

The logo for Lignum, featuring the word "Lignum" in a bold, sans-serif font. The "L" is significantly larger than the other letters and is partially enclosed by a white square shape.A wide-angle photograph of a large, modern conference room. The room features a curved wooden ceiling with recessed lighting and three large, illuminated spherical light fixtures with a honeycomb pattern. The seating consists of long, curved tables with chairs, arranged in a semi-circle. A large window is visible in the background, and a person is seated at a table in the distance.

**Argomenti a
favore del legno**

Indice

3 Editoriale

Lignum informa
Lignum motiva
Lignum sensibilizza
Lignum pubblica
Consulenze Lignum

4 Il materiale legno

Una materia prima che cresce da sola
Utilizzo
Il bosco svizzero
Proprietà del legno
Specie legnose - La diversità nel bosco e nell'edificio
La giusta qualità al posto giusto
Materiali a base di legno
Prodotti a base di legno

8 Progettazione ed esecuzione

Progettazione
Prefabbricazione e sistemi costruttivi
Costi complessivi
Finiture interne
Parquet, pavimenti in laminato e tavolato

12 Sistemi costruttivi

Costruzione in legno ponderata e intelligente
Standard energetici
Tecniche di lavorazione
Innovazione
Sistemi costruttivi

16 Durabilità

Il legno nel ciclo di vita umano e naturale
Protezione costruttiva del legno
Durabilità naturale e trattamenti preventivi
Il legno modificato
Rivestimento di facciate in legno
Ingrigimento naturale
Trattamenti di ingrimento artificiale
Ingrigimento naturale in deposito
Trattamenti semitrasparenti o coprenti
Manutenzione di facciate trattate
Facciate con altri materiali

20 Risanare e ampliare

Esigenze diverse
Densificare
Risanamento energetico
Risanamento delle facciate esterne
Risanamento delle finiture interne
Risanamento dei pavimenti e isolamento contro il calpestio
Terrazze in legno e serre
Ampliamenti e sopraelevazioni

24 Sicurezza

Sicurezza strutturale ed efficienza funzionale
Caratteristiche tecniche del materiale
Esigenze di sicurezza antincendio e impiego del legno
Sicurezza grazie alla ricerca, allo sviluppo e al transfer tecnologico

28 Comfort e benessere

Il comfort
Isolamento termico invernale
Isolamento termico estivo
Il rumore
Acustica della costruzione
Acustica ambientale
Elettrosmog
Qualità dell'aria
Formaldeide

32 Sostenibilità

Il modello di successo del «Bosco Svizzero»
Incentivare la conservazione delle foreste a livello globale
Obiettivi della politica climatica
La società a 2000 Watt
Effetti sostitutivi del legno quale materiale da costruzione
Effetto «pozzo di carbonio» del legno costruito
quale riserva di CO₂
Effetto sostitutivo tramite l'utilizzo di legno
usato per la produzione di energia
Ciclo vitale dei prodotti – Ecobilancio
Il legno e le sue molte vite

36 Colophon, Crediti immagini

Editoriale



Sandra Burlet
Direttrice Lignum,
Economia svizzera del legno

L'edilizia in legno negli ultimi anni ha segnato una vera e propria rinascita. Il legno si è ripreso un posto di primissimo piano nelle aree urbane anche grazie alla costruzione di grandi complessi residenziali. Le restrizioni che gravavano sull'edilizia in legno legate alla sicurezza antincendio sono state eliminate. Oggigiorno si richiede che le costruzioni vengano progettate ponendo l'accento al basso consumo energetico; in questo contesto il legno mette a disposizione una gamma di prodotti termoisolanti di qualità. Il calcolo sul consumo dell'energia grigia nel concetto di Società a 2000 watt favorisce il materiale legno. L'architettura sviluppata utilizzando il legno permette di incrementare gli standard di innovazione urbana. Se volessimo veramente lottare per la sostenibilità in ogni aspetto della quotidianità, non dovremmo limitarci al solo dibattito sul clima. L'edilizia in legno è sostenibile sotto tutti i punti di vista e i Committenti sono garantiti dai bassi costi accessori abbinati ad una elevata qualità abitativa. Committenti e investitori si pongono ancora alcune domande sulle proprietà del materiale legno così come sulle sue numerose applicazioni; nelle pagine seguenti tenteremo di dare una risposta ai quesiti più importanti. Lignum è il referente settoriale che potrà supportarvi in tutti gli aspetti del costruire con il legno.

Lignum informa

La competenza progettuale tecnica e imprenditoriale è la base essenziale per realizzare in modo convincente le idee. La formazione è implementata con competenza nelle scuole artigianali e tecniche, nelle scuole universitarie professionali e nei politecnici. La ricerca e lo sviluppo generano risultati innovativi e promettenti nell'ambito dei sistemi di costruzione, della tecnologia dei materiali, della protezione del legno, dell'isolamento termico e fonico, della protezione antincendio, ecc.

” Lignum raggruppa queste competenze e le divulga per l'applicazione pratica.

Lignum motiva

Il legno è un materiale che ha sempre ispirato la creatività, l'innovazione e generato un ampio consenso realizzativo. Ciò è sicuramente legato a una lunga tradizione, ma anche alle caratteristiche positive di un materiale naturale, caldo e piacevole al tatto. Lignum promuove il legno e i suoi derivati.

Lignum sensibilizza

Il legno è associato ad un'alta qualità di vita e le nostre foreste modellano il paesaggio. I boschi caratterizzano i nostri paesaggi e sono luogo di svago e ricreazione, un aspetto ecologico positivo e importante. Nei boschi svizzeri cresce molto più legname di quanto ne venga utilizzato. Con il legno si producono oggetti preziosi e duraturi, la dimestichezza con il legno richiede competenze specialistiche che necessitano di informazioni affidabili. Lignum informa in modo indipendente, competente e pratico sulla ricerca, sulla produzione e sulla lavorazione del legno e dei materiali a base di legno.

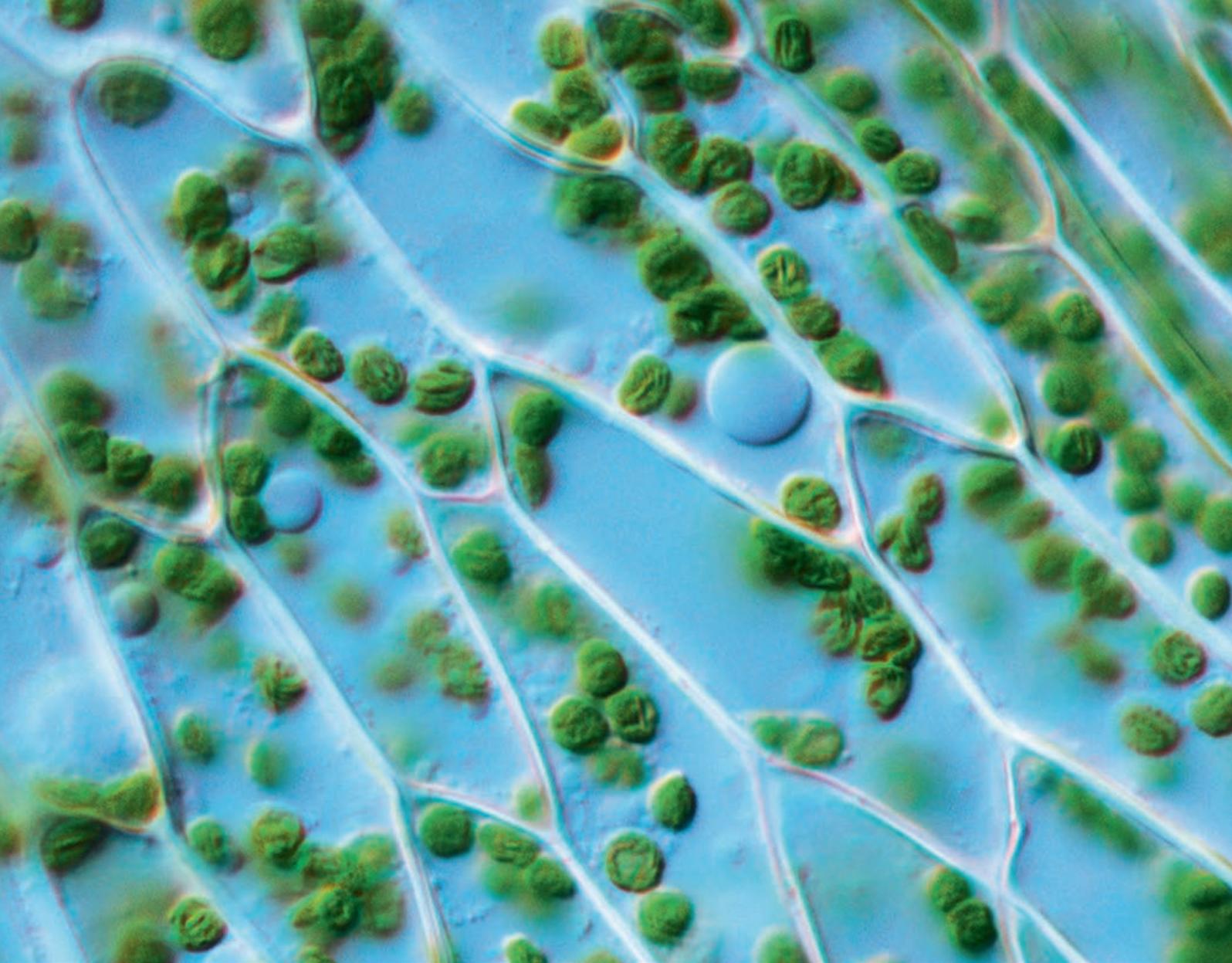
Lignum pubblica

Il Bollettino Legno viene pubblicato quattro volte all'anno. Ogni numero è dedicato ad un tema specifico e illustra le costruzioni innovative realizzate in legno. La Newsletter Lignum informa quattro volte all'anno sui progetti e sui nuovi prodotti così come sulle diverse iniziative in corso. Lignatec viene pubblicato a scadenza irregolare. Ogni edizione tratta in modo esaustivo un tema tecnico di attualità inerente al legno o alle procedure di produzione. Lignum dispone di un ampio portale web, nel quale è inserito un giornale online sul tema del legno in Svizzera.

Consulenze Lignum

La consulenza telefonica specialistica della Lignum è a disposizione di tutti gratuitamente; in tedesco alla hotline@lignum.ch no. 044 267 47 83, in francese allo 021 652 62 22 e in italiano allo 091 946 42 12

> www.lignum.ch



Il materiale legno

Con l'ausilio dell'energia solare, le piante producono molecole di zuccheri che gli alberi trasformano in legno. Il legno è il materiale da costruzione high-tech di origini naturali che da molti secoli procura all'uomo lavoro e conoscenze. Il settore del legno occupa in Svizzera circa 80 000 persone, corrispondente al 2% della popolazione attiva. La Svizzera dimostra da oltre 150 anni che è possibile una gestione sostenibile del patrimonio boschivo. Affinché questa storia di successo dell'economia forestale nazionale possa continuare, è necessario che anche in futuro consumatori e clienti continuino ad apprezzare il Legno Svizzero.

Una materia prima che cresce da sola

Nella lotta quotidiana per accedere alla luce nel bosco, le piante adottano un principio semplice; crescere sempre più in alto, più forti e più resistenti. Per questa ragione la natura ha sviluppato nel corso dei millenni un materiale straordinario composto essenzialmente da lignina e cellulosa: il legno, in latino lignum. Con l'ausilio dell'energia solare le piante generano la clorofilla tramite acqua (CO₂) e molecole di sali nutrizionali, formando molecole di zuccheri ad alto contenuto energetico che nei tronchi saranno successivamente trasformate in legno. Gli alberi più alti del mondo crescono fino a 115 metri di altezza e resistono alle forze del vento e della neve. Il legno è quindi un materiale duraturo, che cresce in autonomia e dalle prestazioni elevate.

Utilizzo

La crescita dell'albero giunto a maturità si riduce notevolmente; questo è il momento ottimale per abbatterlo. Il ciclo di vita di un albero varia fra 60 e 150 anni, in funzione delle diverse specie legnose. In questo periodo di vita ha tempo a sufficienza per riprodursi e popolare le parti di territorio ancora libere. Le piante più adatte alle condizioni climatiche locali si impongono e sopravvivono; in tal modo il bosco si mantiene sano

e vegeto attraverso una selezione naturale. Tramite tagli di selezione mirata in bosco, i forestali favoriscono anche la crescita delle essenze più ricercate diradando il rimanente. Negli spazi aperti e luminosi che vengono a crearsi, si sviluppano al suolo una moltitudine di cespugli e piante annuali, favorendo la biodiversità propria di un bosco ben gestito.

Il bosco svizzero

Circa un terzo della superficie della Svizzera è coperta da foreste protette da una specifica legge. Il bosco protegge dai pericoli naturali, rappresenta lo spazio vitale per animali e vegetali, è luogo di svago e riposo e non da ultimo produce legna. Il principio della sostenibilità delle foreste impone che il bosco adempia a tutte queste funzioni. Nel medesimo arco di tempo pertanto, non si potrà raccogliere più legname di quanto ne possa ricrescere. Dei 530 milioni di alberi presenti nei boschi svizzeri, il 60% appartiene alla famiglia delle conifere, il resto sono latifoglie. La crescita annuale delle nostre foreste corrisponde a circa 1 metro cubo di legno per singolo abitante. Nei boschi della Confederazione crescono ogni anno ca. 10 milioni di metri cubi di legname e ne vengono raccolti circa 5 milioni: di questi circa il 65% è trasformato dalle segherie e dai centri di lavorazione in legno segato, assi, perline e altro: il

10% viene trasformato in pannelli a base di legno, cellulosa e carta e il rimanente 25% viene utilizzato per la produzione di energia. Il consumo interno di circa 10,5 milioni di m³ potrebbe in gran parte essere prelevato dai boschi svizzeri. Possiamo e dobbiamo quindi sfruttare il legno indigeno. Ulteriori informazioni sul tema delle foreste e del legno si possono trovare sul sito dell'Ufficio Federale dell'Ambiente UFAM, oppure presso l'associazione WaldSchweiz.

> www.bafu.admin.ch/wald

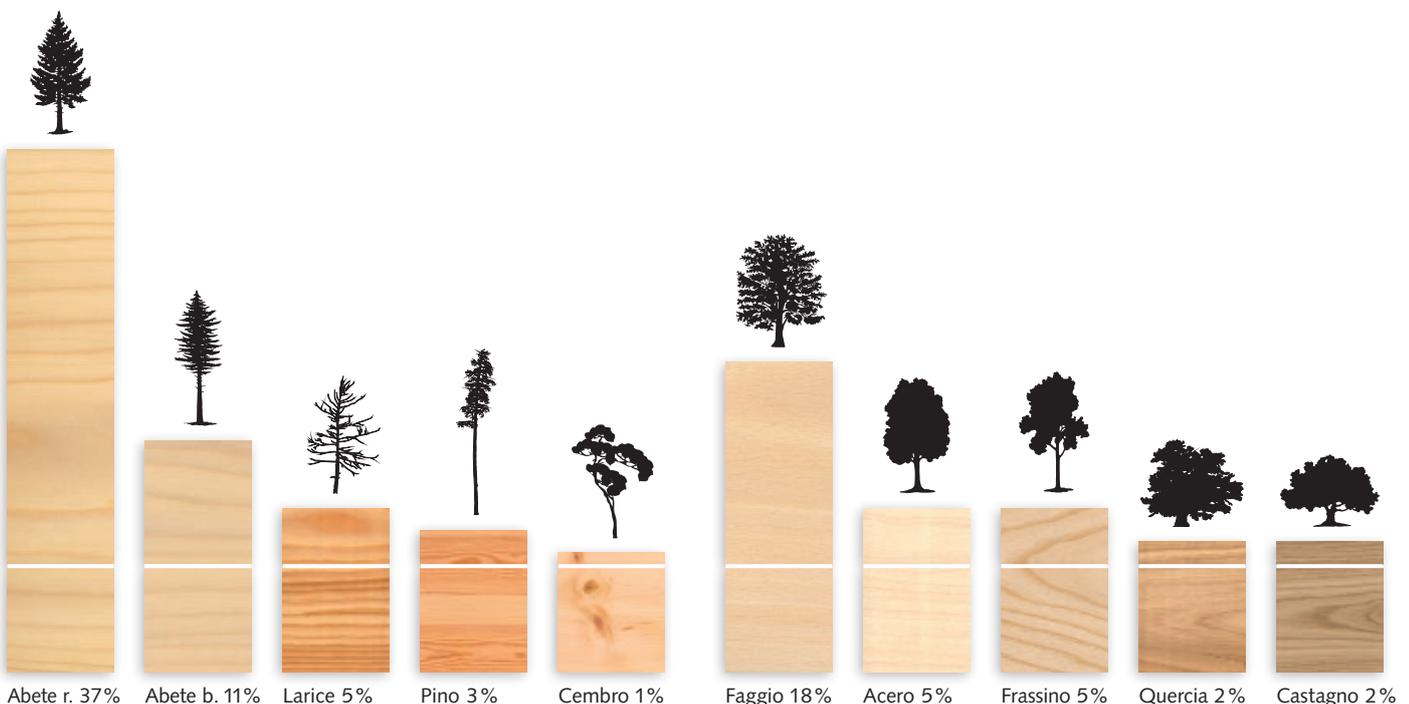
> www.boscoticino.ch

Proprietà del legno

Il legno è caldo e piacevole al tatto. La sua natura igroscopica assicura uno scambio continuo di umidità fra le fibre del legno e l'aria circostante, creando così un clima ben equilibrato. Il legno è leggero e molto resistente: in proporzione al proprio peso è 14 volte più resistente dell'acciaio. Le caratteristiche strut-

” *Lignum raccoglie queste informazioni e le divulga agli ingegneri e ai costruttori del legno sotto forma di documentazione specifica e prestazioni di consulenza.*

Ripartizione delle principali essenze nel bosco svizzero



turali del legno dipendono dalla direzione di riferimento. Parallelamente alla fibratura il legno può essere molto sollecitato. Lungo questo asse il legno presenta una resistenza a trazione maggiorata 100 volte e una resistenza a compressione maggiorata 4 volte rispetto all'asse perpendicolare della sua fibratura. La conoscenza di queste caratteristiche strutturali sono la base fondamentale per il suo corretto utilizzo nella costruzione.

Specie legnose – La diversità nel bosco e nell'edificio

Il legno non è sempre uguale. L'aspetto e le sue caratteristiche variano in funzione della specie legnosa: da leggero a pesante, da tenero a duro e da chiaro a scuro. Ogni specie legnosa ha quindi caratteristiche proprie. Per l'utilizzo esterno, sono per esempio adatte le specie di Castagno o Rovere ad elevato contenuto di tannini; per le sollecitazioni elevate il Frassino con le fibre decisamente lunghe mentre per la produzione di mobili le specie di Betulla e Acero con le fibre corte. Un corretto utilizzo delle specie favorisce anche la crescita di essenze miste e la biodiversità nel bosco.

La giusta qualità al posto giusto

” *Lignum offre una collezione di modelli delle varie specie legnose indigene.*

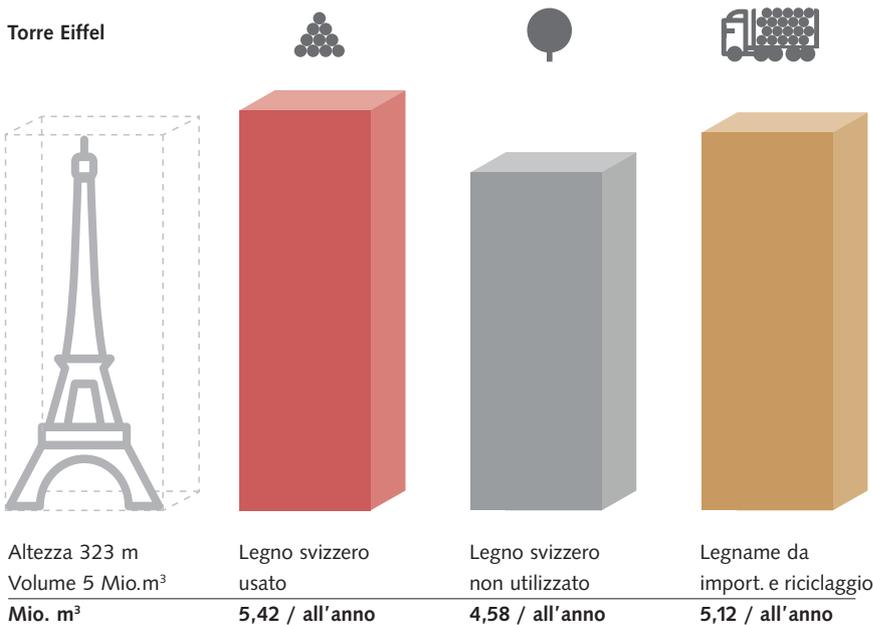
Ogni albero cresce individualmente, il suo legno può contenere tanti o pochi nodi, avere anelli di crescita stretti o larghi, presentare una colorazione chiara o più scura oppure essere incurvato o diritto. Il tronco e ogni sua parte, dovrà venire utilizzato conformemente alle proprie specifiche caratteristiche. Le segherie trasformano i tronchi selezionati basandosi sulla qualità necessaria per una serie di prodotti quali travi, travetti, tavole, lamelle e listoni. Dal punto di vista ecologico è importante che la qualità e l'utilizzo previsti, siano concordati dall'inizio con il fornitore del legname.

Materiali a base di legno

Le grandi dimensioni dei pannelli a base di legno sono il principio dell'edilizia in legno moderna. La produzione di materiali a base di legno si fonda su un concetto semplice: il legno viene trasformato in tavole, trucioli o fibre, per poi essere ricomposto in un nuovo formato, di regola con l'ausilio di collanti. Nascono così prodotti nuovi, con caratteristiche uniformi e costanti, con spessori e

Tasso di rigenerazione e uso del legno in Svizzera

In Svizzera crescono quasi 10 milioni di m³ di legname all'anno, che corrispondono al doppio del volume della Torre Eiffel. Purtroppo ne vengono utilizzati solo 5,4 milioni di m³. 4,6 milioni di m³ rimangono inutilizzati: la metà vanno persi a causa di processi di decomposizione naturali mentre l'altra metà vanno a rafforzare la riserva forestale sotto forma di alberi maturi. Ciò rallenta la rigenerazione del legno e limita la capacità di assorbimento di CO₂ della foresta. Allo stesso tempo, 5,1 milioni di m³ vengono importati sotto forma di prodotti trasformati quali carta e pannelli a base di legno.



dimensionamenti ben definiti. I materiali a base di legno creano un valore aggiunto e aprono ulteriori prospettive d'impiego. La valorizzazione di tronchi con caratteristiche modeste e gli scarti della produzione delle segherie garantiscono un impiego oculato della risorsa legno e favoriscono la concorrenzialità dell'intera filiera industriale. Un mercato edile privo di materiali da costruzione a base di legno è inimmaginabile anche dal profilo della concorrenzialità. Questi materiali, in funzione del continuo sviluppo ed evoluzione, si adattano costantemente alle esigenze del mercato e occupano un posto determinante presso i rivenditori edili.

> www.hwsschweiz.ch

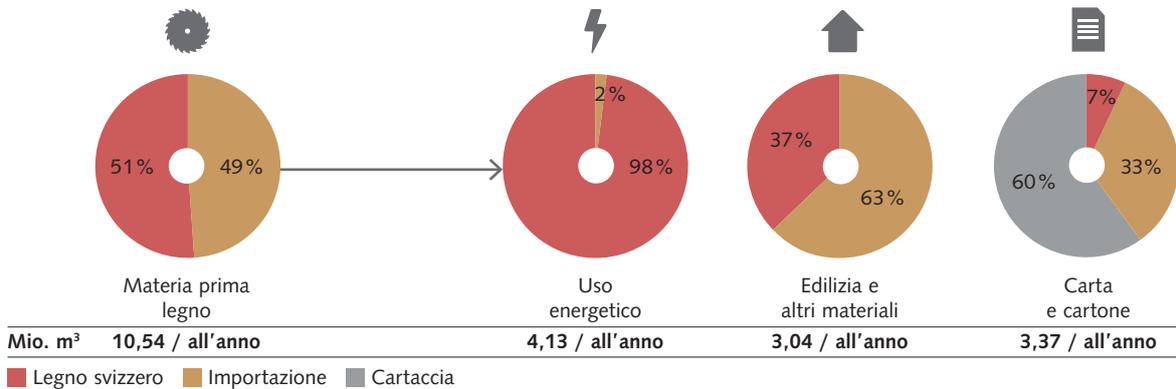
Prodotti a base di legno

Per merito dei moderni materiali a base di legno, di nuove tecnologie di lavorazione e alle combinazioni con altri materiali, le possibilità di utilizzo del legno aumentano esponenzialmente. Possono essere realizzate in legno ad esempio; le strutture portanti di ponti stradali altamente sollecitate, i capan-

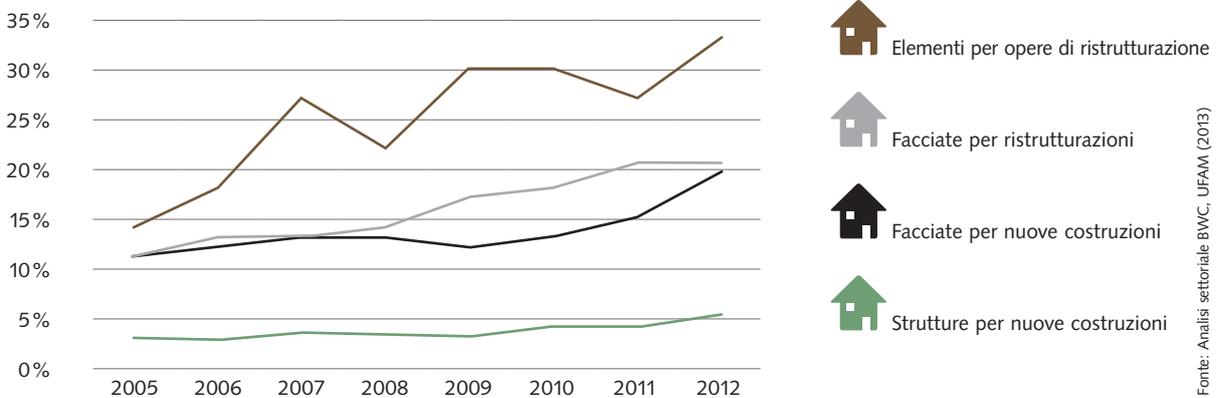
noni industriali e sportivi, gli edifici multipiano ad uso residenziale o amministrativo. I medesimi prodotti valgono anche quali elementi decorativi o funzionali dell'arredamento di interni. Vengono realizzati in legno oggetti e prodotti di consumo quali carta, giocattoli, taglieri da cucina o fiammiferi; finanche la vanillina per aromatizzare.

” *Affinché la qualità del legno sia descritta e definita in modo univoco e vincolante, Lignum ha pubblicato una documentazione specifica dal titolo «Criteri di qualità per il legno e per i materiali a base di legno».*

Volume annuale di legno trasformato



Utilizzo del legno in m³ nelle case unifamiliari 2005-2012



Roger Braun
Responsabile della sede di
SWISS KRONO AG

«Quale unico produttore svizzero di pannelli truciolari e MDF, utilizziamo unicamente risorse locali. Ecco perché oltre il 90 per cento del legno lavorato a Menznau proviene dai boschi svizzeri. Esportiamo con orgoglio in oltre 90 Paesi i materiali di qualità a base di legno «Made in Switzerland» prodotti nella nostra sede. Ci consideriamo una parte importante dell'«economia verde» e investiamo continuamente in Svizzera. Tramite le nostre innovazioni di prodotto, promuoviamo l'utilizzo del legno in tutti i settori; di riflesso siamo percepiti come il motore dell'innovazione per l'intero Gruppo SWISS KRONO.»



Progettazione ed esecuzione

Per merito della prefabbricazione, la realizzazione, il montaggio e la messa a disposizione di edifici con struttura in legno avvengono in modo molto rapido. Nelle zone urbane questo permette di ridurre i costi complessivi e semplifica le procedure di costruzione. La digitalizzazione delle informazioni, tramite la tecnologia integrata in 3D, è in gran parte già inserita nei processi di progettazione, produzione e costruzione. In tal modo anche edifici complessi di grandi dimensioni possono essere realizzati in modo efficace, economico e preciso.

Progettazione

Collaborando con l'architetto e gli altri specialisti della progettazione si definiscono le esigenze del cliente che si sviluppano in un progetto di costruzione in legno in sintonia con le prescrizioni vigenti. In presenza di investimenti a lungo termine sin dall'inizio si dovranno prendere in considerazione i costi di esercizio e il reddito previsto durante tutta la durata di vita dell'edificio. Andranno aggiunti gli oneri di progettazione e costruzione, efficienza energetica, manutenzione, trasformazione e demolizione. I progettisti specializzati sono in grado di realizzare edifici in legno che rispondono a tutte le esigenze e aspettative, in particolar modo nei casi di progettazione strutturale, fisica tecnica, protezione antincendio, installazioni tecniche o protezione del legno.

> swisstimberengineers.ch

Prefabbricazione e sistemi costruttivi

La costruzione in legno moderna consiste in una precisa ed efficace prefabbricazione, cui segue una rapidissima fase di montaggio in cantiere. La struttura portante è a questo punto già protetta dalle intemperie e le finiture interne possono essere realizzate senza perdite di tempo. Per merito della costruzione a secco gli inquilini possono prendere

possesso rapidamente degli spazi a loro assegnati. La fase di progettazione dell'edilizia in legno è più impegnativa, se confrontata a quella con altri materiali; questo impegno supplementare è comunque compensato dalla rapida fase di montaggio. Per il committente significa un minor costo e una maggiore qualità attraverso tutto il ciclo di vita dell'edificio. Ulteriori informazioni sulle prestazioni delle imprese di carpenteria e costruzione in legno presso l'associazione di categoria Holzbau Schweiz:

> www.holzbau-schweiz.ch

Finiture interne

Il falegname è per tutti «l'uomo che fa» le finiture interne, la cucina, i pavimenti e rivestimenti di pareti, gli armadi a muro, scaffali e tavoli, come pure porte e finestre. La cucina rappresenta oggi un elemento essenziale dello spazio di vita da realizzare secondo le esigenze specifiche del cliente. Molti falegnami sono dei generalisti e padroneggiano i materiali più disparati; altri preferiscono concentrarsi in un ambito di nicchia specifico, dove con il tempo diventano degli specialisti. Ulteriori informazioni sono disponibili presso l'associazione dei fabbricanti di mobili e di serramenti ASFMS:

> www.luomocheffa.ch

” *Tramite il periodico trimestrale Bollettino Legno, Lignum informa su soluzioni attuali nell'ambito delle costruzioni svizzere in legno.*

Parquet, pavimenti in laminato e tavolato

I pavimenti in legno sono adatti per ogni stile di abitazione. In molti Paesi il pavimento in legno è il simbolo per eccellenza di un elevato standard delle finiture; grazie alla sua ridotta conducibilità termica risulta caldo al tatto e facile da pulire. Fra i parquet è possibile scegliere quelli in legno massiccio di qualità superiore, il pavimento rustico oppure il multistrato. La realizzazione del pavimento può essere personalizzata a piacimento tramite la scelta della specie legnosa, della disposizione in posa, del trattamento delle superfici e del colore. I pavimenti in legno hanno una durata media di 40 anni e a dipendenza dello spessore possono essere levigati più volte. La superficie può essere trattata con olio o cera, oppure può essere ricoperta con una lacca impermeabile. I pavimenti in laminato sono invece realizzati con un rivestimento di materiali a base di legno, particolarmente convenienti.

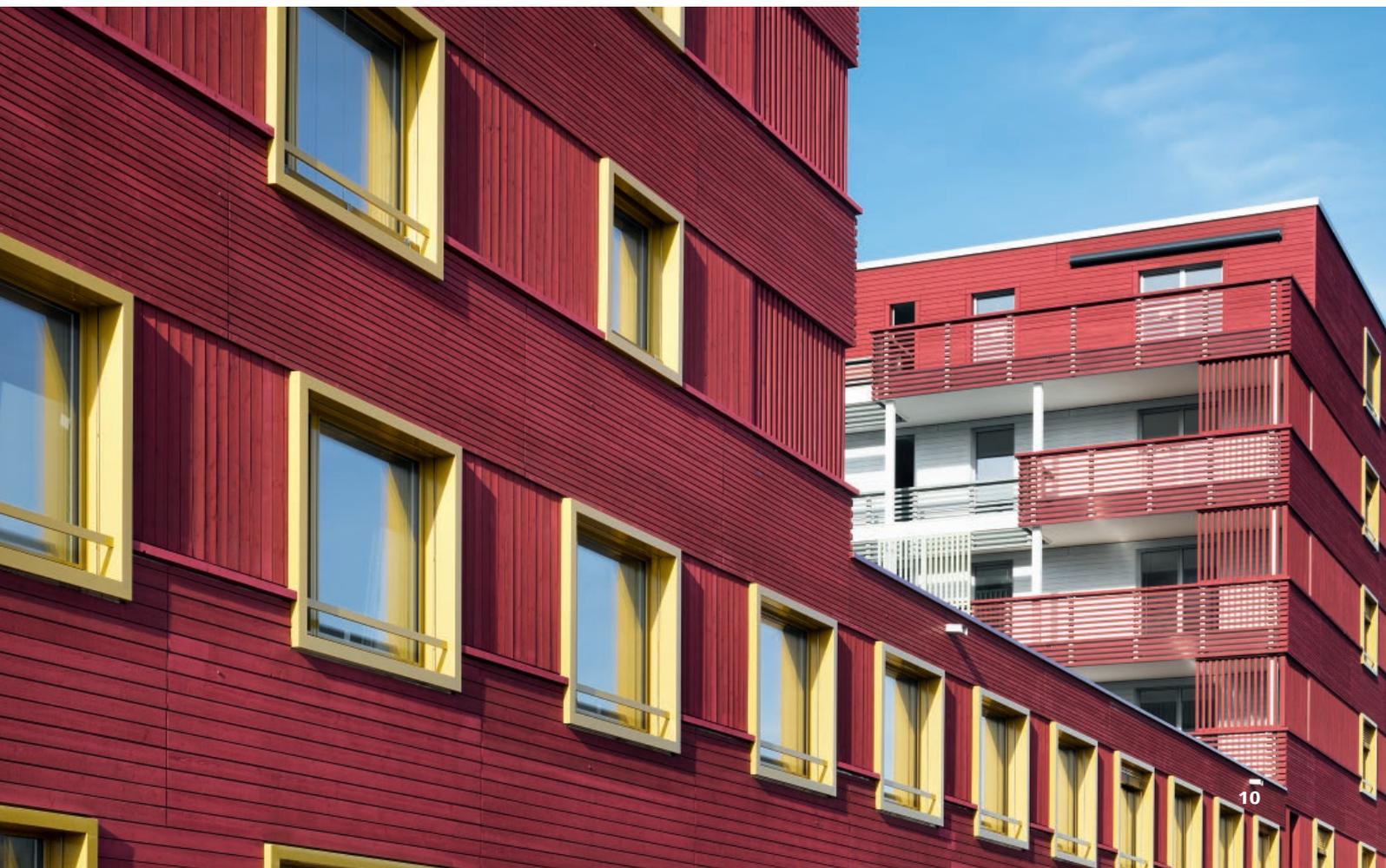
ISP (Interessengemeinschaft Schweizer Parkettmarkt):

> www.parkett-verband.ch

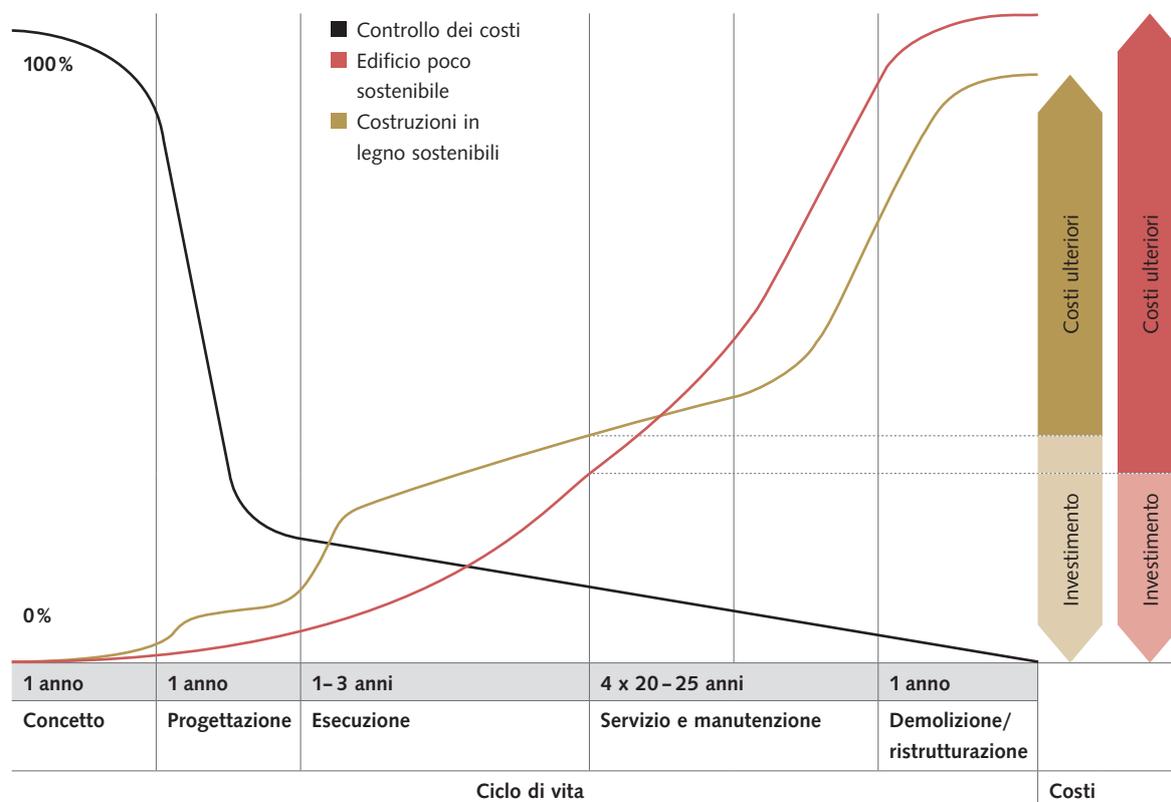
Costi complessivi

I costi di una costruzione comprendono le spese di progettazione, allacciamento, realizzazione e messa in servizio. Per la gestione ordinaria i costi riguardano gli interessi sul capitale, le assicurazioni, l'esercizio e la manutenzione. Gli standard di finitura influiscono sulla valutazione immobiliare e determinano gli interessi sul capitale. È possibile contabilizzare anche il provento di eventuali impianti solari e della maggior resa negli uffici. Nel corso degli anni la riduzione dei consumi energetici porterà a risparmi considerevoli. Gli edifici in legno inoltre permettono di eseguire facilmente ulteriori adattamenti e modifiche.

Gli investitori particolarmente oculati, come le cooperative o i gruppi privati, costruiscono in legno poiché sono consapevoli di poter integrare nelle loro considerazioni, tutti gli aspetti legati al costo complessivo durante il ciclo di vita dell'edificio e dell'abitare sano. L'edilizia in legno è richiesta anche per gli edifici di reddito: essendo l'offerta di appartamenti costruiti in legno più bassa della domanda, quest'ultimi possono essere affittati in forma più redditizia.



Relazione tra i costi del ciclo di vita e il metodo costruttivo



Claudio Zali
Consigliere di Stato
Direttore
del Dipartimento
del Territorio del
Canton Ticino

«Per lo sviluppo dell'edilizia in legno credo vi siano ottime opportunità di crescita che possono favorire anche la creazione di posti di lavoro e di nuove attività. L'edilizia in legno sollecita, infatti, la creatività e lo sviluppo di nuovi criteri di progettazione per riappropriarsi delle innumerevoli possibilità architettoniche ed estetiche delle strutture in legno. Presso gli stabili pubblici, a parità di condizioni, il legno indigeno va certamente favorito in quanto l'utilizzo di questa nostra materia prima rinnovabile ha un impatto molto positivo sull'economia locale e sulla valorizzazione di un prodotto a km zero. Progetti realizzati in questo modo sono anche degli esempi virtuosi che mostrano come sia possibile dare concretezza ai concetti di sostenibilità e filiera corta.»

Sistemi costruttivi

Preso la decisione di costruire in legno, si presenta immediatamente il quesito della scelta di un sistema costruttivo adatto. Esiste un aspetto comune a tutti i sistemi costruttivi in legno: la prefabbricazione. Quando in cantiere si lavora alle fondamenta in calcestruzzo dell'edificio, il carpentiere sta già preparando nella sua officina i diversi elementi delle pareti e solette. Grazie a sistemi costruttivi ben collaudati vengono realizzate in modo razionale e concorrenziale, costruzioni specifiche alle esigenze di ogni cliente con dettagli personalizzati.





Costruzione in legno ponderata e intelligente

Nella costruzione in legno il principio di realizzare un sistema completo e integrato non si limita alla struttura portante; esso comprende tutto l'edificio e l'isolamento termico. In alcuni casi si realizzano moduli prefabbricati completi delle finiture interne. Al giorno d'oggi i sistemi più diffusi sono la costruzione intelaiata e i telai portanti. La struttura snella degli elementi costruttivi permette di integrarvi l'isolamento termico e gli impianti tecnici, riducendo fino al 50% lo spessore delle pareti in rapporto alla costruzione massiccia. Il peso ridotto permette inoltre di risparmiare sulla realizzazione delle fondamenta.

Standard energetici

L'isolamento termico e l'ombreggiamento influenzano i costi di esercizio, così come gli impianti di riscaldamento e raffrescamento o climatizzazione. Gli standard energetici attuali permettono di utilizzare in modo consapevole e sostenibile l'energia e definiscono concetti d'uso efficaci ed efficienti. Dove sentirsi a proprio agio se non in un abitare sano e piacevole? Ulteriori informazioni presso l'agenzia Minergie:

> www.minergie.ch

Tecniche di lavorazione

Utensili manuali, macchine per la lavorazione, impianti di lavorazione digitali e automatizzati permettono di tagliare, piallare e levigare perfettamente il legno. L'impiego della progettazione digitalizzata (CAD) combinata con la lavorazione a controllo numerico (CNC) e i processi di produzione automatizzati, permettono di realizzare elementi in legno di qualsiasi forma. La tecnologia attuale consente di costruire grandi edifici di qualsiasi forma e dimensione.

Innovazione

L'istituto per i materiali e la fisica della costruzione del Politecnico di Zurigo studia il materiale legno e sviluppa nuove procedure di lavorazione, come ad esempio l'applicazione delle nano-particelle alla tecnologia del legno.

> www.ifb.ethz.ch/woodmaterialscience

Cattedra di costruzione in legno del Politecnico Federale di Zurigo

La cattedra di costruzione in legno dell'Istituto di Statica e Costruzione del Politecnico di Zurigo studia e insegna l'applicazione del legno nell'edilizia e nella costruzione. In questo ambito la ricerca è oggi orientata principalmente alla definizione delle caratteristiche strutturali del legno di latifoglia, in modo da permetterne un utilizzo ottimale. Si lavora inoltre sulle possibilità di produrre nuove forme grazie all'impiego delle moderne tecniche digitali.

> www.frangi.ibk.ethz.ch

Politecnico Federale di Losanna

Anche presso il Laboratory for Timber Constructions IBOIS del Politecnico di Losanna si studiano nuovi sistemi di costruzione in legno.

> ibois.epfl.ch

EMPA Dübendorf

Sul sito dell'EMPA a Dübendorf la ricerca applicata al tema del legno è presente nei dipartimenti del legno e delle tecnologie delle superfici, nel Bio-engineered wood, Bio-inspired wood materials e materiali derivati dalla cellulosa.

> www.empa.ch/web/s302

Nell'edificio modulare e sperimentale di ricerca e innovazione dell'EMPA e dell'EA-WAG vengono sperimentati, in condizioni reali, materiali e sistemi innovativi con scopo di ricerca, sviluppo e validazione delle tecnologie innovative.

> www.nest.empa.ch

Scuole universitarie professionali di Berna

Alla SUP del Canton Berna due istituti si dedicano esclusivamente alla ricerca e sviluppo, i restanti alla formazione di professionisti per l'industria del legno: Institut für Holzbau, Tragwerke und Architektur e Institut für Werkstoffe und Holztechnologie.

> www.ahb.bfh.ch

Sistemi costruttivi

Costruzione ibrida

I sistemi di costruzione ibrida vengono realizzati combinando elementi di legno con calcestruzzo armato o muratura. Le solette ibride di legno e calcestruzzo sono di regola molto efficaci. Esistono soluzioni con la struttura portante in calcestruzzo armato composta da solette e pilastri e rifinita con elementi di tamponamento in legno esterni. Quest'ultimi risultano essere molto leggeri e più sottili di una parete esterna in muratura. In tal modo l'utilizzo del legno porta a migliorare il bilancio ecologico dell'intero edificio.

Costruzione a telaio

L'utilizzo di strutture a pilastri e travi ben definite con una luce sempre più ampia, permette di progettare con maggiore libertà. La costruzione realizzata in legno lamellare incollato può avere forme diverse e incurvate, creando in tal modo profili e spazi particolari. La costruzione a telaio è l'ideale in presenza di ampie luci ed edifici di grandi dimensioni. Grandi vantaggi si ottengono dalla flessibilità nella gestione degli spazi interni realizzati con pareti divisorie non strutturali e la possibilità di includere intere facciate in vetro.

Costruzione intelaiata

La costruzione intelaiata in legno si è affermata come la tipologia costruttiva più importante d'Europa. Gli elementi leggeri prefabbricati sono composti da un telaio lungo tutto il perimetro e completati da montanti verticali distribuiti a intervalli regolari. Quest'ossatura viene poi stabilizzata da una pannellatura su ambo i lati, realizzata con pannelli di truciol di legno o di gesso-fibra. L'isolamento termico è inserito direttamente nelle intercapedini fra i montanti. Questo sistema permette di realizzare elementi molto sottili e di risparmiare parecchio spazio. La costruzione intelaiata è particolarmente adatta alla prefabbricazione.

Costruzione massiccia

I pannelli incollati di grandi dimensioni come il compensato di tavole, i pannelli chiodati o i pacchetti di tavole, stanno alla base della costruzione massiccia. La principale caratteristica è la realizzazione di pareti e solette che, appositamente unite fra loro, formano una suddivisione spaziale dei locali e soprattutto una struttura portante tridimensionale semplice ed efficace. Le componenti della costruzione si riducono, mentre l'isolamento termico viene di regola applicato sulle superfici esterne. Le costruzioni massicce sono ideali per la discesa dei carichi verticali e orizzontali nelle fondamenta; un sistema ideale per edifici di grande altezza.

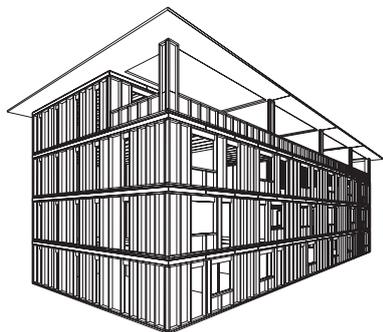
Costruzione massiccia tradizionale

La costruzione massiccia tradizionale è un'antica tecnica costruttiva. In passato le pareti dell'edificio venivano realizzate sovrapponendo tronchi di abete; oggi si usano spesso composizioni di parete a più strati, provviste di isolamento termico, con la superficie a vista sul lato esterno simile a quella tradizionale.

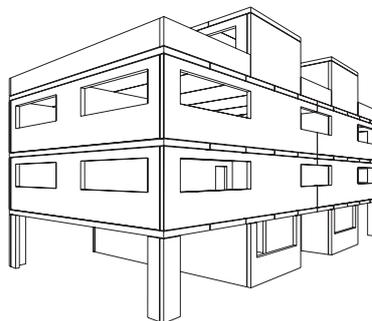
> www.holzbau-schweiz.ch



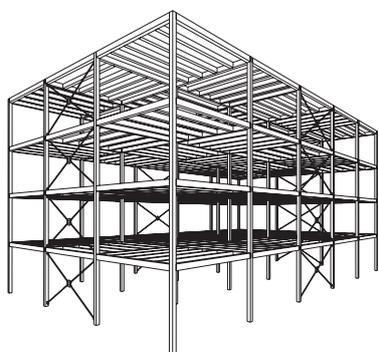
Costruzione a telaio



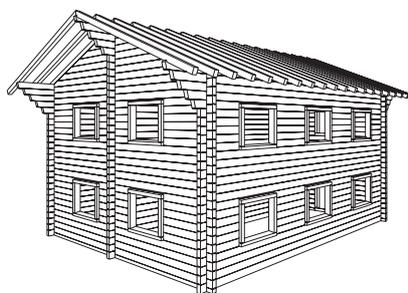
Costruzione massiccia



Costruzione intelaiata



Costruzione massiccia tradizionale



Luca Pagnamenta
Presidente Costruzione
in legno Svizzera Sezione
Ticino e Moesano
(ASCOLETI)

«Negli ultimi anni il settore della costruzione in legno ha conosciuto un'evoluzione positiva. I sistemi di edilizia in legno e la prefabbricazione, per noi come per diverse altre aziende, sono ormai un segmento importante. Questa tendenza ci ha permesso di diversificare la nostra attività, che prima era rappresentata quasi esclusivamente dalla costruzione e il rifacimento di tetti. Chi sceglie di costruire una casa in legno lo fa sia per il comfort abitativo, notoriamente molto elevato, sia per la consapevolezza di utilizzare un materiale ecologico, rinnovabile e duraturo. Inoltre uno dei principali vantaggi riguarda la rapidità di esecuzione. Grazie ad una pianificazione dettagliata e alla prefabbricazione in officina, l'esecuzione in cantiere è veloce e precisa.»



Durabilità

Il legno è per sua natura durevole. Se messo in opera ben essiccato e mantenuto asciutto, può durare per intere generazioni. Nel caso di umidità elevata il legno può essere protetto in forma costruttiva o mediante svariati tipi di trattamento. Il legno può essere combinato in modo ideale con altri materiali, richiede una manutenzione ridotta e può essere risanato e riciclato facilmente.

Il legno nel ciclo di vita umano e naturale

Il ciclo di vita del legno non comporta prodotti di scarto o rifiuti. Gli alberi morti sono decomposti dalle muffe, dai diversi microrganismi e dagli insetti. La velocità di decomposizione aumenta in presenza di temperature elevate e di un'umidità del legno superiore al 20%. In assenza di una delle condizioni necessarie, questa decomposizione può durare secoli. Alcune suppellettili in legno nelle tombe egizie sono sopravvissute oltre 3500 anni, mentre in Svizzera si trovano edifici vecchi di secoli. Uno degli edifici in legno più longevi d'Europa è la Nideröst-Haus di Svitto, di oltre 800 anni, la cui parte centrale è stata realizzata nel 1176.

Protezione costruttiva del legno

La migliore soluzione per prevenire il degrado del legno dovuto alla decomposizione di insetti e funghi consiste, tramite misure costruttive, nel mantenerlo ben asciutto o perlomeno ad un grado di umidità inferiore al 20%. A tale scopo esistono svariate soluzioni tecniche che permettono l'impiego del legno anche in zone umide. Protezione costruttiva del legno significa che il legno può senz'altro bagnarsi in caso di pioggia, ma che deve potersi asciugare rapidamente una volta tornato il bel tempo. La protezione del legno inizia già in fase di progettazione, con l'analisi degli effetti dell'umidità attorno e all'interno dell'edificio, prevedendo le misure protettive necessarie e adeguate. In funzione

” Il marchio Lignum «facciate in legno» attribuisce una certificazione di garanzia per prodotti semilavorati, realizzati secondo standard di qualità definiti e controllati.

delle condizioni climatiche locali può essere consigliabile realizzare una gronda che protegga dalla pioggia, offra un riparo ombreggiato d'estate e uno spazio asciutto. È importante che la base dell'edificio preveda un zoccolo che sollevi dal terreno la costruzione in legno. La corretta realizzazione di dettagli costruttivi in prossimità di finestre, balconi e sporgenze è semplicemente d'obbligo.

Durabilità naturale e trattamenti preventivi

In presenza di un alto rischio di degrado si può ricorrere all'utilizzo di specie legnose con un'elevata durabilità naturale. Le sostanze naturali immagazzinate nel durame del legno, lo rendono più resistente rispetto all'alburno. Negli spazi interni o protetti, dove l'umidità del legno non oltrepassa il 20%, non è necessario un trattamento con preservanti chimici; qualora il tasso di umidità del legno risulti superiore e non sia

possibile ricorrere a soluzioni costruttive, si può optare per la protezione chimica. In questo ambito sono disponibili trattamenti superficiali di ogni tipo, da quello trasparente a quello completamente coprente. Nei trattamenti chimici l'impregnazione sotto pressione esente da cromo è una soluzione ecologicamente accettabile.

Il marchio di qualità Lignum per il materiale impregnato in autoclave viene assegnato ai produttori che eseguono un trattamento del materiale tecnicamente ineccepibile e appropriato, basato sulle indicazioni del regolamento di riferimento.

Il legno modificato

Con la modifica della struttura del legno si interviene sulla sua composizione molecolare, trasformandola al punto tale da renderne difficile la scomposizione da parte dei microrganismi. È inoltre possibile ridurre l'assorbimento dell'acqua nel legno. Il suo riscaldamento a temperature fra i 170° e i 250° per un periodo dalle 24 fino alle 48 ore, porta alla formazione del legno trattato termicamente. Tramite l'impregnazione sotto pressione con acido acetico si realizza il legno acetilato, con l'alcool furfurilico si produce legno furfuralato. Appena elaborato, il legno trattato termicamente odora di affumicato e il legno acetilato di acido acetico; il legno modificato presenta caratteristiche meccaniche, ottiche e igroscopiche alterate.

Rivestimento di facciate in legno

La facciata rappresenta l'elemento decorativo e protettivo dell'edificio; in base alla sua esposizione e posizione essa è sottoposta in modo diverso all'influsso degli agenti atmosferici. La facciata eseguita in modo corretto impedisce danni alla struttura dell'edificio dovuti all'azione meccanica delle intemperie e all'umidità; inoltre permette il deflusso dell'acqua e assicura una rapida essiccazione delle parti in legno. Le facciate ventilate migliorano la possibilità di essiccazione del rivestimento e della costruzione sottostante.

Ingrigimento naturale

I raggi ultravioletti e i radicali liberi scompongono i legami della lignina e della cellulosa. Quando il legno è esposto alle intemperie, l'acqua dilava le parti di lignina più scure e la cellulosa più chiara resta visibile sulla superficie. Nel caso di esposizione alle intemperie e di clima mite si forma una pellicola microscopica di funghi grigi innocui che si nutrono delle sostanze libere contenute nel legno, di pollini e polveri vaganti. Lo strato di colorazione grigia purtroppo non è omogeneo su tutta la superficie; le facciate esposte e non trattate, con il passare del tempo, assumono una colorazione grigia dalle tonalità variabili fra il bruno e il grigio scuro. Spesso le facciate vengono perciò ingrigite artificialmente, conferendo loro una colorazione omogenea.

Trattamenti di ingrigimento artificiale

I trattamenti di ingrigimento artificiale si sono dimostrati efficaci per conferire alla facciata di legno naturale esposta alle intemperie, una colorazione omogenea di partenza. In tal modo vanno a mitigarsi le importanti variazioni cromatiche delle facciate in legno che si manifestano durante il processo naturale di invecchiamento. Sul mercato sono disponibili diversi sistemi di trattamento per l'ingrigimento artificiale con caratteristiche diverse. Le aree di facciata trattate in questo modo e ben protette dalle intemperie, così come quelle più esposte all'irraggiamento solare, possono assumere con il tempo una colorazione bruna.

Ingrigimento naturale in deposito

Per ottenere l'ingrigimento naturale in deposito, gli elementi delle facciate vengono disposti orizzontalmente ed esposti direttamente al sole e alle intemperie. I produttori specializzati accelerano il processo tramite l'aggiunta di enzimi; la lavorazione dura ca. 6 mesi.

Trattamenti semitrasparenti o coprenti

Le velature sono trattamenti semitrasparenti. Quando non creano una pellicola vengono definite «non coprenti». Le vernici sono per contro trattamenti coprenti, tra quest'ultime le lacche sono abbastanza ermetiche, mentre le cosiddette vernici svedesi sono più traspiranti. Per ottenere un buon legame del trattamento con la superficie del legno, la sua applicazione dovrebbe avvenire in officina. I tavolati grezzi di facciata o con superficie ruvida sono più idonei per questo tipo di trattamento. Gli interventi di impregnazione colorata vengono considerati semitrasparenti e non coprenti. Altri sistemi trasparenti, ad esempio un ulteriore trattamento idrorepellente, un'impregnazione, o un intervento protettivo contro i raggi UV, possono ridurre la manutenzione e aumentare l'efficienza funzionale.

Manutenzione di facciate trattate

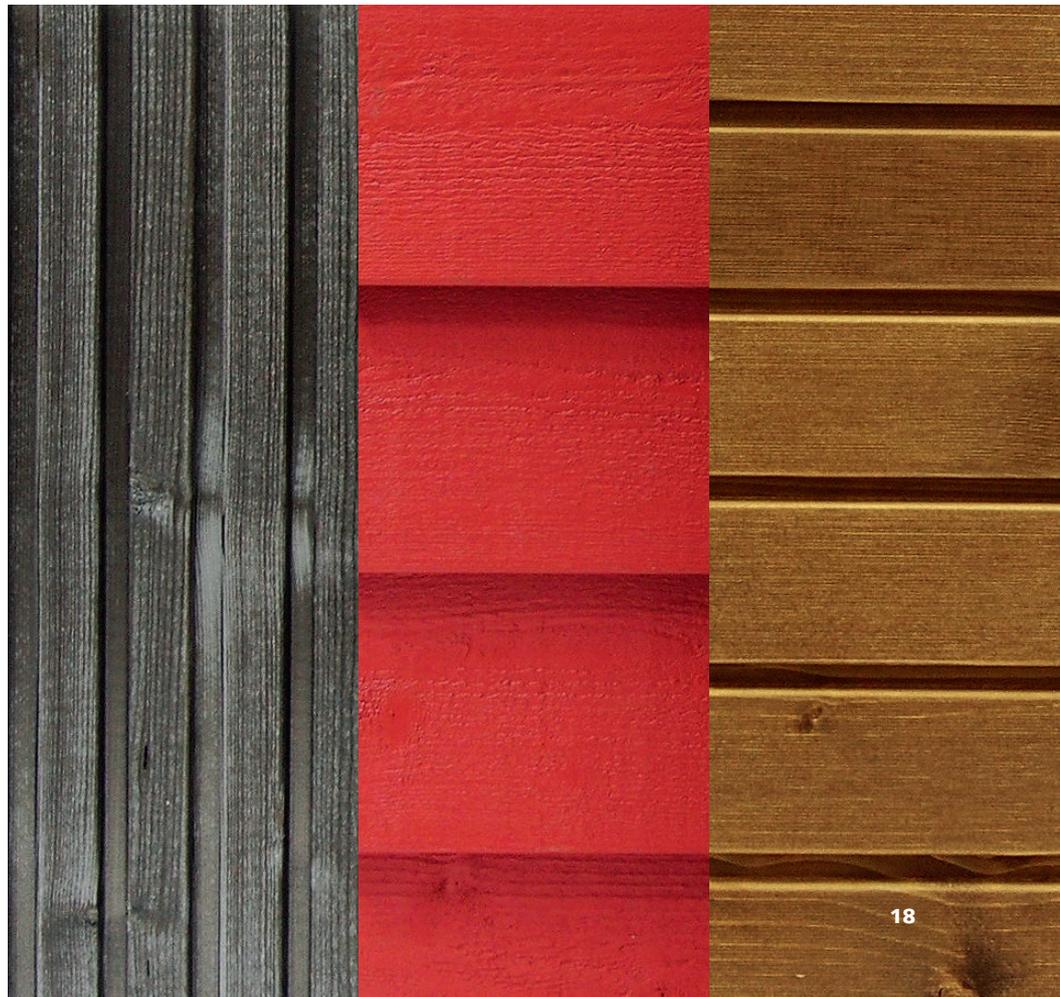
Al pari di tutte le superfici esterne e degli elementi esposti alle intemperie, anche le facciate di legno trattate superficialmente necessitano di una manutenzione. Il caso ideale sarebbe che il fornitore stesso consegni le indicazioni di manutenzione. Gli intervalli fra un intervento e l'altro dipendono dal prodotto impiegato, dall'esposizione, dall'altitudine e dalla nebbia.

> facadesenbois.ch

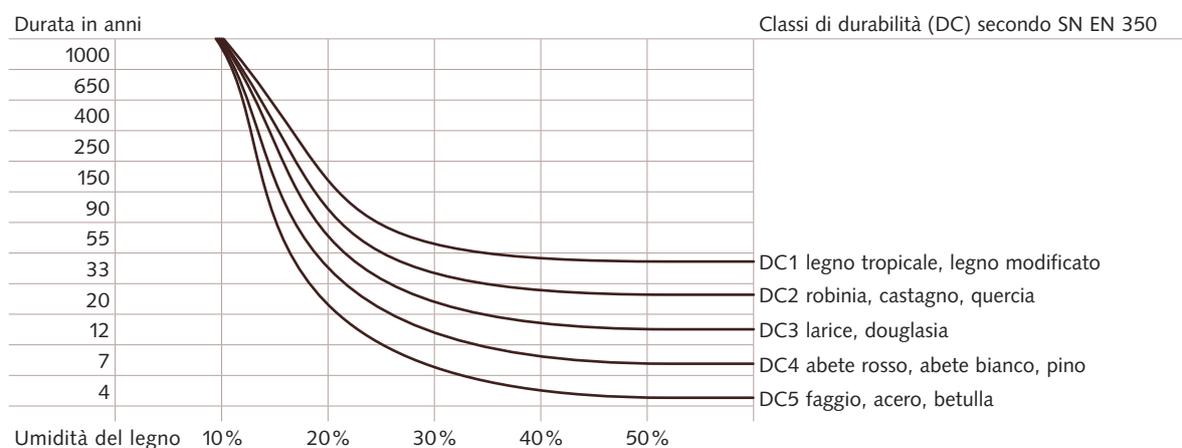
Facciate con altri materiali

Non tutti gli edifici in legno sono riconoscibili come tali dall'esterno. La costruzione in legno permette di ottenere qualsiasi forma di espressione architettonica. La facciata di un edificio in legno può essere rivestita anche con il vetro, con il metallo, con pannelli intonacati o con sistemi di cappotto termoisolante intonacato. La combinazione di diversi materiali può dare risultati esteticamente interessanti e avere un risultato favorevole anche in relazione alla durabilità e ai costi di manutenzione.

” Il marchio Lignum «facciate in legno» attribuisce una certificazione di garanzia per prodotti semilavorati, realizzati secondo standard di qualità definiti e controllati.



Umidità e durabilità



Classi di utilizzo (GK) secondo SN EN 335

Classi di utilizzo (GK)	Umidità del legno
GK 1	Secco, al di sotto del 20%
GK 2	Occasionalmente oltre il 20%
GK 3.1	Occasionalmente fino a spesso oltre il 20%
GK 3.2	Spesso fino a prevalentemente oltre il 20%
GK 4	Costantemente oltre il 20%



Professoressa Barbara Sintzel, Leiterin Institut Nachhaltigkeit und Energie am Bau FHNW

«Con la strategia «Netto null» decisa dal Consiglio Federale, costruire con il legno proveniente da una gestione sostenibile delle foreste acquista sempre più importanza. In questo contesto è importante minimizzare l'impronta dell'edificio – ovvero l'energia grigia incorporata e le relative emissioni di gas serra – già nella fase iniziale della progettazione. Con la ricerca sull'edilizia in legno sostenibile in combinazione con il metodo di lavoro BIM, diamo un contributo per semplificare la costruzione «Netto null».»



Risanare e ampliare

Durante gli anni del boom economico fra il 1950 e il 1970, negli agglomerati sono stati realizzati edifici e appartamenti senza particolare attenzione all'efficienza energetica o alla durabilità. Molti di questi edifici attendono ancora di essere risanati e non rispettano assolutamente gli standard attuali in materia. Essi dovrebbero essere ristrutturati per affrontare i prossimi 50 anni, eventualmente procedendo a sopraelevazioni o ampliamenti. Il risanamento in legno comporta un triplice effetto di sostenibilità: riduce i costi di esercizio, aumenta il valore dell'immobile e migliora la qualità di vita.

Esigenze diverse

La superficie media pro-capite necessaria ad abitare è aumentata dai 25 m² del 1950 agli attuali circa 46 m². La distribuzione degli spazi si è notevolmente evoluta: quello che ai tempi era lo spazio per un'abitazione di famiglia, oggi è un appartamento per single o per una coppia senza figli. In alternativa alla camera per bambini serve uno studio, al posto di due piccoli locali WC è richiesto un ampio locale con bagno, il cucinino separato dalla sala da pranzo è rimpiazzato da una cucina aperta con isola. Le esigenze personali sono aumentate così come quelle relative agli aspetti ecologici e ambientali. Il bisogno di un approvvigionamento-base essenziale si è trasformato in uno spazio vitale di qualità.

Densificare

Negli insediamenti residenziali del boom economico, si potrebbe oggi realizzare una maggiore densità edificatoria tramite edifici più elevati e uno sfruttamento migliore della superficie costruita. Per questa ragione in prossimità dei centri dove il costo del terreno è esorbitante, spesso si predilige il risanamento alla ricostruzione ex novo. La decisione di costruire dovrebbe pertanto integrare anche una valutazione basata sulla riduzione delle riserve di terreno edificabile in Svizzera. Durante i decenni passati, la superficie costruita del Paese è aumentata notevolmen-

te; volumi semplici, spazi ordinati in modo accorto e densità edificatoria contribuiscono a ridurre i costi complessivi e a limitare la cementificazione sistematica del territorio.

Risanamento energetico

Il risanamento energetico di un edificio costruito negli anni '70 può portare a una riduzione del 90% del consumo di energia. Il miglioramento dell'isolamento termico richiede il risanamento delle facciate esterne, della copertura o del solaio. In alcuni casi un consumo elevato è da ricondurre ad un isolamento insufficiente delle cantine. Nelle facciate esterne sono spesso le finestre il punto debole. La valutazione dell'isolamento termico può essere eseguita con l'ausilio di una fotocamera termica, mentre per valutare l'ermeticità all'aria si può misurare la differenza di pressione tramite il test blow-door.

> www.energieschweiz.ch/gebaeude

> www.energie.ch/gebaeude

Risanamento delle facciate esterne

Le facciate esterne sono elementi multistrato che adempiono a funzioni essenziali di fisica tecnica, quali la protezione contro l'umidità, l'isolamento termico e fonico. Il legno può essere usato quale listonatura di supporto e collegamento alla struttura portante, isolamento termico e rivestimento. Quale materiale isolante può essere usata la

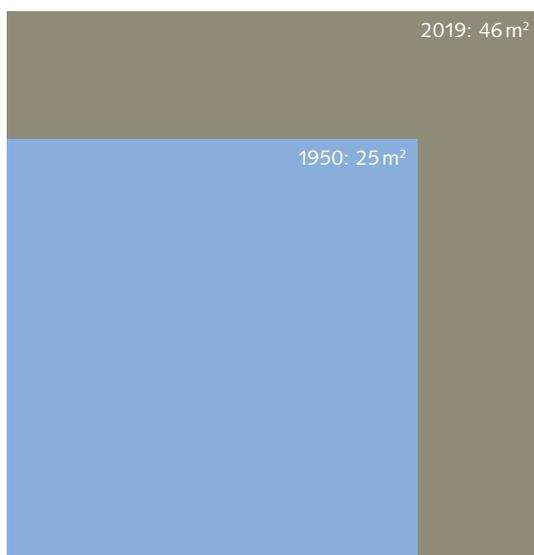
lana minerale, di vetro, di pecora o di fibre di lino. Il risanamento delle facciate esterne può essere effettuato aggiungendo elementi prefabbricati. La modalità di aggiungere all'edificio una nuova facciata conferendogli un aspetto esterno rimodernato, si è rivelata particolarmente interessante dal punto di vista architettonico, integrando al meglio l'ampliamento.

Risanamento delle finiture interne

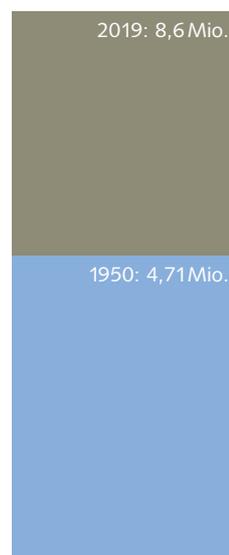
Il risanamento comporta il rifacimento della suddivisione degli spazi, il rifacimento degli intonaci e l'installazione di nuovi equipaggiamenti sanitari ed elettrici. La suddivisione degli spazi interni può essere adattata e attualizzata con costruzioni leggere in legno, rivestendole secondo necessità con gesso, con cemento o con legno. Ne risultano pareti divisorie, vani tecnici e soffitti ribassati che devono rispettare le normative della protezione antincendio, dell'isolamento fonico, dell'ermeticità all'aria e al vapore. Al loro interno devono poter offrire spazio per le installazioni tecniche e gli isolamenti. I pannelli forati a base di legno possono essere impiegati per migliorare l'acustica.

Sviluppo della superficie abitabile in Svizzera

Superficie abitabile per persona



Crescita della popolazione



” In Svizzera, la domanda di nuove abitazioni cresce ogni anno quanto il numero di abitanti delle città di Lugano e Mendrisio.

Risanamento dei pavimenti e isolamento contro il calpestio

L'assenza di planarità dei vecchi pavimenti può essere risolta con interventi di diverso tipo: nel caso di piccole differenze si prestano bene gli strati autolivellanti, altrimenti sono adeguati i massetti a secco. Nel caso di grandi superfici si possono applicare strati autolivellanti di anidrite o di cemento. Lo strato supplementare di isolamento anticalestio è importante e permette di ridurre il rumore negli spazi sottostanti. Nei bagni e in altri locali con umidità elevata le superfici vanno ulteriormente sigillate contro le infiltrazioni di acqua, tramite strati appositi.

Terrazze in legno e serre

Spazi esterni all'abitazione con il tempo sono divenuti una necessità; ben concepiti migliorano la qualità di vita. Balconi, terrazze, logge e serre possono essere realizzati quale estensione o complemento ai lavori di risanamento delle facciate e degli interni. Grazie all'impiego di legno resistente al degrado, trattato o modificato, è possibile realizzare anche parti di costruzione soggette ed esposte alle intemperie.

Ampliamenti e sopraelevazioni

Le possibilità di ampliamento di un edificio soggiacciono alle normative locali e alla disponibilità di adeguati impianti tecnici. Ampliamenti e sopraelevazioni nella zona del tetto sono spesso le soluzioni migliori per ottenere una maggiore superficie utile sulla medesima parcella. Grazie al peso leggero, gli ingegneri scelgono volentieri il legno per le sopraelevazioni, anche per evitare opere di rinforzo alla struttura sottostante e alle fondamenta. Gli elementi prefabbricati in legno possono essere sollevati facilmente sul tetto mediante autogrù. La realizzazione tramite una prefabbricazione ottimizzata, riduce i tempi di cantiere, permette di prendere possesso più rapidamente dei nuovi spazi e riduce i disagi causati dal rumore e dalla polvere.

” *Lignum ha pubblicato su questo argomento la brochure <Holzbau - Aufstocken. Nach innen verdichten>*



Confronto delle emissioni di CO₂ per m³

Costruzione convenzionale

Emissioni supplementari:

- Trasporto
- Produzione del materiale
- Energia investita allo smaltimento
- Armature



Emissioni di CO₂ fossile

Costruzione in legno

- Sostituzione fossile
- CO₂ fossile - emissioni (energia grigia)
- Stoccaggio, recupero dell'energia rinnovabile

Sostituzione di CO₂ fossile

910 kg



300 kg

Stoccaggio del CO₂

700 kg



Beat Kämpfen,
architetto
Co-Geschäftsleiter
Kämpfen Zinke + Partner

«La sopraelevazione e l'ampliamento di edifici esistenti richiede una collaborazione di alta qualità tra architetti, ingegneri e maestranze che eseguono i lavori. La prefabbricazione di facciate e solette in legno porta molti vantaggi: presso lo stabilimento di produzione, finestre, cablaggi e isolamento termico vengono integrati nei diversi elementi aumentando la qualità dei dettagli. In cantiere i tempi di costruzione si riducono significativamente portando al minimo il disturbo per i residenti adiacenti.»



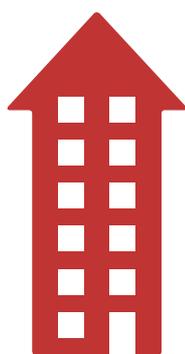
Sicurezza

Le costruzioni in legno moderne garantiscono standard di qualità molto elevati e ottemperano alle esigenze della sicurezza antincendio nella maggior parte degli edifici. Grazie ai risultati dei lavori di ricerca e alle esperienze positive degli ultimi anni, le autorità responsabili della sicurezza antincendio hanno ridotto in modo considerevole le limitazioni all'uso del legno. Oggi gli elementi della costruzione in legno possono essere impiegati in ogni categoria di fabbricati. Il legno è quindi a tutti gli effetti un materiale da costruzione normale, senza regolamentazione speciale.

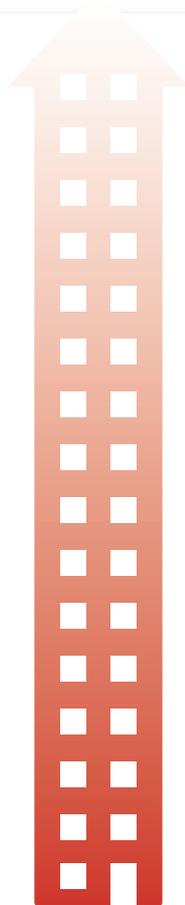
Altezza degli edifici



Edifici di
altezza ridotta
fino a 11 metri



Edifici di
altezza media
fino a 30 metri



Edifici alti
fino a 100 metri

” *Le Tabelle per la costruzione in legno della Lignum (Lignum HBT in tedesco e Lignum TCB in francese) offrono gli elementi costruttivi più frequenti e le relative prestazioni in relazione alla sicurezza strutturale e all'efficienza funzionale secondo le Norme SIA.*

Sicurezza strutturale ed efficienza funzionale

Gli edifici di legno hanno dimostrato anche in passato ottime prestazioni strutturali: il palazzo di Knossos a Creta, fu costruito attorno al 1700 a.C. con pilastri e travi orizzontali in legno di Cedro integrati nella muratura. Nel 1400 a.C. superò praticamente indenne un pesante terremoto. I pilastri e la travatura dei templi greci, così come l'intelaiatura delle facciate con integrati mattoni d'argilla, furono realizzati in legno fino al 600 a.C.

Le costruzioni in legno moderne rispettano le norme strutturali della SIA, progettisti e costruttori ne sono responsabili garantendo la sicurezza e l'efficienza funzionale. Il progetto strutturale prende in considerazione anche eventi straordinari, come per esempio l'incendio o il terremoto. La versatilità del legno da costruzione, dei suoi derivati e dei collegamenti strutturali permette ai progettisti di realizzare una struttura in legno adatta a qualsiasi progetto edile.

Caratteristiche tecniche del materiale

Il legno è un materiale combustibile. Il suo comportamento meccanico durante un incendio è ben noto e prevedibile. Le principali caratteristiche sono la resistenza meccanica pressoché invariata anche a temperatura molto elevata, la ridotta conducibilità termica dello strato carbonizzato delle superfici esposte al fuoco e la fuoriuscita di vapore acqueo.

In presenza di incendio, il comportamento favorevole delle costruzioni in legno è stato ampiamente dimostrato da innumerevoli prove sperimentali. Tramite elementi di legno o in combinazione con altri materiali correttamente progettati, si può raggiungere anche una resistenza al fuoco di 240 minuti. Al contrario delle strutture in acciaio o in calcestruzzo, le costruzioni in legno mantengono una capacità portante anche ad elevate temperature.

Nell'ambito delle prescrizioni antincendio svizzere, gli elementi di costruzione in legno progettati in modo tecnicamente corretto in relazione ai principi antincendio e protetti con pannelli di materiale non combustibile, sono ritenuti equivalenti a quelli realizzati con altri materiali.

Le autorità competenti in materia antincendio riconoscono in tal modo i risultati di numerose analisi e ricerche, secondo le quali la sicurezza antincendio non dipende essenzialmente dalla combustibilità dei materiali. Al contrario, determinante per l'effettivo comportamento in caso di incendio di una costruzione, è la sua corretta realizzazione nel rispetto delle tecniche di protezione antincendio.

” *L'impiego del legno è possibile in ogni categoria di fabbricati e per tutte le destinazioni d'uso.*

Esigenze di sicurezza antincendio e impiego del legno

In Svizzera le esigenze in ambito di sicurezza antincendio per l'edilizia sono definite nella Norma di Protezione Antincendio dell'Associazione Cantonale degli Istituti Cantionali di Assicurazione Antincendio (KF/AEAI). L'impiego dei diversi materiali, quindi anche del legno, per la realizzazione di strutture portanti, di componenti della compartimentazione antincendio, di rivestimenti di facciate, di copertura dei tetti e di pareti divisorie non strutturali, è regolamentato sulla base di esigenze di sicurezza che non dipendono dal tipo di materiale impiegato.

Le prescrizioni attuali non limitano l'impiego di elementi che contengono legno. Il loro campo di applicazione si estende oltre il limite della resistenza al fuoco di 60 minuti. Possono quindi essere realizzati in legno anche edifici con oltre 30m di altezza con destinazione d'uso residenziale, scolastica, amministrativa, industriale, artigianale, per attività di alloggio e per la vendita. Anche in caso di edifici alti, rispettando alcune con-

dizioni supplementari, è possibile realizzare elementi strutturali compartimentati con materiali non combustibili. L'impiego del legno è quindi possibile per ogni categoria di fabbricati e per tutte le destinazioni d'uso.

Le possibilità d'impiego del legno in facciata o nelle finiture interne sono molteplici. Le facciate esterne in legno possono essere realizzate senza ricorrere a permessi speciali, ad eccezione degli edifici alti e a condizione che siano realizzate secondo i documenti riconosciuti come «stato dell'arte» dal VKF/AEAI. Il raggiungimento degli obiettivi di protezione definiti nelle prescrizioni antincendio è stato dimostrato in modo impressionante tramite prove sperimentali di incendio in scala reale. La sicurezza antincendio richiesta per le zone sensibili, quali per esempio le vie di fuga verticali, è ottenuta tramite il rivestimento degli elementi di legno con pannelli di materiali non combustibili. I rivestimenti lignei sono ammessi negli spazi interni, ad eccezione delle vie di fuga.

Sicurezza grazie alla ricerca, allo sviluppo e al transfer tecnologico

Il progetto di ricerca e di sviluppo «Sicurezza antincendio e legno» è iniziato nel 2001 ed ha permesso di elaborare in modo fondato e documentato le basi tecnologiche e metodologiche per realizzare costruzioni in legno

sicure sotto tutti i punti di vista. Un sistema di garanzia di qualità specifico definisce gli standard rilevanti per la sicurezza antincendio attraverso tutte le fasi della progettazione e realizzazione delle costruzioni in legno. In ogni angolo della Svizzera vengono realizzati edifici in legno di grandi dimensioni nel rispetto di queste elevate esigenze di qualità. I documenti di riferimento per l'applicazione pratica sono inclusi nella collana «Lignum-Dokumentation Brandschutz», nella quale sono descritte le molteplici possibilità di utilizzo del legno. Le indicazioni contenute in questi documenti garantiscono l'utilizzo corretto del legno nella sostanza e nella forma, per gli edifici di piccole o grandi dimensioni. Quest'ultime corrispondono all'attuale stato dell'arte nell'ambito dell'impiego del legno secondo le prescrizioni svizzere in vigore.

” *La collana «Lignum-Dokumentation Brandschutz» contiene le possibilità di utilizzo del legno nel rispetto delle prescrizioni della Norma di Protezione Antincendio dell'Associazione cantonale degli Istituti Cantionali di Assicurazione Antincendio (KF/AEAI)*





Andrea Bernasconi
Prof. Dr. Dipl. Bauing.
ETH/SIA/OTIA
Borlini & Zanini SA –
Studio di Ingegneria –
Pambio-Noranco

«I materiali e le tecnologie della moderna costruzione in legno permettono di realizzare ogni tipo di progetto architettonico. Anche nell'edilizia urbana moderna, caratterizzata da un numero di piani elevato, da spazi di dimensioni importanti e da forme irregolari, siamo in grado di offrire soluzioni in legno che rispettano tutte le esigenze di sicurezza strutturale, sismica e antincendio. Le referenze concrete e ambiziose, anche in Ticino, non mancano: il legno è senza dubbio una valida alternativa!»



Comfort e benessere

I tre requisiti fondamentali dell'abitare sano sono: il comfort, la qualità dell'aria e la protezione dagli agenti esterni. Le proprietà naturali del legno sono di sostegno a queste caratteristiche. Il legno massiccio può essere impiegato senza additivi chimici e combinato con ulteriori sostanze naturali, quali la paglia, l'argilla, le fibre vegetali e la lana di pecora. La costruzione in legno è pertanto la soluzione naturale per chi sceglie di vivere in un ambiente sano.

” Sul portale www.lignumdata.ch vengono fornite informazioni inerenti gli elementi e i materiali per l'edilizia in legno. Questi ultimi possono essere adattati in base alle diverse esigenze e utilizzati per il metodo di pianificazione BIM.

Il comfort

Il legno assorbe umidità dall'ambiente circostante che poi rilascia quando il clima diventa più secco, riducendo e attenuando le variazioni dell'umidità dell'aria. L'essere umano percepisce principalmente l'afflusso o il deflusso di calore e non la temperatura. La pietra e il metallo sono poco isolanti e sottraggono rapidamente calore al nostro corpo (li sentiamo freddi). Il legno è invece un ottimo isolante e sottrae molto lentamente calore al nostro corpo (alla medesima temperatura lo percepiamo più caldo). Il valore U indica questo e nell'unità di energia Watt mostra quanto calore, per 1m² e per una differenza di temperatura di un 1 grado Kelvin, passa dal lato caldo al lato freddo di una parte della costruzione. Minore è il valore U (meno calore attraversa il materiale) e minori saranno alla fine i costi di riscaldamento.

Muratura doppia

Spessore 370 mm / Valore U 0,3 W/m²K

Costruzione in legno isolata

Spessore 200 mm / Valore U 0,3 W/m²K

Parete intelaiata

Spessore 300 mm / Valore U 0,15 - 0,2 W/m²K (abitazione a basso consumo energetico)

Isolamento termico invernale

In inverno per evitare che l'energia termica dell'aria fuoriesca dall'edificio, si applica sul lato interno della parete esterna una membrana ermetica all'aria. Essa ha pure la funzione di impedire che l'umidità dell'aria presente nell'ambiente interno, si avvicini alle zone fredde della parete esterna. In tal caso l'umidità dell'aria potrebbe formare condensa, creando acqua allo stato liquido e provocando seri danni. La membrana ha dunque anche il compito di ridurre il passaggio del vapore. Il certificato energetico Minergie-P prevede persino una prova specifica sulla tenuta all'aria dell'edificio a lavori terminati.

Isolamento termico estivo

L'effetto migliore si ottiene ventilando durante la notte. Importante è pure l'ombreggiamento contro l'irradiazione solare, benvenuto in estate, mentre in inverno dovrebbe essere evitato per quanto possibile. Le finestre devono venir equipaggiate con scuri mobili o vetri speciali. Occorre poi considerare le fonti di calore interne e la capacità di immagazzinamento termico della costruzione. Nel caso di edifici in legno, essa può essere ottenuta semplicemente tramite una doppia pannellatura di cartongesso.

Il rumore

La fisica tecnica differenzia l'acustica ambientale dall'acustica della costruzione. Quest'ultima tratta la propagazione del suono attraverso parti della costruzione e le relative misure di isolamento acustico. L'acustica ambientale tratta invece le qualità acustiche dello spazio, affinché i fenomeni di risonanza vengano smorzati dalle superfici e le parole o la musica risultino chiaramente percettibili.

Acustica della costruzione

L'acustica della costruzione differenzia il rumore aereo dal calpestio. Il rumore della strada ad esempio, penetra nell'edificio attraverso le pareti sotto forma di rumore aereo. Il calpestio è una forma di rumore che dev'essere attentamente ponderata durante la progettazione di solette e pavimenti.

La composizione di pareti e solette con materiali a più strati, permette di ottenere il medesimo isolamento acustico, malgrado una massa decisamente ridotta. La costruzione a più strati offre un isolamento acustico particolarmente elevato quando i singoli strati vengono disaccoppiati fra loro. È importante che questi ultimi abbiano comunque una certa massa, non siano troppi vicini l'uno all'altro e che non vengano collegati fra loro in modo troppo rigido. Inoltre vanno evitate le casse di risonanza dovute agli spazi vuoti.

Fra le misure adeguate per migliorare l'isolamento fonico delle solette intermedie in legno si annoverano: l'aggravio della costruzione grezza con masse supplementari, l'impiego di un pavimento adeguato posato su un sottofondo pesante con l'aggiunta di una copertura anti-calpestio morbida. La posa di un controsoffitto sospeso permette di migliorare ulteriormente l'acustica.

I recenti risultati delle ricerche hanno confermato come la trasmissione secondaria del rumore abbia un effetto ridotto nelle costruzioni in legno. Di principio le solette intermedie correttamente progettate rispettano tutti questi aspetti. In presenza di costruzioni intelaiate, l'applicazione corretta di semplici principi costruttivi rende praticamente irrilevante questa problematica.

Lignum pubblica e mette a disposizione online un catalogo con un'ampia scelta di elementi di costruzione e supporta lo sviluppo e la concezione di soluzioni efficaci.

> www.lignumdata.ch

Acustica ambientale

Il tempo di riverbero deve essere considerato con cura nei locali con un'alta concentrazione di persone. Un tempo di riverbero prolungato può compromettere considerevolmente

il comfort. Questo aspetto un tempo veniva attribuito unicamente agli spazi pubblici e agli uffici, oggi con un progressivo incremento delle superfici a rivestimento duro, esso assume maggior importanza. L'acustica ambientale può essere migliorata tramite pannelli acustici sospesi al soffitto o appropriati rivestimenti delle pareti. A questo scopo vengono spesso utilizzati pannelli con materiali a base di legno perforati o intagliati. Per ottenere un tempo di riverbero ottimale, nel singolo locale occorre provvedere al rivestimento di una superficie ben determinata, tramite pannelli acusticamente efficaci. L'ampiezza della superficie da rivestire dipende dal volume del locale e dalla conformazione degli spazi rimanenti.

Elettrosmog

La Svizzera è sempre più soggetta alle radiazioni non ionizzanti (elettrosmog). Nelle zone più colpite è necessario prevedere delle contromisure adeguate, indipendentemente dal materiale di costruzione utilizzato. Le finestre possono essere schermate in modo efficace con vetri isolanti o con strati protettivi supplementari. La costruzione intelaiata può essere completata con tessuti metallici che schermano le installazioni elettriche verso l'interno dell'abitazione. Considerato che le radiazioni elettromagnetiche inducono corrente, tutte le schermature vanno collegate ad una messa a terra efficace.

Qualità dell'aria

Una buona qualità dell'aria può essere ottenuta con l'impiego di materiali a bassa emissione di sostanze nocive e con una corretta ventilazione. Alcune essenze, quali la fragranza del pino cembro e gli oli eterici, vengono avvertite gradevoli e salutari; altri odori quali quello dei pesticidi, fumo di sigaretta, benzina o gas di scarico vengono percepiti dall'essere umano come sgradevoli. I composti organici volatili (COV) sono molto variegati e a partire da una determinata concentrazione possono procurare degli effetti nocivi all'essere umano e all'ambiente; quando si diminuisce la ventilazione in uno spazio chiuso, la concentrazione di COV aumenta. La cheratina contenuta nella lana di pecora agisce da catalizzatore per i COV e oggigiorno viene impiegata sia per regolare l'equilibrio igroscopico, sia per migliorare la qualità dell'aria.

Formaldeide

I valori limite delle sostanze contenute nell'aria sono definiti dall'Ufficio Federale della Sanità. Il test secondo la norma EN 717-1 misura uniformemente le emissioni di formaldeide e ne fissa il contenuto massimo in circa 0.1ppm

(classe E1) nei materiali a base di legno. Attualmente in quest'ultimi vengono usati sempre meno collanti contenenti formaldeide; è stato testato che la stragrande maggioranza di materiali a base di legno contengono quantitativi di formaldeide molto ridotti ($\leq 0,03$ ppm). Le lacche impermeabili e le vernici sintetiche o melaminiche, riducono ulteriormente le emissioni di formaldeide fino a emissioni misurate di 0,1 a 0,03 ppm. Viene pertanto consigliato di prestare attenzione al contenuto di formaldeide in presenza di prodotti a superficie grezza, lavorata o perforata.

La certificazione Minergie-Eco-Standard definisce valori limite più restrittivi per il contenuto di formaldeide nei materiali a base di legno:

> www.minergie.ch

” La lista di prodotti contenuta nella documentazione tecnica edita dalla Lignum è una valida e affidabile base per la scelta dei materiali a base di legno più adatti.

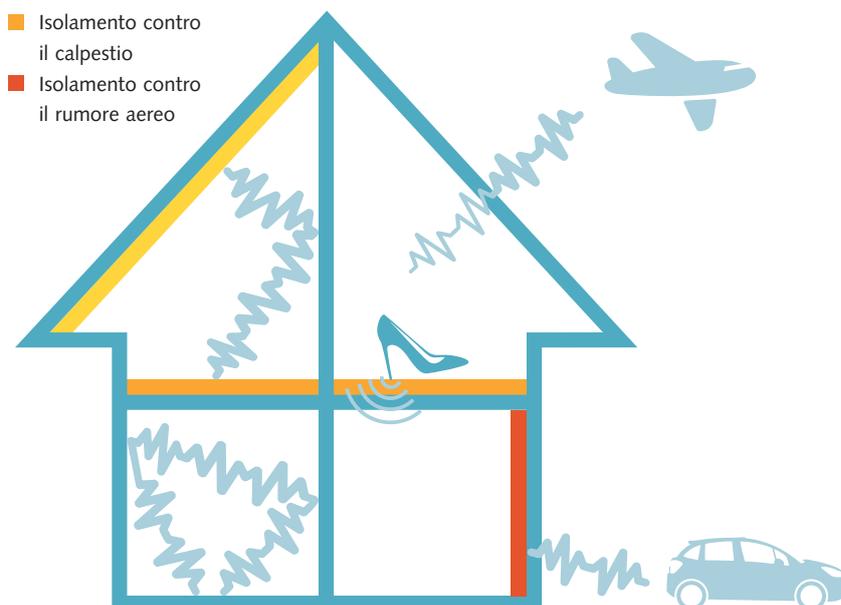
Acustica dei locali

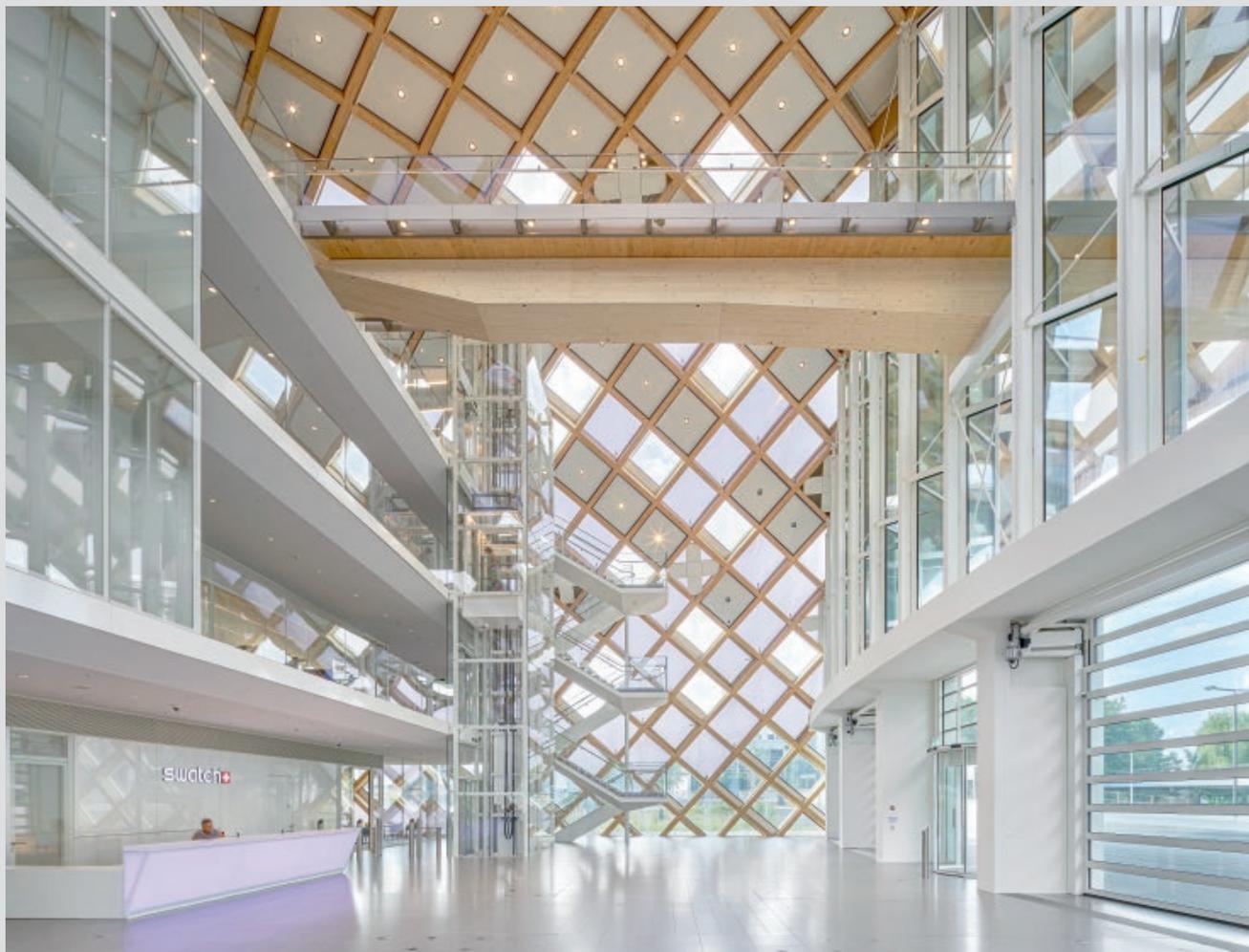
■ Elemento fonoassorbente

Isolamento acustico

■ Isolamento contro il calpestio

■ Isolamento contro il rumore aereo





«La nostra visione era di costruire l'edificio nel modo più ecologico possibile. È riscaldato e raffreddato tramite l'acqua di falda, l'elettricità è generata dal sistema fotovoltaico e le tratte dei trasporti durante la costruzione sono state volontariamente ridotte. Il volume del legno che abbiamo utilizzato ricresce nei boschi svizzeri in sole due ore. Questo nuovo edificio riflette lo spirito di Swatch e innesca emozioni. Abbiamo un gruppo di persone creative che meritano di lavorare in questo edificio per generare alta tecnologia.»

Nick Hayek, CEO di Swatch Group



Sostenibilità

Il materiale naturale legno gode di un vantaggio essenziale: ricresce rapidamente e adempie a molteplici funzioni ecologiche importanti. Gli aspetti sociali ed economici sono a tutti gli effetti componenti della sostenibilità. È determinante che il legno sia lavorato e utilizzato localmente. In Svizzera la gestione sostenibile delle foreste è regolata per legge. Il legno proveniente da Paesi terzi dev'essere assolutamente certificato secondo gli standard FSC o PEFC.

Il modello di successo del «Bosco Svizzero»

La sete energetica dell'industrializzazione agli inizi del 19^{esimo} secolo, aveva posto le foreste talmente sotto pressione, che intere aree boscate vennero completamente rase al suolo. Alla metà del 19^{esimo} secolo rimanevano solo 7000 km² di foresta. Questo processo di deforestazione causò gravi erosioni nelle valli di montagna e innumerevoli esondazioni. Il parlamento reagì nel 1876 emanando la legge sulla polizia forestale, con la quale fu regolamentata la protezione della superficie boschiva e la sua distribuzione. Da allora le foreste si sono riprese e nelle Alpi, Prealpi e in Ticino si constata addirittura un aumento delle superfici boschive. Oggigiorno la superficie delle foreste nazionali ammonta a 12 000 km² che corrisponde, negli ultimi 160 anni, ad un aumento del 42%. Un terzo circa della superficie nazionale è coperta dal bosco.

Incentivare la conservazione delle foreste a livello globale

Il legno è una fra le materie prime di rilevanza mondiale; le foreste tropicali rappresentano circa la metà della superficie boschiva mondiale. Molti Paesi non dispongono di una legge sulle foreste e la ri-forestazione rimane ancora limitata a fronte di altri utilizzi del suolo. Le imprese svizzere con la certificazione FSC o PFEC dimostrano nei fatti

che il principio della sostenibilità delle foreste può essere applicato con successo anche nelle regioni tropicali. Succede a volte che superfici boschive distrutte dal fuoco siano poi soggette a speculazione edilizia; alcuni incendi inoltre sono provocati ad arte. Le foreste tropicali vengono trasformate, seguendo il principio della «coltura itinerante», in piantagioni redditizie di breve termine. Il terreno privo di humus con un clima umido e caldo perde rapidamente fertilità e la distruzione della foresta continua inesorabile. Con adeguate misure di arricchimento del terreno, come ad esempio l'impiego di bio-carbone proveniente dalla selvicoltura, è possibile fertilizzare i terreni agricoli e ridurre di conseguenza il fabbisogno di nuove superfici per le colture.

Obiettivi della politica climatica

Utilizzando il legno in alternativa ad altri materiali risparmiamo energia. In tal modo si ottiene un effetto sostitutivo vantaggioso e vengono ridotte le emissioni di gas serra. L'articolo 14 della legge svizzera sul CO₂ sancisce che il legno utilizzato quale materiale edile può essere computato come pozzo di carbonio. In ambito internazionale le regole del gioco cambiano: per il secondo periodo di impegno del Protocollo di Kyoto, dal 2013 al 2020, si è considerata la differenza tra il bilancio del CO₂ del settore bosco-legno e

un valore di riferimento corrispondente alla media teorica per gli anni 2013–2020.

La società a 2000 Watt

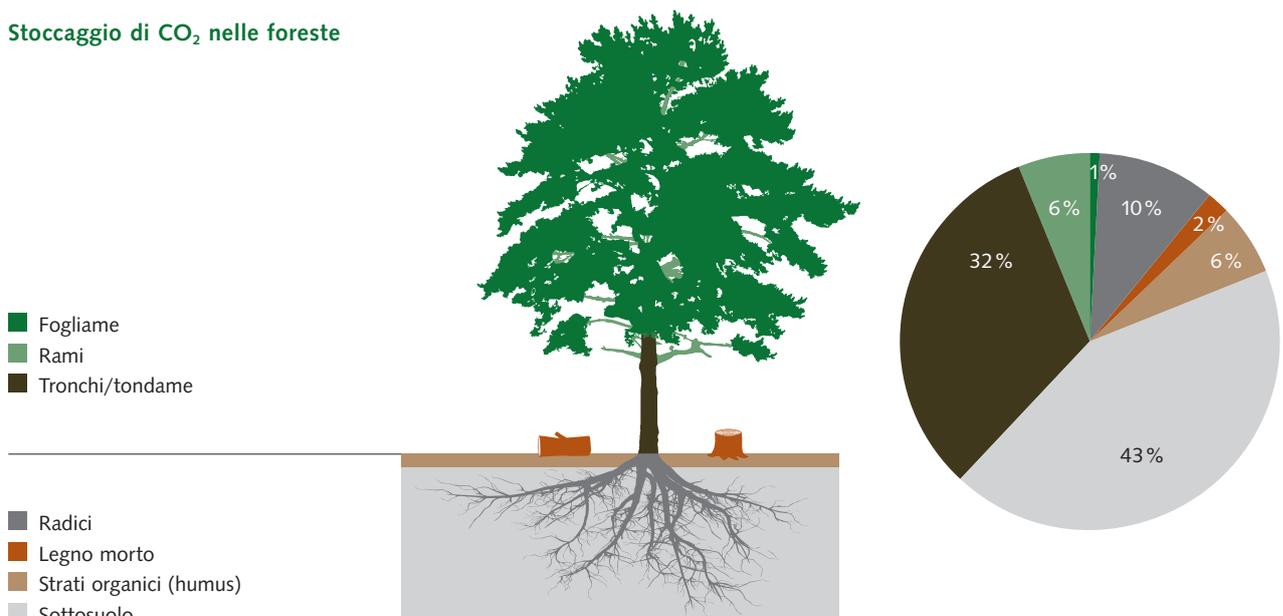
Secondo il principio denominato «Società a 2000 Watt», ogni abitante della Terra può disporre di 2000 Watt di potenza continua di energia primaria e non può produrre più di una tonnellata di CO₂. Le autorità cantonali e locali possono rendere obbligatori questi obiettivi. Nell'edilizia, la «Via verso l'efficienza energetica» della SIA, illustra come raggiungere gli obiettivi della società a 2000 Watt. In base a queste indicazioni non dev'essere computato unicamente il fabbisogno in energia «bianca» (manutenzione e servizio), bensì anche quella «grigia» (edificazione e demolizione). Il settore legno fa rimarcare che nelle indicazioni di «energia primaria complessiva» è compreso anche il valore combustibile, cioè l'energia immagazzinata nel legno costruito.

> www.2000watt.ch

Effetti sostitutivi del legno quale materiale da costruzione

La produzione di gran parte dei materiali da costruzione derivati dal legno, consuma pochissima energia. Contrariamente ad altri materiali, essi permettono di ridurre l'energia grigia. L'Ufficio federale dell'ambiente UFAM afferma che con 1m³ di legno è possibile

Stoccaggio di CO₂ nelle foreste



risparmiare in media 700kg di CO₂, sostituendo semplicemente i materiali a base di calcestruzzo, mattoni o acciaio.

Effetto «pozzo di carbonio» del legno costruito quale riserva di CO₂

Nel legno messo in opera, il carbonio rimane fissato per decenni all'interno degli edifici costruiti creando così un «pozzo di carbonio»; 1m³ di legno fissa ca. 1 ton. di CO₂. Nell'insieme della sostanza immobiliare svizzera, al netto di tutte le emissioni, nel legno sono fissate ca. 45 milioni di ton. di CO₂, corrispondente alla quasi totalità delle emissioni annue dell'intera Confederazione. Il potenziale di miglioramento è ancora enorme considerando che gli edifici in legno rappresentano soltanto ca. il 15% del totale.

Effetto sostitutivo tramite l'utilizzo di legno usato per la produzione di energia

Tramite l'ulteriore smaltimento del legno sotto forma energetica, si aumenta l'effetto complessivo di 0.6 ton, sommando 1.3 tonnellate di CO₂ per m³. Sostituendo l'energia fossile con il legno infatti, si risparmiano altre 0,6 ton. di CO₂ per ogni m³ di legno.

Ciclo vitale dei prodotti – Ecobilancio

Gli effetti ambientali dei prodotti sono valutati sulla base del loro ciclo vitale (LCA) e possono essere confrontati tramite una «Environmental Product Declaration» (EPD). In futuro grazie ai modelli BIM (Building Information Modeling) e alle tavole di progetto che integrano anche le informazioni sui materiali, sarà possibile generare bilanci ecologici efficaci anche per le costruzioni più complesse. Durante la fase di progettazione, questo permetterà una valutazione comparativa economica ed ecologica delle varianti di costruzione.

Il legno e le sue molte vite

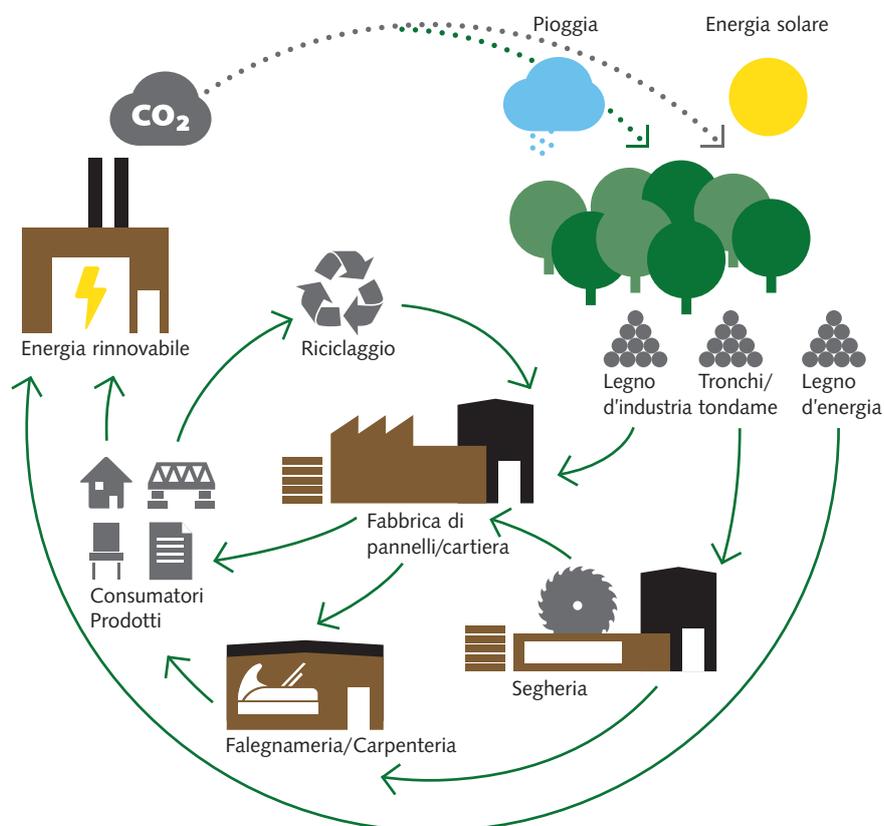
Il riciclaggio e l'utilizzo a cascata dei materiali usati nel settore edile sono di fondamentale importanza per il miglioramento ecologico. L'impiego del legno quale materiale nelle costruzioni e non a scopo energetico, ne aumenta 8 volte il valore aggiunto. I materiali ad alto contenuto energetico, quali legno e materie sintetiche, dovrebbero venir sfruttati e utilizzati il più a lungo possibile prima di essere bruciati per produrre energia. Infine, nella fase di recupero dell'energia tramite combustione, si libera solamente quanto CO₂ era stato assorbito dall'albero all'origine, durante la crescita; nel contempo si sostituiscono i carburanti fossili.



” *Il marchio d'origine «Label Legno Svizzero» certifica il legname proveniente dai boschi del nostro Paese.*
> www.legno-bois-holz.ch



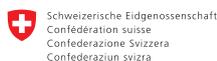
Ciclo di vita



Adrian Wyss
Head Division Real
Estate, Implenia

«Sviluppiamo e realizziamo soluzioni immobiliari all'avanguardia che semplificano e arricchiscono la vita delle persone. Il legno quale materiale da costruzione gioca un ruolo centrale in questo contesto non solo da un punto di vista ecologico; questo magnifico prodotto naturale assicura anche una sensazione unica dell'abitare. Stiamo realizzando il futuro dell'edilizia sostenibile con gli edifici multipiano «Pi» di Zugo alto 80 metri e il «Rocket» di 100 metri a Winterthur costruiti tramite un sistema ibrido. Questi progetti mostrano quello che oggi è realizzabile con l'edilizia in legno mettendo sullo stesso piano questo prodotto naturale ad altri materiali da costruzione.»

Colophon



Bundesamt für Umwelt BAFU
Aktionsplan Holz

Editore

Lignum, Economia svizzera del legno, Zurigo

Redazione, coordinazione e realizzazione

Hansueli Schmid, Lignum

Grafica

BN Graphics, Zürich, www.bngraphics.ch

Traduzione e edizione italiana

A cura di federlegno.ch – Rivera, www.federlegno.ch

Stampa

Kalt Medien AG, Zugo

Crediti fotografici

P.1 Interni WIPO, Ginevra, Lignum; Fotograf: Hansueli Schmid. P.2 Trucchioli di legno, Brühwiler Fensterholz AG, Wiezikon; Fotograf: George Eberle. P.4 Cloroplasti, iStock; Fotograf: Alan Johnlander Phillips. P.5 Specie arboree, 123rf. P.5 Specie legnose, Atlas Holz AG, Trübbach; Fotograf: Marc Quirici. P.8 Stand Lignum, Lignum; Fotograf: Hannes Henz. P.10 sotto, Fonderia Winterthur, Lignum; Fotograf: Hannes Henz. P.12 Esterno rifugio alpino Monte Rosa, Zermatt, Keystone; Fotograf: Martin Ruetschi. P.14 in basso a destra, Interni rifugio alpino Monte Rosa, Zermatt, Keystone; Fotograf: Oliver Maire. P.15 sopra, Sistemi della costruzione in legno, Lignum. Dal libro: In legno con sistema. P.16 Magazzino a Findeln, Zermatt, R. Harding; Fotograf: 231-358. P.18 in basso a destra, Tavolato di facciata in legno, Schweizer Baumuster-Centrale, Zürich. P.19 nel mezzo, GK 1, interno, lignum; Foto: Hannes Henz. P.19 nel mezzo, GK 2, fotografia: Corinne Cuendet. P.19 nel mezzo, GK 3.2, terrazza in legno, Imprägnierwerk Willisau AG. P.19 nel mezzo, GK 4, paravalanghe Aletschpromenade Riederalp, Forst Aletsch; Foto: Christian Pfammatter. P.20 sopra, Casa monofamiliare Zürichbergstrasse, kämpfen für architektur ag, Zürich; Fotograf: R. Rötheli. P.22 sotto, Edificio multifamiliare MFH Birmensdorferstrasse, kämpfen für architektur ag, Zürich; Fotograf: R. Rötheli. P.23 centro, scale di cemento, Fotolia; Fotograf: Annibell82. P.23 centro, Interni in legno, Lignum; Fotograf: Hannes Henz. P.24 Palazzo di Knossos, Fotolia; Fotograf: Andy. P.26 in basso a sinistra, Facciata Feilager Albsrieden, Indermühle Bauingenieure, Thun. P.27 sopra, Feilager Albsrieden, P'INC. AG, Langenthal. P.28 Controsoffitti acustici in legno di un bagno termale, Tschuggen Grand Hotel, Arosa; Fotograf: Stöh Grünig.

P.31 sopra, Atrio dell'edificio Tamedia, Zurigo, Keystone; Fotograf: Christian Beutler. P.32 Faggio, iStock; Fotograf: mtreasure. P.34 sotto, Scoiattolo, Fotolia; Fotograf: Vojtech Herout

Grafica e design: BN Graphics GmbH

P.5 Specie legnose. P.6 in basso a destra, La crescita del legno. P.7 sopra, Volumi di lavorazione. P.11 sopra, Ciclo di vita. P.23 sopra, Emissioni rispetto. P.25 Altezza degli edifici. P.30 sotto, Acustica nell'edilizia. P.33 sotto, Stoccaggio di CO₂ nelle foreste. P.35 sopra, Ciclo di vita

© Copyright

Il copyright di questa documentazione è proprietà della Lignum, Economia svizzera del legno, Zurigo. Ogni riproduzione della pubblicazione o di parti di essa, la diffusione di contenuti in Internet o l'inserimento di contenuti in banche dati sono permessi solo con l'espressa autorizzazione scritta dell'editore.

LIGNUM

Economia svizzera del legno
Mühlebachstrasse 8, 8008 Zurigo
Tel. 044 267 47 77, Fax 044 267 47 87
info@lignum.ch
www.lignum.ch

federlegno.ch

cp 280
6802 Rivera
091 946 42 12
www.federlegno.ch
info@federlegno.ch

Lignum – Argomenti a favore del legno

Publicato nel dicembre 2016
Versione aggiornata 2021