

# Legno. La via nel futuro.



<b>1</b>	<b>A cosa dovrebbe servire questo quaderno</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Il bosco fornitore di materia prima</b> .....	<b>6</b>
2.1	La fabbrica verde .....	7
2.2	Il bosco e il legno in Alto Adige .....	9
2.3	La certificazione del legno e dei prodotti legnosi - PEFC e FSC .....	14
<b>3</b>	<b>Sfruttamento energetico del legno</b> .....	<b>16</b>
3.1	L'albero, una riserva energetica naturale .....	17
3.2	La combustione del legno .....	19
3.3	Principi generali .....	21
<b>4</b>	<b>Cosa può fare il legno</b> .....	<b>30</b>
	Tre esempi .....	31
<b>5</b>	<b>Fabbricare in legno</b> .....	<b>34</b>
5.1	Fabbricare velocemente ed asciutto .....	35
5.2	Protezione del legno in fase costruttiva .....	37
5.3	Trattamento delle superfici .....	43
5.4	Isolamento termico .....	47
5.5	Edifici a basso fabbisogno energetico .....	56
5.6	Protezione dal fuoco .....	61
5.7	Impermeabilità all'aria .....	65
5.8	Diffusione del vapore .....	67
5.9	Isolamento acustico .....	71
5.10	Biologia delle costruzioni .....	77
5.11	Ecologia delle costruzioni .....	79



## **A cosa dovrebbe servire questo quaderno?**

Il presente quaderno informativo raccoglie esperienze, conoscenze ed esempi relativi al legno materiale da costruzione. Lo scopo è quello di dare informazioni relative ai vantaggi di questo moderno materiale, nonché di fornire le regole basilari, che non dovrebbero essere tralasciate per evitare di danneggiarlo. I vantaggi e le caratteristiche di questa materia rinnovabile costituiscono da sole, dal punto di vista tecnico, economico ed ecologico, le argomentazioni a favore del fabbricare in legno.

Oltre a questo, vengono fornite utili informazioni sulla „fabbrica“ bosco: ad esempio, sulle provvigioni legnose dei nostri boschi in continuo aumento, sull'importanza dei boschi di protezione nelle zone montane e sul tipo di proprietà boschiva diffuso in Alto Adige. Altri temi trattati sono l'utilizzo energetico del legno e la normativa che ne regola l'impiego nel settore edilizio. Indirizzi e contatti relativi a tutti i temi trattati completano il quaderno.

L'utilizzo di questa materia prima locale rappresenta un'occasione da non perdere, sia dal punto di vista ecologico, che economico. Se gli esperti del settore edilizio, in tutti i comuni, saranno ben informati sui vantaggi del legno come materiale da costruzione, e se questi, a loro volta, trasmetteranno e diffonderanno queste conoscenze, allora il legno avrà la strada spianata. Il legno fa tendenza, non può avere un ruolo di secondo piano, offre troppi vantaggi. Diamogli l'importanza che si merita.

2

Il bosco  
fornitore  
di materia  
prima

## 2.1 La fabbrica verde

### Il legno è unico

Nessun altro materiale da costruzione viene prodotto con così poca energia. Il legno cresce da solo ed in continuazione - con la CO<sub>2</sub> dell'aria, l'acqua e l'energia del sole. Attraverso cure ed utilizzazioni programmate, la selvicoltura aiuta, con il suo lavoro, il bosco. I diradamenti eseguiti regolarmente creano luce e spazio per le giovani piante e mantengono stabile la struttura dinamica del bosco.

***Il legno viene  
prodotto a partire da:  
CO<sub>2</sub>,  
acqua  
ed energia solare***

### Il legno è sostenibile

Con il termine gestione forestale sostenibile, radicato nella legge forestale provinciale, si intende un utilizzo della risorsa legnosa responsabile e con un occhio volto al futuro: non è permesso tagliare più di quanto cresce. Attualmente, in Alto Adige cresce una quantità di legno doppia rispetto a quella tagliata. Uno sfruttamento più intenso, ma sempre sostenibile, è perciò ancora possibile; esso sarebbe addirittura di beneficio al bosco. La pianificazione dei tagli ha come conseguenza una rinnovazione periodica e una miglior struttura e stabilità del bosco.

***La domanda di  
legname può  
aumentare  
tranquillamente***

### Il legno ha un „effetto positivo“ sul ciclo del carbonio

Il legno fissa anidride carbonica (CO<sub>2</sub>). Se viene impiegato come materiale da costruzione, l'anidride carbonica viene sottratta al ciclo del carbonio, con conseguenze positive sul cosiddetto „effetto serra“ (riscaldamento dell'atmosfera attraverso i gas serra).

***Il legno fissa CO<sub>2</sub>***

### Il legno permette di valorizzare le risorse locali

Il legno è una materia prima locale, naturale, sostenibile e utile. Un maggior utilizzo dell'incremento legnoso annuo gioverebbe ai proprietari boschivi, all'economia, al bosco e di conseguenza a tutti i cittadini della provincia.

***La materia prima  
locale***

**Ogni 30 minuti  
„cresce“ nei boschi  
dell’Alto Adige una  
casa unifamiliare**

## **Il bosco è incremento**

Nei boschi dell’Alto Adige crescono annualmente 815.000 m<sup>3</sup> di legno, ossia 1,5 m<sup>3</sup> al minuto. Questo significa, che nella nostra provincia cresce, ogni 30 minuti, una quantità di legno sufficiente alla fabbricazione di una casa in legno unifamiliare di medie dimensioni.

### **Le 5 funzioni del bosco:**

## **Il bosco ha molte facce**

#### **habitat**

Il bosco è **habitat** - esso offre spazio per molti animali e piante. Tra gli ecosistemi del paesaggio europeo, i boschi sono quelli più durevoli e ricchi di specie.

#### **protettiva**

Il bosco è **protezione** - nelle zone montane esso rende spesso possibile la presenza degli insediamenti umani, ostacolando la caduta di frane e valanghe, molto meglio e ad un costo minore di qualsiasi struttura artificiale.

#### **produttiva**

Il bosco è **economia** - lo sfruttamento economico del bosco e del legno viene definito funzione produttiva.

#### **igienico-sanitaria**

Il bosco è **benessere** - con questo si intende il benefico effetto del bosco sul clima e sugli equilibri idrici: il bosco depura e rinnova l’aria, filtra l’acqua ed attenua i rumori.

#### **ricreativa**

Il bosco è **ricreazione** - infine, esso offre un ambiente ideale a coloro che cercano un po’ di svago e spazio per molte attività del tempo libero.

## 2.2 Il bosco e il legno in Alto Adige

### L'Alto Adige visto dall'alto

Se si guarda il paesaggio altoatesino dall'alto, si può dire che esso è un paese di boschi e prati. Quasi un terzo della superficie è coperta da prati. Di questi, gran parte, ossia circa la metà, è costituita da pascoli di alta quota al di sopra del limite dei boschi. Il bosco, con un'estensione di **311.000 ha**, occupa il **42% della superficie**, rappresentando, perciò, il più importante elemento del paesaggio.

Laddove lo sfruttamento agricolo del territorio non è più conveniente, il bosco si riprende a poco a poco gli spazi un tempo perduti; per questo motivo, negli ultimi decenni, la superficie forestale è leggermente aumentata.

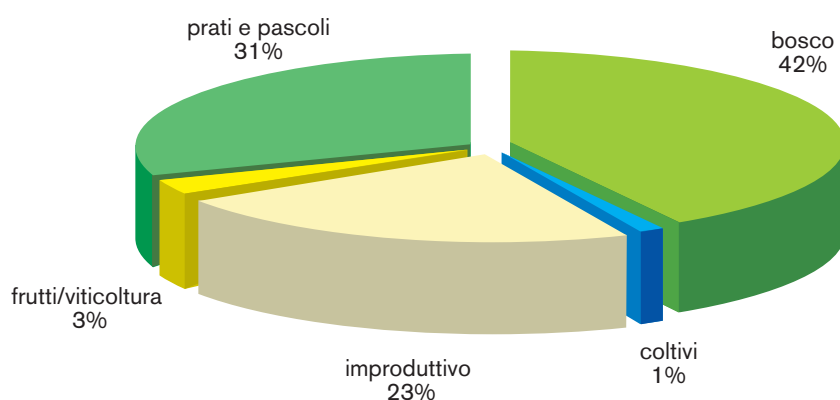


Figura 2-1: ripartizione della superficie provinciale

### A chi appartiene il bosco?

Più della metà dei boschi altoatesini appartiene ai contadini (52%). Quasi un terzo (29%) ai comuni. La parte rimanente è suddivisa tra enti privati (15%), chiesa (2%) ed Azienda Provinciale Foreste e Demanio (2%).

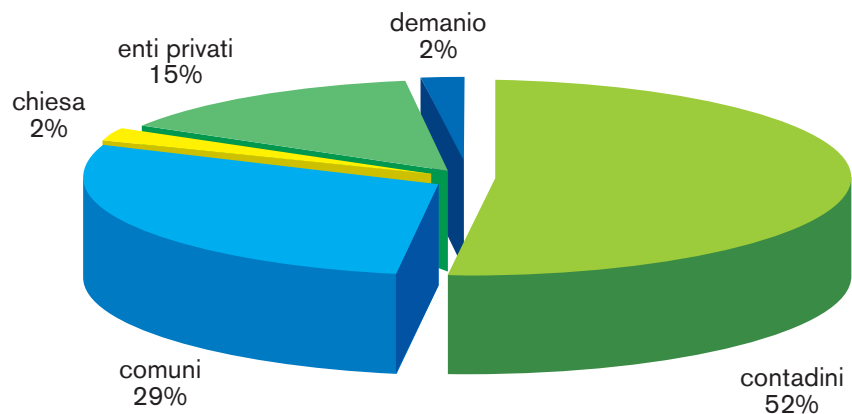


Figura 2-2: la proprietà boschiva in Alto Adige

La proprietà è molto frammentata. Complessivamente si contano 22.000 proprietari boschivi, dei quali 18.000 sono aziende agricole. La superficie forestale media non raggiunge i 10 ha. La metà delle aziende agricole possiede meno di 5 ha.

Anche i boschi appartenenti alle associazioni tra privati - 15 % della superficie forestale - non hanno grande estensione. La superficie media, infatti, è di 113 ha.

### La ripartizione delle specie arboree

I fattori climatici che caratterizzano il clima dell'Alto Adige sono le forti escursioni termiche, le scarse precipitazioni, la forte insolazione e l'alta quota. Chi riesce ad adattarsi nel modo migliore a tali condizioni, prevale: abete rosso e larice. Le latifoglie, invece, sono rare, poiché se la cavano meno bene in un clima così rigido.

Tra le specie presenti in Alto Adige, l'abete rosso (62%), il larice (18%), il pino silvestre (11%), il pino cembro (5%) e l'abete bianco (3%) rivestono l'importanza economica maggiore. Le latifoglie, scarsamente presenti, dovranno in futuro essere favorite; la costituzione di popolamenti misti vicini alla naturalità, è di primaria importanza per aumentare la varietà ecologica e la stabilità degli ecosistemi.

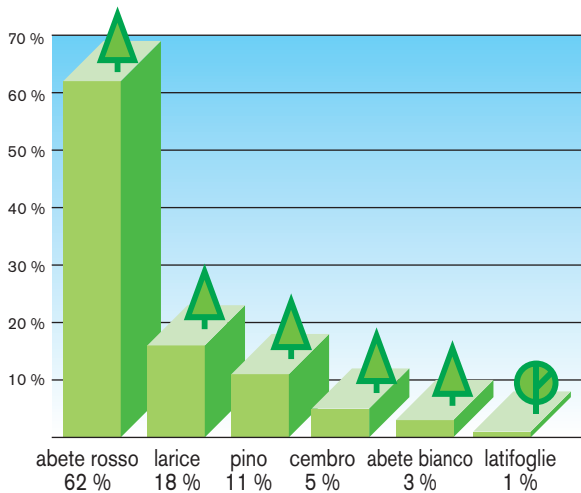


Figura 2-3: composizione specifica nei boschi dell'Alto Adige

## La gestione

Sebbene i boschi dell'Alto Adige siano da secoli utilizzati dall'uomo, la composizione specifica è ancora molto vicina a quella naturale. Anche la struttura del bosco, caratterizzata dall'alternanza di piccole superfici omogenee, si avvicina a quella dei boschi naturali. Responsabile di ciò è il taglio su piccole superfici. I tagli a raso non sono usuali.

Nella **selvicoltura naturalistica** ogni intervento di utilizzazione ha lo scopo di favorire la rinnovazione naturale del bosco. Questo tipo di gestione assicura popolamenti stabili e coerenti con le condizioni stagionali. Solo laddove la rinnovazione naturale si insedia in tempi troppo lunghi o in modo non soddisfacente (alta quota, stazioni particolari), si ricorre al rimboschimento. Le piantine necessarie vengono coltivate nei vivai provinciali (superficie complessiva di 1,5 ha).

Il Regolamento all'ordinamento forestale stabilisce i principi generali per la gestione del bosco, „... la selvicoltura è di tipo naturalistico ed avviene secondo una visione integrale dell'ecosistema bosco. La selvicoltura naturalistica si fonda sulla mescolanza naturale tra le specie arboree, su un sano sistema di equilibri nel bosco e sulla sua rinnovazione naturale ...“

Tra i principi selvicolturali generali del Regolamento all'ordinamento forestale sono contenuti, in modo chiaro, i fondamenti della selvicoltura in Alto Adige: tagli su piccole superfici, cure colturali sui gruppi, margini boschivi articolati e ricchi di specie, rinnovazione naturale, rilascio di necromassa in quantità e distribuzione adeguata, mantenimento della mescolanza tra le specie, tutela degli alberi monumentali e dei paesaggi di particolare rilevanza, individuazione di una rete di zone forestali protette, nelle quali sia anche possibile rinunciare consapevolmente alle utilizzazioni.

### **Potenzialità produttive e modalità di gestione**

La massa legnosa media presente nei boschi altoatesini è di circa 184 m<sup>3</sup>/ha ed aumenta annualmente dell'1,5%. Rispetto ai complessivi 480.000 m<sup>3</sup>, pari a 1,7 m<sup>3</sup>/ha, che annualmente vengono tagliati, ne potrebbero essere utilizzati, sempre in modo sostenibile, ben 815.000 m<sup>3</sup>, pari a 2,8 m<sup>3</sup>/ha.

Come conseguenza agli estesi tagli raso e alla grave penuria di legname, circa due secoli fa i forestali formularono il principio della sostenibilità: si deve utilizzare solamente la quantità di legno, che permetta di mantenere intatte per le generazioni future la produttività ed il valore dei boschi.

Affinché questo avvenga, è necessario pianificare la gestione dei boschi. Le proprietà forestali con estensione maggiore di 100 ha devono essere gestite secondo un Piano di assestamento, rinnovato ogni 10 anni. Le prescrizioni contenute nel piano regolano il trattamento dei boschi, l'entità dei tagli (ripresa), gli interventi di miglioramento boschivo ed anche i provvedimenti per la tutela dei biotopi. Per le proprietà con estensione inferiore a 100 ha sono previste le schede boschive, che ne regolano la gestione e lo sfruttamento.

I grandi proprietari boschivi, come la Provincia o i comuni, si sforzano anno dopo anno, di mantenere la ripresa sempre allo stesso livello. In molti paesi europei, essi sono addirittura obbligati dalla legge. Al contrario, i piccoli proprietari (contadini) considerano il bosco come una sorta di banca: lo lasciano crescere quando l'agricoltura rende bene, lo tagliano quando hanno bisogno di liquidità.

In Alto Adige il bosco è sottoposto ad una rigida vigilanza da parte dei forestali. Quando il proprietario boschivo vuole tagliare delle piante, queste devono essere assegnate (martellate) dai forestali. In questo modo si evitano utilizzazioni sconsiderate.

## Il bosco protegge l'ambiente in cui viviamo

Circa un terzo dei boschi altoatesini è considerato bosco di protezione. Nelle zone montane, il bosco offre un servizio protettivo insostituibile. L'esigenza di protezione aumenta all'aumentare degli insediamenti e delle attività economiche all'interno degli abitati. Generalmente, il bosco costituisce il sistema meno costoso e più efficace per proteggere l'ambiente in cui viviamo dalle forze della natura.

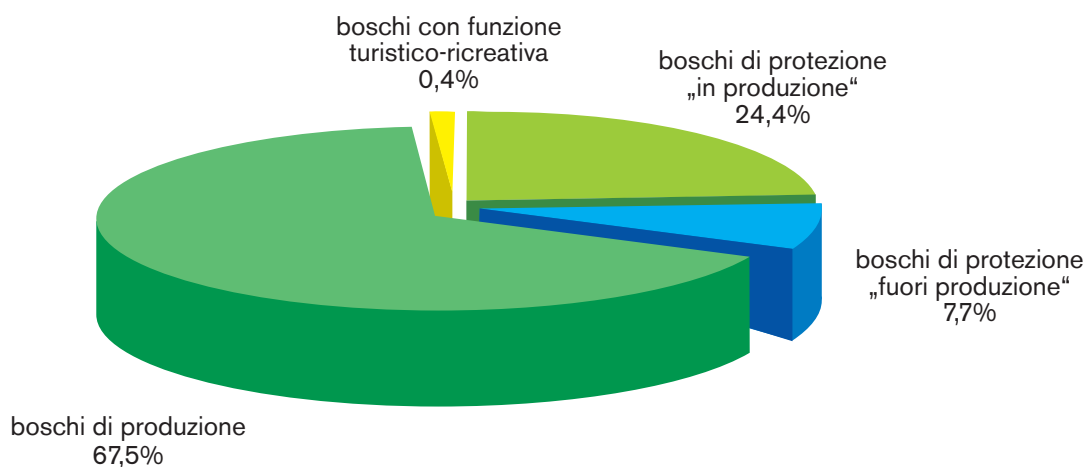


Figura 2-4: ripartizione della superficie forestale secondo le funzioni prevalenti

I proprietari boschivi non riescono ad ottenere alcun guadagno dai boschi di protezione che si trovano nelle aree più marginali. Allo scopo di garantire anche su tali superfici le cure adeguate, vengono sostenuti e finanziati gli interventi di miglioramento boschivo.

## Il bosco fattore economico

Il prodotto principale del bosco è il legno. Il suo utilizzo, non assicura solamente un reddito al proprietario boschivo, ma anche un certo numero di posti di lavoro nelle aziende di lavorazione del legname.

Il legno è la sola materia prima di un certo rilievo, che cresce da sola, sempre che il bosco venga trattato in modo corretto.

<b>Legname tagliato in Alto Adige:</b>	480.000 m <sup>3</sup> /anno
<b>Produzione di segati (incluse le importazioni):</b>	ca. 450.000 m <sup>3</sup> /anno
<b>Aziende:</b>	ca. 22.000 proprietari boschivi ca. 135 segherie incl. piccoli impianti ca. 350 carpentieri con ca. 1 100 occupati ca. 800 falegnami con ca. 4000 occupati

## 2.3 La certificazione del legno e dei prodotti legnosi - PEFC e FSC

***Distinguere il legname e i prodotti legnosi provenienti da foreste gestite in modo sostenibile***

Attualmente esistono, a livello internazionale, molte istituzioni che lavorano per il riconoscimento di marchi di qualità per il legno ed i prodotti legnosi derivanti da boschi gestiti in modo sostenibile. In Italia si sono consolidate due organizzazioni: il sistema di certificazione pan-europeo (PEFC) ed il Forest Stewardship Council (FSC).

***1993: fondazione del FSC***

Nel 1993, esponenti del settore economico insieme ad organizzazioni con orientamenti socio-ambientalisti, fondarono a Toronto il FSC („Forest Stewardship Council“). Lo scopo era quello di sviluppare un sistema di certificazione per il legno ed i prodotti legnosi, dal bosco al prodotto finito. Dal 1995 il FSC esegue l'accREDITAMENTO di organismi di certificazione, con lo scopo di definire, secondo i principi FSC, gli standard di gestione da seguire a livello nazionale. Alla fine del 2000 ben 20,8 milioni di ha di bosco in 35 paesi, nonché migliaia di prodotti in commercio erano certificati secondo il sistema FSC. Alla fine del 1999 più di 600 aziende operanti nel commercio e nella lavorazione del legname avevano ottenuto una certificazione relativa alla "catena di custodia".

Nel giugno del 1999, dall'iniziativa di alcuni privati operanti nel settore forestale, ebbe inizio il sistema di certificazione pan-europeo (PEFC), all'interno del quale sono oggi presenti anche soci italiani. Attualmente, 16 paesi sono soci del PEFC Europa. La superficie forestale complessivamente certificata ammonta a circa 47 milioni di ha.

**1999: fondazione del  
PEFC**

Fondamenti della gestione sostenibile delle foreste sono i „criteri di Helsinki“. Essi furono sottoscritti nel 1998, da 37 paesi, tra i quali l'Italia, nel corso della „Terza Conferenza Ministeriale sulla Protezione delle Foreste in Europa“.

Il sistema PEFC è stato sviluppato in modo particolare per la realtà europea, caratterizzata da un settore forestale estremamente frammentato. Attraverso la certificazione di intere regioni, invece delle singole aziende, diventa possibile certificare, senza costi eccessivi, anche i numerosi piccoli proprietari boschivi.

**Un sistema di  
certificazione anche  
per realtà forestali  
frammentate**

Nel 2001, l'Alto Adige è entrato a far parte del gruppo di lavoro, che sviluppa il sistema di certificazione PEFC in Italia. In Austria, ma anche in gran parte della Germania e della Repubblica Ceca, in Finlandia ed in altri paesi si certifica secondo il sistema PEFC; di conseguenza, il mercato viene alimentato in gran parte con legname certificato, indirizzando in tal senso anche le industrie di lavorazione del legno.

Alla fine di giugno del 2000 si è tenuto a Bruxelles un convegno relativo al tema „Certificazione secondo il sistema PEFC/FSC?“, durante il quale si sono fatti i primi passi verso il reciproco riconoscimento tra i due sistemi. In alcuni punti esiste già unitarietà: non discriminazione, ripetibilità e trasparenza. Anche l'industria del legno europea, fortemente orientata verso il sistema PEFC, preme in modo inequivocabile per un rapido riconoscimento reciproco tra i due sistemi.

3

# Sfruttamento energetico del legno

La conservazione della qualità dell'ambiente ci costringe a riflettere su più livelli e comporta la necessità urgente di agire. Per quanto riguarda lo sfruttamento di energia e di materie prime derivate direttamente dal sole, una soluzione concreta è rappresentata dalla creazione di unità di approvvigionamento decentrate, che facciano uso di materie prime rinnovabili e riciclabili.

### 3.1 L'albero, una riserva energetica naturale

Tra tutte le forme di vita terrestri, solo le piante verdi sono in grado di assorbire l'energia solare ed immagazzinarla in forma chimica. Tale processo prende il nome di **fotosintesi**. La pianta assorbe acqua e  $\text{CO}_2$  e le trasforma, con l'aiuto dell'energia solare, in zuccheri (glucosio). L'energia solare effettivamente utilizzata durante la fotosintesi è misurabile: per la formazione di 1 kg di glucosio -  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  - sono necessari 2.872 kJ (0,8 kWh), che vengono quindi immagazzinati. Durante tale processo, si forma, come prodotto secondario, l'ossigeno -  $\text{O}_2$  - elemento molto importante per la vita. Durante la combustione del legno e, con esso, del glucosio, vengono liberate sotto forma di calore, 2.817 kJ (0,78 kWh). (Ciò accade se la combustione ha luogo in un sistema chiuso, cioè senza sottrazione da parte dell'acqua, di calore di condensazione).

#### Il legno è bio-energia

Da molti secoli, l'uomo sfrutta la possibilità di ottenere energia da combustibili fossili, come il carbone o il petrolio. Dopo un periodo di sfruttamento sconsiderato, oggi si è consapevoli, che, al ritmo di utilizzo attuale, queste fonti energetiche „a buon mercato“, non saranno disponibili in eterno. Oltre a questo, il prodotto della loro combustione, la  $\text{CO}_2$ , minaccia il clima a livello mondiale.

A dire il vero, anche quella contenuta nel petrolio o nel gas naturale, è energia solare immagazzinata nel corso di milioni di anni. Tuttavia, il carbonio (C) contenuto in questi combustibili, viene liberato in quantità così grandi, da compromettere l'equilibrio della  $\text{CO}_2$  a livello mondiale e provocarne un aumento della concentrazione nell'atmosfera („effetto serra“).

#### **Sfruttamento di materie prime rinnovabili**

**L'energia solare immagazzinata nel legno è, in gran parte, nuovamente utilizzabile sotto forma di energia termica**

**L'utilizzo del legno fa bene all'ambiente**

## **Il legno è CO<sub>2</sub>-neutrale**

Diversamente, durante la combustione del legno, viene liberata solamente quella quantità di CO<sub>2</sub>, che l'albero ha sottratto in precedenza all'atmosfera e che fa parte del naturale ciclo della CO<sub>2</sub>. Un abete rosso con una massa di 1 metro cubo (m<sup>3</sup>), immagazzina nel corso della sua vita, almeno 200 kg di carbonio e con esso, sottrae all'atmosfera circa 750 kg di CO<sub>2</sub>.

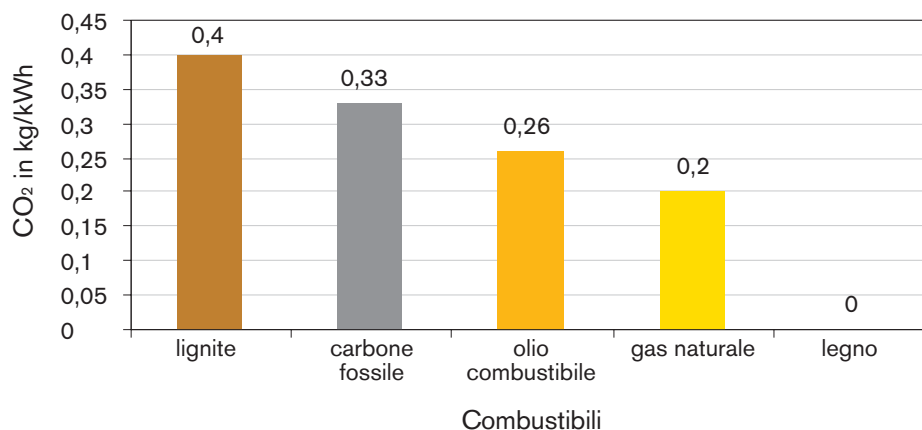


Figura 3-1: produzione di „nuova“ CO<sub>2</sub> durante la combustione

## **Il legno locale - un potenziale energetico quasi illimitato**

### ***Riscaldare con il legno rende possibile la manutenzione del bosco***

L'incremento legnoso annuo, in Alto Adige, ammonta a circa 815.000 metri cubi, dei quali circa la metà viene annualmente utilizzata. Nei popolamenti non diradati, la massa legnosa, che cresce in continuazione, limita lo sviluppo del bosco ed impedisce agli alberi prescelti di svilupparsi in modo ottimale. L'utilizzo del legno per la produzione di energia termica, rende possibile, nel lungo periodo, la cura e la manutenzione del bosco.

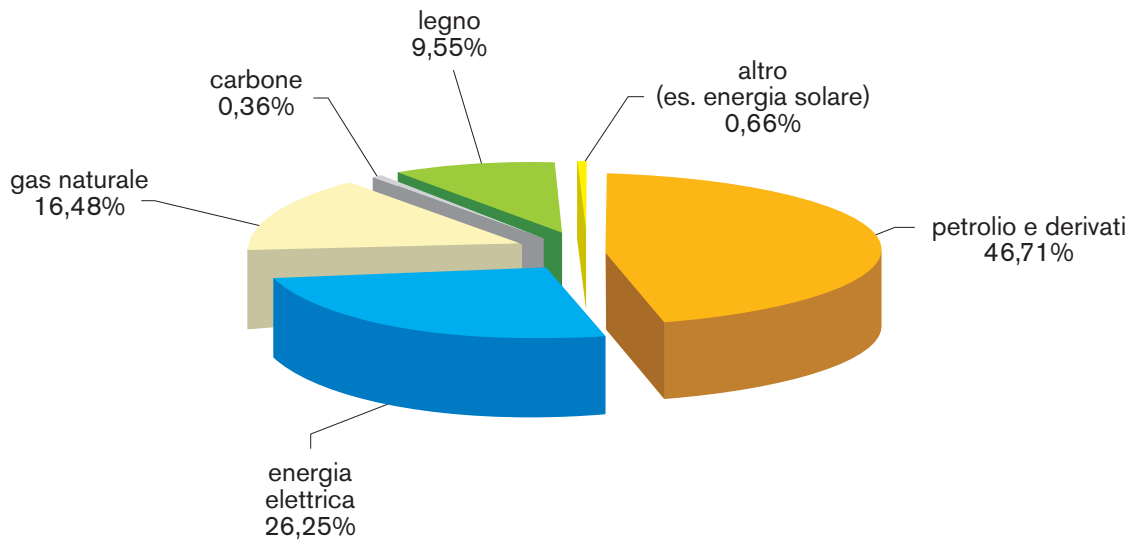


Figura 3-2: ripartizione delle fonti energetiche in Alto Adige (1993)

## 3.2 La combustione del legno

Durante la combustione viene liberata, sotto forma di calore, l'energia solare immagazzinata nel materiale. Scopo di una buona combustione è quello di ottenere quanto più calore possibile dall'energia immagazzinata, attraverso un processo inverso a quello di costruzione del materiale. Durante la combustione, il carbonio e l'ossigeno del legno reagiscono con l'ossigeno dell'aria. Se nell'aria è presente una quantità sufficiente di questo elemento, si giunge alla formazione di biossido di carbonio  $\text{CO}_2$ , con liberazione di molto calore. In presenza di poco ossigeno, invece, si forma il monossido di carbonio  $\text{CO}$ , velenoso, e viene liberato molto meno calore.

Il processo di combustione si può suddividere in 3 fasi:

### A) Riscaldamento ed essiccamento, fino a 100° C

In questa fase, l'acqua contenuta nel legno evapora. Tale fase è tanto più breve e necessita di tanta meno energia, quanto più secco e depezzato è il materiale.

***L'energia del sole si trasforma nel calore della stufa***

***Evaporazione dell'acqua***

## B) Liberazione di gas e degradazione termica (pirolisi), oltre i 100° C

### **Degradazione termica**

Il legno è costituito per il 70-80 % circa da sostanze volatili. All'aumentare della temperatura se ne vanno, dapprima, le sostanze gassose (ossigeno O<sub>2</sub> e idrogeno H<sub>2</sub>); il punto di infiammabilità si trova, a seconda della specie legnosa, tra i 240° e i 270° C. Successivamente, le sostanze solide (cellulosa, lignina, ecc.) vengono portate allo stato gassoso. Con il termine pirolisi, o degradazione termica, si intende la demolizione termica delle sostanze ed il passaggio dallo stato solido a quello liquido, ed infine, a quello gassoso. La pirolisi è un processo **endotermico** (che assorbe calore), mentre la combustione è un processo **esotermico** (che libera calore). Entrambe le fasi, a volte, hanno luogo l'una vicino all'altra. Nella degradazione termica sono interessate, tra le altre, anche sostanze corrosive (acido acetico, acido formico), le quali soprattutto durante la fase di innesco della combustione, possono precipitare (condensazione). Questo fenomeno può avvenire, ad esempio, sulle pareti fredde delle caldaie, che non funzionano a pieno regime o all'interno dei camini. La degradazione termica del legno viene indicata come **combustione primaria**.

### **Combustione dei gas**

La **combustione secondaria** - combustione di gas legnosi ricchi di energia - dovrebbe avvenire attraverso l'immissione di „aria secondaria“, preriscaldata, all'interno della fiamma, nel corso di una fase di post-combustione, molto calda. Solamente attraverso questo tipo di processo, ad alte temperature, è possibile una combustione completa e la liberazione, sotto forma di calore, di gran parte dell'energia immagazzinata nel legno. Questa fase di post-combustione con immissione di „aria secondaria“, rappresenta il più importante carattere distintivo tra le stufe a legna tradizionali e le caldaie a legna moderne.

## C) Combustione del carbone di legna

### **La cenere, un ottimo concime**

Prodotto della degradazione completa del legno è il carbone di legna, in grado di bruciare con una debole fiamma. I minerali immagazzinati nel legno rimangono sotto forma di cenere. La combustione del legno, quale processo inverso a quello della fotosintesi, fa parte di un ciclo chiuso. Il legno brucia senza rilasciare odori e quasi senza residui. Dalla combustione del legno, meno dello 0,5% rimane sotto forma di cenere. Questa piccola quantità può essere tranquillamente rilasciata nell'ambiente, poiché essa non contiene residui né infiammabili, né tossici. Naturalmente, la cenere può essere utilizzata anche come ottimo concime per le piante da giardino, poiché essa contiene preziosi elementi, quali potassio, magnesio, calcio, fosforo, manganese e ferro.

### 3.3 Principi generali

Per una migliore comprensione vengono di seguito chiarite le più importanti unità di misura ed alcuni termini tecnici.

#### Unità di misura dell'energia

##### Calore

Quale unità di misura del calore, viene attualmente utilizzato il joule (J). La caloria, un tempo frequente, viene impiegata solamente per calcoli di confronto.

##### *Energia primaria*

##### 1 joule (J) = 1 watt secondo (Ws)

Poiché tale unità è molto piccola, nella pratica si ricorre spesso al kilowattora (kWh).

$$\begin{aligned} 3.600 \text{ joule (J)} &= 1 \text{ wattora (Wh)} \\ 3,6 \times 10^6 \text{ joule (J)} &= 1 \text{ kilowattora (kWh)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ kWh} &= 860 \text{ kilocalorie (kcal)} = 3.600 \text{ kJ (=3,6 MJ)} \\ 1 \text{ MJ} &= 239 \text{ kilocalorie (kcal)} = 0,278 \text{ kWh} \\ 1 \text{ kcal} &= 4,19 \text{ kilojoule (kJ)} = 0,00116 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Tutte le sostanze combustibili contengono una quantità di energia, che viene definita energia grezza o primaria. Dalle trasformazioni prodotte durante la combustione del legno, l'energia si rende disponibile sotto forma di calore utilizzabile per il riscaldamento degli ambienti, dell'acqua, per cuocere il cibo, ecc.

#### Altre unità energetiche

L'energia immagazzinata o il contenuto energetico vengono spesso espresse con unità di misura riferite a fonti energetiche note:

$$\begin{aligned} 1 \text{ TEP} &= 1 \text{ tonnellata di petrolio equivalente} \\ &= \text{energia contenuta in 1 t petrolio} = 42 \text{ GJ} = 11.670 \text{ kWh} \\ 1 \text{ TEC} &= 1 \text{ tonnellata di carbone equivalente} \\ &= \text{energia contenuta in 1 t di carbon fossile} = 29 \text{ GJ} = \\ &8.060 \text{ kWh} \end{aligned}$$

### **Potenza calorica nominale**

## **Unità di misura della potenza**

La potenza di un impianto di combustione a legna è data dall'energia erogata nell'unità di tempo. Essa viene espressa in **watt (W)**.

1 kilowatt (kW) = 860 kcal/h = 860 unità di calore  
1.000 unità di calore = 1 Mcal/h = 1,16 kW

Se, ad esempio, una caldaia con una potenza di 25 kW, viene fatta funzionare a pieno carico per un'ora, essa fornirà una quantità di calore di circa 25 kWh.

La potenza calorica nominale, presente sulle targhe identificative degli impianti, esprime il calore che l'impianto può fornire utilizzando un determinato combustibile.

## **Unità di misura per la legna da ardere**

Le unità di misura usuali, in campo forestale, sono il metro cubo (m<sup>3</sup>) per i tronchi ed il metro stero (mst) per la legna accatastata (fino alla lunghezza di 2 m).

**1 metro cubo (m<sup>3</sup>)** è l'unità di misura di 1 m<sup>3</sup> di massa legnosa.

**1 metro stero (mst)** è l'unità di misura per pezzi di legna accatastati, che occupano, compresi gli spazi vuoti tra i singoli elementi, il volume di 1 metro cubo.

**1 metro stero accatastato (msta)** è l'unità di misura di un metro stero di legna accatastata (ciocchi, tronchetti, ecc.).

**1 metro stero alla rinfusa (mstr)** è l'unità di misura per piccoli pezzi di legno ammassati (ciocchi, cippato, trucioli, ecc.).

**1 tonnellata assolutamente secca (to atro)** è l'unità di misura di una tonnellata di massa legnosa completamente asciutta.

### **Coefficienti per le conversioni**

I parametri riportati nella tabella seguente, rappresentano valori di riferimento, variabili in relazione all'accatastamento, alla dimensione dei singoli pezzi, al compattamento subito durante il trasporto ecc. (in conformità con la ÖNORM M 7132).

	... m <sup>3</sup> di legno in tonname	... mst di legna accatastata (l=1 m)	... mst di legna accatastata (l=25-30 cm)	... mst di legna alla rinfusa (l=25-30 cm)	... mst cippato fine	... mst cippato grossolano
1 m <sup>3</sup> legno in tonname (tronchi)	1	1,40	1,20	2,00	2,50	3,00
1 mst legna accatastata (pezzi di 1 m)	0,70	1	0,85	1,40	1,80	2,15
1 mst di legna accatastata (pezzi di 25-30 cm)	0,85	1,20	1	1,67	2,00	2,50
1 mst di legna alla rinfusa (pezzi di 25-30 cm)	0,50	0,70	0,60	1	1,25	1,50
1 mst di cippato fine	0,40	0,55	0,50	0,80	1	1,20
1 mst di cippato grossolano	0,33	0,47	0,40	0,67	0,85	1

Figura 3-3: tabella di conversione per legna da ardere

Sciaveri	in pacchi	1 mst <sub>a</sub>	0,55 - 0,65 m <sup>3</sup>
Cippato (fino 50 mm)	ammucchiato	1 mst <sub>r</sub>	0,35 m <sup>3</sup>
Trucioli da sega (fino a 5 mm)	ammucchiato	1 mst <sub>r</sub>	0,33 m <sup>3</sup>
Trucioli da pialla	ammucchiato	1 mst <sub>r</sub>	0,20 m <sup>3</sup>
Corteccia non sminuzzata	ammucchiato	1 mst <sub>r</sub>	0,25 - 0,40 m <sup>3</sup>

Figura 3-4: coefficienti per la conversione dei prodotti secondari della lavorazione del legno

## Potere calorifico del legno

Nei calcoli speditivi, il potere calorifico del legno ( $P_o$ ) può essere considerato, in media, per tutte le specie legnose, pari a 5,2 kWh/kg = 19 MJ/kg di sostanza secca. La quantità di calore, che un combustibile è effettivamente in grado di fornire, viene definito **potere calorifico inferiore ( $P_{ci}$ )** - potere calorifico effettivo o pratico. Il **potere calorifico superiore ( $P_{cs}$ )**, invece, è un valore teorico, che esprime la quantità di calore fornita dal legno completamente asciutto; esso possiede uno scarso significato pratico.

Il potere calorifico del legno dipende, essenzialmente, da due fattori:

- il contenuto d'acqua e l'umidità del legno
- la massa

**Quanto calore fornisce il legno?**

**Contenuto d'acqua =  
quantità di acqua in  
rapporto al peso  
totale**

**Umidità = quantità di  
acqua in rapporto  
alla massa secca**

## Il contenuto d'acqua

Il contenuto d'acqua del legno ( $U^*$ ) è la massa d'acqua presente nel legno, espressa in percentuale, sulla massa totale (peso fresco).

## Umidità

L'umidità ( $U$ ) è la massa d'acqua presente nel legno, espressa in percentuale della massa secca.

Valgono le seguenti relazioni (dati in %):

Contenuto d'acqua $U^*$	10	15	20	25	30	35	40	50
Umidità del legno $U$	11,1	17,6	25	33,3	42,9	53,8	66,7	100

Umidità del legno $U$	10	20	30	40	50	60	70	100
Contenuto d'acqua $U^*$	9,1	16,6	23,1	28,5	33,3	37,5	41,2	50

Figura 3-5: relazioni tra contenuto d'acqua e umidità (in %)

Esempio: il „legno fresco“, ipotizzando che metà del peso sia costituito da massa legnosa pura e metà da acqua, possiede un contenuto d'acqua del 50% e un'umidità del 100%.

## Dipendenza del potere calorifico dal contenuto d'acqua

Quanta più acqua è contenuta nel legno, tanto minore è il suo potere calorifico, poiché l'acqua, durante il processo di combustione, deve essere evaporata, con dispendio di energia = calore. Il calore di evaporazione per 1 kg di acqua, ammonta a circa 0,68 kWh (2,44 MJ).

**L'energia utilizzabile  
diminuisce drasticamente  
all'aumentare del  
contenuto d'acqua**

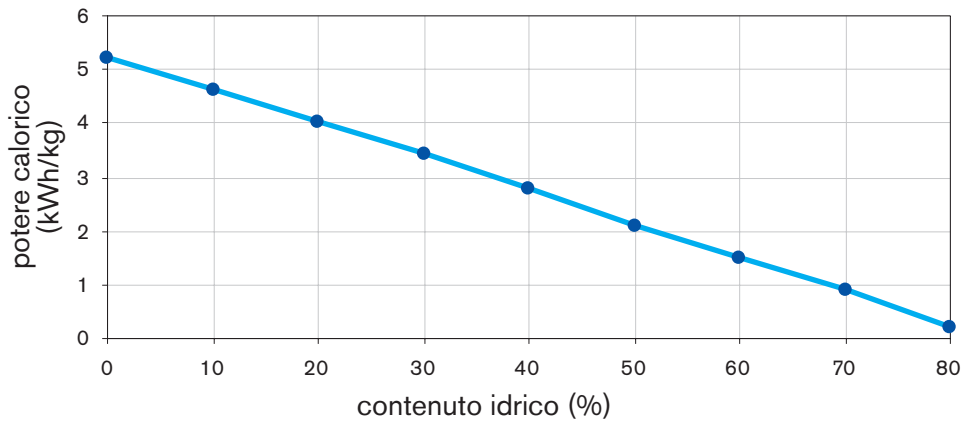


Figura 3-6: potere calorifico ( $P_c$ ) in funzione del contenuto d'acqua

Esempio: con un contenuto d'acqua pari a  $U^*=20\%$ , il potere calorifico è di circa 4 kWh per kg di massa legnosa.

### Dipendenza del potere calorifico dal peso

In riferimento alla densità grezza, si deduce, che a parità di peso, una stessa quantità di legno secco, indipendentemente dalla specie, possiede la stessa forza calorica. Infatti, i valori del potere calorifico ( $P_c$ ) variano poco, tra le diverse specie legnose.

### Le specie legnose a confronto

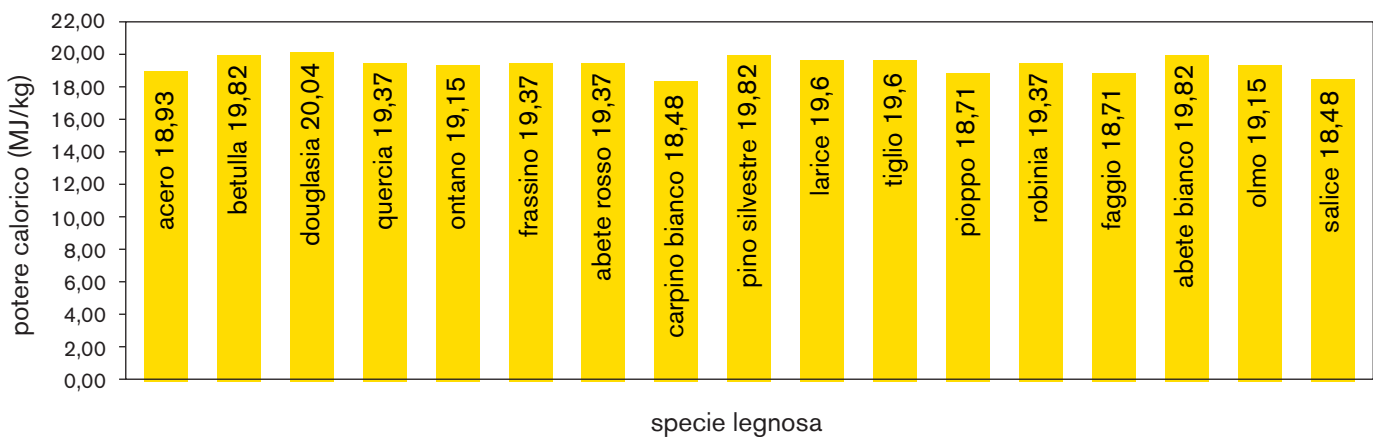


Figura 3-7: potere calorifico  $P_c$  di diverse specie legnose (peso secco)

***I legni forti hanno un potere calorico più elevato, a causa della maggiore densità***

Se, però, al posto del peso si considera il volume, si evidenziano sostanziali differenze tra le diverse specie.

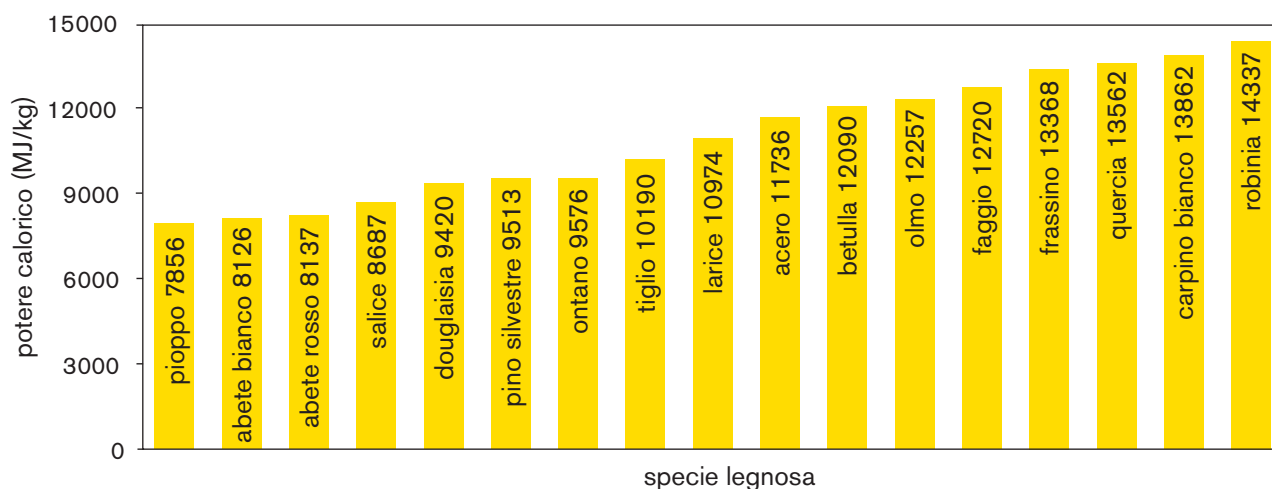


Figura 3-8: potere calorifico di diverse specie legnose (riferito a 1 m<sup>3</sup> di legno)

### **Confronto tra il potere calorifico del legno e quello di altri combustibili**

***1 kg olio combustibile = 3 kg legno***

Per quanto riguarda il potere calorifico, il legno è paragonabile alla lignite. 1 kg di olio combustibile può essere sostituito da circa 3 kg di legno.

Combustibile	Potere calorifico (MJ/kg)	Potere calorifico (kWh/kg)
1 kg di petrolio	42 (o 36 MJ/l)	11,67 (o 10 kWh/l)
1 kg di olio combustibile (gasolio)	41	11,4
1 kg di carbon fossile	29	8,06
1 kg di carbon coke	29	8,06
1 kg di lignite	15	4,17
1 kg di gas naturale (metano)	33 (o 37 MJ/m <sup>3</sup> )	8,94 (o 10,28 kWh/m <sup>3</sup> )
1 kg di legno (U <sup>*</sup> =20%)	14,4	4

Figura 3-9: poteri calorifici a confronto

Approssimativamente, si possono considerare i seguenti valori:

1.000 litri di olio combustibile possono essere sostituiti da:  
circa 5-6 mst di legno di latifolia (legno „forte“)  
circa 7-8 mst di legno di conifera (legno „dolce“)

## Efficienza o rendimento

Con il termine efficienza ( $\eta$ =eta) si intende, nel linguaggio tecnico, il rapporto tra la quantità di calore erogata da un impianto e l'energia fornita dal combustibile.

$$\eta = \frac{\text{calore erogato (kWh)}}{\text{combustibile utilizzato (kWh)}}$$

A partire dal calore fornito dal combustibile, per giungere alla quantità di calore effettivamente sfruttabile, è però necessario considerare alcune riduzioni. Le perdite derivano da:

- combustione incompleta del materiale
- irraggiamento termico della caldaia nell'ambiente circostante
- temperatura dei gas liberati

Nel settore del riscaldamento viene utilizzata una serie di termini relativi al rendimento, che nell'uso pratico sono spesso fonte di confusione. Per tale motivo, vengono, di seguito, brevemente illustrati quelli più usati:

## Rendimento della combustione

Viene calcolato indirettamente, dall'energia residuale contenuta nelle esalazioni (fumo), quali il calore dei gas, il contenuto di CO<sub>2</sub>, di CO o anche di O<sub>2</sub>. Essa fornisce indicazioni relative alla pulizia e alla completezza della combustione (può raggiungere il 99%).

**Completezza della  
combustione**

## Rendimento della caldaia

Questa efficienza prende in considerazione la pulizia della combustione e le perdite per irraggiamento dalla caldaia (essa può raggiungere, in situazioni ottimali, il 90%).

**Perdite per  
irraggiamento**

***Regolazione del riscaldamento***

## **Efficienza dell'impianto**

Questo tipo di rendimento considera il funzionamento ottimale dell'intero impianto di riscaldamento, di conseguenza, anche la ripartizione del calore e la regolazione del riscaldamento (esso può raggiungere, in situazioni ottimali, l' 85%).

***Dimensionamento della caldaia***

## **Rendimento complessivo**

Un buon rendimento dell'impianto non significa necessariamente un elevato rendimento complessivo. Quest'ultimo è determinato dalle modalità di riscaldamento, dalla dimensione della caldaia, dal giusto posizionamento e dalla regolazione dell'impianto, dalle perdite durante le fasi di accensione e spegnimento. Caldaie sovradimensionate peggiorano, in modo considerevole, il rendimento complessivo, poiché tutte le caldaie, raggiungono scarsi rendimenti, quando non funzionano a pieno regime. In condizioni ottimali, una caldaia a cippato, può funzionare con rendimenti del 70-75%, analogamente agli impianti ad olio combustibile.

Un buon rendimento dell'impianto di riscaldamento significa un risparmio di combustibile, per effetto di una combustione ottimale; ciò si traduce in un positivo effetto sull'ambiente.

## Contatti

### **Ufficio Risparmio Energetico**

Via Mendola 33

39100 Bolzano

Tel. 0471 414720, 414721

Fax 0471 414739

E-mail: [energieeinsparung@provincia.bz.it](mailto:energieeinsparung@provincia.bz.it)

### **Unione Agricoltori e Coltivatori Diretti Sudtirolesi**

Via Macello 4/D

39100 Bolzano

Tel. 0471 999333

Fax 0471 981171

E-mail: [info@sbb.it](mailto:info@sbb.it)

### **Unione Segherie Alto Adige**

Via di Mezzo ai Piani 7

39100 Bolzano

Tel. 0471 323200

Fax 0471 323 210

E-mail: [info@lvh.it](mailto:info@lvh.it)

4

Cosa può  
fare il legno

Il legno può essere utilizzato nei più diversi settori dell'edilizia. Esso si dimostra vantaggioso in tutti i suoi impieghi: dalle case unifamiliari, ai moderni edifici residenziali, dagli edifici commerciali, alle strutture ricreative e ai ponti.



*Premio Archilegno Alto Adige  
2002/03  
Edilizia abitativa privata,  
case mono- o plurifamiliari  
1° Premio e miglior progetto in  
assoluto:  
Casa Vieider, Valdaora di sopra  
Progetto: arch. Egger-Aichner-Seidl*



*Premio Archilegno Alto Adige  
2002/03  
Edilizia adibita a commercio,  
artigianato e servizi  
1° Premio:  
Ditta Vitalis, Stegona/Brunico  
Progetto e direzione lavori  
arch. Bruno Rubner*



*Premio Archilegno Alto Adige  
2002/03  
Edilizia pubblica  
1° Premio:  
Bocciodromo coperto  
Progetto e direzione lavori:  
arch. Paolo de Martin*

5

# Fabbricare in legno

## 5.1 Fabbricare velocemente ed asciutto

La fabbricazione con il legno è caratterizzata da una serie di aspetti fisici e tecnico-costruttivi, riconducibili principalmente alle proprietà naturali del materiale (vedere i Capitoli 5.2 e 5.11). Oltre a questo, costruire con il legno offre vantaggi di tipo logistico e soluzioni tecniche, a volte, vantaggiose anche dal punto di vista economico.

### I fabbricati in legno sono leggeri

Il legno possiede un rapporto tra resistenza e peso proprio particolarmente favorevole. Ciò significa, che i fabbricati in legno possono essere realizzati con un evidente risparmio in peso, rispetto ad altri sistemi costruttivi attualmente in uso. Questa caratteristica rende insostituibile il legno, in particolare nei lavori di ristrutturazione e di ampliamento, laddove le fondamenta originarie non siano state progettate pensando ad eventuali maggiorazioni.

### I fabbricati in legno permettono di risparmiare spazio

Nelle moderne modalità costruttive „a telaio“, il legno viene utilizzato per gli elementi verticali. Distanziando tra loro tali elementi (ad es. di 62,5 cm) è possibile realizzare una struttura a maglie, all'interno delle quali rimane lo spazio necessario per l'isolamento termico. Così facendo, la funzione portante e quella isolante occupano poco spazio, all'interno di uno stesso strato costruttivo, e nonostante questo, vengono assolte ognuna dal materiale più appropriato. Gli impianti idraulici ed elettrici vengono, spesso, inseriti in un apposito „strato degli impianti“. Anche in questo caso, generalmente, gli spazi rimanenti vengono riempiti con materiale isolante, migliorando le prestazioni complessive della struttura.

La sottile struttura delle pareti permette di avere a disposizione, a parità di trasmittanza termica K (vedi Cap. 5.4), una maggiore superficie abitativa; già in una casa unifamiliare di due piani, con un ingombro esterno di 10x8 m, si guadagnano 10 m<sup>2</sup> di superficie utile. Un tale guadagno in termini superficiali rappresenta, in particolare nell'edilizia degli agglomerati urbani, un risparmio finanziario non trascurabile.

***Il legno possiede un eccellente rapporto tra resistenza e peso***

***Più compiti svolti da un singolo strato***

***I fabbricati in legno consentono, a parità di ingombri esterni, un maggiore spazio abitativo***

**Nei fabbricati in legno non sono necessari periodi di essiccamento**

## **I fabbricati in legno sono asciutti**

La maggior parte dei materiali non organici (minerali) viene messa in opera con una certa umidità, asciugando, spesso, molto lentamente (cemento, intonaci, ecc.). Nel caso del legno manca la fase costruttiva umida. Soltanto durante i lavori di rifinitura (es. pavimenti verniciati) può essere presente dell'umidità negli ambienti.

**Prefabbricare comporta:**

## **Fabbricare in legno significa prefabbricare**

Negli ultimi anni si è imposta, su vasta scala, la tecnica costruttiva ad elementi. Questi vengono generalmente prefabbricati fino alla dimensione di una parete di una stanza, successivamente vengono trasportati in cantiere ed infine, assemblati. Tale metodo costruttivo comporta i seguenti vantaggi:

- **tempi costruttivi contenuti**
- **scarsa dipendenza dal tempo meteorologico**
- **elevata qualità del prodotto**
- **elevata flessibilità**

Tempi costruttivi contenuti, poiché fondamenta ed edificio possono essere preparati contemporaneamente. In tal modo, oneri finanziari, quali i pagamenti degli affitti, rivestono un peso minore.

Gli elementi vengono realizzati all'interno di stabilimenti specializzati, con diversi livelli di prefabbricazione - a volte muniti di rivestimenti esterni e finestre. Durante l'assemblaggio in cantiere, già a partire dal primo o secondo giorno, il tetto protegge l'edificio da precipitazioni improvvise. I lavori successivi vengono eseguiti al coperto - al riparo da vento e intemperie.

Il lavoro all'interno degli stabilimenti, assicura, attraverso l'invariabilità delle condizioni di lavoro e attraverso la standardizzazione dei processi produttivi, una migliore qualità del prodotto.

Le più moderne tecnologie di rifinitura e i macchinari computerizzati consentono un'elevata flessibilità e offrono, di conseguenza, i presupposti fondamentali per una fabbricazione di elevato valore qualitativo.

**Il legno è il materiale da costruzione meno dispendioso, dal punto di vista energetico**

## **Il legno offre di più**

Sempre più spesso, nel confronto tra modalità costruttive diverse, viene considerata l'analisi dei costi. Spesso, viene dato scarso peso ai benefici - qualsiasi casa in legno, grazie a particolari accorgimenti, può diventare un edificio a basso fabbisogno energetico. Eventuali miglioramenti nell'isolamento e, di conseguenza, la diminuzione dei fabbisogni energetici, sono assolutamente convenienti da raggiungere.

## 5.2 Protezione del legno in fase costruttiva

### Cosa si intende per protezione del legno in fase costruttiva?

La protezione del legno in fase costruttiva previene il danneggiamento del materiale da parte dell'umidità eccessiva, attraverso provvedimenti di tipo progettuale, costruttivo o relativi alla lavorazione e alle caratteristiche fisiche del materiale.

### Perché proteggere in fase costruttiva?

La protezione in fase costruttiva ha lo scopo di eliminare i pericoli legati all'umidità, come gli eccessi o le eccessive oscillazioni dell'umidità stessa.

Un'**umidità troppo elevata**, può causare la degradazione delle costruzioni in legno, a causa di attacchi da parte di agenti nocivi, e comprometterne, di conseguenza, la stabilità meccanica.

**Grandi variazioni dell'umidità all'interno del legno**, possono provocare deformazioni considerevoli (ritiri e rigonfiamenti) e produrre effetti negativi duraturi sulla costruzione, attraverso fenditure e tensioni interne.

**Provvedimenti validi**, sono costituiti soprattutto, dalla protezione nei confronti di:

#### **acqua di condensazione**

attraverso barriere contro il vapore, aerazione dei rivestimenti, isolamento delle condutture ecc.

#### **precipitazioni**

attraverso tetti, tettoie, sistemi per il rapido deflusso dell'acqua ecc.

#### **acqua battente**

attraverso il mantenimento di una certa distanza dal suolo, l'altezza dello zoccolo, l'introduzione di parti costruttive logorabili ecc.

#### **acqua capillare**

evitando la presenza di fughe strette

#### **umidità proveniente dal suolo**

attraverso l'isolamento

**Proteggere il legno in fase costruttiva significa preservarlo dall'eccessiva umidità, attraverso particolari espedienti costruttivi**

**Proteggere il legno da:**

- **acqua di condensazione**
- **precipitazioni**
- **acqua battente**
- **acqua capillare**
- **umidità proveniente dal suolo**

**Resistenza: i legni non sono tutti uguali**

## La naturale resistenza del legno

Le singole specie legnose possiedono caratteristiche diverse, che le rendono più o meno idonee a particolari impieghi. Per quanto riguarda la protezione del legno in fase costruttiva, è di grande interesse conoscere quale sia, la capacità del legno non trattato di resistere agli agenti fungini di degradazione. Si distinguono le seguenti 5 classi di resistenza:

Classe di resistenza	Resistenza del durame non trattato, nel caso di elevata umidità o contatto prolungato con il terreno
1	Molto resistente
2	Resistente
3	Mediamente resistente
4	Poco resistente
5	Non resistente

Figura 5-1: classi di resistenza

Specie legnosa	Classe di resistenza (durame)
Robinia	1
Querce	2
Larice	3-4
Pino silvestre	3-4
Abete rosso	4
Abete bianco	4
Acero	5
Faggio	5

Figura 5-2: resistenza naturale ai funghi degradatori (in condizioni estremamente umide)

**I funghi hanno bisogno di umidità**

## Attacco da parte di agenti dannosi

Il legno, essendo un materiale di origine organica, è sottoposto, in determinate condizioni (temperatura, umidità), ai cicli biologici e, di conseguenza, può essere degradato da funghi ed insetti. Tuttavia, i funghi degradatori necessitano, per la loro azione, di almeno il 20% di umidità all'interno del materiale stesso. Nel caso di costruzioni ben fatte, tale valore non viene mai raggiunto. L'attacco da parte di insetti, invece, è possibile anche con scarsa umidità; può, tuttavia, essere notevolmente limitato attraverso l'installazione di griglie o l'asportazione della corteccia dal legno messo in opera (ad es. nel caso dei tetti).

## La protezione chimica del legno è necessaria?

Per prima cosa, è necessario distinguere tra protezione chimica e trattamento delle superfici per motivi estetici o stabilizzanti. Proteggere chimicamente significa impiegare prodotti contenenti sostanze agenti in modo attivo contro funghi o insetti (fungicidi ed insetticidi).

Nella maggior parte dei casi, con una corretta progettazione, è possibile rinunciare a questi interventi. I prodotti chimici, in alcuni casi, possono completare in modo efficace gli interventi costruttivi, non possono, tuttavia, in nessun caso, sostituirli.

Per gli ambienti interni, la protezione del legno attraverso prodotti chimici è quasi sempre superflua e di conseguenza non è consigliata !

**La protezione chimica del legno è raramente necessaria**

**Non è possibile rimediare ad errori compiuti in fase costruttiva, attraverso l'impiego di prodotti chimici!**

## Esempi applicativi

### Facciate

Dal punto di vista costruttivo, la miglior protezione del legno si ottiene, preservando tutte le parti esposte alle intemperie, attraverso gronde, rivestimenti ecc.

Una gronda sporgente, non protegge dalle intemperie dirette solamente una parte della facciata, ma anche finestre e punti particolarmente delicati (es. giunzioni).

### Gronda

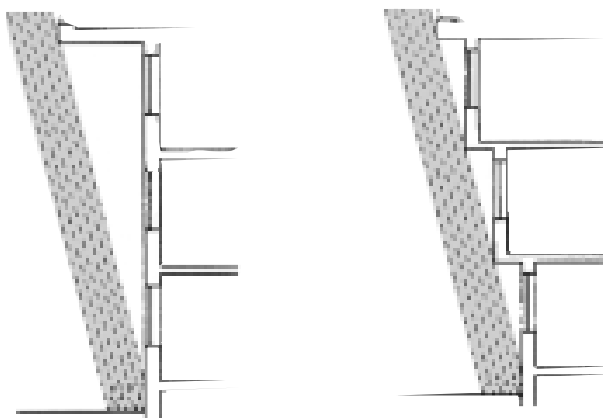


Figura 5-3: protezione della facciata dalla pioggia attraverso una gronda sufficientemente sporgente o attraverso l'arretramento dei diversi piani

**Impermeabilizzazione  
al vapore o pareti  
permeabili**

**Ventilazione interna**

**Pareti esterne**

Nelle pareti esterne, si dovrebbe fare attenzione, in particolar modo, alla formazione dell'acqua di condensazione, molto dannosa. La sua formazione può essere evitata, inserendo una barriera impermeabile al vapore, oppure costruendo pareti esterne permeabili. Quest'ultima soluzione, tuttavia, dovrebbe essere progettata esclusivamente da tecnici della fisica delle costruzioni! Nella maggior parte dei casi, è consigliata l'aerazione della parte interna delle pareti esterne. In tal modo, l'eventuale acqua di condensazione o l'umidità penetrata, vengono allontanate velocemente.

**Basamento (zoccolo)**

Per proteggere il legno dall'acqua battente, schizzata dal terreno, le parti in legno dovrebbero essere sollevate da terra per **almeno 30 cm**. Se ciò non è possibile per motivi tecnici o architettonici, devono essere previste, in alternativa, delle strutture sporgenti. Le parti in lamiera dovrebbero essere fissate prima di montare il rivestimento esterno, in modo tale, che restino coperte, e possano così impedire l'ingresso di acqua nella parete.

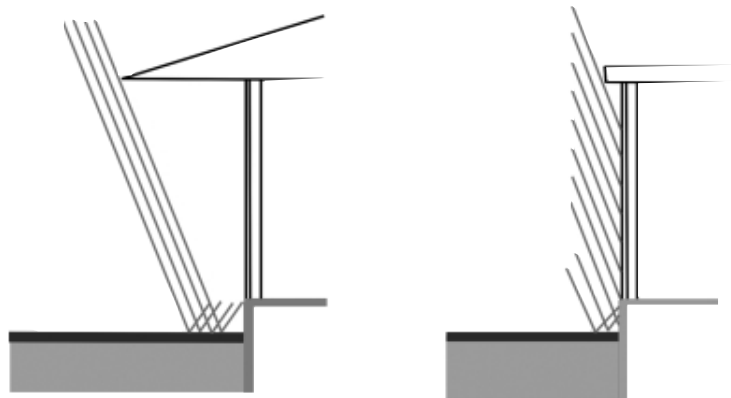


Figura 5-4: zoccolo o basamento protetto grazie alla giusta altezza e attraverso il corretto dimensionamento della sporgenza (sinistra)

### Appoggi

All'esterno, gli appoggi devono essere costruiti in modo tale, che non vengano minacciati dall'acqua battente, soprattutto nella parte inferiore, in corrispondenza del legno di testa. Questo si ottiene, mantenendo **la maggior distanza possibile da terra**, oppure costruendo i basamenti in modo appropriato. I sostegni dovrebbero, in ogni caso, essere sollevati di 15-30 cm.

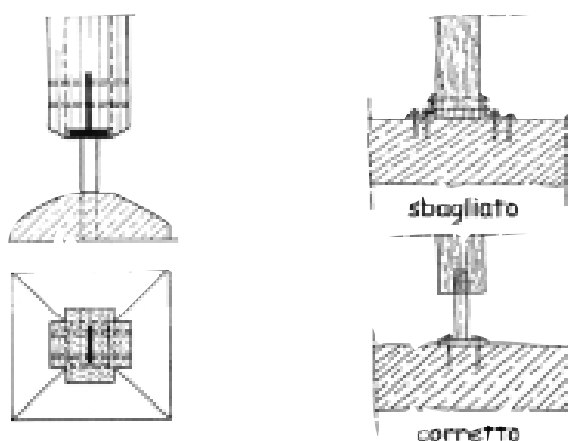


Figura 5-5: A sinistra: sostegno su un basamento con protezione dall'acqua battente efficace. A destra: esecuzione corretta ed errata di una base per sostegni.

I punti di giunzione (incastri), come rappresentato nella figura 5-6, se possibile, dovrebbero essere rivestiti, in modo da evitare la penetrazione dell'acqua piovana.

**Evitare i ristagni d'acqua**

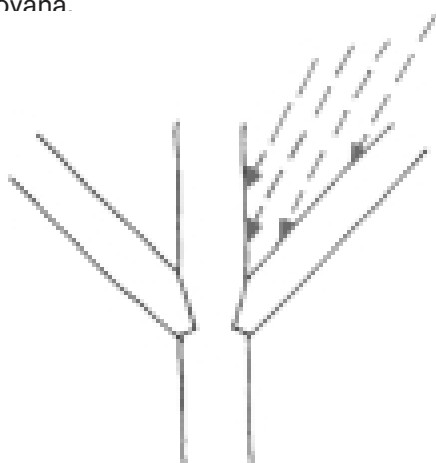


Figura 5-6: nelle strutture non protette nel modo giusto si possono formare ristagni d'acqua

***L'acqua deve poter defluire!***

### **Deflusso dell'acqua**

Non è sempre possibile impedire che il legno rimanga a contatto con l'acqua per lungo tempo. In casi simili, è importante costruire in modo tale, da consentire all'acqua di sgrondare. Se questo non accade, l'acqua si raccoglie negli interstizi e nelle fessure, causando danni.

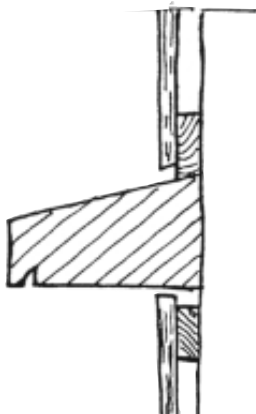


Figura 5-7: esecuzione corretta di parti costruttive in legno esposte: chiuse nella parte superiore e munite di gocciolatoio in quella inferiore.

***Per le finestre sono importanti la fabbricazione ed il montaggio***

### **Finestre**

Le finestre sono parti costruttive durature, ciò significa che esse devono rimanere stabili nel tempo. Questo si ottiene attraverso modalità costruttive appropriate e un corretto montaggio sulle pareti esterne.

- Sezione con spessore sufficiente
- Umidità del legno max 15%
- Evitare i vetri fissati esternamente
- Evitare i ristagni di umidità
- Preferire i battenti in metallo
- L'acqua deve poter sgrondare dai punti di giunzione
- Le finestre dovrebbero essere inserite nella sezione delle pareti esterne (spessore del telaio adeguato).

## **Contatti**

### **Sezione di mestiere dei carpentieri nell'APA**

Via di Mezzo ai Piani 15, 39100 Bolzano

Tel. 0471 323200, Fax 0471 323210

E-mail info@lvh.it

## 5.3 Trattamento delle superfici

### Cosa si intende per trattamento delle superfici?

Trattamento delle superfici significa:

- proteggere il legno dagli influssi climatici, come l'umidità e la radiazione solare
- conferire agli edifici un particolare aspetto estetico, attraverso la colorazione
- negli ambienti interni, facilitare la cura del legno.

All'esterno, il trattamento delle superfici ha senso solamente, laddove non siano state tralasciate le misure di protezione in fase costruttiva. I prodotti per il trattamento delle superfici non sono uguali a quelli chimici, poiché, generalmente, non contengono sostanze ad azione fungicida o insetticida.

### Il trattamento delle superfici all'esterno

La scelta del trattamento dipende, in primo luogo, dalle esigenze di durata della parte costruttiva.

Ad es., porte e finestre sono considerate **strutture durature**. Per assolvere la loro funzione (aprire e chiudere, impermeabilità al vento e alla pioggia), esse devono essere costruite in modo preciso. Il passaggio di umidità tra legno e aria deve essere limitato, al fine di impedire al legno di „lavorare“ (ritirarsi e rigonfiarsi).

Anche per le parti durature è molto importante la protezione in fase costruttiva (vedi capitolo 5.2); essa non può, in nessun caso, essere sostituita da quella chimica o dall'impermeabilizzazione delle superfici!

Nel trattamento delle superfici, è necessario creare uno strato protettivo senza lacune. Nei punti di discontinuità l'acqua può entrare facilmente, per poi asciugare con difficoltà. Le conseguenze sono rappresentate da un maggior rischio di attacchi fungini e dallo sfaldarsi dello strato superficiale. Il rivestimento dovrebbe essere impermeabile o permeabile al vapore, tanto nella parte interna, quanto in quella esterna. In caso contrario, si può verificare, specie nei mesi invernali, la penetrazione di vapore acqueo, ad es. attraverso i telai di porte e fine-

**Protezione**

**Colore**

**Cura**

**Trattamento delle superfici non significa protezione chimica del legno!**

**Il giusto trattamento delle parti costruttive durature**

stre; ciò può provocare, nei casi peggiori, la condensazione dell'umidità e i danni sopra descritti. Per il trattamento delle parti durature sono adatte sia le vernici, che gli impregnanti.

***Le vernici creano uno strato impermeabile***

L'elevata impermeabilità al vapore acqueo delle **vernici**, rende possibile una lunga durata delle parti costruttive. La verniciatura è caratterizzata da una durata elevata (tempi di manutenzione di 4-10 anni), sempre che il trattamento sia stato realizzato in modo accurato. Il rinnovo di una vernice, tuttavia, è più dispendioso rispetto a quello di un impregnante, poiché l'intero strato deve essere completamente asportato e nuovamente applicato (più passate per gli strati del fondo). Questo vale soprattutto, laddove la manutenzione era già stata ritardata.

***Le superfici impregnate sono di più facile manutenzione***

Gli **impregnanti** lasciano traspirare il legno e sono più facili da applicare e ritoccare. Tuttavia, specialmente quelli a stratificazione sottile, sono adatti alle parti costruttive durature, solo a determinate condizioni, poiché possiedono caratteristiche di impermeabilità al vapore insufficienti. Sono raccomandabili, perciò, impregnanti a stratificazione più spessa, contenenti pigmenti colorati. Tonalità medie rappresentano un compromesso tra una buona protezione alle radiazioni UV e un eccessivo assorbimento di calore (possibile nel caso di colori molto scuri).

Poiché nel settore dei sistemi di trattamento delle superfici, lo sviluppo dei prodotti avviene con notevole rapidità, è bene rivolgersi, per qualsiasi dubbio, ai rivenditori specializzati.

***È consigliabile una protezione di fondo contro gli azzurramenti***

**Nel caso delle finestre, è necessaria la protezione con l'ausilio di prodotti chimici ?**

Per porte e finestre, il pericolo di attacchi da parte di funghi ed insetti, è molto basso e, di conseguenza, non ha senso, né è frequente, una protezione con l'ausilio di insetticidi. Al contrario, il trattamento preventivo contro possibili attacchi fungini, è la regola. Soprattutto per i legni interessati da azzurramenti (abete rosso, pino silvestre), viene applicata una protezione di fondo appropriata.

**Parti costruttive non durature**, sono, ad es., i punti di giunzione, i rivestimenti esterni, i balconi, ecc. A differenza delle parti durature, in questi casi lievi deformazioni del legno non compromettono la funzionalità della struttura e sono, perciò, tollerabili.

I **rivestimenti esterni**, se eseguiti in modo accurato, possono rimanere privi di trattamento. Nell'arco di 10-15 anni, si forma una colorazione grigio-bruna, variabile in relazione al logorio meteorologico. In genere, è possibile rinunciare al trattamento chimico. Nel caso di realizzazione eseguita a regola d'arte, può essere escluso l'attacco fungino o quello da parte di insetti.

Nel caso si voglia rallentare il naturale imbrunimento, oppure se si desidera una particolare colorazione, deve essere applicato un trattamento appropriato. Per tali impieghi, sono disponibili impregnanti, ma anche colori ad olio ed emulsioni. L'intervallo di manutenzione è di 2-5 anni. Gli impregnanti attuali, sono stati migliorati dal punto di vista ecologico, quando, negli anni scorsi, si era creata tra i produttori una forte concorrenza. Questi prodotti vengono oggi fabbricati, per lo più, su basi naturali, senza che vi sia il rischio di gravare sulla salute dei cittadini o di chi li maneggia.

In molte strutture in legno esterne, il trattamento delle superfici non ha senso, poiché gli eventuali interventi di manutenzione non sono attuabili o perché troppo costosi. In questi casi, per una buona realizzazione, si consiglia l'utilizzo di specie legnose resistenti (vedi capitolo 5.2).

Il legno è sottoposto al massimo logorio, quando si trova a diretto contatto con il terreno. In tali condizioni, l'impiego di prodotti chimici ha senso, solo se questi vengono applicati in profondità, nella struttura del legno, attraverso la tecnica dell'autoclave.

***Anche per i rivestimenti esterni, la protezione in fase costruttiva ha la precedenza!***

***Tutti i colori del mondo sono possibili!***

***Da non dimenticare: la resistenza naturale del legno***

## Trattamento delle superfici negli ambienti interni

***Per gli interni, nessun prodotto chimico!***

Se non vi sono errori di tipo costruttivo, il legno degli ambienti interni non viene attaccato da funghi. Il rischio molto contenuto di attacco da parte di insetti, non giustifica, generalmente, un trattamento preventivo con prodotti chimici. Per queste ragioni, dovrebbero essere impiegati solo prodotti per il trattamento delle superfici.

Per i **rivestimenti delle pareti e dei soffitti**, oppure per i balconi, è sufficiente una protezione contro la polvere e lo sporco; se ne può, tuttavia, anche fare a meno. Il trattamento, però, facilita la pulizia delle superfici. La gamma di prodotti possibili, va dagli oli (ad es. olio di lino), alle cere, fino agli impregnanti.

***Le stanze da bagno dovrebbero essere ben aerate***

Il **legno impiegato in ambienti umidi**, dovrebbe essere trattato, al pari di quello utilizzato all'esterno. Ciò è particolarmente importante nel caso di acqua battente (spruzzata). In questo modo, anche nei bagni più „sollecitati“, non si corre il rischio di attacchi fungini. Tuttavia, non deve essere dimenticata la regolare aerazione degli ambienti, altrimenti l'umidità interna del legno può raggiungere, nel lungo periodo, valori critici. Anche in questo caso, la protezione del legno in fase costruttiva è di primaria importanza; non si dovrebbe, ad esempio, mai rinunciare all'aerazione interna, nei rivestimenti di pareti e soffitti.

## 5.4 Isolamento termico

In un momento, nel quale lo sfruttamento dell'energia e delle risorse, insieme ad una coscienza ambientale crescente, sono di grande attualità, viene dato sempre maggior rilievo, all'importanza dell'isolamento termico nei nostri edifici.

Nella fisica delle costruzioni si distinguono tre tipi di isolamento termico:

- isolamento termico dal punto di vista „tecnico“: volto ad impedire la formazione di acqua di condensazione dannosa
- isolamento termico dal punto di vista „economico“: volto a favorire il minimo dispendio possibile di energia, nel riscaldamento e nel refrigeramento
- isolamento termico dal punto di vista del „comfort“: volto a favorire il condizionamento razionale degli ambienti.

### Comfort

La sensazione di comfort è data da quei provvedimenti, che consentono all'uomo di mantenere il proprio equilibrio termico. I parametri „climatici“ ideali sono sempre soggettivi e dipendono da molti fattori (età, sesso, attività, ecc.)

Per quanto riguarda la temperatura dell'aria, valori di riferimento possono essere:

lavoro sedentario, intellettuale	21-23 °C
lavoro in piedi, leggero	18-20 °C
lavoro manuale, pesante	16-18 °C

Insieme alla temperatura dell'aria, anche altri fattori sono decisivi per il „comfort“, ad es. l'umidità dell'aria o la temperatura delle superfici dell'ambiente in cui ci si trova (pavimenti e pareti). In questo senso, i pavimenti e le pareti in legno hanno un effetto ideale.

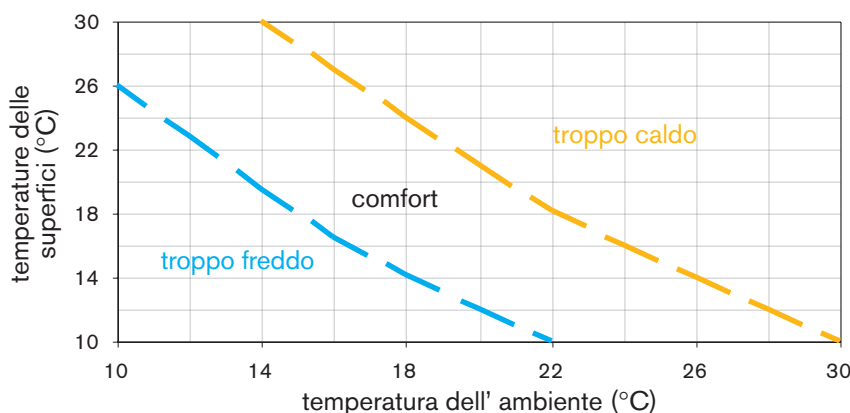


Figura 5-8: zona di „comfort o benessere“, in funzione della temperatura dell'aria e delle pareti.

**Isolamento termico dal punto di vista ...**

**... tecnico**

**... economico**

**... del comfort**

**Il comfort è una sensazione soggettiva**

**Tanto più piccolo è il valore di  $\lambda$ , tanto migliore è l'isolamento termico**

## Coefficiente di conducibilità termica $\lambda$ [W/mK]

Il coefficiente di conducibilità termica ( $\lambda$ ), è la misura della capacità di un materiale di condurre il calore. Esso rappresenta la quantità di calore, misurata in watt (W), trasmessa da un materiale nell'unità di tempo, attraverso una superficie di 1 m<sup>2</sup> ed uno spessore di 1 m, quando la differenza di temperatura tra i due lati del materiale è di 1 grado Kelvin (K).

Il coefficiente di conducibilità termica dipende da:

- peso specifico: maggiore è la densità del materiale, maggiore la conducibilità termica
- porosità: la conducibilità termica diminuisce, al diminuire delle dimensioni dei pori
- umidità: la conducibilità termica aumenta all'aumentare dell'umidità.

In generale: l'aria contenuta in piccoli spazi chiusi ha le migliori proprietà isolanti. Al contrario, l'acqua conduce il calore 25 volte più dell'aria.

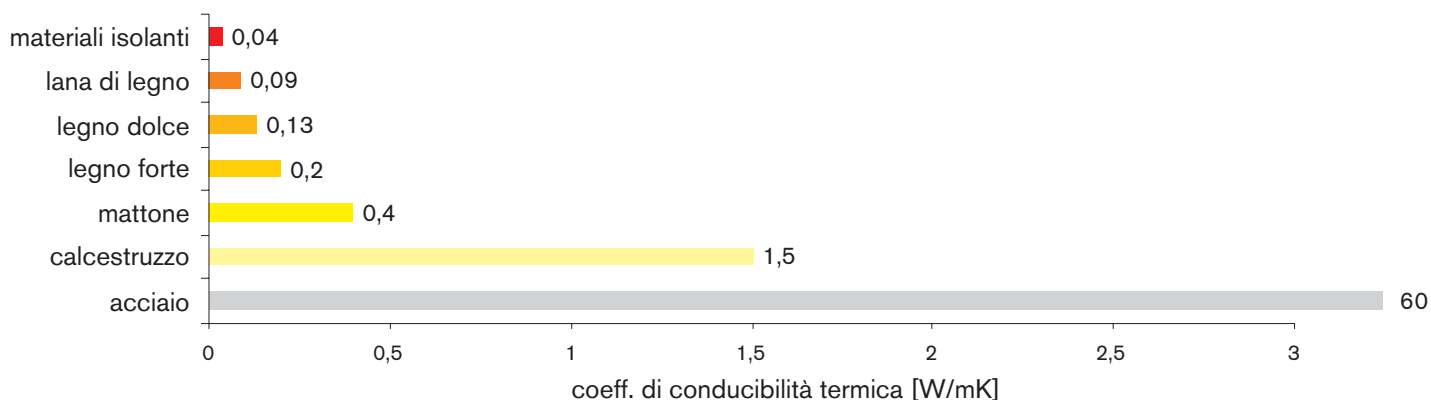


Figura 5-9: conducibilità termica di diversi materiali

**Quanto maggiore è il moto dell'aria, tanto maggiore è l'irraggiamento termico**

## Coefficiente di irraggiamento termico $\alpha$ [W/m<sup>2</sup>K]

Il coefficiente di irraggiamento termico ( $\alpha$ ), rappresenta la quantità di calore, trasmessa in 1 secondo, dalla superficie di 1 m<sup>2</sup> di un dato materiale, all'aria o viceversa, quando la differenza di temperatura tra i 2 elementi è di 1 grado Kelvin (K).

Si distinguono due tipi di irraggiamento:

- $\alpha_i$  - verso gli ambienti interni
- $\alpha_a$  - verso l'esterno

Il calore di un ambiente non dipende solo dai fenomeni legati alla conducibilità termica, ma anche all'irraggiamento e alla convezione, che interessano le „fredde“ pareti esterne.

Parte costruttiva	Direzione del flusso di calore	$1/\alpha_i$	$1/\alpha_e$
Parete esterna retroventilata	orizzontale	0,12	0,09
Tetto freddo (ventilato)	verso l'alto	0,12	0,09
Tetto caldo	verso l'alto	0,17	0,04
Vetrate esterne	qualsiasi	0,12	0,04
Pavimento (su terreno)	verso il basso	0,17	0,00

Figura 5-10: esempi di irraggiamento termico

## Coefficiente trasmittanza termica U [W/m<sup>2</sup>K]

Il coefficiente di trasmittanza termica U rappresenta la quantità di calore, espressa in J/s (=Watt), che attraversa la superficie di un corpo di area pari a 1 m<sup>2</sup>, quando la differenza di temperatura tra le due superfici del materiale stesso, è di 1 grado Kelvin (K).

***Tanto minore è il valore di U, tanto migliore è l'isolamento termico***

Il valore di U, relativo ad es. ad una parete, viene calcolato con l'aiuto dei parametri visti in precedenza:

- coefficiente di conducibilità termica  $\lambda$  dei materiali, che compongono i singoli strati della parete
- coefficiente di irraggiamento termico interno  $\alpha_i$  ed esterno  $\alpha_a$
- spessore dei singoli strati s

$$U = \frac{1}{1/\alpha_i + \sum s/\lambda + 1/\alpha_a} \quad (\text{W/m}^2\text{K})$$

## Parametri energetici degli edifici

Per descrivere le proprietà termiche di un edificio, è necessario definire alcuni parametri termici. Di seguito vengono brevemente chiariti alcuni termini.

### Superficie Planimetrica Lorda SPL

La superficie lorda è la superficie planimetrica complessiva di un edificio, comprendente quella netta, quella delle pareti esterne e quella delle pareti interne.

***Superficie complessiva***

## **Superficie Planimetrica Lorda Riscaldata $SPL_R$ o Superficie Energetica di Riferimento SER**

### ***Superficie riscaldata***

La superficie planimetrica lorda riscaldata  $SPL_R$  o superficie energetica di riferimento SER (entrambe le espressioni sono valide), rappresenta l'insieme di tutte le superfici riscaldate in un edificio, comprese le pareti perimetrali.

## **Fabbisogno Energetico per Riscaldamento FER**

### ***Fabbisogno energetico di un edificio***

Il fabbisogno energetico per riscaldamento FER (kWh) è la quantità media annuale di calore da fornire durante il periodo di riscaldamento ad un edificio, per assicurare nei vari ambienti una temperatura prefissata (normalmente 20°C).

## **I. Parametro energetico: valore dell'isolamento termico equivalente delle superfici esterne di un edificio**

### ***Forme degli edifici compatte sono migliori dal punto di vista energetico***

Questo parametro esprime l'isolamento termico di un edificio, in riferimento alla geometria e al guadagno energetico interno. Per geometria si intende la forma dell'edificio, che dovrebbe essere quanto più compatta possibile (con pochi angoli, sporgenze o appendici). Per guadagno energetico interno, invece, il calore irradiato dagli abitanti dell'edificio o dagli apparecchi elettrici in esso presenti.

L'isolamento termico equivalente è un parametro adimensionale.

## **II. Parametro energetico: trasmittanza riferita al volume $[W/m^3K]$**

Questo parametro esprime le perdite di calore per trasmissione (calore che attraversa le pareti e che, quindi, va perduto), riferite al volume dell'edificio.

### III. Parametro energetico: fabbisogno energetico annuo per riscaldamento FERa [kWh/m<sup>2</sup>a]

Il fabbisogno energetico annuo per riscaldamento FERa, esprime il fabbisogno energetico annuo, in riferimento alla superficie planimetrica lorda riscaldata SPL<sub>R</sub>. Questo parametro considera la destinazione effettiva dell'edificio e le condizioni locali.

**Fabbisogno energetico annuo per riscaldamento**

#### Esempi realizzativi

Nei fabbricati in legno, a parità di capacità isolante, è possibile utilizzare pareti più sottili.

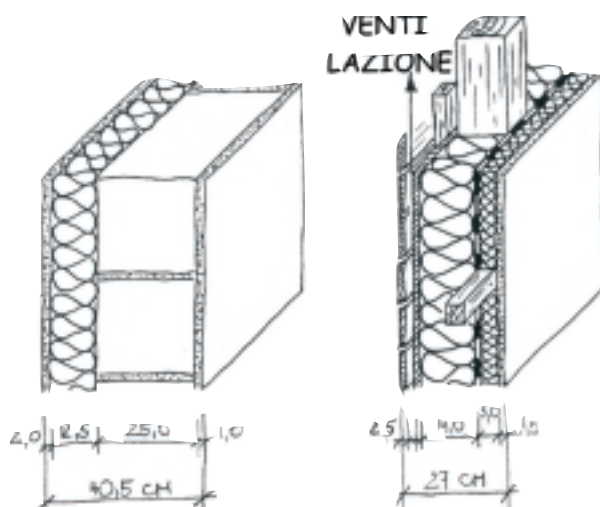


Figura 5-11: confronto tra due tipi di costruzione di parete

*A sinistra:* Muratura ad 1 strato, isolamento con polistirolo (12,5 cm), coefficiente di trasmittanza termica K: 0,25 W/m<sup>2</sup>K, spessore parete: 40,5 cm.

*A destra:* Struttura in legno con rivestimento ventilato, isolamento con pannello in fibra di legno (14 cm) tra le strutture portanti e pannello di lino come strato di rivestimento interno (5 cm), coefficiente di trasmittanza termica K: 0,25 W/m<sup>2</sup>K, spessore parete: 27 cm

## Materiali isolanti

Essenziale per le proprietà isolanti di un edificio, è la scelta dei materiali appropriati. Oltre alla lana minerale, ampiamente diffusa perché poco costosa, esistono molti altri materiali con buone proprietà isolanti. Prodotti ecologici, come la cellulosa, la lana di pecora, il lino e le fibre di cocco sono sempre più ricercati. Nella tabella sottostante, vengono riassunte le proprietà dei materiali più frequentemente utilizzati. Un parametro importante è dato dal coefficiente di conducibilità termica  $\lambda$ : tanto minore il valore di  $\lambda$ , tanto migliore è l'azione isolante di un materiale. Oltre a ciò, viene fornito come parametro di raffronto immediato, lo spessore per il quale i diversi materiali possiedono la stessa capacità isolante.

Materiali isolante	Coefficiente di conducibilità termica $\lambda$ [W/mK]	Spessore isolante di riferimento [cm]
Cotone	0,04	10
Mica espansa	0,07	18
Perlite espansa	0,05	13
Argilla espansa	0,08	20
Polistirolo espanso	0,04	10
Polistirolo estruso	0,035	9
Lino	0,04	10
Lana di vetro / di roccia	0,04	10
Canapa	0,04	10
Pannelli di fibre isolanti	0,04	10
Pannelli di lana di legno*	0,1	25
Fibre di cocco	0,05	13
Sughero	0,45	11
Poliuretano espanso	0,03	8
Lana di pecora	0,04	10
Schiuma di vetro	0,045	11
Materiali a base di cellulosa	0,04	10

\* i pannelli di lana di legno vengono impiegati, generalmente, in combinazione con altri materiali

Figura 5-12: i materiali isolanti

## I vantaggi del legno come materiale isolante

- Il legno utilizzato come materiale per le strutture portanti, possiede ottime proprietà isolanti (vedi conducibilità termica dei materiali da costruzione, figura 5-9).
- Nelle costruzioni in legno (es. a „ossatura in legno“) gli elementi portanti e quelli isolanti possono essere realizzati in uno stesso strato costruttivo. Per tale motivo, è possibile costruire pareti sottili, guadagnando superficie utile.
- Attraverso una progettazione accurata e tramite la prefabbricazione industriale, è possibile ridurre al minimo i punti critici („ponti di calore“ e punti deboli) della struttura.
- L'impiego, nelle costruzioni in legno, di qualsiasi tipo di materiale isolante (es. „materiali ecologici“), è possibile senza alcun problema.

**Una buona azione isolante del materiale da costruzione**

**Costruire le pareti risparmiando spazio**

## Requisiti richiesti nell'isolamento termico

Le disposizioni relative all'isolamento termico ed i procedimenti di calcolo del fabbisogno energetico, sono regolamentati dalle norme UNI e dalla Legge 10/91 „Norme per l'attuazione del Piano Energetico Nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia“.

Parte costruttiva	Valore di K raccomandato per edifici a basso fabbisogno energetico (W/m <sup>2</sup> K)	Valore di K raccomandato (W/m <sup>2</sup> K)	Valore di K max ammissibile in base alla L 10/91 (W/m <sup>2</sup> K)
Parete esterna	0,3	0,4	0,7
Pavimento a contatto con il terreno	0,4	0,5	1,0
Pavimento con cantina non riscaldata sottostante	0,22	0,5	0,6
Pavimento con ambiente esterno sottostante	0,18	0,3	0,6
Soffitto con terrazzo o tetto piano soprastante	0,2	0,3	-
Soffitto con sottotetto soprastante non riscaldato	0,2	0,3	0,5
Tetto inclinato	0,2	0,3	0,5
Finestre (vetro)	0,7 - 1,4	1,1 - 1,7	2,4
Porte esterne	1,0 - 1,5	1,6	1,7

Figura 5-13: requisiti previsti nell'isolamento termico, a confronto (casa unifamiliare - Bolzano)

Nel caso di edifici a basso fabbisogno energetico, i valori di K per le pareti esterne sono pari a 0,2-0,3 W/m<sup>2</sup>K, corrispondenti a spessori di materiale isolante di circa 14-20 cm. Tali spessori sono generalmente facili da realizzare nelle costruzioni in legno, ad es. nel tipo costruttivo ad „ossatura in legno“, e, di conseguenza, è facile ottenere un isolamento termico economicamente vantaggioso.

### ***Il „punto debole“, le finestre***

Nonostante i notevoli miglioramenti tecnici, attraverso le finestre si perde una quantità di calore 4 volte superiore rispetto alle pareti. Dal punto di vista tecnico ed ecologico, quindi, il legno si adatta molto bene per la costruzione dei telai delle finestre. Oltre a ciò, dovrebbero essere montati vetri con valori di K inferiori a 1,4 W/m<sup>2</sup>K. Un semplice provvedimento per minimizzare ulteriormente le dispersioni di calore consiste anche nell'utilizzare le imposte, tenendole chiuse durante la notte.

Attraverso la progettazione accurata delle costruzioni in legno, ma soprattutto attraverso la prefabbricazione, possono essere eliminate eventuali lacune („ponti di calore“) negli strati isolanti. Riprese all'infrarosso, in grado di rilevare ogni falla, possono mettere in evidenza l'accuratezza e l'elevato livello qualitativo della costruzione.

## **Isolamento termico „estivo“**

### ***Protezione dal sole***

A differenza dell'isolamento termico „invernale“, appena trattato, quello „estivo“ ha lo scopo di evitare l'eccessivo riscaldamento degli edifici. Generalmente, se ne dovrebbe tener conto già in fase progettuale: decisivi sono l'orientamento dell'edificio rispetto al sole e la protezione esterna delle finestre. Inoltre, dovrebbe esistere la possibilità di ventilare internamente l'edificio.

### ***Aerazione interna***

Un materiale isolante con peso elevato, montato sulle pareti esterne e sulle falde del tetto, limita il riscaldamento dell'edificio attraverso „l'involucro“ esterno. Il calore penetrato nell'edificio, dovrebbe, se possibile, essere immagazzinato e restituito durante i periodi più freschi (ad es. di notte). Decisiva in questo senso, è la massa delle pareti e delle coperture in grado di immagazzinare attivamente il calore. Nella costruzione di tali strutture, si dovrebbero prevedere „masse immagazzinanti“ in quantità sufficiente. Ciò è possibile, ad esempio, attraverso l'impiego di intonaci a base di argilla (sulle pareti interne), oppure tramite l'inserimento di strati di trucioli nelle coperture.

### ***Massa immagazzinante***

La figura 5-14 riporta la capacità termica  $C$  ( $\text{kJ}/\text{m}^3\text{K}$ ) dei materiali da costruzione reperibili in commercio. Attraverso l'appropriata combinazione con materiali di origine minerale, come sopra descritto, è possibile raggiungere, nelle costruzioni in legno, una capacità termica molto elevata.

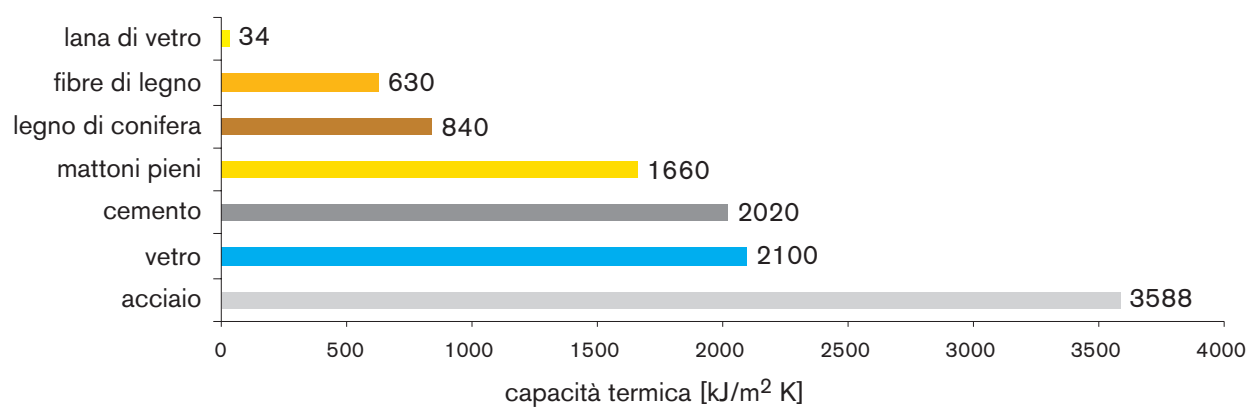


Figura 5-14: capacità termica dei materiali da costruzione più diffusi

## 5.5 Edifici a basso fabbisogno energetico

### Perché edifici a basso fabbisogno energetico?

***Negli edifici privati, il riscaldamento richiede l'80% del fabbisogno energetico complessivo***

Le abitazioni private, in Alto Adige, consumano circa il 50% dell'energia complessiva (escluso il traffico veicolare). Dell'intero fabbisogno energetico, la componente più importante spetta al riscaldamento degli ambienti durante i mesi invernali.

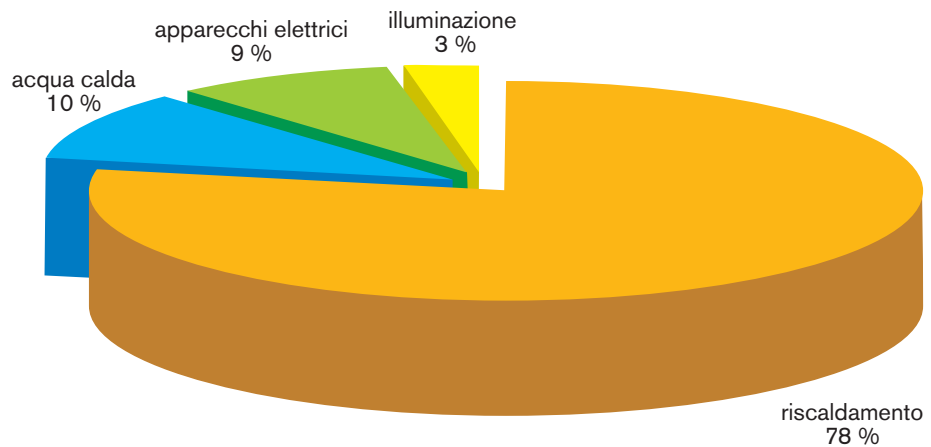


Figura 5-15: fabbisogno energetico nelle abitazioni private (Fonte: Piano Energetico Provinciale 1993)

Allo scopo di ridurre il fabbisogno energetico, si deve, da una parte minimizzare l'influsso del clima esterno sugli ambienti interni, dall'altra ottimizzare le tecniche di riscaldamento.

Con le tecniche costruttive e di riscaldamento oggi conosciute e diffuse, è possibile ridurre il fabbisogno energetico annuo per riscaldamento, fino a valori compresi tra i 10 e i 65 kWh/m<sup>2</sup>a di SER o SPL<sub>R</sub> (vedi Superficie Energetica di Riferimento e Superficie Planimetrica Lorda Riscaldata Cap. 5.4). Ciò corrisponde all'impiego di 3-19 kg di legno all'anno, per m<sup>2</sup> di SER o SPL<sub>R</sub> (livello di sfruttamento dell'impianto di riscaldamento in un anno, 85%).

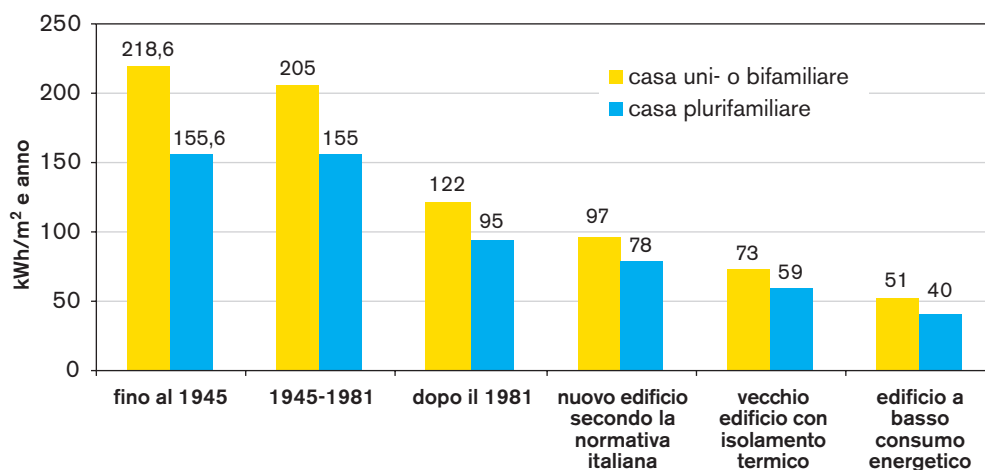


Figura 5-16: parametri termici per edifici e nuove costruzioni (Fonte: LEP 1993, Klima E, Bolzano)

## Cos'è un edificio a basso fabbisogno energetico?

Il termine „edificio a basso fabbisogno energetico“, viene impiegato per gli edifici, che hanno un fabbisogno energetico per riscaldamento molto contenuto, ossia inferiore a 70 kWh annui, per m<sup>2</sup> di SER.

Attraverso l'installazione di impianti di ventilazione controllata degli ambienti (con recupero di calore) e attraverso lo sfruttamento ottimale dell'energia solare passiva, è anche possibile raggiungere gli standard degli „edifici ad energia solare passiva“. In questo caso, il fabbisogno energetico annuo per riscaldamento, non deve superare i 20 kWh/m<sup>2</sup>.

**Fabbisogno energetico max per riscaldamento, 70 kWh/m<sup>2</sup>**

**Standard degli „edifici ad energia solare passiva“: massimo fabbisogno energetico annuo per riscaldamento 20 kWh/m<sup>2</sup>**

Parte costruttiva	Secondo la L10/91	Edificio a basso fabbisogno energetico	Edificio ad energia solare passiva
Finestre (compresi i telai)	2,4	1,3	1,00
Pareti	0,7	0,3	0,15
Soffitto dell'ultimo piano, tetto	0,5	0,2	0,12
Soffitto della cantina	0,6	0,3	0,15

Figura 5-17: valori di trasmittanza termica K (W/m<sup>2</sup> K) massimi ammissibili per una casa unifamiliare (Bolzano)

## Come si raggiungono gli standards degli edifici a basso fabbisogno energetico?

### ***Posizione assoluta***

#### **Scegliere il posto giusto**

I luoghi assolati, poco ventosi e con poca nebbia, sono preferibili. È bene fare attenzione anche alle fonti di rumore e di eventuali emissioni, che possono influenzare notevolmente la qualità della vita.

### ***Progettare in gruppo***

#### **Progettazione accurata**

Specialmente nella costruzione di una casa a basso fabbisogno energetico, non si dovrebbe rinunciare ad una progettazione accurata. Dovrebbero essere coinvolte e coordinate tutte le figure professionali, dallo scavo, agli arredi interni.

### ***Forme degli edifici compatte***

#### **Costruire nel modo più „compatto e ravvicinato“ possibile**

Le costruzioni ravvicinate contribuiscono ad uno sfruttamento migliore dello scarso spazio edificabile disponibile; abitazioni a contatto tra loro, possiedono una minore superficie di pareti esterne, consentendo, in tal modo, un risparmio di energia. Forme costruttive inutilmente complesse, appendici ed angoli pronunciati, hanno una ricaduta negativa sul bilancio energetico e sui costi di fabbricazione. Per la separazione degli edifici possono essere impiegate strutture non riscaldate, come balconi o porticati.

### ***Isolamento delle pareti esterne***

#### **Adeguate isolamento termico delle parti costruttive esterne**

Dopo le perdite di calore attraverso le finestre, quelle attraverso le pareti esterne (perdite per trasmissione) rappresentano, negli edifici abitativi, una grossa parte del totale. Un possibile rimedio è dato da spessori isolanti sufficienti per le parti costruttive esterne. Nel caso di costruzioni in legno, sono economicamente sostenibili, spessori di parete isolante di 16-35 cm, oltre i 40 cm la convenienza diminuisce drasticamente.

### ***Evitare i „ponti di calore“***

#### **Realizzazione accurata dell'isolamento**

È necessario evitare i „ponti di calore“, ossia i punti deboli all'interno degli strati isolanti. Particolare riguardo deve essere riservato ai serramenti, alle casse delle persiane avvolgibili, ai sottotetti, alle nicchie dei termosifoni e alle terrazze.

### ***Evitare i punti permeabili***

#### **Impermeabilità al vento e all'aria**

Il passaggio diretto dell'aria attraverso le parti strutturali esterne, provoca una riduzione consistente dell'isolamento termico, poiché il calore può lasciare l'edificio, senza trovare ostacoli. Oltre a ciò, nelle

parti fredde delle abitazioni, si può formare acqua di condensazione. Attraverso test particolari (es. Blower Door-Test), è possibile misurare la tenuta all'aria. Se tale test viene eseguito al momento giusto, durante la fase costruttiva, eventuali difetti possono essere riparati.

Attenzione: tenuta all'aria non significa automaticamente impermeabilità al vapore! (vedi Capitolo 5.8)

### **Sfruttamento passivo del sole, attraverso le finestre**

Durante i mesi invernali, quando il sole è più basso sull'orizzonte rispetto al periodo estivo, una parte dell'energia necessaria può essere ottenuta recuperandola attraverso le finestre esposte a sud (munite di vetro con adeguato isolamento termico).

### **Ventilazione degli ambienti**

Attraverso una adeguata e corretta aerazione (ventilazione forzata ad intervento periodico), si possono evitare perdite di calore eccessive (per es. attraverso finestre basculanti). Nel settore degli edifici a basso fabbisogno energetico, sono già disponibili alcuni accorgimenti tecnici. Le possibilità spaziano dai semplici ventilatori di evacuazione (scarico), ai sistemi di ventilazione con geocollettori e recupero di calore.

### **Produzione di energia efficiente e rispettosa dell'ambiente**

Vedi Capitolo 3

### **Produzione di acqua calda con risparmio di energia e riscaldamento „a bassa temperatura“ a reazione rapida**

## **Quanto costa un edificio a basso fabbisogno energetico?**

Per raggiungere gli standards di un edificio a basso fabbisogno energetico, non devono essere superati i parametri previsti per legge. In alcuni casi questo può comportare costi addizionali, comunque contenuti:

### **Isolamento termico, vetrate**

Nelle costruzioni in legno devono essere previsti spessori di materiale isolante di 14-20 cm. Per le finestre si realizzano vetri isolanti doppi o tripli, con valori medi di K pari a 1,4-0,7 W/m<sup>2</sup>K.

### ***Sfruttamento dell'energia solare***

### ***Sistemi di aerazione intelligenti***

***Risparmio attraverso  
la riduzione duratura  
dei costi energetici***

**Progettazione e realizzazione accurate**

Una realizzazione accurata è particolarmente importante nella costruzione di una casa a basso fabbisogno energetico. Non ci sono, per questo, costi aggiuntivi rispetto ad un edificio fabbricato in modo tradizionale, poiché l'accuratezza nell'esecuzione dovrebbe giocare sempre un ruolo importante!

**Impianti di riscaldamento efficienti**

Anche questa voce di costo, presa da sola, non ha grande importanza, in una casa a basso fabbisogno energetico.

Lo standard degli edifici a basso fabbisogno energetico qui descritto, è più restrittivo rispetto a quello degli ordinamenti costruttivi oggi in vigore e previsti dalla legge. Le prescrizioni edilizie rappresentano, tuttavia, solo dei requisiti minimi. Chi decide di costruire, già oggi, edifici a basso fabbisogno energetico, avrà vantaggi economici di lungo periodo. Il maggior costo sostenuto nella costruzione è ampiamente ripagato dal risparmio energetico, soprattutto in considerazione dei prezzi dell'energia in costante aumento.

A differenza dei paesi confinanti, in Alto Adige non sono stati erogati finanziamenti per la costruzione di nuove abitazioni a basso fabbisogno energetico.

**Contatti**

**Ufficio Risparmio Energetico**

Via Mendola 33  
39100 Bolzano  
Tel. 0471 414720, 414721  
Fax 0471 414739  
E-mail: [Energieeinsparung@provincia.bz.it](mailto:Energieeinsparung@provincia.bz.it)

**Ufficio Aria e Rumore**

Via Amba Alagi 35  
39100 Bolzano  
Tel. 0471 411820  
Fax 0471 411839  
E-mail: [all@provincia.bz.it](mailto:all@provincia.bz.it)

## 5.6 Protezione dal fuoco

La protezione dal fuoco, intesa come protezione delle persone e delle cose, è un requisito generale in edilizia, indipendentemente dal materiale costruttivo impiegato. Normalmente, il pericolo di incendio è strettamente legato al tipo di arredamento e al comportamento degli utilizzatori.

Sebbene il legno sia un materiale infiammabile, presenta una serie di vantaggi in caso di incendio. Il legno si caratterizza per una combustione regolare e prevedibile. Durante la combustione, lo strato esterno carbonizzato, protegge le parti interne della massa legnosa. Lo strato carbonizzato rallenta considerevolmente la combustione, grazie alla sua scarsa conducibilità termica. Il cedimento improvviso del materiale, che si può verificare nel caso dell'acciaio o del cemento armato, è da escludersi per il legno. Una trave in legno si spezza solamente, quando la sua sezione non è più in grado di sostenere le forze su essa gravanti. Poiché nelle nostre zone, è richiesto un abbondante dimensionamento delle strutture, il cedimento avviene sempre con un certo ritardo, accompagnato da scricchiolii di allarme.

### Protezione dal fuoco preventiva

Con l'espressione protezione dal fuoco preventiva, si intendono alcuni provvedimenti tecnico-costruttivi. Una progettazione scrupolosa deve comprendere da una parte lo sviluppo dei dettagli costruttivi nell'ottica della protezione dal fuoco, e dall'altra un adeguato concetto di sicurezza (=emergenza). Specialmente in corrispondenza dei punti di passaggio di condutture e installazioni termiche, dove l'azione del fuoco non trova ostacoli, è bene considerare un'adeguata protezione, che ne impedisca l'avanzata. Anche nelle facciate ventilate, che si sviluppano su più piani, dovrebbero essere previste interruzioni dello spazio retrostante, in corrispondenza di ogni piano, al fine di impedire il passaggio del fuoco a quelli sopra e sottostanti.

In caso di necessità, esistono diversi provvedimenti tecnici riguardanti la sicurezza: oltre al fondamentale concetto della „via di fuga“, gli impianti di allarme e quelli automatici di spegnimento aiutano ad individuare velocemente un incendio e ad affrontarlo per tempo.

***La protezione dal fuoco è importante in tutti gli edifici indipendentemente dal materiale impiegato***

***Individuazione del fuoco***

## Protezione dal fuoco attiva

### **Lotta al fuoco**

A completamento di quanto detto in precedenza, la protezione dal fuoco attiva comprende quelle misure di salvataggio, che possono essere messe in pratica, nel caso di incendio, da chi è coinvolto, dai vigili del fuoco o dai soccorritori. Per quanto riguarda la lotta al fuoco vera e propria, il legno offre il vantaggio di mantenere una buona resistenza, anche quando le parti strutturali (portanti) sono direttamente interessate dalle fiamme.

## Parametri di giudizio

Per poter esprimere il concetto di protezione dal fuoco, in campo costruttivo si distinguono:

- le classi di infiammabilità
- le classi di resistenza al fuoco.

**Querce, frassino e faggio, sono considerati „difficilmente infiammabili“**

Le **classi di infiammabilità**, secondo le norme DIN, rappresentano delle caratteristiche fondamentali dei materiali da costruzione; esse considerano, oltre all'infiammabilità vera e propria, anche la formazione di fumo o liquidi. Il legno della classe B viene classificato „infiammabile“. La maggior parte dei legni e dei prodotti legnosi è considerata „normalmente infiammabile“ (classe B2); le specie a legno duro, quali „querce“, frassino e faggio, come pure i legni trattati con prodotti protettivi, sono considerate „difficilmente infiammabili“ (classe B1).

In Italia, i materiali da costruzione vengono suddivisi in 6 categorie di reazione al fuoco (0-5): la classe 0 è quella dei materiali non combustibili. Purtroppo, non esiste attualmente la possibilità di trovare un raffronto diretto con le rispettive norme provinciali che regolano il settore. Per tale motivo, dal punto di vista strettamente giuridico, attualmente i materiali da costruzione devono essere omologati in una delle categorie di infiammabilità, dopo essere stati certificati dal Ministero degli Interni o da un laboratorio di analisi riconosciuto a livello nazionale.

**Per quanto tempo un particolare costruttivo resiste al fuoco?**

Le **classi di resistenza al fuoco** considerano la capacità di un particolare costruttivo esposto al fuoco, di conservare le proprietà che gli sono richieste, per un determinato periodo di tempo. Sotto l'azione di un fuoco convenzionale, rispettando una „curva standard temperatura-tempo“, la struttura deve mantenere le proprie caratteristiche statiche e garantire l'accesso agli ambienti. Sul lato non esposto al fuoco non

devono fuoriuscire gas infiammabili, né formarsi temperature troppo elevate. Le parti costruttive in legno possono rientrare, nel caso di dimensionamento adeguato, nelle classi di resistenza F30, F60 o F90 (secondo la classificazione in vigore in Austria). Ciò significa, ad esempio, che una struttura della classe F90 è in grado di resistere per più di 90 minuti all'azione del fuoco.

Le classi utilizzate in Italia, REI 30, REI 60 ecc. corrispondono alle classi F30, F60, ecc. Nonostante ciò, i test di omologazione per l'Italia devono essere fatti in laboratori italiani.

### La velocità di combustione

Nelle norme UNI sono riportati i valori di riferimento relativi alla velocità di combustione per le principali specie legnose. Essi sono compresi tra 0,5 e 0,75 mm/min. Per i prodotti legnosi, invece, all'incirca tra 0,75 e 2 mm/min.

Alcuni esperimenti hanno dimostrato, che questi valori sono a volte un po' elevati. Tuttavia, per motivi legati alla sicurezza, essi devono essere rigorosamente osservati.

### Classificazione futura

Nell'ambito di una normativa europea per la protezione dal fuoco, le classi di comportamento al fuoco, per le diverse parti costruttive, sono state regolate ex novo. A tal proposito, ci sono 3 cambiamenti fondamentali:

- nuove indicazioni per la classificazione di reazione al fuoco: A1, A2, B, C, D, E ed F
- una nuova terminologia per la classificazione delle parti costruttive, in relazione a stabilità meccanica (R), impermeabilità al fumo e „tenuta“ al fuoco (E) e contenimento della temperatura sulla superficie opposta a quella interessata dall'azione del fuoco (I)
- per le parti costruttive un nuovo sistema per la misurazione della protezione dal fuoco, secondo un codice europeo (sistema di misurazione europeo).

***Il legno brucia lentamente***

## Requisiti

I requisiti relativi alla protezione dal fuoco sono contenuti in una serie di leggi e decreti nazionali e regionali. In primo luogo, deve essere chiarito, che, nel caso di dimensionamento appropriato e realizzazioni ben eseguite, l'esigenza di resistere al fuoco (F90), può essere assolta anche da parti costruttive composte in gran parte da legno.

Attualmente, in Italia, non esistono per quanto riguarda le abitazioni private (con piano di gronda fino a 12 metri), prescrizioni relative alla protezione dal fuoco. Tuttavia, si consiglia di prevedere delle misure preventive, soprattutto per quanto riguarda la sicurezza degli abitanti. In questo modo, nel caso di assicurazioni contro l'incendio, si possono ottenere premi assicurativi particolarmente bassi.

## Contatti

### **Ufficio Prevenzione Incendi**

Via del Ronco 13/c

39100 Bolzano

Tel. 0471 413560, 413561

Fax 0471 413569

E-mail: [Prevenzione.Incendi@provincia.bz.it](mailto:Prevenzione.Incendi@provincia.bz.it)

## 5.7 Impermeabilità all'aria

Con esigenze sempre crescenti, per quanto concerne l'isolamento termico, anche l'impermeabilità all'aria degli edifici, diviene sempre più importante. Punti di permeabilità all'aria non desiderati determinano un elevato fabbisogno energetico, un peggioramento del comfort abitativo e la possibilità di danneggiamenti provocati dall'umidità, attraverso la formazione di acqua di condensazione.

### Perdite di calore

Le perdite di calore non desiderate, attraverso punti permeabili all'aria, costituiscono, in un edificio, una parte considerevole delle perdite totali. Nel caso di basse temperature esterne e vento forte, l'entità di tali perdite può superare di 30 volte i valori registrati in edifici impermeabili. I fabbricati dovrebbero essere „riforniti“ d'aria fresca, solo attraverso le finestre (aerazione attiva e regolare) o tramite ventilazione controllata.

***Aerazione controllata invece di perdite di calore non desiderate***

### Danni strutturali

La formazione di acqua di condensazione al di sopra o all'interno delle parti costruttive, è da ricondurre, nella maggior parte dei casi, a fenomeni di convezione attraverso punti permeabili. Le conseguenze di un'eccessiva e prolungata condensazione, vanno dall'umidificazione del materiale isolante, e dal conseguente peggioramento dell'isolamento termico, fino all'attacco di funghi dannosi.

***Danni causati dall'acqua di condensazione***

### Comfort abitativo

Negli edifici „permeabili“, il comfort abitativo viene ridotto in modo considerevole. Spifferi eccessivi e perdite di calore percettibili, rendono le abitazioni assolutamente non confortevoli.

***Gli spifferi non portano benessere***

### Cosa si intende per impermeabilità all'aria?

Se si parla di „impermeabilità“, si dovrebbero considerare 2 distinti aspetti: la tenuta all'aria e quella al vento.

***Impermeabilità al vento, esternamente alle strutture portanti***

**Tenuta al vento**

La funzione di impermeabilità al vento viene assolta dai cosiddetti „fogli antivento“ (vedi Capitolo 5.8) oppure da alcuni prodotti legnosi (es. pannelli di fibre a bassa densità). Strati di questo tipo si trovano esternamente alle strutture portanti, direttamente dietro i materiali di facciata; essi hanno lo scopo di impedire la penetrazione dell'aria esterna nell'edificio.

***Impermeabilità all'aria spesso all'interno delle strutture portanti***

**Tenuta all'aria**

La funzione di impermeabilizzazione all'aria viene svolta da materiali adatti a fermare il vapore, che si trovano, spesso, dietro i rivestimenti interni delle pareti, o dietro i piani contenenti gli impianti idraulici ed elettrici. Una progettazione e realizzazione accurata, specialmente in corrispondenza di finestre e „aperture“ (impianti elettrici e sanitari), è, in questi casi, assolutamente necessaria.

Nella pratica vengono spesso combinate tra loro entrambe le varianti costruttive, quella interna e quella esterna alla parete.

**Prove di impermeabilità all'aria**

***Il metodo della misura della differenza di pressione***

**Blower-Door test**

Come metodo per testare la tenuta all'aria di un edificio, si è affermato il „Blower-Door test“. Per eseguire questo test, si applica un soffiatore ad un'apertura esterna dell'edificio (finestra, porta), senza che vi siano perdite. Attraverso tale apparecchio, viene creata una differenza di pressione (circa 50 Pascal), tra l'interno e l'esterno. In queste condizioni, viene misurato il volume d'aria, che si perde attraverso i punti di permeabilità e viene calcolata la quantità d'aria penetrata in un ora ( $n_{50}$ ). In Italia, non esistono ancora valori limite di riferimento:

edifici con aerazione attraverso finestre	$n_{50} < 3$
edifici con ventilazione controllata	$n_{50} < 1,5$

Gli esperti di tale metodo riescono ad individuare i punti critici, grazie agli spifferi, specialmente in corrispondenza delle finestre, degli impianti elettrici e delle travi a vista. Se il test viene eseguito al momento giusto, durante la fase costruttiva, gli eventuali punti deboli possono essere riparati senza problemi.

### Termografia

Allo scopo di rendere ancora più evidenti le falle ed i „ponti di calore“, esiste, nella stagione fredda, l'ulteriore possibilità delle riprese termografiche. In esse, le zone a differente temperatura, vengono evidenziate con colori diversi: le superfici calde appaiono in rosso, quelle raffreddate dall'aria penetrata dall'esterno o i punti di collegamento tra parti strutturali diverse (es. attorno ad una finestra), da verdi a blu.

**Una ripresa termografica può fornire molte informazioni**

## 5.8 Diffusione del vapore

Soprattutto in inverno, il vapore acqueo si sposta attraverso le parti costruttive, verso l'esterno. Il calore, insieme all'aria interna umida, diffonde nella parete, raffreddandosi progressivamente. Poiché l'aria fredda, può contenere una minore quantità di vapore acqueo rispetto a quella calda, l'acqua in eccesso condensa. Attraverso la giusta successione dei diversi strati costruttivi all'interno di una parete, i fenomeni di condensazione all'interno delle strutture o sulle superfici interne, possono essere contenuti entro livelli non dannosi.

### Resistenza alla diffusione $\mu$

La misura dell'impermeabilità al vapore di un materiale è detta resistenza alla diffusione  $\mu$ .

La resistenza alla diffusione  $\mu$  è il rapporto tra quella del materiale e quella di un uguale spessore di aria, in condizioni analoghe. Poiché si tratta di un rapporto, il parametro è adimensionale.

Poiché, generalmente, i diversi materiali vengono impiegati con spessori diversi, è necessario che per i vari prodotti siano definiti  $\mu$  e spessore  $d$  (m). Il parametro di raffronto che ne deriva, è una resistenza alla diffusione del vapore „specifica“  $s_d$ .

Resistenza alla diffusione del vapore „specifica“  $s_d = \mu \cdot d$  [m]

Materiale	$\mu$	Spessore abituale d [m]	$\mu * d$ [m]
Aria	1	1	1
Lana di vetro	1	0,2	0,2
Polistirolo	100	0,1	10
Calcestruzzo	75	0,2	15
Cartongesso	8	0,015	0,12
Mattone	10	0,25	2,5
Legno	50	0,024	1,2
Pannello truciolare	75	0,01	0,75
Pannelli OSB	100	0,02	2,0
Carta catramata	10.000	0,005	50
Polietilene	100.000	0,0001	10
Alluminio	impermeabile al vapore	0,0001	infinita
Metallo	impermeabile al vapore	0,0001	infinita

Figura 5-18: caratteristiche di resistenza alla diffusione di diversi materiali

## Indicazioni costruttive

Per contenere la penetrazione dell'umidità dagli ambienti interni verso le varie parti costruttive, e con essa il pericolo di formazione di acqua di condensazione, viene impiegata, nella maggior parte delle costruzioni in legno, una barriera al vapore, appena sotto lo strato di rivestimento dei vani interni, e cioè sul „lato caldo“ della costruzione. Se essa venisse posta sul lato freddo (esterno), il vapore potrebbe diffondere dall'interno dell'edificio, dentro le pareti, e in esse condensare in forma liquida. Una successione di strati costruttivi, nella quale i singoli elementi, dall'interno verso l'esterno della parete, divengono sempre più permeabili al vapore, è ideale. Se per qualche motivo, non è possibile evitare l'inserimento di un materiale impermeabile sul lato esterno, su quello interno dovrebbe essere applicato uno strato con resistenza alla diffusione ancora più grande (barriera al vapore).

### Barriere al vapore, schermi al vapore, schermi al vento

I prodotti caratterizzati da valori di  $\mu * d > 100$  m, sono generalmente considerati barriere per il vapore. Essi hanno il compito di proteggere le strutture di un edificio dal vapore, che in esse diffonde dal lato caldo della costruzione. Vengono applicati negli ambienti interni, sono praticamente impermeabili e sono costituiti da più strati di materiali sintetici o da alluminio.

***Le barriere al vapore  
impediscono la  
diffusione dell'acqua***

Gli schermi al vapore lasciano diffondere verso l'esterno, e in modo dosato, il vapore formatosi all'interno dell'edificio. Anch'essi vengono montati sui lati caldi dalla costruzione. Tali prodotti sono costituiti da fogli speciali o materiali sintetici.

Un prodotto viene considerato uno schermo al vento se presenta valori di  $\mu$  contenuti ed un'elevata impermeabilità all'aria. Gli schermi per il vento vengono montati sul lato freddo di una costruzione.

### Ristagni di umidità

Specialmente negli ambienti con grande umidità (bagni, docce), è difficile impedire la formazione di acqua di condensazione sulle superfici. Per tale motivo, è bene riservare una particolare attenzione alla scelta dei materiali destinati a tali strutture. Essi dovrebbero poter assorbire l'umidità dell'ambiente in grande quantità, senza subire danni (assorbimento) e riuscire, nei momenti di stasi, a restituirla all'ambiente (desorbimento). Per questo motivo è particolarmente apprezzata la capacità di immagazzinare grandi quantità di umidità. Il legno non trattato possiede questi requisiti e si adatta perciò, in modo eccezionale, anche all'impiego in ambienti ad elevata umidità, come materiale di „superficie“.

### Requisiti

I requisiti e le prove relative alla condensazione su parti costruttive e su superfici, vengono regolati dalla seguente normativa: UNI 10350 „Prestitazioni igrotermiche“.

***Gli schermi al vapore dosano la diffusione dell'acqua***

***Gli schermi per il vento garantiscono l'impermeabilità all'aria***

***Assorbimento e desorbimento***

***L'aerazione regolare  
previene i danni***

La formazione di acqua di condensazione dannosa può essere evitata, solo se chi utilizza l'edificio fa attenzione, che all'interno non vi sia un'umidità eccessiva. Questa dipende soprattutto dalle abitudini degli abitanti, per quanto riguarda la ventilazione degli ambienti. Oltre a ciò, la modalità di riscaldamento dovrebbe essere proporzionata. Soprattutto in ambienti non o solo saltuariamente riscaldati, si dovrebbe aerare in abbondanza.

<b>Tipo di ambiente</b>	<b>Umidità relativa (%)</b>
Soggiorno e ambienti lavorativi, in estate	50-70
Soggiorno e ambienti lavorativi, in inverno	30-55
Ambienti commerciali, officine, laboratori	40-50
Magazzini e ambienti refrigerati per generi alimentari	75-95
Bagni	65-95
Piscine	80-95
Palestre	50-80

Figura 5-19: umidità relativa, valori di riferimento per diverse destinazioni

## 5.9 Isolamento acustico

L'isolamento acustico degli edifici ha la funzione di proteggere le persone che vi abitano, dai rumori di disturbo o da quelli dannosi alla salute. Il campo di frequenze, nel quale l'orecchio umano dimostra la maggiore sensibilità, è compreso tra 100 e 3.200 Hertz (Hz). La sensibilità all'udito è dovuta alla trasformazione, all'interno dell'orecchio, delle onde sonore in impulsi nervosi.

### Concetti e definizioni

#### Il suono

Il suono è costituito da energia meccanica in moto e si forma attraverso variazioni di pressione, che fanno vibrare delle particelle. I corpi solidi si comportano da propagatori di suoni, trasmettendo gli impulsi delle onde altrettanto bene quanto l'aria. Per i suoni udibili, si distinguono i toni, consistenti in onde approssimativamente sinusoidali, le melodie, composte da più toni, ed infine, i rumori, formati da onde irregolari.

#### Frequenza $f$

La frequenza di un'onda rappresenta il numero di oscillazioni nell'unità di tempo. Il numero di oscillazioni in 1 secondo viene definito Hertz (Hz). All'aumentare del numero di oscillazioni, aumenta anche la tonalità. Il raddoppiamento del numero di oscillazioni corrisponde ad un'ottava. Per l'uomo, il campo dell'udibile abbraccia circa 10 ottave (onde comprese tra 16 e 20.000 Hz). Le frequenze più basse (infrasuoni) vengono percepite come leggere vibrazioni, quelle più alte (ultrasuoni), non sono avvertite.

#### Intensità $I$

Attraverso la vibrazione della fonte sonora, si generano delle variazioni di pressione (onde di pressione). Quando tali onde raggiungono il timpano, esso viene stimolato a vibrare. La variazione di pressione più piccola, percepibile da un orecchio sensibile, è pari a  $2 \times 10^{-5}$  Pascal (Pa), e viene considerata un valore di riferimento. A circa 100 Pa viene percepito il dolore.

#### Livello sonoro $\beta$

Al fine di rendere di pratico utilizzo gli estesi ordini di grandezza che interessano il campo dell'udibile, e dal momento che l'orecchio umano

***Toni, melodie e rumori***

***Il campo di udibilità umano comprende 10 ottave***

non percepisce le variazioni sonore nel modo espresso dalla scala di valori in Pascal, è stata definita una funzione di tipo logaritmico, il livello sonoro  $\beta$ . Una scala di questo tipo, concorda con la modalità di percezione dell'orecchio umano. L'unità di misura del livello sonoro è il decibel (dB).

$$L = 20 \lg I/I_0$$

Un aumento del livello sonoro di 10 dB, corrisponde ad un incremento di intensità pari a 10 volte, un aumento di 20 dB, ad un incremento di 100 volte.

### **Livello sonoro di riferimento $\beta$ , [dB]**

Nelle tecniche di misurazione dei suoni, al fine di ottenere risultati utilizzabili allo stato pratico, gli strumenti di misura devono essere muniti di particolari „scale di riferimento“, che li avvicinino alla „percezione“ dell'orecchio umano. Delle 4 diverse scale esistenti, nella tecnica delle costruzioni viene impiegato il tipo A.

**Le „scale di valutazione“ rispecchiano la sensibilità dell'orecchio umano**

Livello sonoro (dB, A)	Rumore
	<b>Soglia dell'udito</b>
0-10	Silenzio
10-20	Stormire di foglie
20-30	Rumore di passi
30-40	Rumore di fondo notturno, in un quartiere residenziale cittadino
40-50	Rumore di auto attraverso una finestra chiusa
50-60	Conversazione a bassa voce o musica a basso volume
60-70	Conversazione con tono normale
70-80	Conversazione ad alta voce o musica ad alto volume
80-90	Strada con traffico intenso
90-100	Sala da ballo con strumenti elettro-acustici
100-130	Aereo a elica in partenza e nelle vicinanze
	<b>Soglia del dolore</b>
130-140	Aereo a reazione in partenza e nelle vicinanze
140-150	Aereo supersonico in partenza e nelle vicinanze

Figura 5-20: rumori caratteristici e livello sonoro corrispondente

### **Isolamento acustico preventivo**

Con isolamento acustico preventivo, si intendono tutti quei provvedimenti, atti a contenere i rumori, che dall'esterno „entrano“ in un edificio e quelli che hanno origine nell'edificio. Oltre alla scelta del luogo appropriato, anche la dislocazione delle singole stanze, le une rispetto alle altre e all'ambiente esterno, è decisiva.

**Tenere conto, già in fase progettuale, delle fonti di rumore esterne ed interne all'edificio**

Nella progettazione di un edificio, si deve fare attenzione, che la disposizione degli ambienti sia acusticamente favorevole:

- Il soggiorno e le stanze da letto non dovrebbero essere adiacenti a scale o corridoi
- Su entrambi i lati di una parete o di un soffitto, che separa 2 appartamenti, dovrebbero essere collocate stanze con la stessa destinazione d'uso
- Non collocare gli impianti sanitari vicino alle camere da letto
- Impiegare materiali asciutti, in modo da ridurre al minimo le deformazioni da ritiro o rigonfiamento ed i relativi rumori di assestamento
- Utilizzare metodi costruttivi affermati, testati, per realizzare collegamenti e serramenti durevoli ed impermeabili.

## Isolamento acustico per i suoni diffusi in aria

L'isolamento acustico degli edifici si ottiene:

- per le parti costruttive esterne (protezione degli ambienti interni dai rumori del traffico o simili), dall'isolamento acustico di superfici tra loro diverse e a contatto (es. parete + finestre + porte)
- per le parti costruttive interne (protezione degli ambienti interni dai rumori provenienti da stanze adiacenti), attraverso l'azione combinata delle strutture divisorie e delle parti ad esse adiacenti.



Figure 5-21: i rumori in aria e loro fonti

### Parametro di isolamento acustico R

Il parametro di isolamento acustico descrive la propagazione dei suoni in aria, all'interno di ambienti chiusi

*Propagazione dei suoni attraverso l'aria*

### Parametro di isolamento acustico per edifici R'

Se il parametro di isolamento acustico R viene misurato all'interno di un edificio in presenza di rumori esterni, viene detto parametro di isolamento acustico per edifici R'.

### Parametro di isolamento acustico di riferimento Rr

Questo valore si ottiene, secondo la ÖNORM B 8115, dal confronto tra la curva delle misurazioni effettuate e quella di riferimento.

### Provvedimenti per l'isolamento acustico

All'interno di una tipica costruzione in legno, il suono può attraversare una struttura divisoria (parete o soffitto) in 2 modi diversi: attraverso le strutture portanti (travature e strutture verticali), oppure attraverso gli spazi, solitamente riempiti di materiali isolanti, situati tra queste.

Tanto maggiore è la resistenza che i suoni trovano lungo tali vie, tanto migliore è l'isolamento acustico della struttura. Presupposto affinché ciò avvenga nel modo migliore, è, però, sempre, l'impermeabilità ai suoni di tutti i particolari costruttivi interessati.

**Provvedimenti per  
l'isolamento acustico:  
Densità**

**Distanza tra i  
rivestimenti**

**Materiali isolanti  
Fissaggio**

**Connessioni divisorie**

Provvedimenti:

- impiego, nei tavolati di rivestimento, di pannelli con basso modulo di elasticità a pressione, con la maggior densità possibile
- mantenere, se possibile, una grande distanza tra i tavolati (es. di rivestimento)
- impiego di materiali isolanti, che „assorbono“ i rumori
- fissare rivestimenti in modo elastico attraverso l'impiego di staffe metalliche o costruzioni pluristratificate
- mantenere, se possibile, una grande distanza tra le diverse strutture in legno
- utilizzare un rivestimento aggiuntivo.

La propagazione del suono attraverso strutture adiacenti, viene ridotta al minimo dalla separazione delle singole parti, con fughe divisorie.

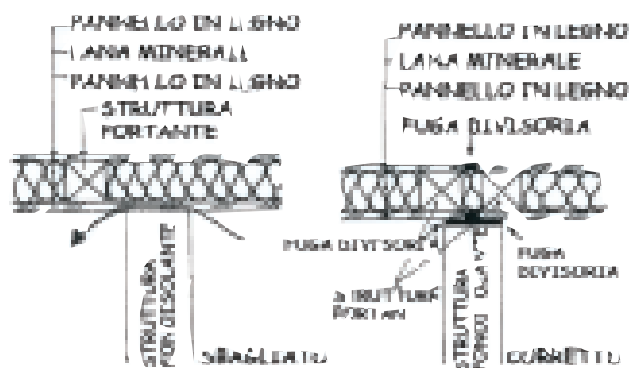


Figura 5-22: propagazione del suono attraverso pareti adiacenti, costruzione errata e corretta del particolare

## Isolamento acustico per i suoni trasmessi attraverso i corpi solidi

La propagazione di un suono attraverso un corpo solido si origina in una struttura, quando una sollecitazione diretta la fa vibrare (es. una camminata), producendo sul lato opposto della stessa (es. un soffitto) delle onde sonore (rumori).

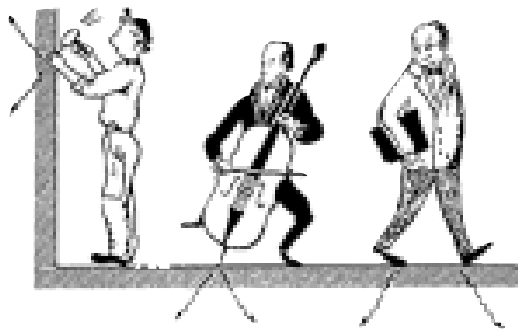


Figura 5-23: rumori attraverso i corpi solidi e loro fonti

Nelle costruzioni in legno, l'isolamento acustico dei solai, per tali tipi di rumori, deriva dal comportamento della struttura sollecitata di fronte alle singole propagazioni sonore interne:

- sollecitazioni dirette sul lato superiore
- propagazioni interne attraverso la struttura
- onde sonore irradiate dall'ambiente sottostante e „captate“ dalla struttura.

## Provvedimenti per l'isolamento acustico dei corpi solidi

Ogni singola via di propagazione dei suoni può essere ostacolata attraverso provvedimenti opportuni (in fase progettuale oppure successivamente, nel corso di ristrutturazioni).

### Sollecitazione diretta sul lato superiore:

- impiego di pavimentazioni „ammortizzanti“ (i tappeti non sono considerati tali)

### Propagazione interna:

- fissaggio delle strutture portanti attraverso l'inserimento di strati „soffici“

### ***Propagazione dei suoni attraverso i corpi solidi***

### ***Provvedimenti per l'isolamento acustico dei corpi solidi:***

#### ***Pavimentazioni „ammortizzanti“***

#### ***Isolamento per suoni propagati internamente***

**Pesi**

**Evitare le vie secondarie di propagazione**

- montaggio di pesi non rigidi (es. sabbia asciutta o lastre di calcestruzzo), per il contenimento delle vibrazioni
- evitare l'inserimento di elementi di connessione (chiodi o viti) tra i singoli strati (vie secondarie per la propagazione dei suoni)

**Fissaggio**

**Irraggiamento sottostante:**

- fissaggio del soffitto sulla struttura portante attraverso elementi „ammortizzanti“
- installazione di soffitti sospesi

Anche in questi casi, è bene cercare di evitare le vie secondarie di propagazione dei suoni.

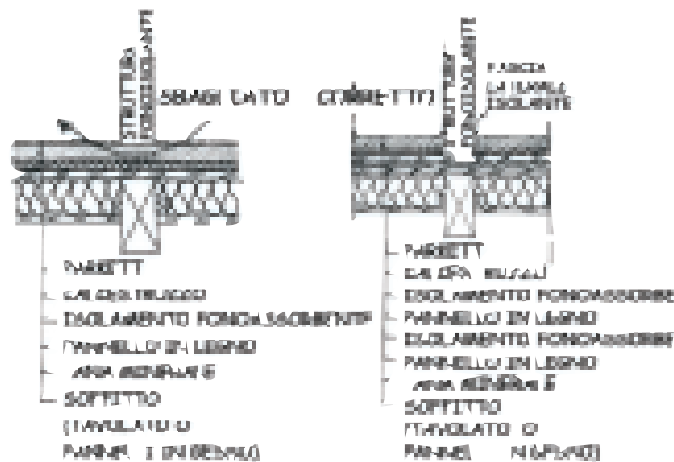


Figura 5-24: propagazione dei suoni da una stanza ad un'altra adiacente, particolare costruttivo fabbricato in modo errato e corretto

**Contatti**

**Ufficio Aria e Rumore**

Via Amba Alagi 35  
 39100 Bolzano  
 Tel. 0471 411820  
 Fax 0471 411839  
 E-mail: all@provincia.bz.it

## 5.10 Biologia delle costruzioni

### I materiali da costruzione dal punto di vista della biologia delle costruzioni

La biologia delle costruzioni si occupa degli influssi degli edifici, o meglio dei materiali di cui sono costituiti, sulle persone che li abitano. Il peggioramento dello stato dell'ambiente, ha portato, negli ultimi decenni, ad una coscienza sempre maggiore, relativa all'abitare e al costruire in modo sano, naturale ed ecologico. Un numero sempre maggiore di persone esige metodi costruttivi „sani“, al fine di creare attorno a se un ambiente abitativo ottimale. In un'abitazione moderna dovrebbero essere utilizzati esclusivamente materiali assolutamente sicuri per l'uomo.

Un'analisi oggettiva del costruire „biologico“, si ottiene, oggi, soprattutto attraverso l'indagine delle emissioni nocive alla salute, provenienti dai diversi materiali, quali polveri, fibre, sostanze gassose, odori, vapori e radiazioni. A tal proposito è importante, soprattutto, osservare il comportamento dei materiali nel lungo periodo.

I seguenti criteri consentono una valutazione dei materiali dal punto di vista della biologia delle costruzioni:

#### **Emissioni**

- odore del materiale
- gas tossici e vapori (ad es. formaldeide, stirolo, isocianide)
- polvere, fibre, fumo, fuliggine
- radiazioni (ad es. radioattività)

#### **Clima interno**

- umidità e temperatura dell'aria
- qualità dell'aria
- correnti d'aria
- temperatura superficiale di pareti, pavimenti e soffitti
- distribuzione della temperatura

#### **Acustica**

- isolamento acustico delle parti costruttive
- isolamento acustico e riflessione delle superfici di pareti e soffitti

#### **Ambiente „elettrico“**

- cariche statiche dei diversi materiali di pareti e pavimenti
- campi elettrici, magnetici, onde elettromagnetiche, georadiazioni, ecc.

***La biologia delle costruzioni studia gli influssi dei materiali sull'uomo***

***Quali effetti sulle persone possono avere i materiali utilizzati?***

**Spesso, è meglio preferire i materiali tradizionali**

Attraverso metodi di analisi moderni si può studiare la maggior parte di queste caratteristiche. Problematico rimane, tuttavia, l'accertamento degli effetti nel lungo periodo. Da questo, deriva lo scetticismo dei biologi delle costruzioni di fronte a materiali nuovi, sintetici, mentre i materiali tradizionali, come il legno, l'argilla, il mattone, ecc., per esperienza, risultano sicuri.

## **Il legno è eccellente**

Il legno, quale materia prima e da costruzione naturale, è da preferire. I suoi pregi, però, non dovrebbero essere „annullati“ da trattamenti chimici non ponderati o da abbinamenti con materiali „insalubri“. Non c'è, invece, nulla da obiettare riguardo l'accoppiamento con altri materiali sicuri, come ad es. l'argilla.

**I vantaggi del legno:**

**il legno negli ambienti interni: non trattato o trattato con prodotti biologicamente sicuri**

Nel caso del legno da interni, il trattamento delle superfici è necessario, solo se questo deve essere protetto dall'imbrattamento. Il trattamento dovrebbe quindi essere fatto con cere o oli, che rendono il legno meno soggetto a sporcarsi. Impregnanti a base di acqua e vernici offrono protezione per le sollecitazioni più gravose.

**il legno regola l'umidità: 1 m<sup>3</sup> di legno può assorbire e cedere fino a 30 litri d'acqua tra estate e inverno**

Per la sua natura organica, il legno, è da sempre preferito, tra i materiali biologici, nelle costruzioni. Infatti, esso si caratterizza dal punto di vista fisico, per avere ottime proprietà in relazione all'isolamento termico, alla diffusione del vapore, al mantenimento di un equilibrio dell'umidità e all'assorbimento di sostanze nocive.

**la temperatura gradevole della superficie e la sensazione di calore trasmessa, determinano un palpabile benessere**

Nelle costruzioni in legno, quindi, l'attenzione verso la salubrità degli ambienti, si concentra in primo luogo verso i materiali impiegati e verso i prodotti con cui vengono trattate le superfici. È importante, che le proprietà benefiche del legno non siano compromesse da un'eccessiva protezione chimica o dall'impiego di materiali meno salubri.

## **Contatti**

**Ufficio Aria e Rumore**

Via Amba Alagi 35, 39100 Bolzano

Tel. 0471 411820, Fax 0471 411839

E-mail: all@provincia.bz.it

## 5.11 Ecologia delle costruzioni

L'ecologia delle costruzioni si occupa degli effetti, che un edificio e i materiali in esso presenti possono avere, sulla natura e sull'ambiente. Per fare ciò, è necessario prendere in considerazione la vita complessiva di un materiale:

- reperimento della materia prima
- produzione dei materiali da costruzione e delle parti costruttive
- costruzione dell'edificio
- utilizzo dell'edificio
- riutilizzo (ristrutturazione) o demolizione dell'edificio.

In ognuna di queste fasi di produzione o utilizzazione, si possono avere delle ripercussioni sull'ambiente, che entrano a far parte dei bilanci ecologici e di cui si deve tener conto.

### Vantaggi ecologici del legno

Oltre al benefico effetto diretto sul clima, che hanno i boschi in buona salute, cioè quelli ben curati, lo sfruttamento del legno presenta molti altri vantaggi dal punto di vista ecologico. Si citano, ad esempio, i seguenti aspetti:

#### Sfruttamento oculato della natura

Nella produzione della materia prima legno, la natura viene „utilizzata“ in modo rispettoso. Non è necessario danneggiare i suoli, come nel caso del calcestruzzo, dei mattoni, del cemento, dell'acciaio, ecc. Per tale motivo, utilizzando il legno, si possono evitare notevoli ferite all'ambiente.

#### Minimo fabbisogno energetico

Il legno si forma a partire dall'energia solare e, tra tutti i materiali da costruzione, è quello che richiede il minor dispendio energetico per essere prodotto, trasportato e lavorato. Per 1 m<sup>3</sup> di struttura edilizia finita, il legno necessita di circa 8-30 kWh, il calcestruzzo 200 kWh, l'acciaio 500-600 kWh e l'alluminio 800 kWh.

Ad esempio, per la produzione di una finestra in materiale „sintetico“ è necessario il 40% di energia in più, rispetto ad una in legno.

Con l'energia in eccesso, necessaria per costruire una casa in mattoni rispetto ad una in legno, si potrebbe riscaldare la casa in legno per circa 15 anni (se si tratta di un edificio a basso fabbisogno energetico).

***L'ecologia delle costruzioni studia gli effetti dei materiali costruttivi sulla natura e sull'ambiente***

***Per ottenere il legno non è necessario danneggiare il suolo***

***Fabbisogno energetico minimo per produzione e lavorazione***

***Nel caso di sfruttamento sostenibile, il legno cresce in modo illimitato***

***Costi di trasporto contenuti, nel caso si utilizzi legno locale***

***Le strutture in legno sono durature e possono essere riparate***

***Il legno può essere utilizzato a vari livelli***

### **Crescita continua**

Al contrario di altri materiali, il legno è una materia in continua crescita. Se i boschi vengono utilizzati in modo sostenibile, le riserve legnose non avranno mai fine.

### **Vie di trasporto brevi per il legno**

L'utilizzo del legno locale assicura brevi distanze di trasporto e consente, così, di risparmiare molti chilometri di trasferimenti su strada (trasporto su gomma).

### **Il legno è durevole**

Tanto maggiore è la durata di un prodotto di legno, tanto più grande il suo contributo positivo nel contenimento dell'effetto serra. Anche per questo motivo, si dovrebbe dare grande importanza alla durata delle costruzioni in legno, già in fase progettuale. La protezione del legno in fase costruttiva (vedi Capitolo 5.2) ha, in questo senso, priorità. In secondo luogo, dovrebbe essere prevista la possibilità di sostituire singole parti costruttive, particolarmente sollecitate.

### **Riciclaggio e guadagno energetico**

Le varie parti costruttive, al termine del periodo di durata, dovrebbero poter essere nuovamente separate nei singoli materiali che le compongono. Questo facilita il riciclaggio dei diversi materiali (es. il legno vecchio come prodotto secondario nella produzione di pannelli truciolari), prima che possano giungere al loro ultimo utilizzo possibile, cioè la produzione energetica. Dalla combustione del legno deriva energia sfruttabile, altri materiali, al contrario, necessitano di un apporto energetico, per essere riciclati o raccolti e stoccati.



Figura 5-25: la vita di un prodotto

## Il ciclo del legno

In un bosco viene fissata (nella crescita del legno) e liberata (attraverso la decomposizione) anidride carbonica  $CO_2$ , all'incirca nelle stesse quantità. Attraverso l'utilizzo del legname, viene tolta al bosco una parte della  $CO_2$  in esso immagazzinata. Il legno prelevato dal bosco, viene trasformato in prodotti grezzi (tavole), che, a loro volta, vengono trasformati in prodotti finiti (finestre, porte, scale, ecc.), che possono trovare collocazione negli edifici. Dopo questo primo periodo di utilizzo, il legno viene riutilizzato o impiegato per la produzione di energia, liberando  $CO_2$  durante la combustione. Attraverso l'immobilizzazione della  $CO_2$  nei prodotti legnosi, che può durare anche molti secoli, essa viene sottratta all'atmosfera, prima di portare a termine il proprio ciclo naturale. Per tale motivo, i prodotti legnosi rappresentano delle riserve di  $CO_2$ .

**Un metro cubo di legno di abete rosso impiegato in una costruzione, immobilizza circa 0,69 t di  $CO_2$  ed evita l'ulteriore emissione di circa 1,02 t facendo risparmiare altri materiali (mattoni, calcestruzzo)**

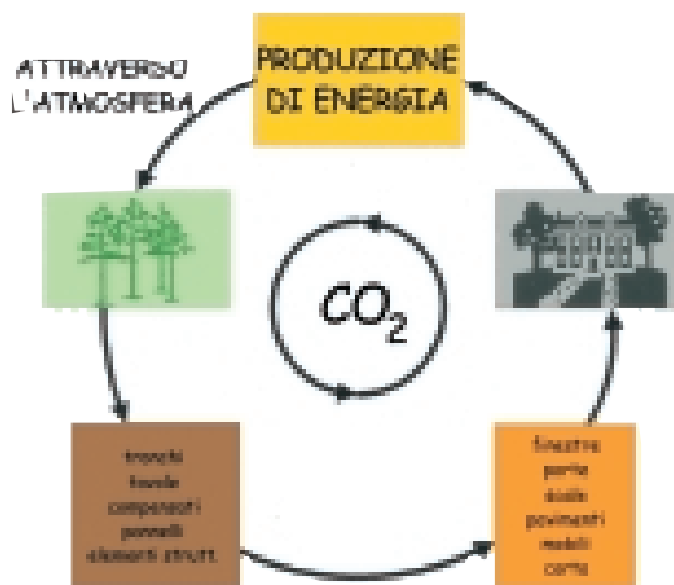


Figura 5-26: il ciclo della  $CO_2$

# proLignum

Pro Lignum  
Associazione per la promozione del legno  
via Macello 4/d  
39100 Bolzano  
[www.pro-lignum.it](http://www.pro-lignum.it)

Autore: proHolz Tirol  
Rielaborazione: Peter Erlacher,  
Marco Pietrogiovanna,  
Ulrike Raffl  
Traduzione: Marco Pietrogiovanna

Foto: H. M. Gasser  
Layout: F&P, Bz

©2003