

Sulla piccola e media scala territoriale il legno viene utilizzato sempre più spesso per gli interventi infrastrutturali. Per ponti e passerelle, anche da record

Strutture e Infrastrutture

Antonella Pirovano

Da sempre considerato come il materiale da costruzione per eccellenza, il legno, grazie al rapidissimo sviluppo tecnologico che lo ha caratterizzato negli ultimi anni, sta risvegliando nuovi interessi per una serie di vantaggi che offre rispetto ad altri materiali costruttivi: la facilità di abbinamento con i materiali prevalentemente usati, la facilità di lavorazione con stru-

menti semplici e a costi contenuti, il suo aspetto naturale che si armonizza con l'ambiente esterno, il basso peso proprio, la resistenza alla trasmissione del calore, il fatto di essere costituito da materia prima riciclabile e rigenerabile.

Rispetto ad altri materiali costruttivi, quali acciaio e calcestruzzo armato, il legno è stato spesso ostacolato per la limitata durabilità e la scarsa resistenza al fuoco,

aspetti che sono stati in parte superati dalla ricerca tecnologica. Sebbene si pensi che il legno abbia carenze nell'ambito della combustibilità, dell'instabilità dimensionale in presenza di variazioni di umidità e della deperibilità biologica, questo non è del tutto vero. Il legno ha un buon comportamento alla combustione; recenti studi hanno dimostrato l'idoneità nell'impiego in edilizia per la lentissima velocità di carbonatazione; ciò permette di progettare parti lignee che posseggono una predeterminata e calcolabile resistenza al fuoco. I problemi di stabilità dimensionali risultano invece superati con la tecnologia del legno lamellare che, nella sovrapposizione casuale delle lamelle, restituisce un materiale omogeneo grazie al reciproco annullamento delle tensioni. Per quanto riguarda la durabilità, che comunque è abbastanza buona, è possibile, dove le situazioni lo impongono, sottoporre preventivamente

A sinistra: Ponte pedonale sul fiume Sile a Treviso realizzato interamente in legno lamellare. Largo circa 4 metri, il ponte ha una luce di 24 metri, leggermente ridotta nei punti di appoggio, abbassati rispetto alla quota del piano di calpestio. La struttura portante principale del ponte è realizzata con 5 centine curve in legno lamellare a sezione doppia incollata collegate trasversalmente e rese più solide tra loro per mezzo di elementi di irrigidimento, fissati con staffe in acciaio chiodate e bullonate. Una serie di elementi ortogonali all'asse, di altezza variabile, fanno in modo che il carico non sia concentrato in sommità o in pochi punti, ma venga ripartito ad intervalli di circa 80 centimetri (Holzbau). Sopra: Ponte pedonale in legno lamellare nella Comunità Montana Città di Castello (Cost).



gli elementi in legno a trattamenti sia ignifughi, sia idrorepellenti.

Il legno lamellare

Il legno lamellare è formato da listelli giuntati a pettine sulla lunghezza e successivamente incollati tra di loro in modo da ottenere un prodotto omogeneo, perfettamente stabile, esente da difetti e con una resistenza meccanica e una portata maggiori rispetto al legno massiccio. Le essenze usate sono l'abete e il larice.

Il processo tecnologico parte dal tronco che viene scomposto in tavole da cui vengono asportati nodi e parti difettose. Per la realizzazione del legno lamellare a strati incrociati s'impiega legname essiccato artificialmente con un'umidità di circa il 12%; viene così escluso il pericolo di attacco da parte di parassiti, funghi o insetti. Le singole tavole vengono piallate, incollate a pressione l'una

sull'altra in senso longitudinale, giuntate a pettine sulle teste e profilate secondo le specifiche richieste. Le lamelle ottenute hanno una lunghezza di alcune decine di metri e, a seconda delle finalità e delle esigenze statiche, si possono avere 3, 5, 7 o anche più strati. La disposizione incrociata delle lamelle longitudinali e trasversali permette di ridurre a valori trascurabili i fenomeni di rigonfiamento e ritiro del pannello, aumentandone notevolmente la resistenza statica e la stabilità dimensionale. Le lamelle, incollate danno vita al prodotto finito: travi a sezione costante o variabile, con asse rettilineo o curvo, che diventano travi primarie, travi secondarie, mensole, assiti pronti per l'impiego. Le travi sono prive di fessurazioni e non necessitano di particolari trattamenti protettivi.

Il lamellare, dal punto di vista strutturale, rispetto ai comuni materiali da costruzione in legno, offre possibilità di distribuzione del carico del tutto nuove. Il carico, infatti, non viene sorretto lungo un unico

Ponti e passerelle

1. Ponte a Rimini lunghezza metri 92 (Euroholz).

2. Passerella pedonale a Barberino del Mugello. La struttura principale è costituita da una coppia di archi a tre cerniere in legno lamellare (con luce di 72 metri), controventati tra loro mediante puntoni in legno lamellare e tiranti metallici disposti a croce di Sant'Andrea.

La struttura dell'impalcato è costituita da traversi di legno lamellare appesi mediante tiranti metallici agli archi principali. Il tavolato di calpestio è sostenuto da barcarecci lignei correnti e poggianti sui traversi. In questo caso la struttura ad arco esposta alle intemperie è protetta con scossaline poste sull'estradosso delle travi (Habitat Legno).

3. Ponte in legno lamellare a Castel Gomberto (Vi). Le travi in legno lamellare secondo le normative DIN 1052 con lamelle dello spessore di mm 33 sono incollate con colla melanina-urea-formaldeide (Europlan).

4. Passerella pedonale realizzata ad Onore (Nulli).

5. Le caratteristiche tipiche del lamellare di leggerezza, facilità di posa in opera, lunga durata e resistenza ad ogni situazione ambientale vengono evidenziate ed esaltate nella realizzazione di passerelle pedonali e di ponti carrabili e ciclabili (Arch Legno).

6. Gli elementi base della linea Tartaruga, in legno lamellare o massello, sono adatti alla realizzazione di nuove strutture o al completamento di prodotti standard. Come tutti gli altri prodotti, anche i semilavorati hanno subito il processo di impregnazione in autoclave, che li rende resistenti alle intemperie e longevi nel tempo. Per questo sono idonei a strutture che rimangono all'esterno 365 giorni all'anno (Pircher).



Le norme per il lamellare

L'assenza in Italia di una specifica normativa sulle costruzioni in legno e la non ancora completa e definitiva messa a punto della normativa europea Eurocodice 5, costringono ancora oggi i progettisti nazionali a fare riferimento alle varie normative estere, per cui il dimensionamento delle strutture in legno lamellare avviene normalmente in base alle norme tedesche DIN 1052. Tale normativa prescrive i valori di sollecitazione e deformazione ammissibili e i valori delle caratteristiche meccaniche. Si rispettano inoltre le normative italiane vigenti per quanto riguarda i carichi e le zone sismiche. Altre norme da rispettare sono quelle sul fuoco per gli edifici soggetti a verifica. La classe di resistenza deve essere richiesta dalla committenza, anche perché spesso vi sono discordanze d'interpretazione tra i vari comandi locali dei VV.FF. Quanto alla riduzione delle sezioni sotto l'azione del fuoco ci si riferisce alle indicazioni della UNI 9504 che considera una perdita di 0,7 mm/min. sulle facce investite dal fuoco di una trave; il calcolo viene effettuato con tensioni vicine a quelle di rottura e con carichi accidentali ridotti al 70 %.

asse, come nel caso delle travi e dei montanti, bensì può essere distribuito in tutte le direzioni. Il legno lamellare presenta buona resistenza nei riguardi delle varie sollecitazioni meccaniche; inoltre, poiché il coefficiente di dilatazione termica del materiale è molto basso (circa 1/3 rispetto a quello dell'acciaio o del c.a.), le strutture non presentano particolare sensibilità alle variazioni di temperatura. Nell'economia globale di una costruzione, la maggiore leggerezza del legno lamellare incide positivamente sui costi

totali, sul dimensionamento strutturale e sull'entità delle deformazioni, sia istantanee che differite. Rispetto alle tradizionali travi in legno massello le travi lamellari possono in particolare essere realizzate in lunghezze maggiori, con un rapporto base/altezza più favorevole ai fini della resistenza meccanica e con forme non necessariamente rettilinee. Il peso specifico del lamellare è di 1/5 rispetto a quello del cemento armato (500 kg/mc contro 2500) con conseguenze positive in termini di aumento della sostenibilità dei carichi, riduzione di dimensioni delle opere di fondazione ed ottimizzazione dei costi per gli spostamenti, sia interni allo stabilimento di produzione, sia di trasporto in cantiere, dove sono più semplici e rapide le operazioni di montaggio. Nelle grandi strutture il legno lamellare consente di ottenere luci molto ampie con pesi contenuti e quindi per il rapporto tra peso e resistenza meccanica, è più vantaggioso rispetto ad acciaio e cemento armato.

Nel legno, meglio se lamellare per l'assenza di fessurazioni, la combustione avviene lentamente a causa del ritardo opposto dallo strato carbonizzato. Sostanze igneo-ritardanti (non esistono sostanze ignifughe vere e proprie) sono usate raramente; la migliore difesa è un adeguato dimensionamento. Contrariamente all'acciaio o al cemento rinforzato, la trave lamellare non si piega o scheggia al fuoco e conserva un'elevata resistenza meccanica fino al momento della completa carbonizzazione: risulta quindi possibile progettare le travi in modo da garantire elevati livelli di sicurezza in caso di incendio. Il lamellare risponde pienamente alle disposizioni di legge che misurano la resistenza al fuoco, ossia la capacità di impedire la propagazione dell'incendio e di mantenere a lungo le capacità portanti sotto l'azione delle fiamme. La durabilità e la non attaccabilità da parte di agenti atmosferici o chimici è invece

una caratteristica naturale del legno, che trattamenti rigorosi in fase di processo produttivo contribuiscono ad aumentare. Immune da muffe e insetti, il lamellare sostiene condizioni ambientali estreme, come testimoniano i fabbricati realizzati in situazioni di umidità elevata, in ambienti salini prossimi al mare, in alta montagna e in luoghi sottoposti a notevoli escursioni termiche. L'incomparabile gamma di soluzioni strutturali suggerite dal lamellare ha permesso la realizzazione negli ultimi anni di strutture di grande impegno statico e di ampio ventaglio stilistico: travi inflesse su uno o più appoggi, portali a tre cerniere ad angolo curvo, giuntato o imbullonato, archi, cupole, travi a sbalzo, cassettonati, spazi con luci libere superiori anche ai 100 metri.

Le essenze più usate

La durabilità del legno dipende dalla sua capacità di resistere alle sollecitazioni biologiche, causate da insetti o funghi, e ambientali. Qualunque elemento da costruzione in legno può essere sottoposto all'azione costante degli agenti atmosferici solo se protetto con un prodotto adeguato. I preservanti, impropriamente detti impregnanti, esercitano la loro azione per una profondità di alcuni millimetri; sono sostanze date a pennello o a rullo. Possono essere incolori ma più spesso si usano coloranti; come vuole il nome, tuttavia, servono principalmente a preservare il legno dai funghi, dalle muffe e dagli insetti in quanto il legno di conifera potrebbe essere attaccato da funghi e muffe. In realtà l'essiccazione artificiale e l'eliminazione delle sezioni intaccate nel ciclo di lavorazione lasciano ben poco spazio allo sviluppo di agenti biologici nei manufatti. La protezione agli agenti atmosferici viene garantita da un impregnante adatto per legni esposti all'esterno che protegge il legno dall'aggressione delle muffe, funghi e insetti ma anche dall'azione dei raggi ultravioletti e dalle

Recinzioni

1. Recinzione in legno (Feltrinelli).

2. La recinzione Forma tipo Croce di Sant'Andrea è particolarmente robusta e adatta per delimitare grandi aree, quali parchi e coltivazioni. I moduli risultano da 2 e 4 metri e prevedono un piantone con punta (per un più agevole inserimento nel terreno) e con sella (per l'alloggiamento del palo corrimano superiore) per consentire un montaggio semplice e veloce. Per il fissaggio del palo corrimano al piantone si consiglia l'utilizzo di bandelle o tirafondi. La croce è formata da due pali con incastrato centrale ed è assemblata con un tirafondo. I pali utilizzati hanno un diametro di 10 cm e sono in pino impregnato in autoclave con liquidi esenti da cromo e arsenico (secondo la norma DIN 68800/3)(Guercio).



Ambiente	Effetti	Resistenze naturali cure progettabili	Accorgimenti
Atmosfera molto umida	Favorisce i funghi	Assicurare aerazione estrema travi	Colle resorciniche e melaminiche. Uso di impregnanti e vernici specifiche.
Atmosfera con umidità (UR) molto diversa dal previsto	Il legno non è in equilibrio; deformazioni travi ed eventuali fessurazioni	Assumere informazioni corrette su condizioni di impiego	Colle resorciniche e melaminiche. Vernici stabilizzanti dimensionali
Atmosfera industriale acida, piscina (cloro), manifestazioni vulcaniche (zolfo)	Anche i valori estremi di acidità (ph=2,5) sono inefficaci (a differenza della pianta in piedi)	Il legno resiste bene fino a ph=2 cioè per acidità superiore a quelle riscontrabili (basti pensare all'uso nell'industria chimica)	Colle resorciniche e melaminiche
Atmosfera industriale alcalina	Anche forti valori di alcalinità non sono dannosi	Il legno resiste bene fino a ph=11 (tessile, lavanderie, agricoltura) valore che mette in crisi acciaio e c.a. L'alcalinità protegge dai funghi	Colle resorciniche e melaminiche
Ambiente marino	La salsedine, data da cloruro di sodio è piuttosto stabile. I raggi U.V. sono debolmente dannosi per la parte superficiale degli anelli teneri	Anche se venisse meno la stabilità del cloruro di sodio, si rientra nei casi di atmosfera industriale con ottima resistenza. Proteggere la struttura (il vetro assorbe i raggi U.V.)	Colle resorciniche e melaminiche. Uso di impregnanti resistenti ai raggi U.V.

possono essere anche impregnati in diversi colori perché essendo al naturale può assumere qualunque colorazione. Per i prodotti di arredo esterno (recinzioni, passerelle) la specie più adatta è il pino nordico o pino silvestris proveniente dal Nord Europa. La crescita lenta di questi alberi consente di ottenere un legname con particolari caratteristiche di resistenza. Per prolungarne la durata dei prodotti in pino viene utilizzato il trattamento sottovuoto ad alta pressione, l'impregnazione in autoclave, che protegge e prolunga la durata del manufatto in legno. Il pino è particolarmente adatto all'impregnazione in autoclave, data la particolare composizione della fibra che bagnandosi lascia penetrare i liquidi in profondità. Si ottiene così un legno con ottima resistenza sia meccanica che agli agenti atmosferici. Dopo il processo di impregnazione il pino assume un colorito verdognolo non uniforme dovuto alla

intemperie. I prodotti dopo i processi di impregnazione risultano atossici.

Nelle strutture in legno lamellare viene usato di norma l'abete rosso senza però escludere l'impiego di altre conifere, come il larice. Il legname è prevalentemente d'importazione da paesi come Austria, Nord Europa, ed ex Unione Sovietica.

Particolarmente adatto per usi esterni è il larice siberiano, una pianta abituata a vivere in condizioni climatiche molto difficili: ha una crescita molto lenta e raggiunge dimensioni ragguardevoli. Il legno sezionato presenta anelli di crescita vicinissimi, dati dal lento sviluppo della pianta, che conferiscono al legno alta densità, resistenza meccanica e una peculiare resistenza agli agenti atmosferici. Le caratteristiche intrinseche del larice siberiano ne permettono l'utilizzo al naturale per prodotti da esterno. Grazie alla sua resina, che svolge un'azione antibatterica e antimicotica, si ottiene una resistenza agli agenti atmosferici che normalmente può essere raggiunta solo con l'impregnazione in autoclave. I prodotti in larice

Il ponte lamellare più lungo al mondo

Il ponte in lamellare più lungo del mondo è stato di recente realizzato sul fiume Glomma a Flisa in Norvegia dai carpentieri della Moelven Limare AS, gli stessi che hanno costruito le strutture per l'aeroporto internazionale di Oslo e lo stadio del ghiaccio di Hamar per i giochi invernali di Lillehammer del 1992. Il ponte stradale, che ne sostituisce uno metallico, ha una lunghezza totale di 181,5 metri con trave centrale di 71. Due travi Bowstring (travi reticolari a maglia triangolare con corrente superiore ad arco) sono sostenute a un estremo da una trave Cantilever (trave con due sbalzi e profilo superiore parabolico), realizzando nel loro insieme una trave Gerber su quattro appoggi. Date le dimensioni delle travi assemblate si sono rese necessarie le più alte gru del Nord Europa. Il ponte sul fiume Flisia rientra nel programma Nordic Timber Bridge di cooperazione tra Svezia, Finlandia, Danimarca e Norvegia, cui partecipano industrie, istituti di ricerca sul legno e amministrazioni pubbliche, programma che ha lo scopo di incrementare le conoscenze sull'uso del legno nei ponti con un confronto diretto su prestazioni del materiale, svantaggi, aspetti ambientali, costi di costruzione, ciclo di vita, manutenzione.



presenza di rame nell'insieme dei sali utilizzati; la superficie impregnata può essere poi trattata con vernice impregnante, mordente o colorante.

Le applicazioni in esterno

Grazie ai progressi tecnologici nella produzione del legno è oggi possibile utilizzare questo materiale per applicazioni esterne di ogni tipo. L'utilizzo del legno lamellare si consiglia per strutture di una certa dimensione come i ponti e le passerelle. Tradizionalmente il legno veniva usato per i ponti a trave semplice e reticolare; poi venne sostituito come materiale dai ponti metallici a traliccio e trave continua. Grazie alla tecnologia del legno lamellare vi è oggi un nuovo interesse per i ponti in legno, a trave o ad arco, grazie alla possibilità di realizzare luci libere anche di 100 metri. Il legno offre il vantaggio della leggerezza e delle rapidità costruttiva, grazie alla possibilità di preassemblare in stabilimento le travate. Nella realizzazione dei ponti è buona norma consentire una corretta ventilazione ed eliminare i punti di ristagno dell'acqua tra ferramenta e legno. Per queste esigenze strutturali l'essenza legnosa che si adatta bene è l'abete rosso ma anche il larice.

La carpenteria in acciaio pesante e leggera serve in genere per realizzare vincoli ed unioni e rappresenta un aspetto molto importante del calcolo con un'incidenza di costo che può giungere fino al 30% del costo del legno lamellare. Quando non vi siano esigenze di resistenza al fuoco per la struttura è preferibile lasciarla in vista per un più facile controllo del suo stato di manutenzione (importante specie se non zincata). Qualora invece vi siano problemi di resistenza al fuoco è meglio ridurre la presenza di ferro (ad esempio sostituendo le croci di S. Andrea con diagonali in legno lamellare che assorbono sia azioni di trazione che di compressione);

Strutture e coperture

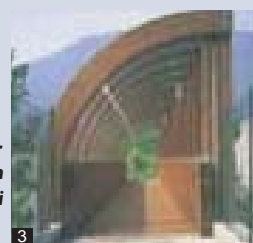
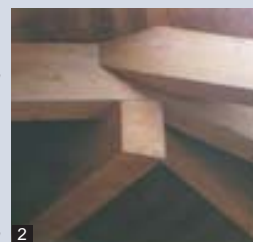
1. Il legno multistrato a strati incrociati Kreuzlageholz KLH è costituito da pannelli realizzati con tavole di abete rosso sovrapposte e ruotate di 90° rispetto allo strato sottostante e poi incollate tra di loro con collanti senza solventi o formaldeide. I pannelli strutturali in legno massiccio hanno una lunghezza di m 16,5 di lunghezza per m 2,95 di larghezza e m 0,5 di spessore. La struttura incrociata dei pannelli permette di ridurre a grandezze trascurabili i fenomeni di rigonfiamento e ritiro, aumentando la resistenza statica. Dal punto di vista strutturale i pannelli sono molto versatili in quanto possono essere caricati non solo lungo un asse direzionale (travi, pilastri) ma in tutte le direzioni; risultano quindi adatti per qualsiasi tipo di struttura: edifici, capannoni, ponti (KLH).

2. Un particolare costruttivo a cinque vie (Tecnolegno).

3. L'esigenza di realizzare strutture per grandi luci che associno caratteristiche di resistenza e flessibilità all'adattamento ambientale, trova nel legno lamellare il miglior interprete (Interholz).

4. L'American White Oak (quercia bianca o rovere bianco americano) è una specie adatta per essere impiegata in esterni, diffusa negli Stati Uniti orientali. E' simile alla quercia europea, si lavora bene, ha una buona tenuta ai chiodi e alle viti ma reagisce al ferro. Può venire trattata con mordenti e impregnanti e lucidata. Si tratta di un legno duro e pesante con resistenza media alla curvatura e alla compressione, di scarsa rigidità, facilmente piegabile a vapore (American Hardwood Export Council).

5. Il Kerto è un compensato multistrato strutturale con una composizione simile al LVL (Laminated Veneer Lumber) prodotto negli Stati Uniti e in Canada. E' molto più resistente del legno lamellare tradizionale ed è indeformabile all'umidità. Viene prodotto in Finlandia ed esportato in tutto il mondo. I campi di applicazione vanno dalla costruzione di grandi coperture alla cantieristica navale, dall'arredo ai solai in legno. Particolarmente interessanti sono le applicazioni in strutture portanti e sottoposte a carichi particolarmente pesanti dei grandi padiglioni, delle cupole, dei ponti, degli edifici a più piani e delle costruzioni speciali. E' realizzato con fogli di legno di abete che vengono essiccati artificialmente, incollati con una colla su base acqua e sovrapposti tra di loro in modo da formare superfici particolarmente ampie. Successivamente gli elementi vengono tagliati su misura per ottenere travi e pannelli. Gli elementi devono essere protetti come il legno lamellare (Finnforest).



la ferramenta irrinunciabile è bene sia interna al legno od opportunamente trattata con sostanze igneo-ritardanti.

Per la realizzazione di recinzioni e dell'arredo giardino è il pino nordico la specie più usata. In pino vengono prodotti pali e listelli per innumerevoli applicazioni (palizzate, recinzioni). A causa dell'essiccazione del legno possono presentare delle fenditure e spaccature che comunque non compromettono la resistenza meccanica dell'elemento. Per quanto riguarda la messa in opera è importan-

te ricordare che il legno lamellare non deve essere interrato ma fissato a terra con apposite staffe di ancoraggio. E' meglio utilizzare staffe anche per i prodotti in legno massiccio; nel caso di interramento è necessario creare attorno al palo uno strato di ghiaietto per permettere al terreno un drenaggio adeguato. Occorre controllare che la struttura non sia a contatto con concimi organici, materiale in decomposizione o terreno con alta acidità, sostanze che potrebbero intaccare il legno.