizio e a scheletro portante in acciaio e calcestruzzo.

La correlazione segue sempre lo stesso principio, ossia si posiziona il solaio su un'asse di legno precedentemente connessa all'elemento di appoggio e correlata ad esso in modo rigido tramite viti, bulloni o staffe.

Bibliografia di riferimento

Badzinski S. Jr., *Carpentry in residential construction*, Prentice-Hall Inc, USA 1981.

Centre d'assistance technique et de documentation (réalisé par), *Les maisons à ossature bois*, Moniteur, Paris 1985.

Mindham C. N., *Roof construction for dwellings*, Collins, London (UK), 1986.

Hömmerich Heinz, *Holzarchitektur im detail*, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH, Köln (Germany) 1988.

Sobon J., Schroeder R., *Timber frame construction - all about post and beam building*, Storey Communications Inc., USA 1994.

Frattari A., Garofolo I., *Architettura e tecnica degli edifici in legno - vol. 1 Procedimenti a setti portanti*, Arti Grafiche Saturnia, Trento 1996.

J. Natterer, T. Herzog, M. Volz, *Atlante del legno*, UTET, Torino 1998.

P. Davoli, *Costruire con il legno: requisiti, criteri progettuali, esecuzione, prestazioni*, Hoepli, Milano 2005.

Berta L., Bovati M., *Progettare con il legno*, Maggioli Editore, Rimini 2007.

Schrentewein T., *CasaClima: Costruire in legno*, Raetia editrice, Bolzano 2008.