

3

Modulo di **T**ecnologia dei **M**ateriali

Docente: Dr. Giorgio Pia

I Ceramici

I Vetri

Un materiale è trasparente alla luce se tra i suoi componenti non esistono recettori in grado di assorbirla attraverso la conversione in fenomeni quali la transizione elettronica tra livelli energetici differenti, le rotazioni o le vibrazioni dei legami tra gli atomi.

E questa situazione si verifica nel vetro trasparente, praticamente puro, nel quale gli atomi costituenti, ad esempio Ossigeno, sono in grado di assorbire la radiazione solo per lunghezze d'onda inferiore al violetto (ultravioletto) mentre il legame Si – O assorbe energia vibrazionale solo oltre il rosso (infrarosso). Riguardo a quest'ultimo punto si osserva che “l'effetto serra” delle superfici vetrate è legato proprio al fatto che mentre la radiazione visibile può penetrare, quella infrarossa emessa dagli oggetti presenti all'interno dell'ambiente chiuso, è bloccata per assorbimento dalla materia costituente il vetro.

Il vetro

*Il vetro, come tutta la materia, può assumere un “colore” percepibile all’occhio umano quando alcuni dei suoi componenti, in questo caso presenti come impurezze e/o intenzionalmente aggiunti allo scopo, assorbe le componenti dello spettro di radiazione elettromagnetica ad esclusione della specifica banda (di colore). La Tabella riporta alcuni ioni ed **elementi cromofori** tipicamente impiegati/presenti sui vetri.*

<u>elemento</u>	<u>ione</u>	<u>colore</u>
Ferro	Fe ²⁺ Fe ³⁺ Fe ²⁺ & Fe ³⁺	blu giallo verde
Rame	Cu ²⁺ Cu ⁺	blu incolore
Manganese	Mn ²⁺ Mn ³⁺	incolore viola
Cromo	Cr ³⁺ Cr ⁶⁺	verde giallo
Oro	Au	rubino
Argento	Ag	giallo & arancio

Le percentuali degli elementi coloranti nella composizione dei vetri sono in genere limitate a poche unità percentuali, talvolta a meno dell'1%. Gli effetti coloranti dipendono in parte anche dalla natura di base del vetro (sodica, potassica, piombica).

I colori delle tessere di mosaico e delle figure delle vetrate sono eccezionalmente vari a causa della presenza di più elementi cromofori, delle caratteristiche non sempre costanti dell'atmosfera (ossidante vs. riducente) dei forni, del riciclo di vetro "vecchio", della presenza di bolle ed altre eterogeneità.

La brillantezza del vetro è un attributo dei vetri “al piombo”, peraltro utilizzati quasi esclusivamente nelle stoviglierie e nell’oggettistica ornamentale piuttosto che per le lastre. Come noto, l’indice di rifrazione è il rapporto tra le velocità della luce nell’aria (nel vuoto) e nel solido trasparente ed è la caratteristica fisica associata alla percezione della brillantezza del vetro. Si osserva infine che i vetri più brillanti sono definiti correntemente “cristalli”, termine che è un evidente controsenso dal punto di vista fisico.

Il vetro

Il vetro è un materiale duro, difficilmente scalfibile, ma è anche un materiale fragile e quindi in esso le scalfiture hanno un effetto marcato di concentrazione degli sforzi e quindi sulla rottura.

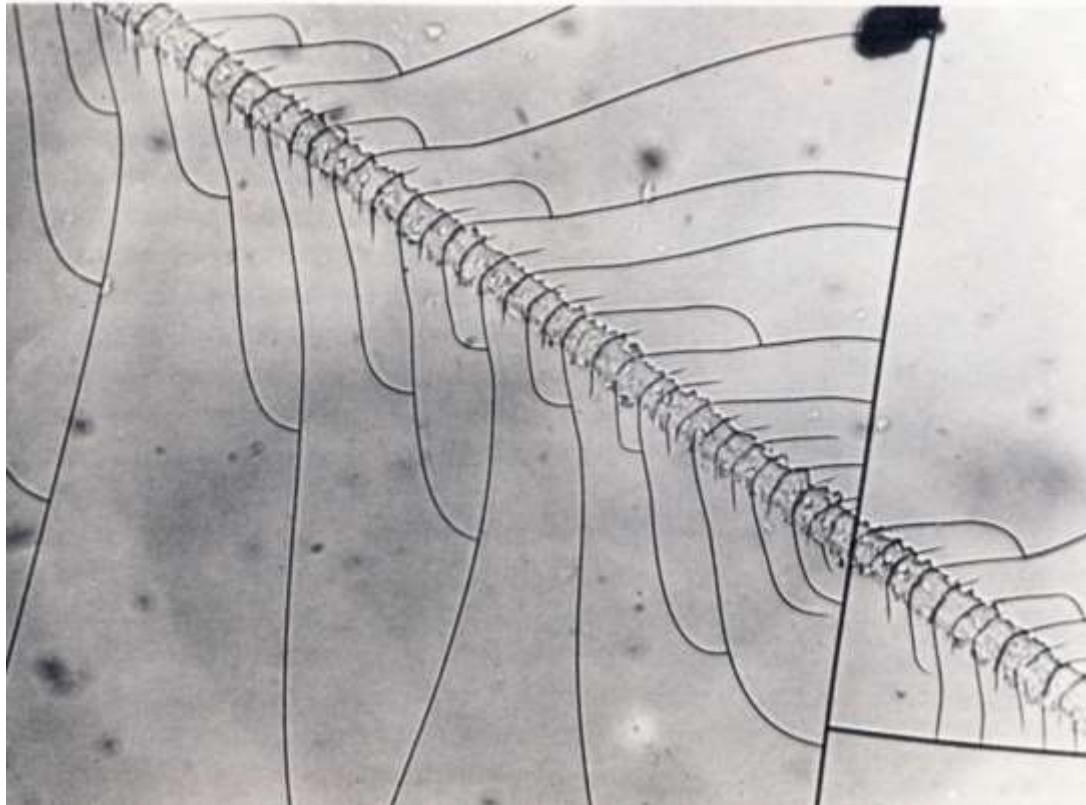
Nella scala decimale empirica di Mohs la durezza del vetro comune ha un valore coincidente con quella del quarzo, cioè circa 7 (il diamante ha 10, la calcite 3).

Il carattere tipicamente fragile del vetro lo porta a sviluppare rotture con deformazioni trascurabili e per livelli di sforzo che dipendono non tanto dalle sue caratteristiche meccaniche intrinseche, che sono elevatissime, quanto da micro difetti (lesioni, graffi) e dall'umidità ambientale (la molecola polare dell'acqua agisce fortemente sugli apici delle lesioni).

Il vetro

La Figura mostra gli effetti di intaglio di una rigatura sulla superficie del vetro.

Per una lastra di moderna produzione si può stimare una resistenza a trazione di $80\div 100 \text{ N/mm}^2$ ed un modulo elastico di 70 kN/mm^2 .



Rete di microlesioni sviluppate da una riga di abrasione.









Il Vetro

Principali tipi di vetro

I vetri comuni sono quelli sodico-calcici. Utilizzati, ad esempio, per la realizzazione di lastre di vetro, parti dei mezzi di trasporto, bottiglie, bulbi di lampadine, ecc.

I vetri che costituiscono i contenitori hanno più alti tenori di CaO per ridurre la lavorazione e di Al_2O_3 per aumentare la durabilità, rispetto ai vetri utilizzati per lastre.

Il loro coefficiente di dilatazione termica è piuttosto alto e per questo motivo non possono essere soggetti a sbalzi termici rilevanti. Il gradiente di temperatura tra superficie esterna ed interna genera delle tensioni che portano ad una repentina rottura.

Il Vetro

Principali tipi di vetro

I vetri sodico-calcici hanno una temperatura di rammollimento piuttosto bassa e per questo risultano più economici.

I vetri di silice hanno un coefficiente di dilatazione termica molto basso e per questo possono essere utilizzati anche in condizioni di elevate temperature. Ad esempio come vetri da laboratorio a contatto con acidi caldi.

Per usi domestici e di laboratorio si utilizzano i vetri al borosilicato. Con l'aggiunta di anidride borica si hanno dei vetri in grado di resistere all'attacco chimico e ad elevati sbalzi termici.

Il Vetro

Principali tipi di vetro

Sostituendo il piombo ai metalli alcalini o alcalino-terrosi si ottengono i cosiddetti cristalli. Hanno un elevato indice di rifrazione che li rende particolarmente brillanti. Si utilizzano sia nel settore dell'oggettistica sia nella realizzazione di schermi protettivi per raggi X e γ .

Il titanio può sostituire il piombo per conferire maggiore leggerezza, ad esempio per le lenti degli occhiali. La dilatazione termica è simile a quella dei vetri sodico-calcici.

Il Vetro

Caratteristiche meccaniche

Tipi di Vetro	E (GPa)	σ_c (MPa)	σ_t (MPa)	Durezza Vickers (100 g)	Tenacità a frattura (MPa m ^{0.5})
sodico-calcici	66	1000	80-100	540-580	0.75
al borosilicato	60	1000	80-100	550-660	0.77
silice	73		100-120	700-750	0.79

Il Vetro

Proprietà ottiche

Una delle caratteristiche più importanti, come detto, è la trasparenza. Cioè la capacità di trasmettere le radiazioni nel campo del visibile.

Esistono anche dei vetri che permettono solo in parte il passaggio della luce attraverso l'introduzione di eterogeneità che perturbano la nitidezza.

Abbiamo visto anche dei vetri colorati ottenuti mediante l'utilizzo di ioni metallici o di sostanze, che dopo la ricottura, risultano disperse colloidalmente.

Il Vetro

Proprietà termiche

Sempre di più i vetri giocano un ruolo fondamentale nell'architettura moderna. Per questo motivo l'industria ha ricercato la realizzazione di vetri con caratteristiche termiche adatte ai luoghi di posa in opera.

Nel periodo invernale ad esempio, i vetri devono ridurre al minimo la fuoriuscita di calore per conduzione. Questo viene ottenuto con le vetrocamere che sfruttano la bassa conducibilità del gas contenuto tra le lastre di vetro.

L'intercapedine può contenere aria asciutta oppure, nel caso si ricerchi un isolamento migliorato, essa potrà contenere dell'Argon.

Il Vetro

Proprietà termiche

Un buon isolamento fa sì che la lastra interna si trovi a temperatura maggiore rispetto a quella esterna evitando la formazione di condensa.

Nel periodo estivo ad esempio, i vetri devono ridurre al minimo l'ingresso di calore per conduzione. Questo viene ottenuto con dei vetri colorati e con dei vetri riflettenti.

In questi casi ovviamente si ha anche una riduzione della luminosità negli ambienti.

Il Vetro

Proprietà acustiche

L'isolamento acustico è funzione della spessore e della riduzione delle vibrazioni.

Vetrocamere e vetri stratificati con l'interposizione di fogli di plastica fanno registrare un notevole miglioramento del confort ambientale.

Il Vetro

Vetri di sicurezza

I vetri di sicurezza sono molto importanti quando si richiede una particolare resistenza agli urti in modo da difendere l'ambiente da eventuali effrazioni, ma anche per proteggere le persone da improvvise rotture.

Il Vetro

Vetri temprati – tempra termica

I vetri sottoposti ad un processo di tempra, avendo uno stato di sollecitazione superficiale, risultano maggiormente resistenti agli urti (3-5 volte superiore ad un vetro non temprato).

La tempra fisica o termica si ottiene riscaldando il vetro a 600°C e successivamente raffreddando velocemente con getti d'aria. Questo processo genera sforzi di compressione nelle zone superficiali e di trazione nelle zone più interne.

Una volta temprati i vetri non possono essere più lavorati.

Il Vetro

Vetri temprati – tempra chimica

La tempra chimica si effettua mediante un processo di scambio ionico. Il vetro viene immerso in un bagno di Sali di potassio a circa 350°C.

Lo scambio avviene proprio tra gli ioni sodio presenti sulla superficie del vetro e quelli di potassio contenuti sui Sali. Essendo questi ultimi di volume maggiore rispetto ai precedenti si genera una tendenza della superficie a dilatarsi. L'impedimento imposto dalle zone più interne mette la superficie in compressione.

Una volta temprati i vetri non possono essere più lavorati.

Il Vetro

Paragoni tra tempra chimica e termica

Nella tempra chimica lo sforzo di compressione indotto è più elevato, ma lo spessore interessato è più sottile: 100 μm rispetto a 1 mm.

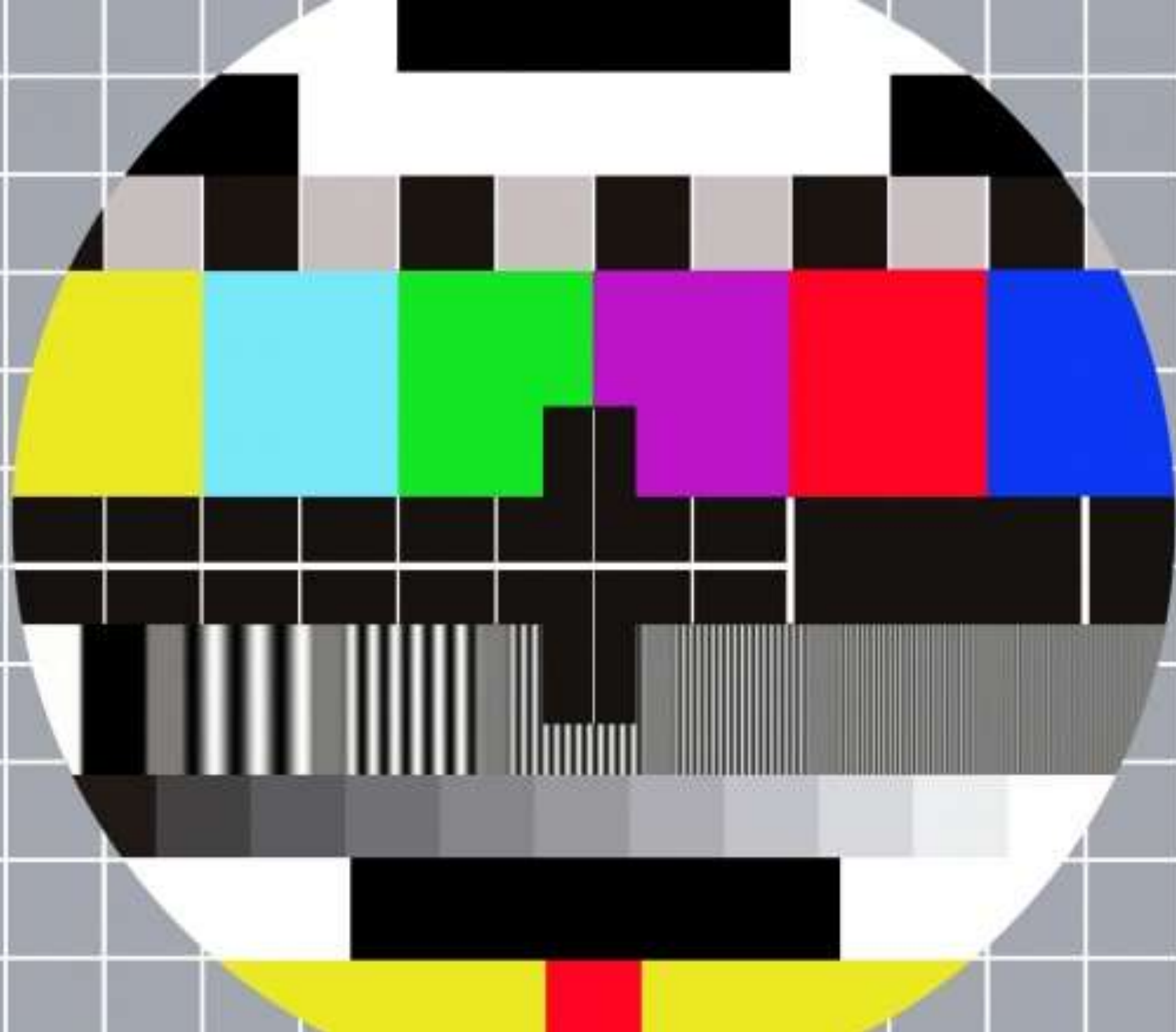
La rottura dei vetri temprati avviene senza generare profili taglienti e gradualmente.

Il Vetro

Vetri stratificati

I vetri stratificati presentano, come dice il termine, diversi strati di vetro uniti con sottili film di materiale plastico trasparente.

Il materiale polimerico maggiormente utilizzato è il polivinilbutirrale (PVB – resistenza a trazione di circa 20 MPa). Soggetti ad urto si rompono a raggiera e i frammenti rimangono trattenuti dallo scheletro di materia plastica.



*Fatti un'arca di legno di cipresso;
dividerai l'arca in scompartimenti e la
spalmerai di bitume dentro e fuori.*

Genesi 6, 14

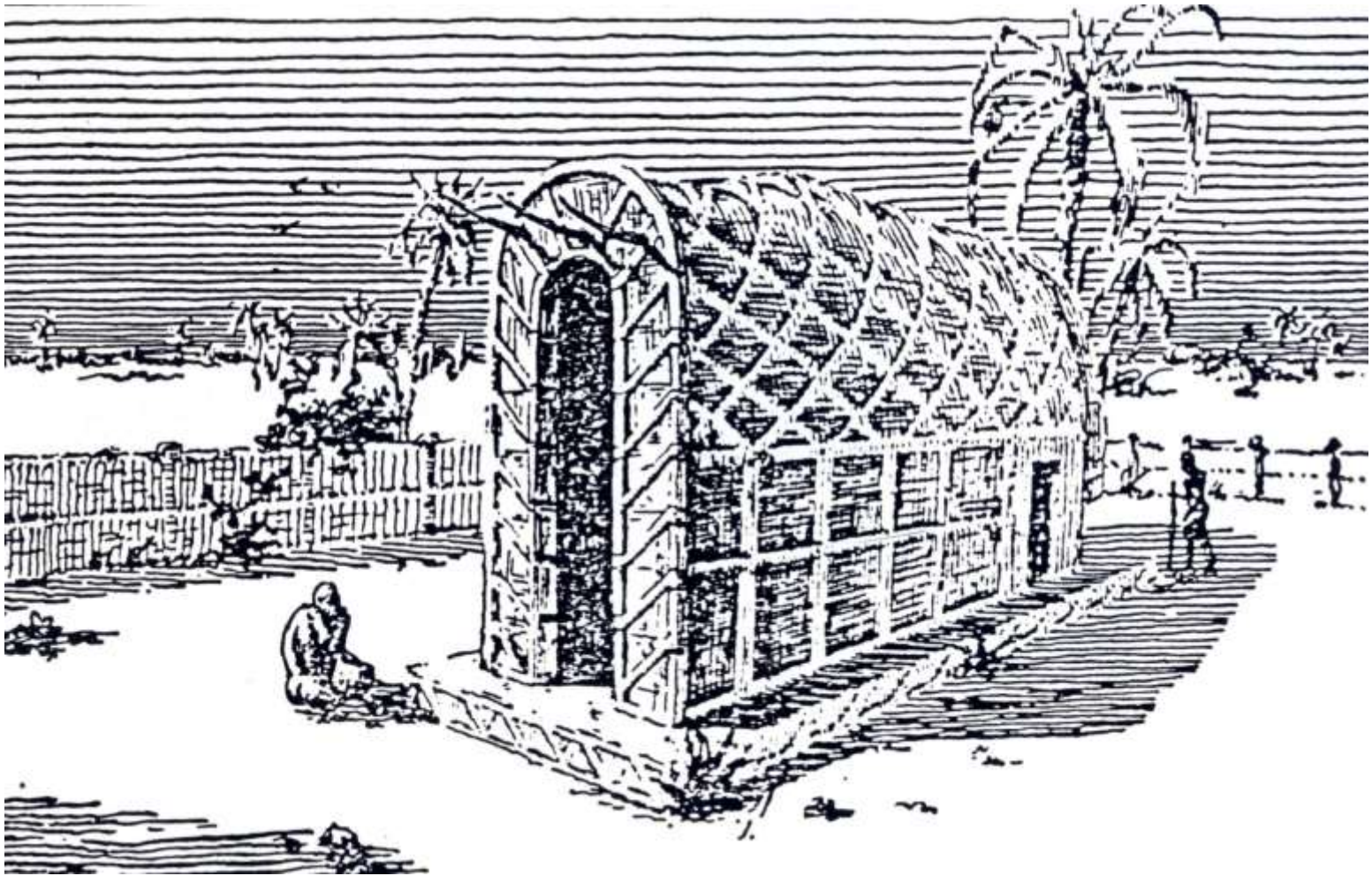
The background of the entire slide is a dense, top-down view of a stack of cut logs. The logs are of various diameters and are piled together, creating a complex, textured pattern of circular and semi-circular wood grain cross-sections. The colors range from light tan to deep brown, with some darker spots and variations in grain texture.

I MATERIALI NATURALI

IL LEGNO

IL LEGNO

DOCUMENTAZIONE STORICA



Ricostruzione di una capanna in materiali vegetali (Antico Egitto).

IL LEGNO

DOCUMENTAZIONE STORICA



Materiali vegetali attualmente utilizzati in edilizia (Medio Oriente).

IL LEGNO

DOCUMENTAZIONE STORICA



*Tomba del complesso Zoser (Antico Egitto, III millennio a.C.);
i fregi scolpiti sulla pietra richiama le costruzioni in materiali vegetali.*

IL LEGNO

DOCUMENTAZIONE STORICA



Rappresentazioni della lavorazione del legno nell'antica Roma.

IL LEGNO

DOCUMENTAZIONE STORICA



Rappresentazioni della lavorazione del legno nel XV secolo.



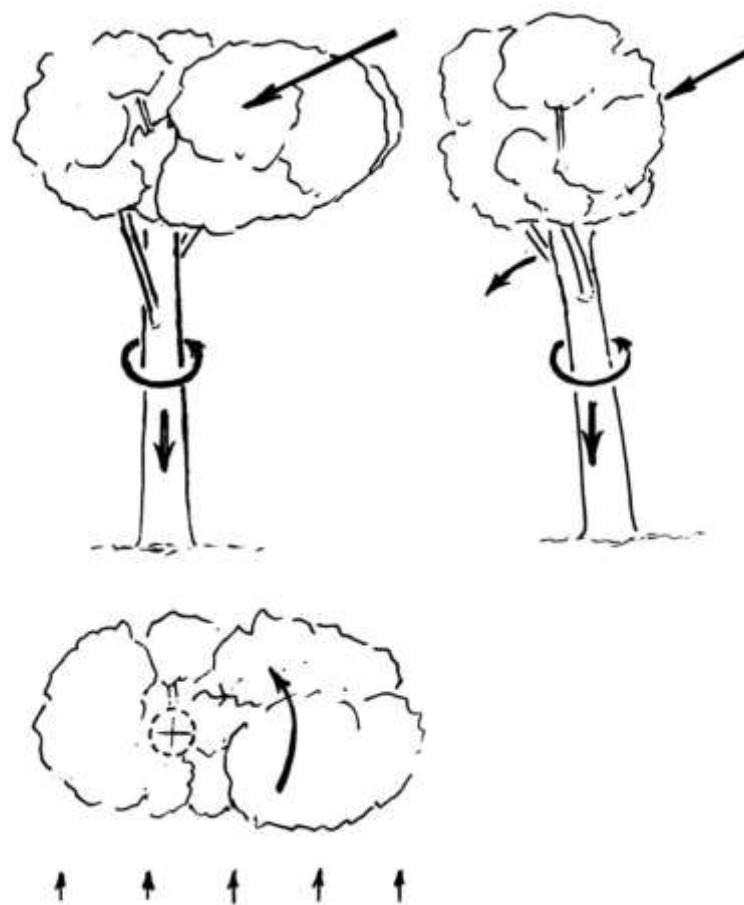






IL LEGNO

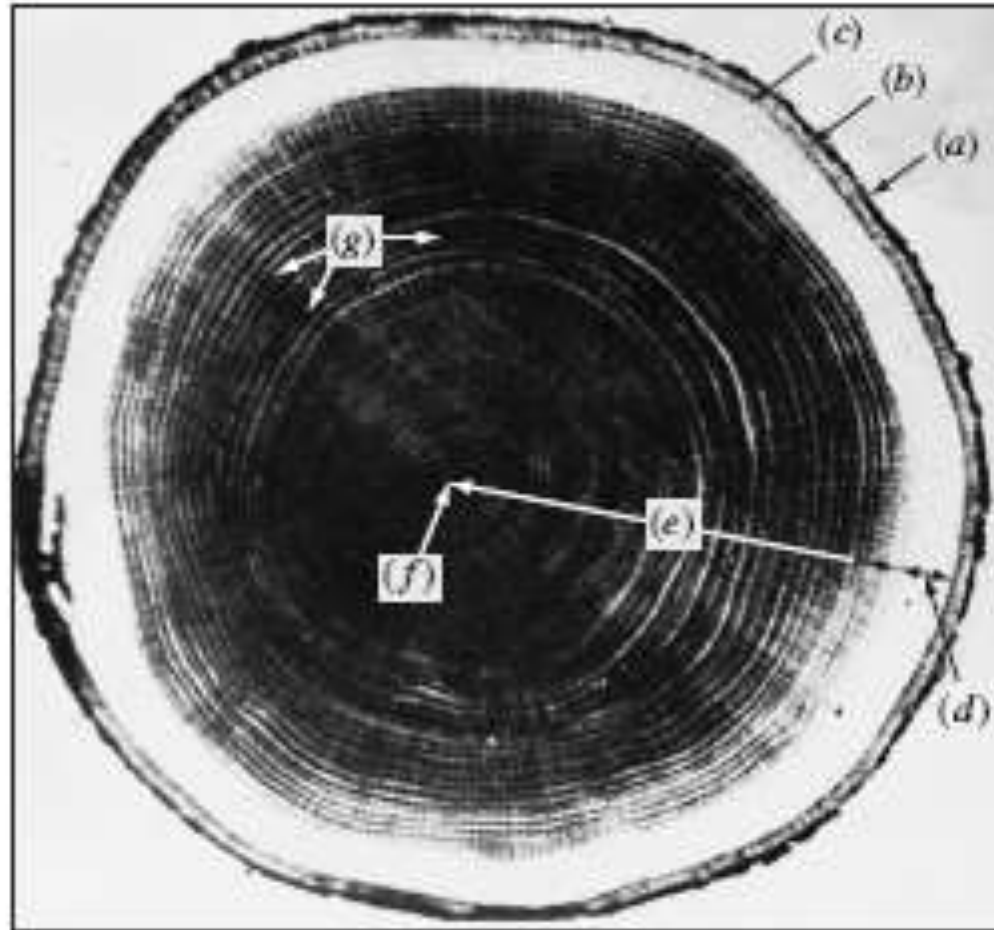
CARATTERISTICHE GENERALI



Sollecitazioni

IL LEGNO

CARATTERISTICHE GENERALI



Sezione di un trasversale di un albero. (a) corteccia esterna, (b) corteccia interna, (c) cambio, (d) alburno, (e) durame, (f) midollo, (g) raggi midollari.

CARATTERISTICHE GENERALI

Esaminando una sezione dall'esterno verso l'interno si riscontrano:

una **corteccia esterna** (tessuto secco e morto) ed una interna (umido e tenero, molto sottile) che nel loro insieme hanno il compito di proteggere il legno sottostante;

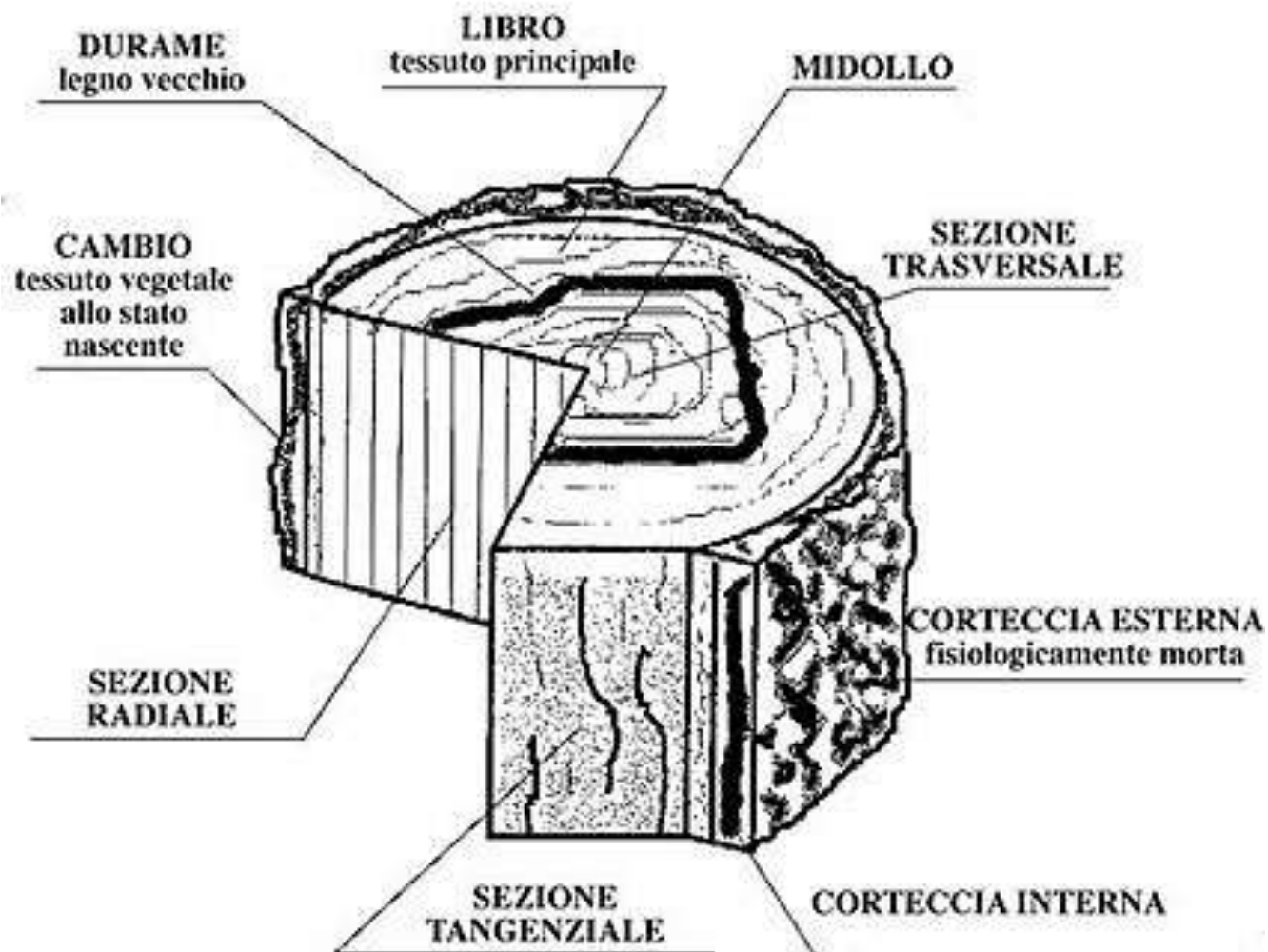
il **cambio** (uno strato intermedio responsabile durante la fase vegetativa della formazione di nuove cellule del legno e della corteccia);

l'**alburno** (di colore chiaro che forma la parte esterna del tronco dell'albero, che oltre ad assolvere insieme al durame alla funzione meccanica, contiene ancora cellule viventi e partecipa alla vita dell'albero);

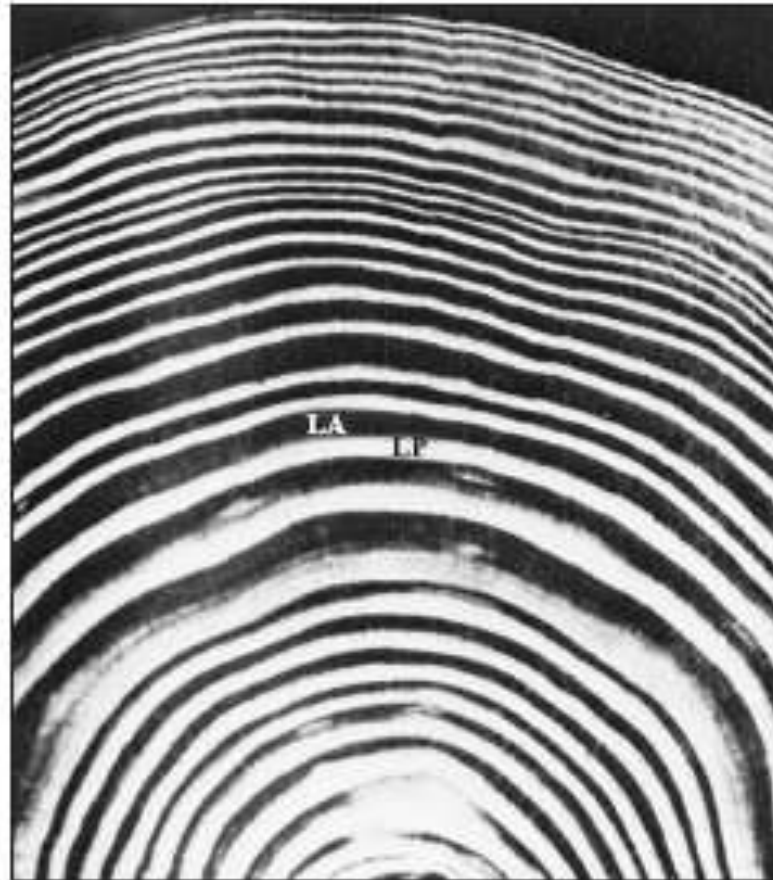
il **durame** (la regione interna più vecchia del fusto dell'albero che non contiene più cellule viventi e garantisce la sua resistenza).

IL LEGNO

CARATTERISTICHE GENERALI



CARATTERISTICHE GENERALI



Sezione trasversale con evidenti anelli annuali di crescita.

IL LEGNO

CARATTERISTICHE GENERALI

Gli alberi vengono suddivisi in due grandi famiglie:

legno dolce e legno duro.

Una prima distinzione la si può fare semplicemente guardando il seme, infatti se esso è esposto allora l'albero è di legno dolce, viceversa se il seme è coperto il legno sarà duro.

Solitamente sono di legno dolce le piante sempreverdi, mentre sono di legno duro gli alberi decidui.

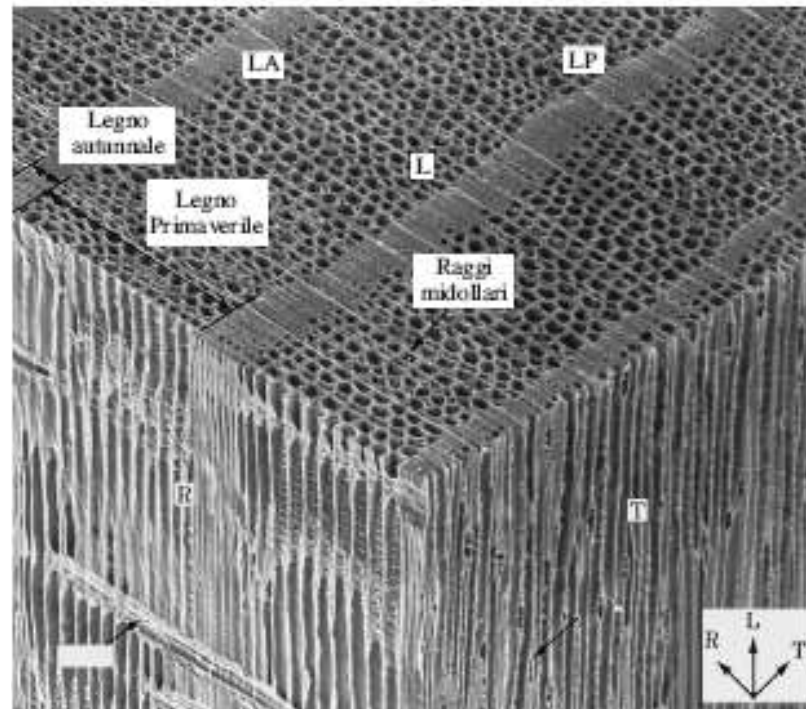
I primi sono teneri, mentre i secondi sono duri, anche se non mancano le eccezioni.

Fanno parte della prima categoria: l'abete, l'abete rosso, il pino e il cedro; mentre della seconda: l'olmo, l'acero, la betulla e il ciliegio.

IL LEGNO

CARATTERISTICHE GENERALI

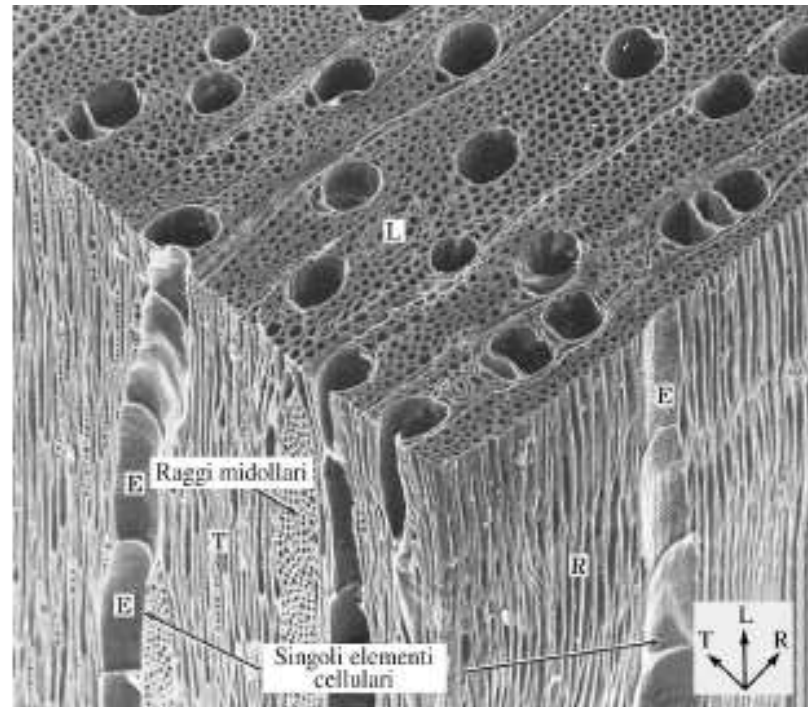
legno dolce : formato da **cellule tubolari** chiamate **tracheidi** lunghe da 3 a 5 mm e con diametro da 20 a 80 μm , e **da cellule più piccole**, **parenchima**, con una forma tozza.



IL LEGNO

CARATTERISTICHE GENERALI

legno duro : al contrario di quello dolce, **ha vasi di ampio diametro per la conduzione del nutrimento**. I vasi hanno una struttura a parete sottile formata da singole cellule allineate della direzione longitudinale del tronco dell'albero.



CARATTERISTICHE GENERALI

Il legno è un materiale anisotropo e le sue caratteristiche dipendono dalla direzione in cui esse vengono considerate.

Ad esempio la resistenza a compressione nella direzione parallela alle fibre è considerevolmente più alta (circa dieci volte) della resistenza in direzione perpendicolare.

Questa differenza è dovuta alla presenza **lungo l'asse longitudinale di forti legami covalenti**, mentre lungo le direzioni perpendicolari i legami sono di tipo a idrogeno e quindi molto più deboli.

IL LEGNO

CARATTERISTICHE GENERALI

Allo **stato fresco** il legno può avere un **contenuto d'acqua** anche fino al **50% in peso**.

Le **caratteristiche meccaniche** sono fortemente dipendenti dal **contenuto di umidità** presente nei pori.

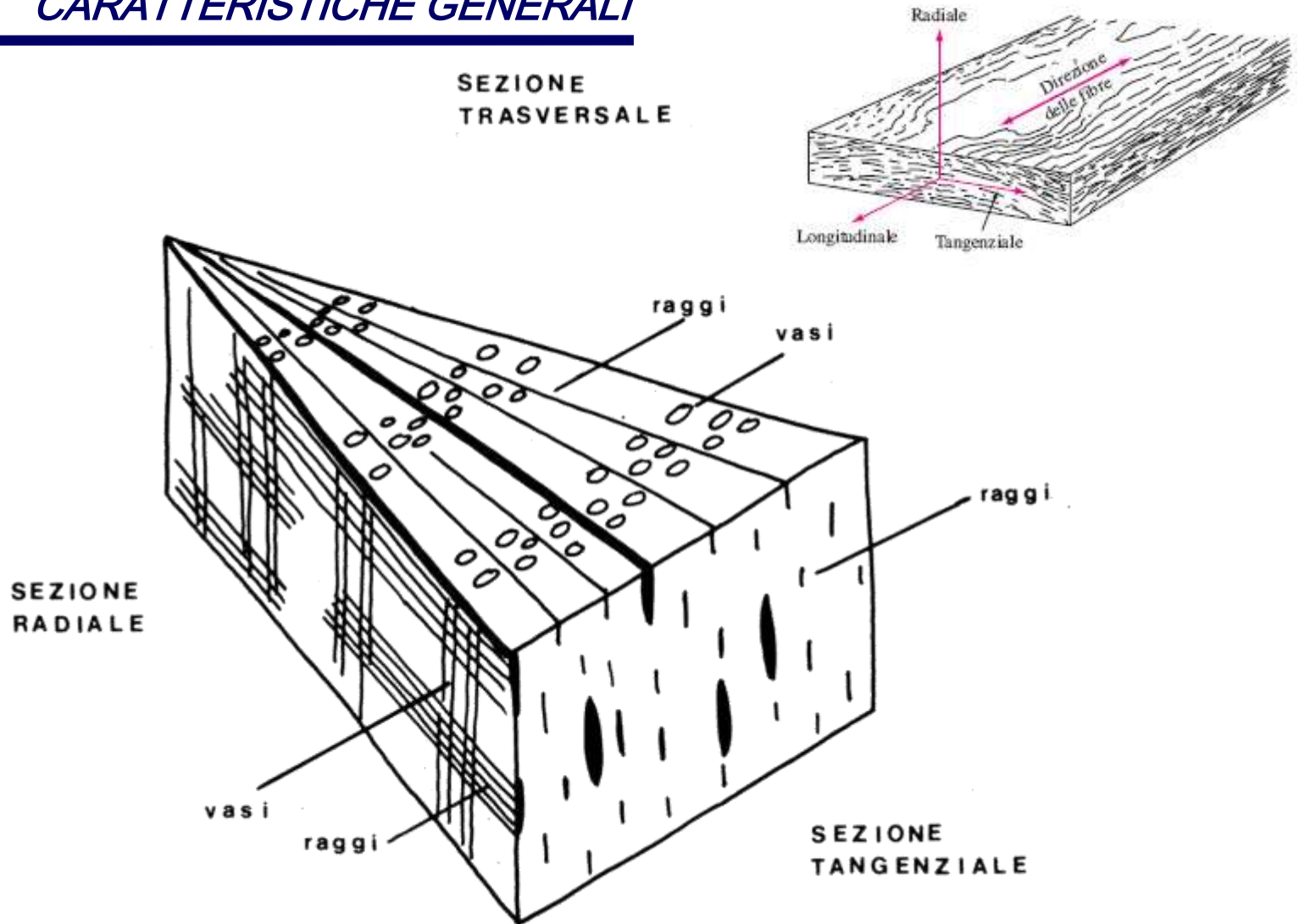
Una componente di notevole importanza è anche il **ritiro determinato dalla stagionatura o dalle variazioni di umidità al contorno**. Il cambiamento dimensionale avviene in forma diversa secondo l'asse del taglio:

in direzione longitudinale può raggiungere il 15%,

in direzione perpendicolare è molto più ridotta, circa 0.1%.

IL LEGNO

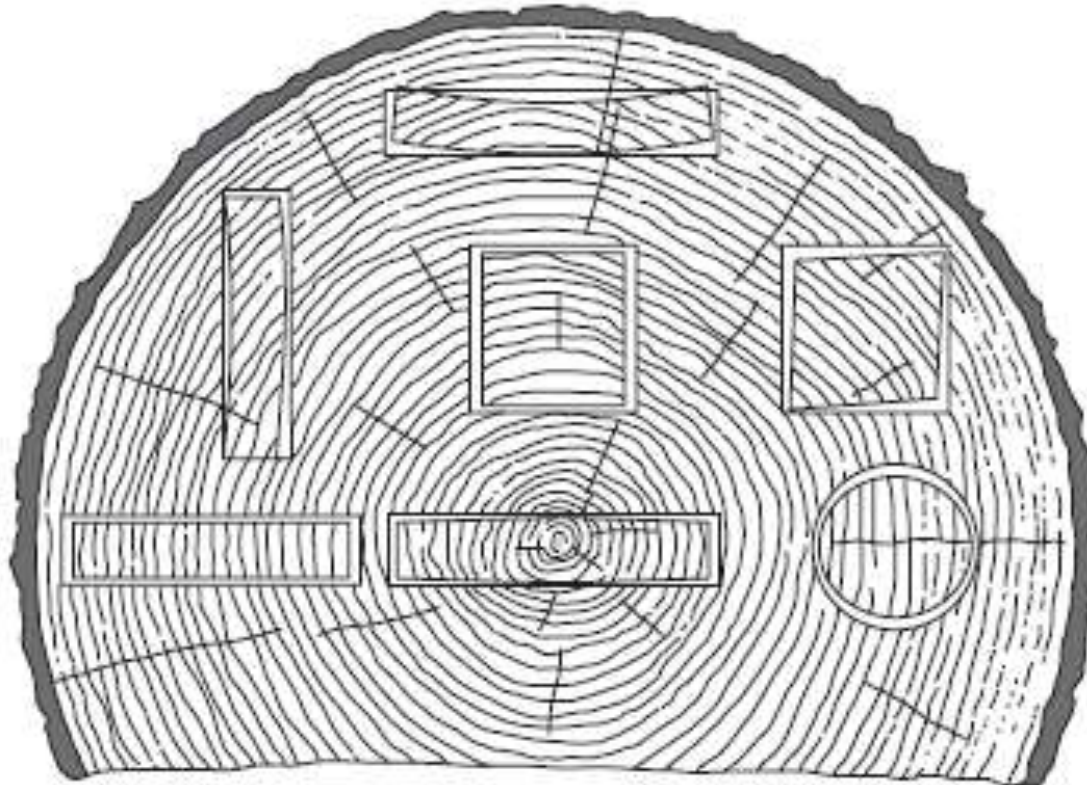
CARATTERISTICHE GENERALI



Strutture componenti del legno.

IL LEGNO

CARATTERISTICHE GENERALI



Ritiro e distorsione di sezioni di un tronco.

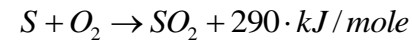
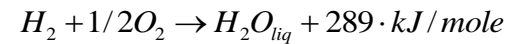
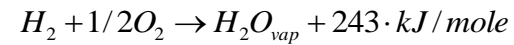
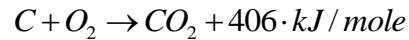
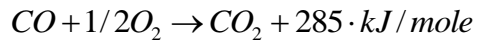




IL LEGNO...

...E I SUOI DERIVATI COME COMBUSTIBILE

Combustibile + Comburente $\xrightarrow{\text{Innesco}}$ *Calore + Fumi + Ceneri*



IL LEGNO...

...E I SUOI DERIVATI COME COMBUSTIBILE

Carbone

Carbonifero

280÷345 milioni di anni

<i>Sostanza</i>	<i>% C</i>	<i>% H</i>	<i>% O</i>	<i>% N</i>	<i>% S</i>	<i>% ceneri</i>
<i>Legno</i>	<i>50 - 54</i>	<i>6 - 6.5</i>	<i>44</i>	<i>0.3 - 0,5</i>	<i>0</i>	<i>0.5 - 1.2</i>
<i>Torba</i>	<i>50 - 60</i>	<i>5.5 - 6.5</i>	<i>30 - 48</i>	<i>0.8 - 3</i>	<i>0.1 - 0,2</i>	<i>3 - 25</i>
<i>Lignite</i>	<i>60 - 75</i>	<i>5 - 6</i>	<i>20 - 45</i>	<i>0.7 - 2</i>	<i>1 - 12</i>	<i>3 - 8</i>
<i>Litantrace</i>	<i>75 - 90</i>	<i>4.5 - 5.5</i>	<i>5 - 15</i>	<i>0.7 - 2</i>	<i>0.5 - 4</i>	<i>0.5 - 4</i>
<i>Antracite</i>	<i>92 - 95</i>	<i>2 - 2.5</i>	<i>3</i>	<i>0.5 - 1</i>	<i>0.5 - 2</i>	<i>0.5 - 2</i>

IL LEGNO...

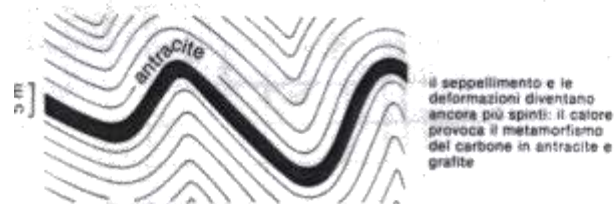
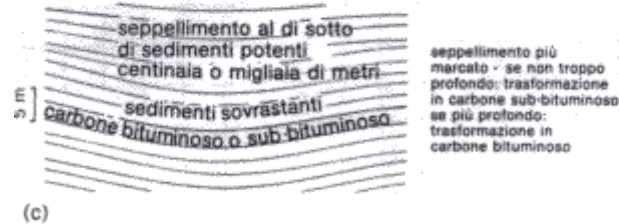
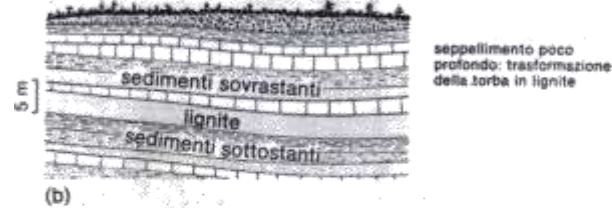
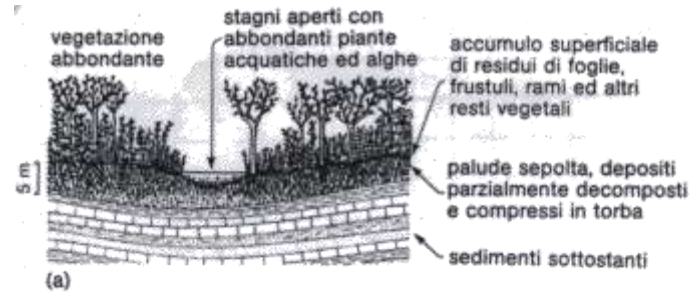
...E I SUOI DERIVATI COME COMBUSTIBILE

La Tabella riporta alcuni dati essenziali sulla composizione e sul potere calorifico dei principali combustibili accessibili agli antichi. La temperatura di accensione del legno è compresa tra 200 e 300 °C (in funzione della pezzatura e della composizione).

<i>Sostanza</i>	<i>rapporto H/C</i>	<i>P.C. (kcal/kg)</i>
<i>Legno</i>	<i>1,55</i>	<i>2 500 - 4 500</i>
<i>Torba</i>	<i>1,30</i>	<i>3 000 - 4 500</i>
<i>Lignite</i>	<i>0,97</i>	<i>4 000 - 6 200</i>
<i>Litantrace</i>	<i>0,72</i>	<i>7 600 - 9 000</i>
<i>Antracite</i>	<i>0,29</i>	<i>8 300 - 9 000</i>

IL LEGNO...

...E I SUOI DERIVATI COME COMBUSTIBILE



↓
i letti di carbone si assottigliano, diventano più duri e brillanti: il potere calorifico aumenta; il contenuto in carbonio aumenta; l'acqua, l'ossigeno e l'idrogeno diminuiscono



Studenti_Buone abitudini

Approfondire

Prima di una lezione, consulta il materiale del corso e cerca di anticipare i punti principali che il professore tratterà durante la lezione, così potrai comprendere meglio.

Pause dallo studio

Le pause dallo studio sono essenziali per dare il giusto riposo al tuo cervello durante lo studio. Camminare per qualche minuto se sei rimasto seduto per ore, non può che fare bene al tuo cervello.

