

UdA
5

Il legno

Classe capovolta

Fare
per
Comprendere

Uno stucco per il legno

Prima di cominciare

Quali sono a tuo avviso i maggiori problemi per la conservazione del legno?

.....

.....

.....

.....

.....



All'opera

Realizziamo uno stucco in legno naturale per riparare un manufatto in legno consumato dai tarli. Procurati:

Segatura

Colla di coniglio

Una spatola

Un piattino

Un setaccio per la segatura

Una mascherina

Procedimento

- 1 Indossa la mascherina (la polvere di legno è tossica per i polmoni).
- 2 Prendi la segatura nella quantità necessaria a riparare il manufatto e setacciala.
- 3 Disponila a fontana e versa la colla di coniglio.
- 4 Impasta il tutto schiacciando i grumi che si formano man mano, fino a quando lo stucco non acquista consistenza.

- Hai ottenuto uno stucco naturale da posizionare nelle fessure del legno che vanno colmate. Se al posto della colla di coniglio (che è naturale, solubile in acqua, biodegradabile, non nociva e non irritante sulla pelle) preferissi usare la colla vinilica otterresti uno stucco sintetico. Lo stucco naturale va usato per mobili di pregio, segue i movimenti del legno cui va applicato ed è facile da carteggiare (levigare una superficie con la carta vetrata). Lo stucco sintetico ha il vantaggio di essere più impermeabile, ma non essendo un materiale naturale potrebbe, col tempo, essere rigettato dal sistema.

Confrontati con la classe

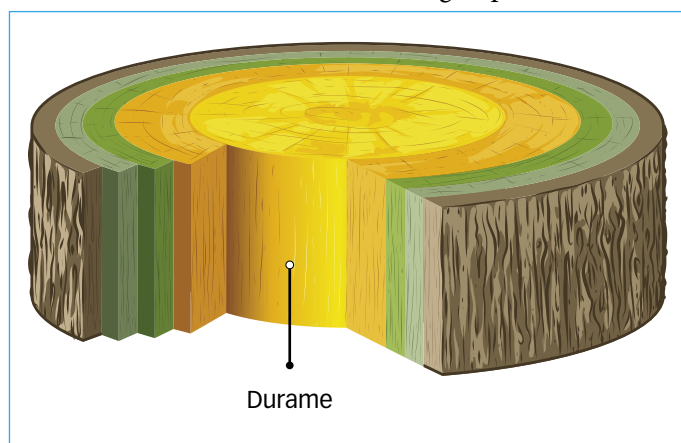
In classe rifletti con i compagni sui seguenti punti.

- Che consistenza ha lo stucco ottenuto?
.....
- In quanto tempo si indurisce?
.....
- Quale caratteristica rende diverso il legno dai materiali che hai studiato fino ad ora? Perché ti è stata consigliata una colla naturale?
.....

Grazie alla sua naturale diffusione e alla sua predisposizione a essere lavorato, il legno è uno dei più antichi materiali da costruzione e gode tuttora di molteplici possibilità di impiego. È stato uno dei primi materiali sfruttati dall'edilizia civile e per la costruzione di utensili di diversa natura. Le sue applicazioni spaziano oggi dall'architettura al settore artistico (basti pensare a strumenti musicali come violini, viole, violoncelli, ecc.) fino a quello nautico, oltre a possedere un ruolo fondamentale nella produzione della carta. A seconda degli usi a cui è destinato, questo materiale è definito **legno** propriamente detto (se usato come combustibile) o **legname** (il legno da lavoro, destinato alle costruzioni o ad altri impieghi).

1 Componenti e struttura del legno

Il legno è un **materiale organico** che si ricava dal tronco, dai rami e dalle radici di alcuni alberi. È composto principalmente da **fibre di cellulosa** (fino al 50%), **lignina ed emicellulose**. Vi sono poi altre sostanze presenti in piccolissime quantità, come le cere e le resine per esempio, e sostanze simili alla cellulosa come l'amido. Oltre alle sostanze organiche, il legno contiene **acqua** e altre sostanze minerali. Il legno può essere classificato come un **materiale composito naturale** in



quanto costituito da più fasi, in particolare: una fase dispersa, composta dalle fibre di cellulosa e una fase disperdente, composta dalla lignina. L'elemento presente in maggiore quantità è il carbonio (48-52%), seguito dall'ossigeno (41-45%) e dall'idrogeno (6-7%). Sono presenti anche piccolissime quantità di azoto (circa 0,1%).

Il legno utilizzato dall'uomo in ambito manifatturiero (legname) proviene principalmente da una parte di tronco, detta **durame**, e presenta una struttura non omogenea, in cui le **fibre longitudinali** di cellulosa sono dispo-

ste in anelli concentrici lungo l'asse del tronco. Il rapporto in cui cellulosa, lignina ed emicellulose sono presenti nella composizione del legno è condizionato in maniera piuttosto profonda da: tipologia dell'albero, struttura legnosa analizzata ed età del tronco.

2 Proprietà del legno

Nonostante l'avvento di nuovi materiali, il legno rimane ancora oggi uno dei più usati grazie alle sue eccellenti **proprietà** fisiche, meccaniche e tecnologiche e alla caratteristica capacità di **rinnovarsi**, dovuta alla sua origine vegetale.

Proprietà fisiche

Le proprietà fisiche del legno dipendono molto dalla struttura del legno e tra le principali vi sono:

- **qualità estetiche**; il legno possiede un colore, un odore gradevole e le tipiche venature, cioè il modo in cui le fibre legnose si dispongono;

- **leggerezza**; il peso del legno varia al variare della presenza di acqua al suo interno e la sua densità è solitamente inferiore a 1 g/cm^3 (ciò gli permette di galleggiare sull'acqua);
- **isolamento**; il legno è un buon isolante sia termico sia elettrico;
- **igroscopia** o **porosità**; il legno tende ad assorbire umidità anche dopo l'essiccazione;
- **ritiro**; a seconda che perda o assorba umidità, il legno tende a variare di volume.

Proprietà meccaniche

In base al grado di **durezza** il legno si classifica in **duro** (forte) e **molle** (dolce). Alcuni tipi di legno sono dotati di elevata **flessibilità** e sono capaci di **sopportare** anche grandi **pesi**.

È il caso dei legni di castagno, quercia e pino, che vengono utilizzati per la costruzione di travi e strutture portanti.

La resistenza alle sollecitazioni meccaniche dipende molto dalla maniera in cui sono disposte le fibre: il legno, infatti, è un **materiale anisotropo**, cioè non possiede le stesse proprietà meccaniche in tutte le direzioni. **Resistenza a**



Scienza e Tecnologia

Legno e fuoco

È opinione comune ma errata quella che il legno, essendo per sua natura **combustibile**, sia un materiale estremamente pericoloso nelle costruzioni.

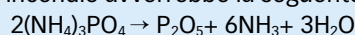
Il legno è un materiale che brucia lentamente. In presenza di una fonte di calore, la superficie del legno si riscalda e l'acqua contenuta al suo interno evapora, ritardando il processo di carbonizzazione del legno stesso. Successivamente, si sviluppano una serie di reazioni chimiche che spezzano le molecole organiche in molecole più semplici in grado di liberarsi dalla superficie del materiale: la superficie del legno, infatti, si carbonizza solamente dopo aver liberato idrogeno e altri materiali leggeri. Perciò, se una trave di legno viene sottoposta a un certo carico di incendio, il processo di carbonizzazione procederà gradualmente dall'esterno verso l'interno della sua sezione e dopo un certo lasso di tempo sarà ancora possibile individuare una **zona inalterata** (che non ha subito fenomeni di degradazione termica) corrispondente allo strato più interno della sezione, dove la temperatura si mantiene al di sotto dei 100°C .

La rottura meccanica avverrà solamente quando la parte della sezione non ancora carbonizzata non sarà più in grado di assolvere alla sua funzione portante. La perdita di efficienza di una struttura di legno avviene quindi **gradualmente** ed è dovuta ad una con-

tinua riduzione della sezione e non a un immediato decadimento delle caratteristiche meccaniche del materiale in tutta la struttura.

In conclusione, il comportamento del legno nei confronti del fuoco è migliore di quello di altri materiali da costruzione più tradizionalmente utilizzati perché semplicemente non combustibili: gli elementi strutturali in acciaio, per esempio, pur non bruciando come il legno, subiscono un rapido decadimento delle caratteristiche meccaniche al crescere della temperatura.

Per difendere le strutture lignee dal fuoco e cioè per ridurre o ritardare la combustione, si ricorre a un trattamento di protezione chiamato **ignifugazione** che consiste, in genere, nell'applicazione sul materiale combustibile di una particolare sostanza ignifuga, cioè resistente al fuoco. Per esempio, può essere ricoperto di una vernice ricca di fosfato di ammonio. In caso di incendio avverrebbe la seguente reazione:



Il fosfato di ammonio, in presenza di calore, si decompone formando vapori caldi di ammoniaca (NH_3) e acqua (H_2O), che allontanano l'aria dal materiale combustibile, e anidride fosforica (P_2O_5), un vetro che aumenta la temperatura di combustione del materiale vetrificato.

compressione e a flessione, per esempio, sono proprie dell'asse longitudinale parallelo alla fibratura. Infatti, immaginando la fibratura legnosa come un fascio tenuto insieme da sostanze coesive (come se fossero tante cannuce da bibita affiancate e tenute assieme da un elastico), risulta facile comprendere che agendo in direzione trasversale al fascio, questo può essere facilmente schiacciato o separato nei suoi elementi costitutivi; al contrario, agendo in direzione parallela a esso, questo offre molta più resistenza. Lo stesso discorso vale per la **resistenza a trazione e a torsione**, che variano sempre in base alla disposizione delle fibre rispetto alla direzione della sollecitazione esercitata.

Proprietà tecnologiche

Il legno è un materiale estremamente **lavorabile**. Manualmente, con abilità e per mezzo di semplici utensili, da esso si possono ricavare oggetti di uso quotidiano, ma anche articolate opere d'arte. Può essere ridotto facilmente in **trucioli** o **segatura**, è **levigabile** e **lucidabile**.

3 Umidità ed equilibrio igrometrico

adsorbimento:

proprietà della superficie di una sostanza solida di fissare molecole di un gas o di un liquido con cui è a contatto, per via delle attrazioni molecolari.

Il legno fresco appena tagliato dagli alberi contiene acqua, che si distingue in **acqua libera** (o di imbibizione), contenuta nei vasi capillari della struttura legnosa, e **acqua adsorbita**, che si instaura all'interno delle pareti cellulari (come quelle delle fibre di cellulosa).

Il peso dell'acqua complessivamente contenuta nel legno può essere persino pari al peso del legno secco. L'acqua deve essere necessariamente allontanata perché un legno umido è soggetto ad attacchi di funghi e batteri e marcisce facilmente. Con il metodo della **stagionatura**, il legno viene fatto **essicare**: l'acqua che inizia a evaporare è quella superficiale mentre quella contenuta nelle zone interne raggiunge la superficie del materiale per diffusione. Quando il legno si è privato di tutta la sua acqua libera, allora viene raggiunto il **punto di saturazione di umidità delle fibre (PSF)**. In questo caso, l'acqua rimasta nel materiale corrisponde solo a quella adsorbita e l'umidità del legno ha un valore di circa il 30% rispetto il suo peso a secco. Da questo momento in poi, ogni ulteriore perdita di acqua da parte del legno si traduce in un ritiro fisico che andrà a ripercuotersi direttamente sulle dimensioni del materiale.



Anche se esposto all'aria per tempi lunghissimi, il legno non raggiunge mai la secchezza assoluta (diventando quindi anidro) ma adegua continuamente la propria umidità a quella dell'ambiente esterno cercando di raggiungere un equilibrio, detto **equilibrio igrometrico** (dove per igrometria s'intende ciò che è pertinente all'umidità atmosferica). Il legno adegua continuamente la propria umidità all'umidità dell'ambiente esterno. Quello che di fatto avviene è un interscambio continuo di umidità (e quindi di molecole d'acqua) con l'aria dell'ambiente, precisamente:

- quando l'umidità del legno è più elevata dell'umidità di equilibrio, l'umidità viene trasferita dal legno all'ambiente (fenomeno di **essiccazione** o **desorbimento**);
- quando l'umidità del legno è inferiore all'umidità di equilibrio, l'ambiente esterno trasferisce umidità al legno (fenomeno di **inumidimento** o **adsorbimento**).

Solo quando i due valori di umidità sono uguali si raggiunge l'equilibrio igroscopico e l'umidità del legno viene detta **umidità di equilibrio**. Se per esempio un ambiente è caratterizzato da una temperatura di 20 °C e da una umidità relativa del 65%, allora l'umidità di equilibrio cui tende un manufatto in legno che si trova in quell'ambiente è del 12% circa (i valori dell'umidità di equilibrio si ricavano da specifiche tabelle).

Ciclo produttivo del legno 4

Il legno inizia il suo ciclo di produzione con la fase di **abbattimento** degli alberi. Una volta abbattuti (solitamente tra novembre e febbraio e durante l'estate per quanto riguarda le piante resinose), gli alberi vengono sottoposti a: **sramatura** (taglio dei rami), **scortecciatura** (viene levata la corteccia dai tronchi) e **troncatura** (fase che prevede il taglio del tronco e dei rami in assi o pezzi circolari tramite l'uso di motoseghe). Successivamente, i **pezzi** di legno grezzo vengono **trasportati** alle **segherie** per mezzo di camion, teleferiche, rotaie o vie d'acqua.



Prima di essere lavorato in qualsiasi maniera, il legname va sottoposto al processo di **stagionatura** al fine di ottenere un'essiccazione ottimale. Lo scopo della stagionatura di per sé non è quello di eliminare tutta l'acqua contenuta nel legno, ma di portare il tasso di umidità in esso contenuto pari a quello che avrà nell'ambiente in cui sarà utilizzato. Un legno non stagionato è impossibile da lavorare in quanto sarà soggetto a riduzione di volume se perde umidità (o a dilatazione se in seguito la riacquista). La stagionatura può avvenire in maniera **naturale** (all'aperto, in caste arieggiate), per un periodo che va dai 2 ai 3 anni, o **artificialmente** in appositi forni. La stagionatura artificiale seppur vantaggiosa in termini di tempo (dura alcuni giorni) potrebbe compromettere la qualità del legno. La stagionatura rende il legno più resistente al deterioramento, più leggero e facile da trasportare (abbassando dunque i costi del trasporto). Dopo l'essiccazione, il legno è pronto per subire **lavorazioni** che lo trasformano in **semilavorato** (travi, tavole, listelli, pannelli, ecc.) con caratteristiche e struttura diverse in base alla funzione cui è destinato: legno massiccio, lamellare, compensato, pannelli multistrato e truciolato.

Recupero del legno 5

Il legno presenta per natura dei difetti e delle anomalie. I **nodi**, per esempio, sono caratteristiche macchie scure che tracciano visibilmente i punti di innesto dei rami nel tronco principale e possono influire sulle proprietà meccaniche e sulla facilità di lavorazione del legno, abbassandone la qualità.

Essendo un materiale "vivo", il legno è **attaccabile da microrganismi** sia animali sia vegetali ed è continuamente sottoposto a movimenti e **deformazioni natu-**

rali (ritiro e imbarcamento), dovuti principalmente alla sua igroscopia, che con il tempo possono indebolirlo fino a spezzarlo.

Con alcune operazioni di recupero è possibile tuttavia agire sulla struttura del materiale allo scopo di “riabilitarlo” e di prevenire la sua rottura.

Trattamento antitarlo e chiusura fori



Il legno è un materiale biologico e rappresenta un nutrimento per il sostentamento di tutti quegli **insetti xilofagi** che si nutrono prevalentemente di legno (come i tarli) capaci di decomporre la struttura della cellulosa. Una volta insediatisi nella struttura lignea, lentamente la divorano. Tra i prodotti chimici antitarlo più usati vi sono le soluzioni di **permetrina** ($C_{21}H_{20}Cl_2O_3$), una sostanza antiparassitaria utilizzata come insetticida ma anche per i presidi medico-chirurgici.

Una volta eliminati gli xilofagi, il passo successivo è quello di sigillare i fori che questi hanno prodotto, ricorrendo a materiali come le **cere** o gli **stucchi per legno**. Per cere s'intendono tutti quei composti chimici organici insolubili in acqua che hanno una composizione chimica e caratteristiche fisiche analoghe a quelle della cera d'api ($C_{46}H_{92}O_2$). Gli stucchi per legno sono invece prodotti costituiti da resine e sostanze minerali e/o vegetali o, più semplicemente, prodotti preparati con colle viniliche (o con colle animali e vegetali) e segatura. Questi materiali di solito si presentano in forma di pasta cremosa, imitando fedelmente la colorazione del legno e la sua consistenza. Una volta applicati induriscono garantendo fortissima adesione, tenuta meccanica e resistenza termica.

Consolidamento

A volte il legno può risultare indebolito a tal punto da compromettere le sue funzioni e la sua conservazione nel tempo. Per **consolidamento** s'intende il processo di ripristino delle condizioni originarie di coesione di materiali che hanno subito un processo di degrado (fenomeno che nei manufatti lignei accade molto spesso). Il compito delle **sostanze consolidanti** è quello di ristabilire nei materiali una sufficiente coesione, in modo da ricondurre l'insieme delle proprietà meccaniche alle originali condizioni di durabilità e affidabilità. I consolidanti sono sostanze liquide poco viscosi applicabili mediante spennellatura, iniezione goccia a goccia o immersione, e solidificano all'interno del legno conferendogli una certa consistenza. Il **processo di solidificazione** può avvenire in due modalità:

- **per evaporazione** del solvente contenuto nel consolidante;
- **per reazione** delle due sostanze di cui è composto il consolidante (nel caso dei prodotti bicomponenti, come la **resina epossidica**).

In entrambi i procedimenti, le fessure anomale della struttura vengono riempite di sostanze allo stato liquido. Una volta penetrate all'interno dei pori del legno, la diffusione all'interno della matrice lignea degradata avviene per il fenomeno della capillarità. Dato che il processo è molto lento, occorre che il consolidante non faccia presa troppo rapidamente, poiché, in questo caso, non si potrebbe distribuire uniformemente. Alle **sostanze di origine naturale** più usate in passato (colle animali, cera d'api, resine naturali) se ne sono aggiunte di **sintetiche**, con prestazioni migliori sia in termini di penetrabilità nella struttura sia di attacco di organismi.

Limiti del consolidamento

L'introduzione nel legno di una sostanza estranea (soprattutto sintetica) può, tuttavia, avere conseguenze inaspettate, come per esempio un eventuale rigetto da parte della struttura legnosa (che può avvenire in tempi più o meno lunghi) oppure ingenti danni strutturali causati dal mancato adattamento del consolidante ai movimenti naturali del materiale, che può così rischiare la rottura.

Altri **fattori** da tenere in considerazione nell'operare un trattamento consolidante sono:

- il **peso** dei consolidanti che può alterare il peso totale dell'oggetto del legno, con il rischio di comprometterne la funzionalità o la stessa struttura;
- il **calore sviluppato** da reazioni chimiche, in particolare se vengono utilizzate resine termoindurenti (resine che solidificano in seguito a una reazione chimica che produce calore); il calore generato può far incrementare la temperatura dell'oggetto degradandolo irrimediabilmente;
- la **penetrabilità**, necessaria affinché il consolidante possa raggiungere, dopo essere stato applicato, tutte le gallerie del legno, evitando così di dover praticare nuovi fori che lo indebolirebbero ulteriormente, o di dover sommergere l'oggetto in un bagno di consolidante (azione poco pratica e proibitiva soprattutto se le dimensioni del mobile sono eccessive).

Infine, è utile ricordare che l'applicazione di un consolidante è un'operazione **quasi sempre irreversibile**; ciò significa che una volta introdotto nella struttura lignea (con le eventuali conseguenze prima citate), rimuoverlo sarebbe molto difficile e comporterebbe azioni che debiliterebbero ulteriormente il materiale.

Scienza e Tecnologia

Consolidamento legni imbibiti

I **legni imbibiti** hanno subito una lunga permanenza in ambiente acquoso. A causa di questo sono quasi sempre privi di cellulosa e presentano uno stato di degrado avanzato con alterazioni strutturali della lignina. Tecniche non invasive, come i raggi X, permettono di studiare la struttura interna del materiale ligneo degradato. I trattamenti conservativi dei legni bagnati sono molto delicati da eseguire e hanno come finalità quella di rafforzare le pareti cellulari e di sostituire l'acqua presente nel legno con altre sostanze inerti onde evitare il rischio di un collasso strutturale del manufatto.

In genere si utilizzano gli **impregnanti** (polimeri che hanno proprietà coesive, adesive e filmogene) per riempire le porosità del legno degradato. Dopo che l'impregnante, sciolto in opportuni solventi (acqua o solventi organici), diffonde nella matrice lignea da consolidare (operazione non sempre facile), il solvente evapora e l'impregnante indurisce esercitando la sua azione coesiva, conferendo al materiale migliori ca-

ratteristiche meccaniche. Uno degli impregnanti più utilizzati in questo campo è il polietilenglicole, PEG, $(-(CH_2CH_2O)_n-H)$ un polimero (macromolecola costituita da più molecole dette monomeri). Lo svantaggio principale dell'impiego di impregnanti già pronti all'uso (come il PEG) sta nella diffusione parziale all'interno di pori e in altri spazi microscopici della matrice lignea (per via delle loro dimensioni).

Un'alternativa a questi metodi tradizionali, dove il polimero è già pronto, è rappresentata dalla tecnica della **polimerizzazione in situ**. Con questa tecnica nel legno vengono introdotti i monomeri e l'iniziatore (molecole che entrano e si diffondono facilmente nella struttura lignea per via delle loro piccolissime dimensioni rispetto i polimeri), così che la polimerizzazione, ossia la formazione del polimero che funge da consolidante, possa avvenire direttamente all'interno del materiale. Il limite di questa tecnica di consolidamento sta nel realizzare efficacemente la polimerizzazione all'interno dei materiali da consolidare; le ricerche sono ancora in corso.