



LCA 1 a.a. 2022/2023 TECNOLOGIA DEL LEGNO 2: IL LEGNO PER LA COSTRUZIONE DELL'ARCHITETTURA 29.09.2022 Prof. Theo Zaffagnini \_LAB B

1

## ALBERO\_ORGANISMO\_LEGNO

Il legno è un materiale di origine ORGANICA.

*“Le sue cellule sono organizzate non solo per la crescita e la riproduzione o per difendersi dalle tante offese che riceve da uomini, animali e ambiente, ma per vincere sollecitazioni di varia natura.”*

(LANER F., Diagnostica delle strutture lignee, Flap Edizioni, Mestre (VE), 2005, pag. 17)

A mezzo delle foglie e dall'attuazione della loro funzione clorofilliana riesce da assorbire l'anidride carbonica dell'atmosfera e a restituire ossigeno all'ambiente.

A mezzo delle sue radici l'organismo sintetizza e trae nutrimento per l'accrescimento dal terreno e ad esso si vincola saldamente.

Una lettura dell'organismo ALBERO secondo i dettami della disciplina della Scienza delle costruzioni, lo fa descrivere come assimilabile ad un vincolo ad INCASTRO; una TRAVE A SBALZO sollecitata a PRESSO-FLESSIONE; vento e gravami accidentali, quali neve e ghiaccio, i carichi più frequenti di sollecitazione ambientale.

Come quasi tutti gli organismi viventi ha una pelle che lo protegge; la corteccia. Una parte molto delicata ed importante dell'albero. Solo in taluni casi sacrificabile come nel caso delle essenze sugherose ove, rimossa, molto lentamente si rigenera.

LCA 1 a.a. 2022/2023 TECNOLOGIA DEL LEGNO 2: IL LEGNO PER LA COSTRUZIONE DELL'ARCHITETTURA 29.09.2022 Prof. Theo Zaffagnini \_LAB B

2

Il legno allo stato naturale è utilizzato nel settore delle costruzioni per le strutture, i componenti, finiture e come materiale ausiliario per le lavorazioni di cantiere.

Viene inoltre impiegato come materiale di base per la fabbricazione di vari materiali compositi, stratificati o lamellari.

I pregi del legno sono diversi, tra i principali si annoverano:

- Facile **reperimento**;
- Buona **lavorabilità**;
- Notevole **leggerezza**;
- Resistenza meccanica** a diversi tipi di sollecitazioni.

Per contro possiede:

- Anisotropia**;
- Instabilità dimensionale** al variare dell'umidità;
- Infiammabilità**;
- Bassa resistenza** agli attacchi **biologici**.

### Caratteristiche fisiche

Il peso specifico del legno massiccio varia secondo l'essenza ed il contenuto di umidità. Ad umidità pari al 15% il Peso Specifico può variare da 350–1000 Kg/m<sup>3</sup> (pioppo-ulivo).

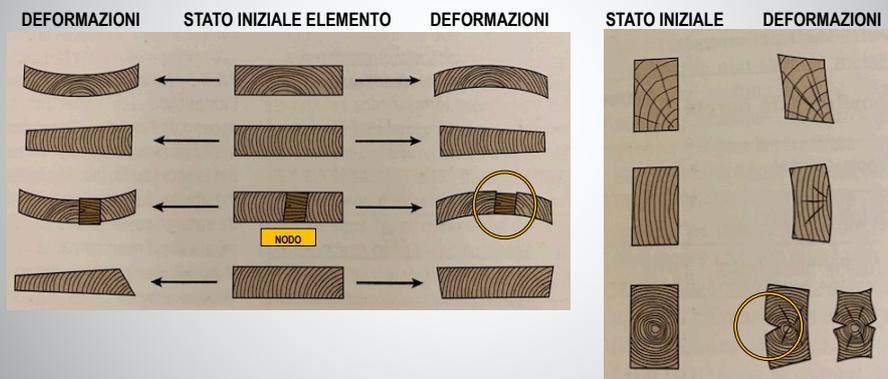
Tab. 3.9 Peso specifico di alcune specie legnose	
Materiale	Peso specifico (kg/m <sup>3</sup> , valutato con il 12 + 15% di umidità)
<b>Essenze resinose</b>	
abete rosso	460
abete bianco	440
larice	580
pino silvestre	500
pino marittimo	500
cipresso	560
cimolio	480
abete Douglas	540
pitch-pine	660
<b>Essenze dolci</b>	
pioppo	420
betulla	640
salice	510
tiglio	500
ontano	510
olmo	650
pero	710
<b>Essenze forti</b>	
acero	620
bosso	940
carpino	810
castagno	620
faggio	720
frassino	700
noce	660
ulivo	860
quercia	650
robinia	750
teak	690
mogano	680
eucalipto	900

Fonte: A.V.V., Manuale di progettazione edilizia, vol. 5, cit.

3

Il legno tende, oltre al **ritiro** che occorre nel periodo della stagionatura, a **contrazioni e dilatazioni a causa delle variazioni di umidità** che si verificano al suo interno. Tali variazioni possono essere causa di sviluppo di pericolosi funghi e culture batteriche.

### POSSIBILI DEFORMAZIONI NEL LEGNO



Rielaborazione immagini tratte da: Fuchs M., Mussier J., «Construire avec le bois», Ed. Le Moniteur, 2019, France ISBN 978-2-281-14222-6

4

Possiede reazioni al fuoco elevate, incendiandosi solo in presenza di sorgenti di calore molto elevate e persistenti comprese tra i 260-280° C. per la determinazione del grado di resistenza al fuoco esiste una norma di riferimento per la corretta valutazione ed è la norma UNI 9504/89.

**Caratteristiche meccaniche del legno**

Partendo dal presupposto di un legno esente da difetti, ossia:  
 sviluppo lineare e rettilineo del tronco;  
 in assenza di nodi;  
 sviluppo uniforme degli anelli annuali;  
 esso presenta:

una resistenza a compressione massima nella direzione delle fibre compresa:

**resistenza a compressione: 40-50 N/mm<sup>2</sup>**

una resistenza a trazione di 2-3- volte superiore a quella di compressione applicata in direzione assiale alle fibre:

**resistenza a trazione: 120-150 N/mm<sup>2</sup>**

una resistenza a flessione molto simile a quella di trazione:

**resistenza a flessione: 120-150 N/mm<sup>2</sup>**

la resistenza al taglio varia secondo la percentuale di umidità:

**resistenza a taglio: 5-12 N/mm<sup>2</sup>**

Tabella IV - Valori medi delle caratteristiche meccaniche del legno delle principali essenze

Specie legnosa (denominazione comune)	Peso specifico in kg/m <sup>3</sup>	Compressione*						Flessione*			Trazione*			Taglio*			Modulo di elasticità in GPa
		f <sub>0</sub>	f <sub>0,1</sub>	f <sub>0,2</sub>	f <sub>0,3</sub>	f <sub>0,4</sub>	f <sub>0,5</sub>	f <sub>0,1</sub>	f <sub>0,2</sub>	f <sub>0,3</sub>	f <sub>0,1</sub>	f <sub>0,2</sub>	f <sub>0,3</sub>	f <sub>0,1</sub>	f <sub>0,2</sub>	f <sub>0,3</sub>	
<b>essenci resinate</b>																	
Abete rosso	480	340	300	260	220	180	200	180	160	140	120	100	80	60	40	30	15000
Abete bianco	480	340	300	260	220	180	200	180	160	140	120	100	80	60	40	15000	
Larice	500	350	310	270	230	190	210	190	170	150	130	110	90	70	50	16000	
Pice abies	500	350	310	270	230	190	210	190	170	150	130	110	90	70	50	16000	
Pice maritima	500	350	310	270	230	190	210	190	170	150	130	110	90	70	50	16000	
Cipresso	500	350	310	270	230	190	210	190	170	150	130	110	90	70	50	16000	
Cedrina	480	340	300	260	220	180	200	180	160	140	120	100	80	60	40	15000	
Abete Douglas	540	380	340	300	260	220	220	200	180	160	140	120	100	80	60	17000	
Podociparo	480	340	300	260	220	180	200	180	160	140	120	100	80	60	40	15000	
<b>essenci dolci</b>																	
Fraxino	620	420	380	340	300	260	300	280	260	240	220	200	180	160	140	18000	
Betulla	480	340	300	260	220	180	200	180	160	140	120	100	80	60	40	15000	
Salice	500	350	310	270	230	190	210	190	170	150	130	110	90	70	50	16000	
Alghe	500	350	310	270	230	190	210	190	170	150	130	110	90	70	50	16000	
Ulmaceo	500	350	310	270	230	190	210	190	170	150	130	110	90	70	50	16000	
Olivo	600	400	360	320	280	240	280	260	240	220	200	180	160	140	16000		
Castagno	600	400	360	320	280	240	280	260	240	220	200	180	160	140	16000		
<b>essenci soavi</b>																	
Acero	620	420	380	340	300	260	300	280	260	240	220	200	180	160	140	18000	
Betulla	480	340	300	260	220	180	200	180	160	140	120	100	80	60	40	15000	
Carpino	620	420	380	340	300	260	300	280	260	240	220	200	180	160	140	18000	
Castagno	620	420	380	340	300	260	300	280	260	240	220	200	180	160	140	18000	
Fraxino	620	420	380	340	300	260	300	280	260	240	220	200	180	160	140	18000	
Fraxino	620	420	380	340	300	260	300	280	260	240	220	200	180	160	140	18000	
Noce	600	400	360	320	280	240	280	260	240	220	200	180	160	140	16000		
Ulmaceo	600	400	360	320	280	240	280	260	240	220	200	180	160	140	16000		
Quercia	680	480	440	400	360	320	320	300	280	260	240	220	200	180	160	20000	
Robinia	720	520	480	440	400	360	340	320	300	280	260	240	220	200	180	22000	
Troscia	680	480	440	400	360	320	320	300	280	260	240	220	200	180	160	20000	
Mirano	680	480	440	400	360	320	320	300	280	260	240	220	200	180	160	20000	
Castagno	680	480	440	400	360	320	320	300	280	260	240	220	200	180	160	20000	

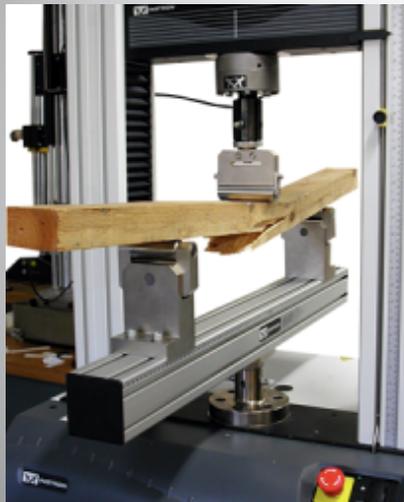
5

**Caratteristiche meccaniche del legno**

Prova in laboratorio di rottura a flessione di una trave in Legno

Ricordiamo che la resistenza a flessione è indicativamente compresa:

**resistenza a flessione: 120-150 N/mm<sup>2</sup>**



6

Tabella IV – Valori medi delle caratteristiche meccaniche del legno delle principali essenze

Specie legnosa (denominazione comune)	Peso specifico in kg/m <sup>3</sup>	Compressione*				Flessione*		Trazione*		Taglio*		Modulo di elasticità da prove di flessione*
		lungo la fibra		normale alla fibra		$\sigma_r$	$\sigma_o$	$\sigma_r$	$\sigma_o$	$\sigma_r$	$\sigma_o$	
		$\sigma_r$	$\sigma_o$	$\sigma_r$	$\sigma_o$							
ESSENZE RESINOSE												
Abete rosso	460	390	80	80	20	700	90	840	90	66	9	130 000
		39	8	8	2	70	9	84	9	6	0,9	13 000
Abete bianco	440	400	90	90	20	720	100	850	90	60	8	150 000
		40	9	9	2	72	10	85	9	6	0,8	15 000
Larice	580	530	100	100	22	960	110	850	95	87	10	130 000
		53	10	10	2	96	11	85	9	8	1	13 000
Pino silvestre	500	470	90	96	20	970	100	930	90	80	9	130 000
		47	9	9	2	97	10	93	9	8	0,9	13 000
Pino marittimo	500	470	90	90	20	870	100	830	85	80	9	120 000
		47	9	9	2	87	10	83	8	8	0,9	12 000
Cipresso	560	540	90	—	—	550	80	530	70	45	5	100 000
		54	9	—	—	55	8	53	7	4	0,5	10 000
Cirmolo	480	400	80	—	—	410	70	400	60	50	6	110 000
		40	8	—	—	41	7	40	6	5	0,6	11 000
Abete Douglas	540	450	80	70	20	750	90	800	90	95	9	120 000
		45	8	7	2	75	9	80	9	9	0,9	12 000
Pitch-pine	660	490	90	70	20	970	100	950	95	95	9	132 000
		49	9	7	2	97	10	95	9	9	0,9	13 200

LCA 1 a.a. 2022/2023 TECNOLOGIA DEL LEGNO 2: IL LEGNO PER LA COSTRUZIONE DELL'ARCHITETTURA 29.09.2022 Prof. Theo Zaffagnini \_LAB B

7

ESSENZE RESINOSE												
Abete rosso	460	390	80	80	20	700	90	840	90	66	9	130 000
		39	8	8	2	70	9	84	9	6	0,9	13 000
Abete bianco	440	400	90	90	20	720	100	850	90	60	8	150 000
		40	9	9	2	72	10	85	9	6	0,8	15 000
Larice	580	530	100	100	22	960	110	850	95	87	10	130 000
		53	10	10	2	96	11	85	9	8	1	13 000
Pino silvestre	500	470	90	96	20	970	100	930	90	80	9	130 000
		47	9	9	2	97	10	93	9	8	0,9	13 000
Pino marittimo	500	470	90	90	20	870	100	830	85	80	9	120 000
		47	9	9	2	87	10	83	8	8	0,9	12 000
Cipresso	560	540	90	—	—	550	80	530	70	45	5	100 000
		54	9	—	—	55	8	53	7	4	0,5	10 000
Cirmolo	480	400	80	—	—	410	70	400	60	50	6	110 000
		40	8	—	—	41	7	40	6	5	0,6	11 000
Abete Douglas	540	450	80	70	20	750	90	800	90	95	9	120 000
		45	8	7	2	75	9	80	9	9	0,9	12 000
Pitch-pine	660	490	90	70	20	970	100	950	95	95	9	132 000
		49	9	7	2	97	10	95	9	9	0,9	13 200
ESSENZE DOLCI												
Pioppo	420	340	80	60	15	680	85	700	70	40	5	85 000
		34	8	6	1,5	68	8	70	7	4	0,5	8 500
Betulla	640	230	50	—	—	600	60	600	60	50	5	120 000
		23	5	—	—	60	6	60	6	5	0,5	12 000
Saice	510	300	55	—	—	650	60	700	60	35	4	90 000
		30	5	—	—	65	6	70	6	3	0,4	9 000
Tiglio	500	300	55	—	—	650	60	700	60	40	4	80 000
		30	5	—	—	65	6	70	6	4	0,4	8 000
Ontano	510	380	80	65	15	700	90	900	80	40	5	120 000
		38	8	6	1,5	70	9	90	8	4	0,5	12 000
Olmo	650	410	90	100	20	720	100	800	90	65	7	110 000
		41	9	10	2	72	10	80	9	6	0,7	11 000
Pero	710	460	90	—	—	850	85	—	—	45	6	100 000
		46	9	—	—	85	8	—	—	4	0,6	10 000

LCA 1 a.a. 2022/2023 TECNOLOGIA DEL LEGNO 2: IL LEGNO PER LA COSTRUZIONE DELL'ARCHITETTURA 29.09.2022 Prof. Theo Zaffagnini \_LAB B

8

Restituzioni di viste al microscopio per tipologie lignee



Essenze resinose (famiglia delle conifere sempreverdi)



Essenze dolci o forti (famiglia delle latifoglie)

Crediti immagini: Fuchs M., Mussier J., «Construire avec le bois», Ed. Le Moniteur, 2019, France ISBN 978-2-281-14222-6

ESSENZE FORTI												
Acero	620	430	80	—	—	1200	100	1300	110	85	8	150 000
		43	8			120	10	130	11	8	0,8	15 000
Bosso	940	640	120	—	—	1200	120	950	100	60	6	130 000
		64	12			120	12	95	10	6	0,6	13 000
Carpino	810	660	120	—	—	1100	120	1000	100	60	6	130 000
		66	12			110	12	100	10	6	0,6	13 000
Castagno	620	530	90	110	20	1120	100	900	90	80	7	110 000
		53	9	11	2	112	10	90	9	8	0,7	11 000
Faggio	720	520	100	90	—	1050	100	820	85	82	8	155 000
		52	10	9		105	10	82	8	8	0,8	15 500
Frassino	700	480	90	110	20	1020	100	790	90	122	8	120 000
		48	9	11	2	102	10	79	9	12	0,8	12 000
Noce	660	410	80	120	20	1200	100	1000	100	—	—	125 000
		41	8	12	2	120	10	100	10			12 500
Ulivo	860	540	100	—	—	900	90	1100	100	—	—	130 000
		54	10			90	9	110	10			13 000
Quercia	680	580	100	125	25	1100	110	900	100	110	10	130 000
		58	10	12	2	110	11	90	10	11	1	13 000
Robinia	750	590	100	130	25	1400	115	1400	110	145	10	140 000
		59	10	13	2	140	11	140	11	14	1	14 000
Teak	660	630	120	210	40	1190	120	1200	120	60	6	130 000
		63	12	21	4	119	12	120	12	6	0,6	13 000
Mogano	680	540	100	—	—	1100	105	1000	100	60	6	110 000
		54	10			110	10	100	10	6	0,6	11 000
Eucalipto	900	570	120	—	—	1050	105	900	90	—	—	130 000
		57	12			105	10	90	9			13 000

**Tab. 3.10 Resistenza meccanica a compressione, trazione, flessione e taglio delle diverse essenze legnose italiane (carichi di sicurezza)**

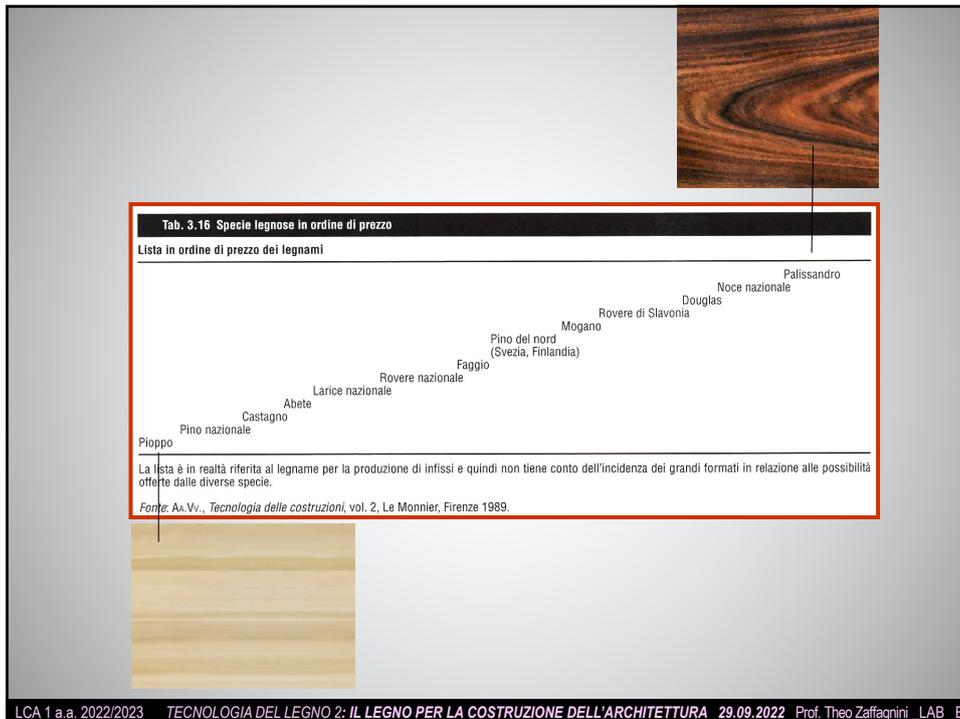
Specie legnosa	Compressione parallela alle fibre (kg/cm <sup>2</sup> )	Compressione normale alle fibre (kg/cm <sup>2</sup> )	Flessione (kg/cm <sup>2</sup> )	Trazione parallela alle fibre (kg/cm <sup>2</sup> )	Taglio normale alle fibre (kg/cm <sup>2</sup> )
Abete bianco	70-100	20	75-115	60-110	7-9
Larice	75-120	20-25	85-130	70-120	9-11
Pino	70-110	20-25	80-125	60-110	8-10
Castagno	70-110	20	80-120	60-110	6-8
Faggio	75-120	22-30	85-130	70-120	9-12
Frassino	70-110	20	80-120	60-110	6-8
Quercia	75-120	22-30	85-130	70-120	9-12
Pioppo	60-100	15	65-105	45-90	4-6
Robinia	75-120	22-30	90-135	70-130	9-12
Olmo	70-110	20	80-120	60-110	6-8

I valori più alti si riferiscono a legnami di prima categoria. Quelli più bassi a legnami di terza categoria. Alcuni carichi di sicurezza a trazione risultano minori di quelli a flessione o compressione per il grado di sicurezza più elevato che è stato adottato per i primi.

Fonte: CHIOSTRI F., PILATI D. e SESTINI V., *Elementi di tecnologia dell'architettura*, Alinea, Firenze 1983.

LCA 1 a.a. 2022/2023    **TECNOLOGIA DEL LEGNO 2: IL LEGNO PER LA COSTRUZIONE DELL'ARCHITETTURA**    29.09.2022    Prof. Theo Zaffagnini \_LAB B

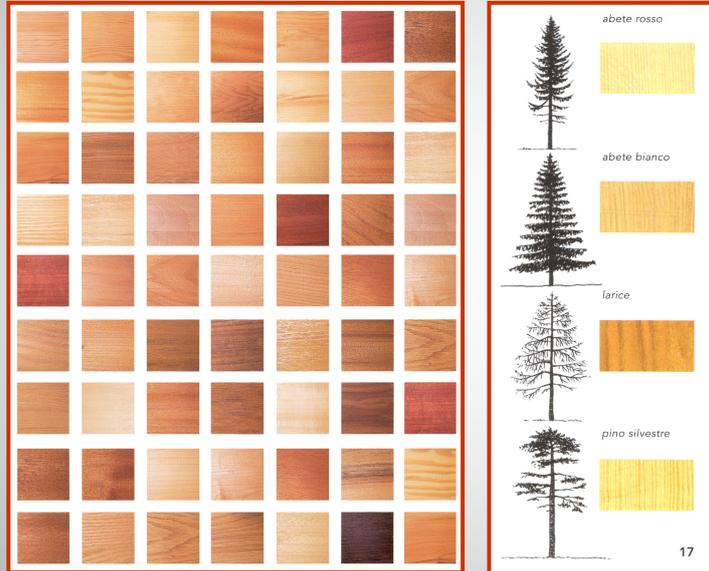
11



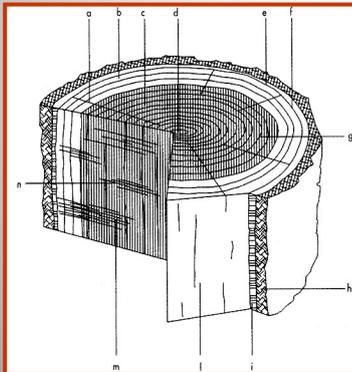
12

### Caratteristiche estetiche

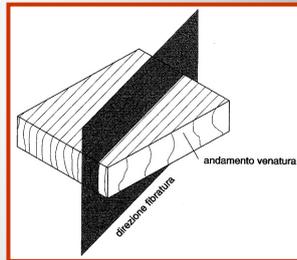
Le qualità estetiche del legno, i requisiti di aspetto, risultano definiti da parametri quali: il colore, la fibra, la tessitura, il tipo di venatura, il metodo di taglio e dalla sua direzione rispetto le fibre.



13



**Fig. 1** Struttura del tronco:  
 a) raggio o raggio midollare;  
 b) albume;  
 c) durame;  
 d) midollo;  
 e) cambio, tessuto vegetale allo stato nascente;  
 f) libro, tessuto principale della distribuzione degli alimenti;  
 g) sezione trasversale;  
 h) corteccia esterna fisiologicamente morta;  
 i) corteccia interna fisiologicamente viva;  
 l) sezione tangenziale;  
 m) specchio (nella sezione radiale i raggi midollari si dicono specchi);  
 n) sezione radiale.



14

## PATOLOGIE DEL LEGNO

### Attacchi biologici

La curabilità del legno è data dagli attacchi a cui è soggetto. I più importanti attacchi sono di tipo biologico: insetti e funghi. Questi avvengono sia durante le prime lavorazioni che dopo trattamenti complessi come quelli del lamellare. Le alterazioni dovute ad attacchi di insetti riguardano più di frequente legni tagliati di recente, ma possono interessare tutti i legni. Gli insetti xilofagi sono di tipo differente. I coleotteri e le termiti sono gli insetti più pericolosi (Anobidi, Capricorno, Termiti). In località marine bisogna proteggere con trattamenti ed idonee soluzioni tecniche il legno da particolari tipi di insetti xilofagi. La valutazione del rischio connessa ad attacchi di funghi è maggiormente controllabile perché questi hanno possibilità di svilupparsi solo quando la percentuale di umidità supera il 20% con temperature comprese tra i 20-25° C.

### Umidità

L'umidità può causare danni al legno facendolo marcire. Per questo motivo è necessario trattare il legno con prodotti non solubili all'acqua, ma permeabili al vapore, che creano una barriera stagna, permettendo comunque al legno di respirare. Il trattamento viene effettuato con soluzioni chimiche impregnanti che possono essere applicate a spruzzo, per immersione o sotto pressione, con funzione idrorepellente, fungicida o anche ritardante di fiamma (ignifuga). Per questo motivo saranno da valutare le attitudini di permeabilità all'impregnazione delle varie essenze.

### Attacco chimico

La composizione delle cellule del legno è solitamente acida, quindi il legno viene attaccato da prodotti basici, sopportando abbastanza bene gli acidi.

LCA 1 a.a. 2022/2023 TECNOLOGIA DEL LEGNO 2: IL LEGNO PER LA COSTRUZIONE DELL'ARCHITETTURA 29.09.2022 Prof. Theo Zaffagnini \_LAB B

15

## ATTACCHI BIOLOGICI

### Infezioni fungine nel legno



Vista di un fusto (tronco) infetto



Vista superficiale di un elemento infetto.

Crediti immagini: Fuchs M., Mussier J., «Construire avec le bois», Ed. Le Moniteur, 2019, France ISBN 978-2-281-14222-6

LCA 1 a.a. 2022/2023 TECNOLOGIA DEL LEGNO 2: IL LEGNO PER LA COSTRUZIONE DELL'ARCHITETTURA 29.09.2022 Prof. Theo Zaffagnini \_LAB B

16