

La diagnosi delle strutture lignee

DOTT. FORESTALE

MASSIMILIANO LENZI

www.mldiagnosticalegno.it

La diagnosi delle strutture lignee

- **NORMATIVE VIGENTI (15 min)**
- **INDAGINE VISIVA (20 min)**
- **INDAGINE STRUMENTALE (20 min)**
- **CLASSIFICAZIONE A VISTA (30 min)**
- **DEGRADO BIOLOGICO (30 min)**
- **DEGRADO MECCANICO (10 min)**
- **CASI STUDIO (15-20 min)**

La diagnosi delle strutture lignee

La diagnosi delle strutture lignee è finalizzata alla conoscenza del loro stato di conservazione ed è la fase preliminare per attuare una verifica statica e per impostare un progetto di manutenzione, di restauro o di recupero della struttura stessa

A chi è rivolta ? TECNICO PROGETTISTA

La diagnosi delle strutture lignee

UTILE SE NON INDISPENABILI IN MOLTI CASI:

Recupero di vecchi edifici in disuso da molto tempo

- **Variazioni di destinazione d'uso con aumento dei carichi**
- **Verifica dello stato di conservazione**
- **Verifica dello stato di sicurezza**
- **Vulnerabilità sismica**
- **Restauro di edifici vincolati**
- **Consolidamento di edifici danneggiati dal sisma**
- **Elaborazione di piani di manutenzione**
- **Ecc., ecc.**

La diagnosi delle strutture lignee

VANTAGGI:

- < imprevisti in corso d'opera
- migliore programmazione del lavoro
- massima conservazione dell'esistente
- riduzione degli interventi allo stretto necessario
- risparmio costi del restauro

Normative vigenti

NORMATIVE PRINCIPALI

UNI 11138 - Beni culturali – Manufatti Lignei – Strutture portanti degli edifici – Criteri per la valutazione preventiva, la progettazione e l'esecuzione di interventi.

UNI 11119 – Beni culturali – Manufatti Lignei – Strutture portanti degli edifici – Ispezione in situ per la diagnosi degli elementi in opera.

UNI EN 17121 – Conservazione del patrimonio culturale – Strutture storiche in legno – Linee guida per la valutazione in situ di strutture in legno portanti

Normative vigenti - Altre

NTC 2018 – Norme tecniche per le costruzioni

CNR-DT 206 R1/2018 – Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione e il Controllo delle Strutture di legno

Eurocodice 5 – definisce le regole per la progettazione, calcolo ed esecuzione delle strutture di legno, relativamente ai requisiti di resistenza meccanica, funzionalità, durabilità e resistenza al fuoco

Eurocodice 8 – definisce le regole specifiche per la progettazione delle strutture di legno nei confronti delle azioni sismiche

DIN 1052:2004

Normative vigenti - UNI 17121

UNI 17121:2019

VALUTAZIONE PRELIMINARE (INDAGINE SEMPLIFICATA)

Analisi storica

Indagine prevalentemente visiva

Caratterizzazione della struttura dal punto di vista geometrico, delle specie legnose/genere e delle caratteristiche meccaniche. Ulteriore passo:

Individuare elementi con difetti particolarmente gravi

Individuare zone con manifestazioni esteriori riconducibili a degrado biologico / fuoco e meccanico ritenute critiche

(accessibilità, visibilità della struttura)

Normative vigenti - UNI 11119

VALUTAZIONE DETTAGLIATA (INDAGINE DI DETTAGLIO)

UNI 11119:2004

**Attenzione a campionare una
struttura lignea**

Normative vigenti - UNI 11119

Stabilisce obiettivi, procedure e criteri per la valutazione dello stato di conservazione e la stima delle prestazioni di elementi lignei in opera nelle strutture portanti di edifici compresi nell'ambito dei beni culturali, attraverso l'esecuzione di ispezioni in situ e l'impiego di tecniche e metodologie di prova non distruttive

LIMITAZIONI **elementi in legno lamellare incollato**
elementi decorati o rivestiti

Normative vigenti - UNI 11119

Informazioni rilevate per singolo elemento

- **Identificazione specie legnosa**
- **Stima dell'umidità legno**
- **Classe di rischio biologico / classe d'uso**
- **Geometria**
- **Caratteristiche meccaniche**
- **Valutazione del degrado biologico e meccanico**
- **Valutazione dei collegamenti**

Normative vigenti - UNI 11119

INDAGINE VISIVA

FONDAMENTALE

con attrezzature ordinarie

INDAGINE STRUMENTALE

COMPLEMENTARE

con attrezzature sofisticate

Normative vigenti - UNI 11119

Resoconto di ispezione:

- **Dati della struttura, del Cliente ed eventuali Referenti Tecnici**
- **Obiettivi dell'ispezione**
- **Data dell'indagine**
- **Metodologia dell'indagine**
- **Descrizione di tecniche strumentali**
- **Descrizione tipologia strutturale**
- **Risultati in forma grafica o tabulare**
- **Segnalazioni**
- **Prove strumentali**
- **Nome, qualifica e firma del Tecnico responsabile**

Indagine visiva

Prima dell'ISPEZIONE la PIANIFICAZIONE

Accessibilità (completamente accessibile,
trabattelli, scale, PLE, ponteggi fissi,
accesso su corda, piani di lavoro /
camminamenti, rimozione di
controsoffitti / pavimenti / manti di copertura)

Visibilità (sporcizia, detriti, depositi
organici, pitture, decorazioni, ecc.)

Illuminazione (ambientale o artificiale)

Indagine visiva

Le condizioni di lavoro hanno indubbiamente ripercussioni sulla sicurezza dei tecnici che conducono l'ispezione.

Sicurezza che vede essere sempre tutelata (non solo per legge).

Per tale motivo l'ispezione deve essere svolta mediante l'utilizzo di dispositivi di sicurezza adeguati alle varie circostanze cercando un compromesso tra:

- **Condizioni di lavoro**
- **Modalità d'ispezione**
- **Sicurezza**

Indagine visiva



**Accesso mediante
trabattello, imbracatura e
cordino di
posizionamento**



Indagine visiva



**Accesso mediante
trabattello**

Indagine visiva



Accesso con PLE

Indagine visiva



Accesso con ponteggio

Indagine visiva



**Accesso con tavoloni
posti su orditura di
copertura (catene di
capriate) o su
orditura del
controsoffitto**



Indagine visiva



**Accesso con tavoloni posti su orditura
controsoffitto**

Indagine visiva

**Camminamento fisso
BUONA NORMA PREVEDERE
SOLUZIONI DI QUESTO TIPO
IN FASE DI PROGETTAZIONE**



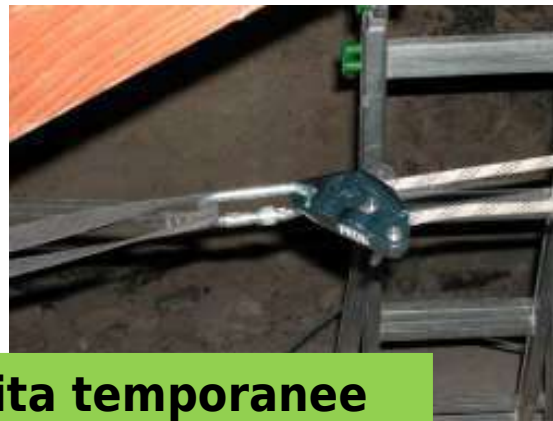
**Accesso con
scala**

Indagine visiva



**Accesso con tavoloni
collocati su telaio
realizzato con tubi
innocenti**

Indagine visiva



Linee vita temporanee

Indagine visiva



**Rimozione totale del
solaio**

**Rimozione parziale del
solaio**



Indagine visiva



Rimozione parziale del rivestimento

Indagine visiva



**Rimozione totale della
copertura**

Indagine visiva



**Rimozione parziale della
copertura**

Indagine visiva

Ogni elemento ligneo subisce due livelli d'indagine:

➤ **ISPEZIONE VISIVA**

➤ **ISPEZIONE STRUMENTALE**

Attraverso l'ispezione visiva e strumentale della struttura nel suo complesso e del singolo elemento vengono rilevate tutte le informazioni utili al tecnico progettista

Indagine visiva

- **Descrizione tipologia strutturale**
- **Stima dell'umidità**
- **Classe di rischio biologico / classi di utilizzo**
- **Rilievo geometrico**
- **Identificazione specie legnosa**
- **Classificazione a vista secondo la resistenza meccanica**
- **Valutazione qualitativa e quantitativa del degrado biologico e meccanico**
- **Valutazione qualitativa dei collegamenti**

Indagine visiva

DESCRIZIONE TIPOLOGIA STRUTTURALE

Tipologia strutturale

Accessibilità e visibilità generale

Assortimenti utilizzati

Lavorazione eseguite

Trattamenti superficiali

Criticità macroscopiche (rischio crollo)

Interventi di ripristino / sostituzioni eseguiti

Indagine visiva

STIMA DELL'UMIDITA'

L'umidità del legno viene stimata mediante igrometro elettrico con elettrodi isolati facendo riferimento alla norma UNI 11204:2007 “Beni culturali. Manufatti lignei. Determinazione dell'umidità”.

L'umidità viene rilevata sul singolo elemento in più punti e a diverse profondità per valutare eventuali gradienti d'umidità.

Indagine visiva

CLASSI DI UTILIZZO UNI EN 335:2006

CU1: interno/coperto, $U < 20\%$

CU2: interno/coperto, occasionale $> 20\%$

CU3.1: esterno/protetto, occasionale $> 20\%$

CU3.1: esterno/protetto, frequent. $> 20\%$

CU4.1: esterno a contatto con terreno o acqua dolce, preval $> 20\%$

CU4.1: esterno a contatto con terreno o acqua dolce (condizioni severe), perm. $> 20\%$

CU5: acqua di mare, perm. $> 20\%$

Indagine visiva

Classe di Impiego	Situazione generale di servizio *	Descrizione dell'esposizione a umidificazione in servizio	Agenti biologici *				Agenti biologici (indicazione di dettaglio)	
			Funghi	Insetti ^b	Termiti	Organismi marini		
1	Ambiente interno, al coperto	Secco max 20 %	—	U	L	—	Insetti	In presenza anche di termiti la classe di impiego è denominata 1T
2	Ambiente interno o al coperto	Occasionalmente > 20 %	U ^c	U	L	—	Come sopra	In presenza anche di termiti la classe di impiego è denominata 2T
3	3.1 Ambiente esterno, non a contatto con terreno, protetto	Occasionalmente > 20 %	U ^c	U	L	—	+ Funghi da colorazione + Funghi basidiomiceti da carie	In presenza anche di termiti la classe di impiego è denominata 3.1T o 3.2 T
	3.2 Ambiente esterno, non a contatto con terreno, non protetto	Frequentemente > 20 %	U ^c	U	L	—		
4	4.1 Ambiente esterno, a contatto con terreno o acqua dolce	Prevalentemente o permanentemente > 20 %	U ^d	U	L	—	Come sopra + Funghi da carie soffice	In presenza anche di termiti la classe di impiego è denominata 4.1T o 4.2 T
	4.2 Ambiente esterno, a contatto con terreno (condizioni severe) e/o acqua dolce	Permanentemente > 20 %	U ^d	U	L	—		
5	In acqua salata	Permanentemente > 20 %	U ^d	U ^e	L ^e	U	Funghi basidiomiceti da carie Funghi da carie soffice Organismi marini	A Tereididi e Limnori B Come in A + Limnori tolleranti il cresoto C Come in B + Folidi

U = Universalmente presente in Europa e nei territori UE

L = Localmente presente in Europa e nei territori UE

* Nel caso di un'esposizione localmente critica e dell'esigenza di prescrizioni mirate, è possibile individuare una specifica sub-classificazione degli agenti biologici.

^b Il rischio di attacco può risultare non significativo in base a situazioni o aree geografiche specifiche.

^c Funghi da colorazione + funghi basidiomiceti da carie.

^d Funghi da colorazione + funghi basidiomiceti da carie + funghi da carie soffice

^e La porzione non sommersa di alcuni componenti può essere esposta al rischio di attacco di insetti, incluse le termiti.

Nota. La protezione contro tutti gli agenti biologici elencati potrebbe non risultare necessaria in quanto gli stessi potrebbero non essere presenti, o il loro attacco potrebbe rivelarsi non economicamente significativo, in tutte le situazioni di servizio di tutte le aree geografiche. Se si ritiene che le situazioni di servizio possano essere soggette a un rischio maggiore, per un'imprevista umidificazione del legname causata, ad esempio, da difetti di progettazione, lavorazione inadeguata o mancanza di manutenzione, può essere assegnata una classe di impiego superiore a quella indicata in tabella.

Indagine visiva

CLASSI DI SERVIZIO (EUROCODICE 5 / NTC 2018)

CS1: ambiente chiuso e riscaldato <12%

CS2: ambiente interno non riscaldato o esterno ma protetto <20%

CS3: ambienti esterni e non protetti oltre casi particolari >20%

Indagine visiva

CS1	CU1
CS2	CU1, CU2 (con umid. occasionale)
CS3	CU2, CU3 o sup. se all'esterno

Indagine visiva



Classe d'uso 1



Classe d'uso 2



Indagine visiva



Classe d'uso 3.1



Classe d'uso 3.2



Classe d'uso 4.1 - 4.2



Classe d'uso 4.1 - 4.2



Classe d'uso 5

Indagine visiva

RILIEVO DELLA GEOMETRIA

Viene eseguito sulla struttura, sulle unità strutturali e su ciascun elemento compreso eventuali unioni:

Struttura: rilievo planimetrico generale

Unità strutturali: rilievo geometrico degli assi

Elemento singolo: lunghezza, base, altezza, smussi

Unioni: geometria dell'unione

Carpenteria metallica

Deformazioni: in caso di deformazioni eccessive

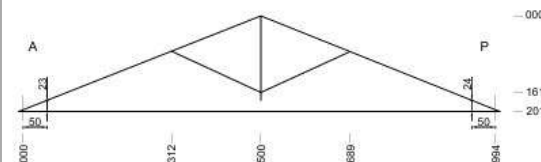
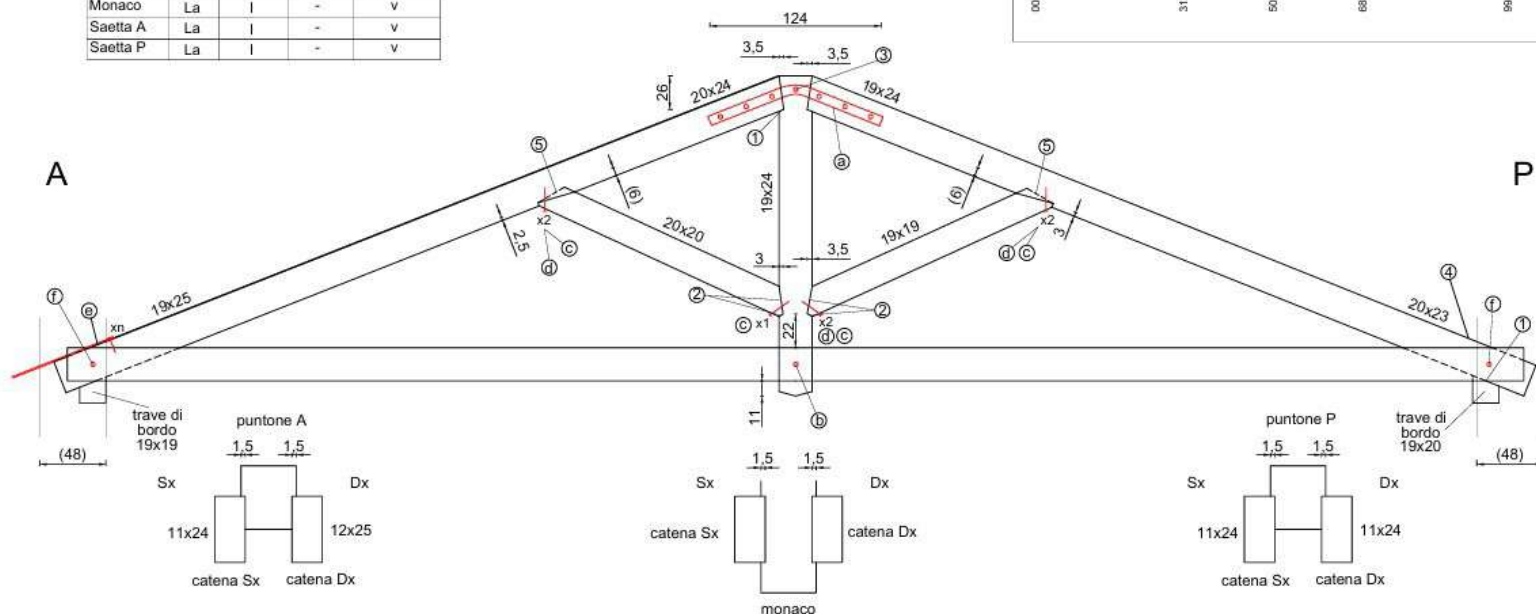
Indagine visiva

Classificazione secondo UNI 11119:2004

Elemento	Specie	Categoria	Causale	Indicazioni
Puntone A	La	I	-	v
Puntone P	La	II	n	v
Catena Sx	La	I	-	v
Catena Dx	La	I	-	v
Monaco	La	I	-	v
Saetta A	La	I	-	v
Saetta P	La	I	-	v

Rilievo geometrico eseguito su faccia Dx
Misure approssimate al centimetro

Rilievo geometrico assi unità strutturale C9



Note integrative

- ① Superfici non in contatto
- ② Superfici non uniformemente in contatto causa svergolamento delle saette
- ③ Bullone su fessura da ritiro lato Dx
- ④ Staffa metallica non rilevabile (scarsa accessibilità)
- ⑤ Incastro tenone mortasa collocato nel terzo centrale della base saetta - puntone

Ferramenta

- ② Staffa metallica bilaterale 70x8-10 mm con bulloni metallici passanti Ø18 mm posti ad interasse di 20 cm e muniti di dado esagonale
- ③ Bullone metallico passante Ø18 mm con dado esagonale e rondella quadrata 60x60 mm
- ④ Vite da legno / mordente
- ⑤ Staffa metallica 60x3 mm (dimensione indicativa) fissata con chiodi piccoli per collegamento con porzione esterna
- ① Probabile bullone metallico passante
- ③ Chiodo

Indagine visiva

IDENTIFICAZIONE SPECIE LEGNOSA

Viene eseguita facendo riferimento alla norma UNI 11118:2004 “Beni culturali. Manufatti lignei. Criteri per l’identificazione delle specie legnose” che prevede un esame macroscopico dell’elemento e, qualora non risultasse sufficiente, un esame microscopico.

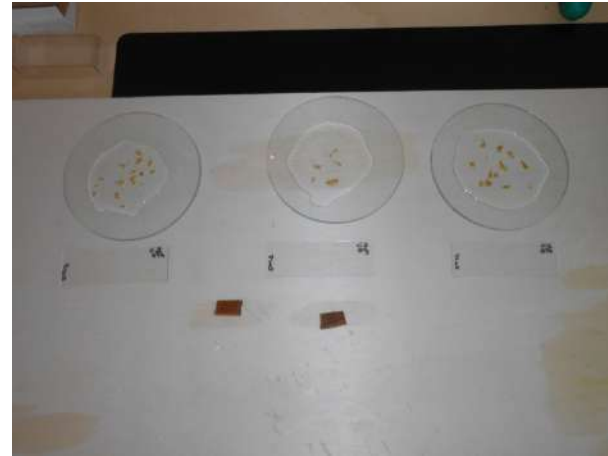
Indagine visiva

Esame macroscopico per le caratteristiche anatomiche visibili ad occhio nudo o con lente di ingrandimento

Esame microscopico per le caratteristiche anatomiche visibili con microscopio ottico

Campioni esenti da difetti e degrado prelevati in zone dove non viene deturpata l'estetica

Indagine visiva



Indagine visiva

PRINCIPALI SPECIE UTILIZZATE NELLE STRUTTURE ANTICHE

LATIFOGIE quercia, pioppo, castagno

CONIFERE abete, larice, pino

Altre specie: cipresso,olmo,noce,cedro,ecc.

Indagine visiva

RICONOSCIMENTO

CARATTERISTICHE ANATOMICHE

DUREZZA

ODORE

COLORE

FORMA DELL'ASSORTIMENTO

DEGRADO BIOLOGICO

UBICAZIONE CANTIERE

LAVORABILITA'

Indagine visiva

**CLASSIFICAZIONE A VISTA SECONDO LA
RESISTENZA MECCANICA**

**VALUTAZIONE QUALITATIVA E QUANTITATIVA
DEL DEGRADO BIOLOGICO E MECCANICO**

Indagine visiva

VALUTAZIONE QUALITATIVA DEI COLLEGAMENTI

Importanti per il corretto funzionamento della struttura

Tipologie più diffuse:

- **Unioni ad angolo con denti di diversa forma**
- **Unioni a tenone e mortasa**
- **Unioni a mezzo legno**
- **Unioni a coda di rondine**

Indagine visiva



A dente semplice

Indagine visiva



A triplo dente

Indagine visiva



Tenone e mortasa

Indagine visiva



Mezzo legno o quasi

Indagine visiva

Inefficienza delle unioni:

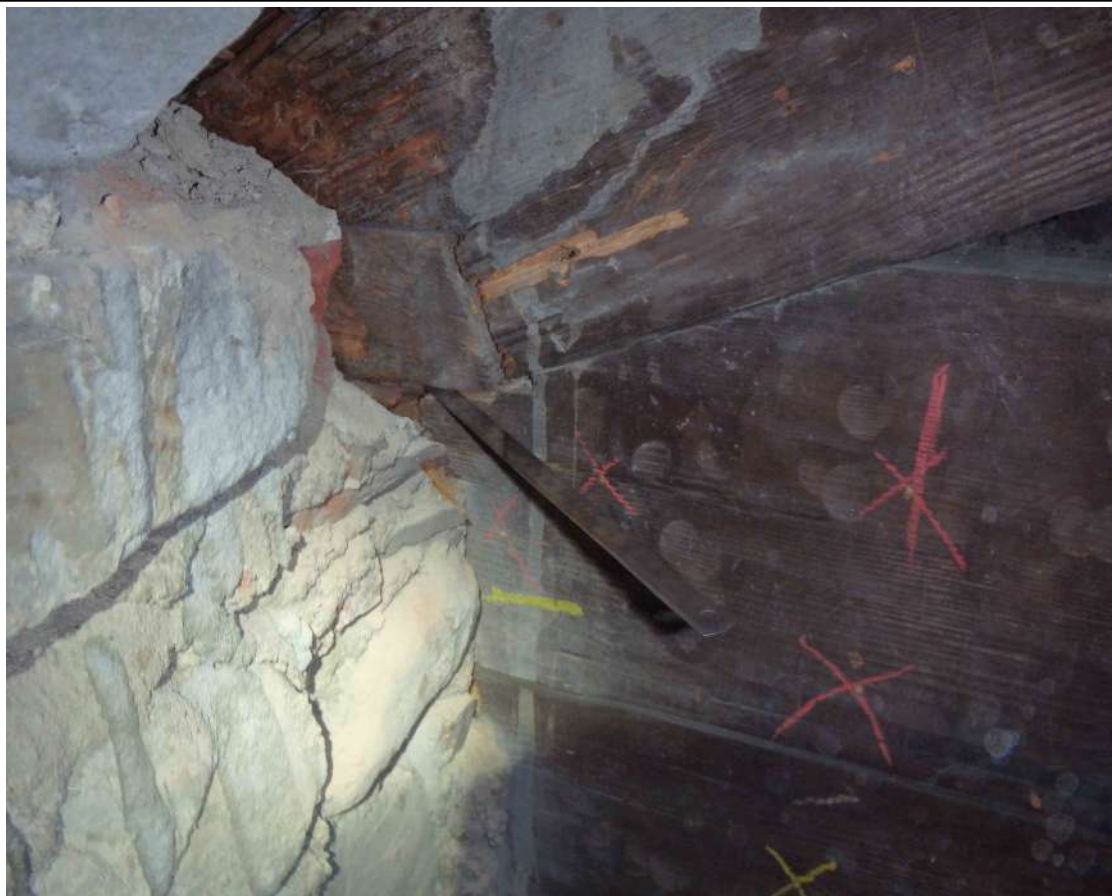
- **Degrado biologico / meccanico**
- **Sottodimensionamento**
- **Cattiva realizzazione**
- **Difettosità localizzata**
- **Degrado/allentamento dei dispositivi di collegamento e/o serraggio**

Indagine visiva



**Degrado
biologico/meccanico**

Indagine visiva



**Degrado
biologico/meccanico**

Indagine visiva



Degrado meccanico

Indagine visiva



Cattiva realizzazione ??

Indagine visiva



Cattiva realizzazione ??

Indagine visiva



Indagine visiva

Difettosità localizzata



Indagine visiva



**Degrado carpenteria
metallica**

Indagine strumentale

ATTERZZATURE SEMPLICI

apparecchi per illuminazione, metro, lametta, riga sottile graduata, cacciaviti, martelli di vario tipo, scalpelli da legno, scalpelli da muro, mazzolo, spazzole di vario tipo, specchietto, ecc.



Indagine strumentale

ATTREZZATURE SOFISTICATE

- **per rilevare difetti, alterazioni o danni del legno**
- **per determinare in modo non distruttivo una grandezza fisico-meccanica correlata alla resistenza e/o deformabilità del singolo elemento ligneo**

La relazione tra grandezza misurata e proprietà stimata è piuttosto debole e solo in alcuni casi confermata da prove sperimentali

Indagine strumentale

PROVE NON DISTRUTTIVE O SEMIDISTRUTTIVE

Tecniche che comportano nessun tipo di danno o che arrecano danni da poter essere considerati trascurabili

PROVE LOCALI O GLOBALI

A seconda che la misurazione sia riferita ad una particolare porzione dell'elemento strutturale o all'intero elemento

Indagine strumentale

Prove igrometriche

Prove sclerometriche

Prove soniche-ultrasoniche

Prove resistografiche

(Estrazione di carotine)

Indagine strumentale

PROVE IGROMETRICHE

L'umidità del legno viene stimata mediante igrometro elettrico con elettrodi isolati facendo riferimento alla norma UNI 11204:2007 “Beni culturali. Manufatti lignei. Determinazione dell'umidità”.

L'umidità viene rilevata sul singolo elemento in più punti e a diverse profondità per valutare eventuali gradienti d'umidità.

Indagine strumentale

Misuratori elettrici a resistenza - Igrometri elettrici

Si basano sulla correlazione che c'è tra umidità del legno e resistività (in funzione del materiale). In realtà misurano, attraverso un ohmmetro collegato ad una coppia di elettrodi la resistenza elettrica del legno al passaggio di corrente continua

Campo di applicazione 6-7% / 25-30% (scostamento di 1-2% rispetto ai metodi di laboratorio)

Precisione che diminuisce al diminuire e all'aumentare dell'U (>30% bassa correlazione)

Superficiale o in profondità

INDAGINE STRUMENTALE

Misuratori elettrici a resistenza - Igrometri elettrici

errore se presenti:

- tasche di umidità
- patina di umidità, di ghiaccio
- trattamento con soluzioni saline



Elettrodi con stelo isolato

Indagine strumentale

Misuratori elettrici a radiofrequenza

Misurano indirettamente l'umidità del legno basandosi sulle proprietà dielettriche del materiale, legate alla presenza di molecole d'acqua

A capacità: misurano la costante dielettrica

A dissipazione: misurano il fattore di perdita dielettrica

Possono essere a contatto o senza contatto (non in profondità)

attendibilità maggiore oltre il 30% di umidità rispetto ai precedenti

problema dei gradienti

Indagine strumentale

**U superficiale: _fenomeni temporanei di
condensazione**

Attenzione all'U interna:

Infiltrazione dalle teste

Infiltrazione da fessure da ritiro

Condensazione su giunti metallici



FENOMENI CARIOGENI INTERNI NON VISIBILI

Indagine strumentale

PROVE SCLEROMETRICHE

Si proietta una sottile punta cilindrica di acciaio sfruttando l'energia di una molla tarata e caricata a mano.

La penetrazione della punta dipende dalla densità e dalla presenza di degrado superficiale. Tramite opportune tabelle di taratura si risale ad una stima del Modulo di elasticità e della resistenza a flessione.

Attrezzatura (PILODYN)

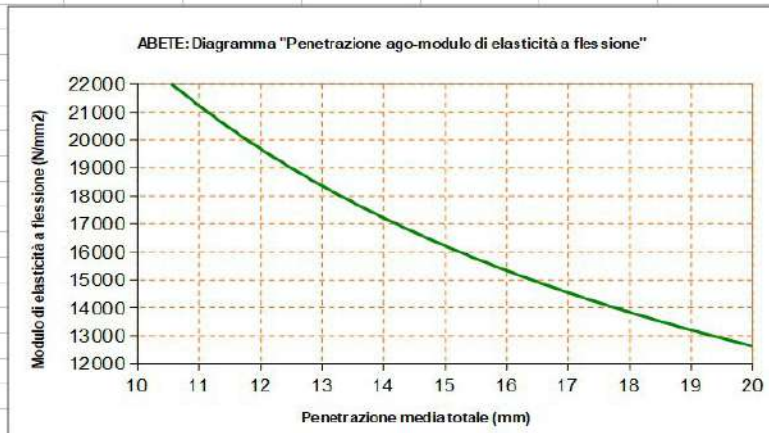
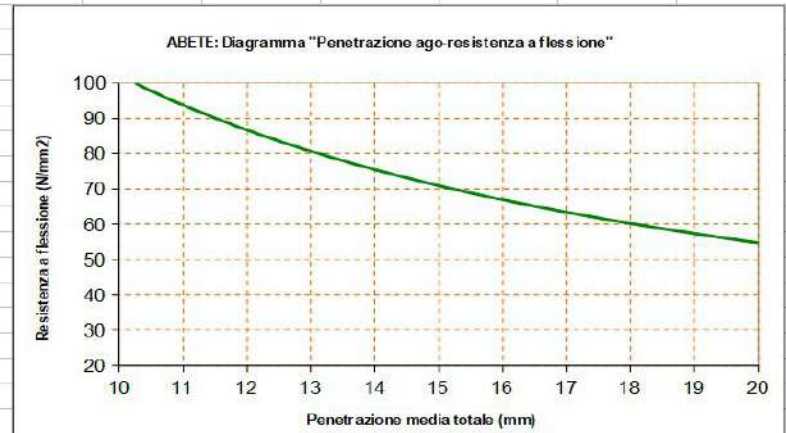


Indagine strumentale



Dott. Forestale Massimiliano LENZI - La diagnosi delle strutture lignee

Indagine strumentale



Esecuzione facile e rapida

Bassa risoluzione di lettura dello strumento

Impossibilità di sondare il materiale in profondità

Indagine strumentale

PROVE SONICHE E ULTRASONICHE

Consistono nella misurazione del tempo che impiega un'onda elastica nel percorrere due punti situati ad una distanza nota.

Dal tempo è possibile ricavare la velocità di propagazione correlata a sua volta al **modulo elastico dinamico**

Valutazione di zone anomale (cavità, degrado, difetti)

Frequenza utilizzata nel legno: 35-50 KHz

Indagine strumentale

METODI SONICI

Dispositivo eccitatore (martelletto)

Due captatori (trasduttori)

Dispositivo collegato ai due trasduttori in grado di misurare l'intervallo di tempo intercorrente fra il passaggio delle onde elastiche dall'uno all'altro

METODI ULTRASONICI

Gli impulsi vengono emessi direttamente da una delle due sonde

Non ci sono grosse differenze nella risposta all'interno delle frequenze utilizzate per il legno.

Indagine strumentale

$$V = \sqrt{E/\rho}$$

in funzione di E (specie) e della densità e umidità (che può variare a sua volta in funzione di una possibile anomalia come la carie)

$$E = V^2 * \rho$$

**Anisotropia del legno Elong, Erad, Etang
Da Er si risale a El ipotizzando legno sano e densità omogenea**

Indagine strumentale

Si distinguono in:
MISURA DIRETTA

4.1.1 Direct mode



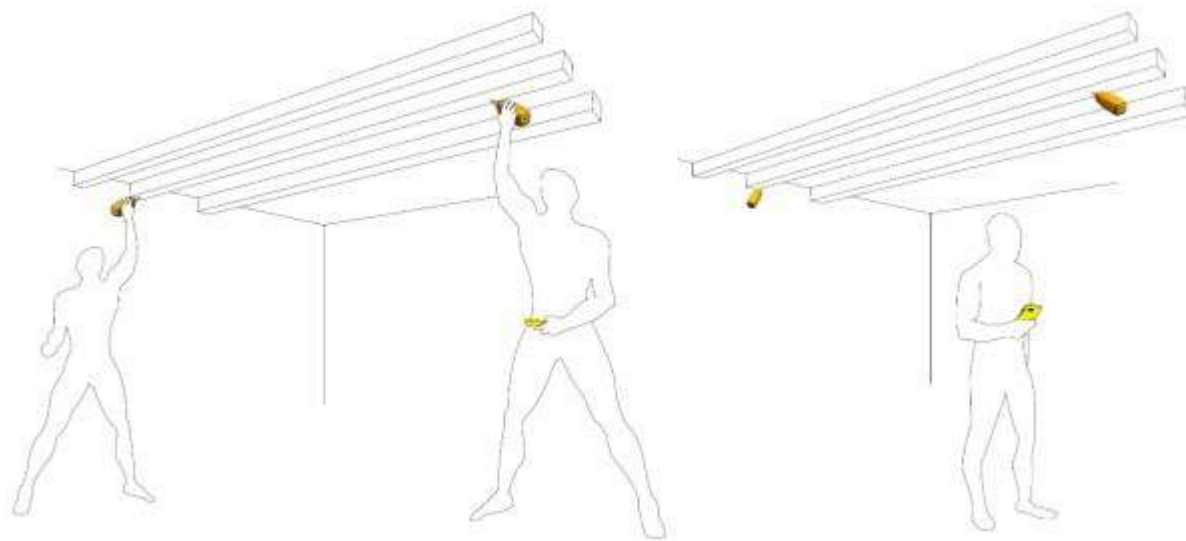
Indagine strumentale

Si distinguono in:
MISURA DIRETTA



Indagine strumentale

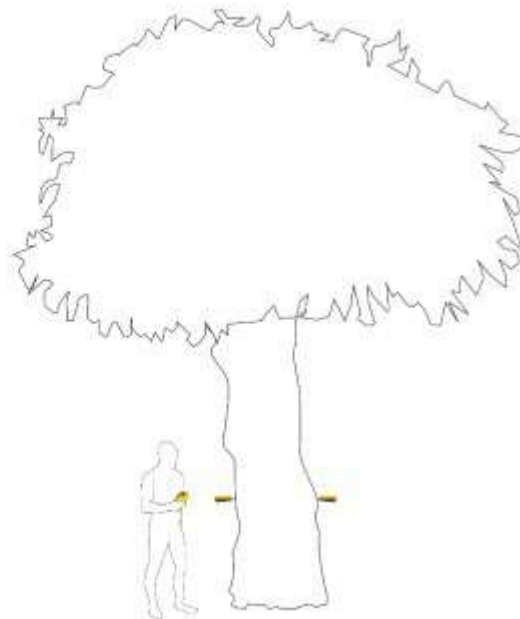
MISURA INDIRETTA



Indagine strumentale

MISURA RADIALE

4.2 Radial measurements



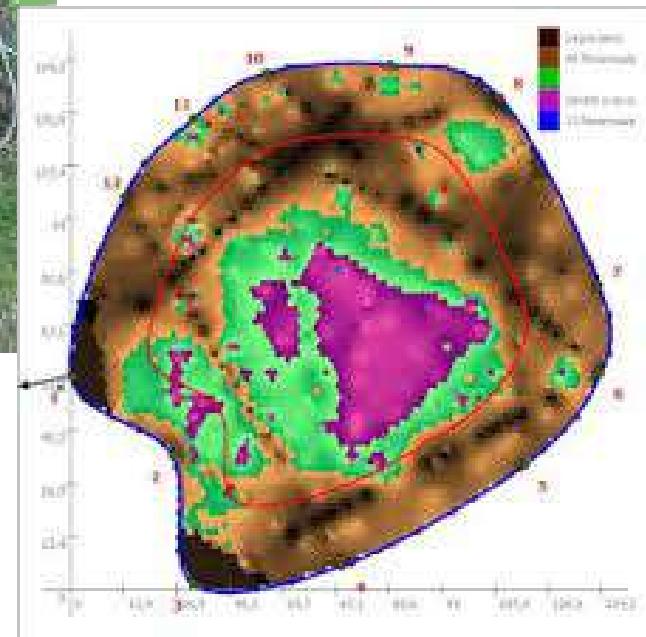
Indagine strumentale

**In relazione al degrado da informazioni tipo:
Presente/Assente
(DEGRADO MA PER LO PIU' ANOMALIE IN GENERALE)**

NON IDONEE PER ZONE NON ACCESSIBILI COME GLI APPOGGI SU MURO



Indagine strumentale



Indagine strumentale

PROVE RESISTOGRAFICHE MEDIANTE TRAPANO STRUMENTATO

E' in grado di rilevare la resistenza che il materiale legno oppone alla penetrazione di una punta che avanza con velocità di avanzamento e di rotazione costanti; le dimensioni esigue della punta (3 mm di diametro) non provocano danni strutturali ed estetici all'elemento. La risposta che si ottiene è un grafico, in cui sulle ascisse viene riportata la profondità espressa in cm e sulle ordinate la resistenza del legno mediante un'unità di misura arbitraria.

Indagine strumentale

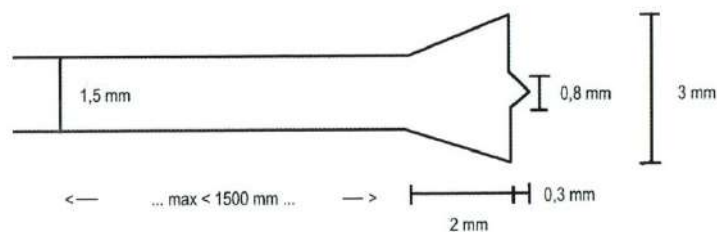
Le prove strumentali sono eseguite nelle parti non accessibili e nelle parti accessibili dove l'analisi visiva non sia sufficiente per la valutazione dello stato di conservazione interno dell'elemento.

Il numero delle prove non è definibile a priori in quanto determinato dalla dimensione dell'elemento, dalla sua accessibilità, dall'entità presunta del degrado e da ulteriori problematiche nascoste. Nel caso degli appoggi su muro, l'indagine strumentale permette di ispezionare un tratto massimo di 30 cm

Indagine strumentale



**Resistograph F400
(meccanico)**



Indagine strumentale



Prova resistografica su elementi di copertura eseguita da sopra previa rimozione del manto di copertura

Indagine strumentale



Prova resistografica su trave ad arco eseguita nel punto di inserzione con il bicchiere

Indagine strumentale



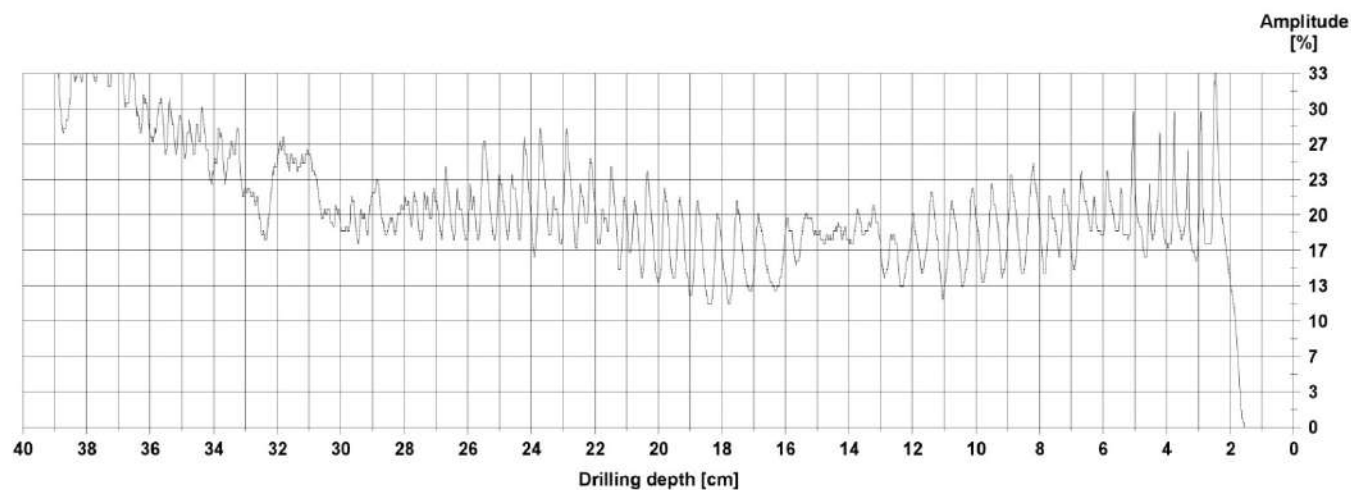
Prova resistografica su edificio con struttura a telaio

Dott. Forestale Massimiliano LENZI - La diagnosi delle strutture lignee

Indagine strumentale

Measuring / object data

Project	:	Date	:	23.03.2018	Level	:	
Measurement no.	:	22	Time	:	11:04:36	Direction	:
Drilling depth	:	38,90 cm	Offset	:	7,4%	Object species	:
Identification	:		Avg. curve	:	off	Location	:
Advance	:	40,0 cm/min (7)	Diameter	:		Name	:



Assessment

☐	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:
☐	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:
☐	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:
☐	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:
☐	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:
☐	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:

Comment

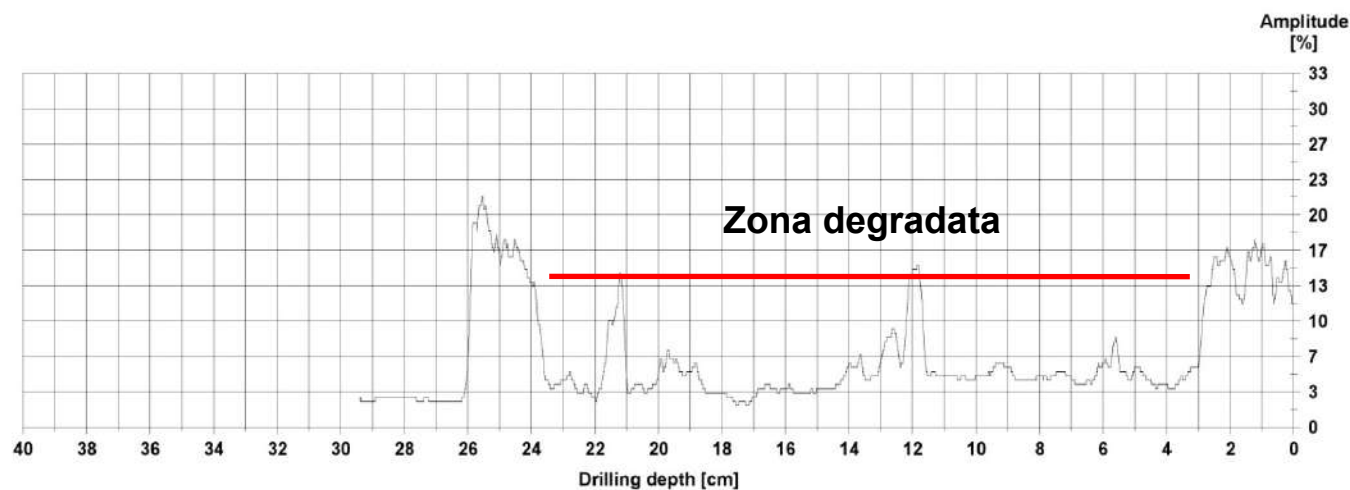
Profilo resistografico su PC

massimiliano lenzi, 51030
Measurement022

Indagine strumentale

Measuring / object data

Project	:	Date	:	23.03.2018	Level	:	
Measurement no.	:	5	Time	:	09:49:19	Direction	:
Drilling depth	:	29,38 cm	Offset	:	7,2%	Object species	:
Identification	:		Avg. curve	:	off	Location	:
Advance	:	40,0 cm/min (7)	Diameter	:		Name	:



Assessment

☐	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:
☐	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:
☐	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:
☐	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:
☐	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:
☐	From	0,0 cm	to	0,0 cm	:

Comment

Profilo resistografico su PC

massimiliano lenzi, 51030
Measurement005

Indagine strumentale

Applicazione pratica:

Esempio dell'appoggio su muro:

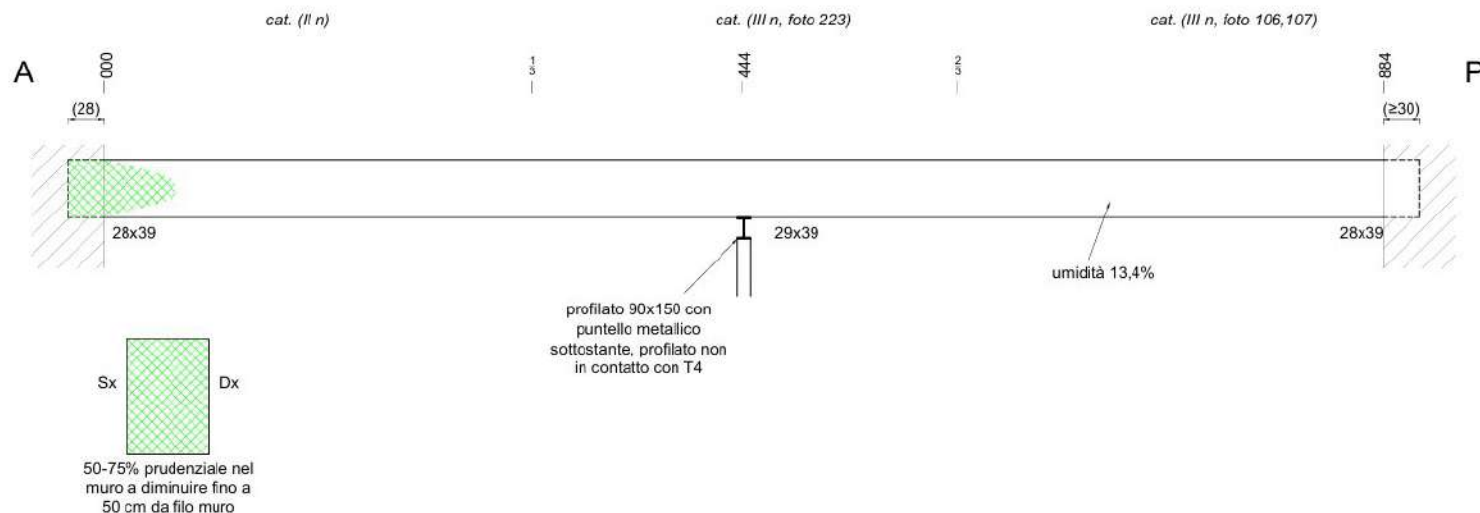
- **Prove incrociate (intradosso, estradosso, facce laterali in funzione dell'accessibilità) su stessa sezione**
- **Prove su diverse sezioni in luce per comparazione**
- **Interpretazione delle prove**
- **Risultato finale**
- **Dubbi**
- **Ulteriori accertamenti (scassi murari)**
- **Attenzione agli insetti**

Indagine strumentale

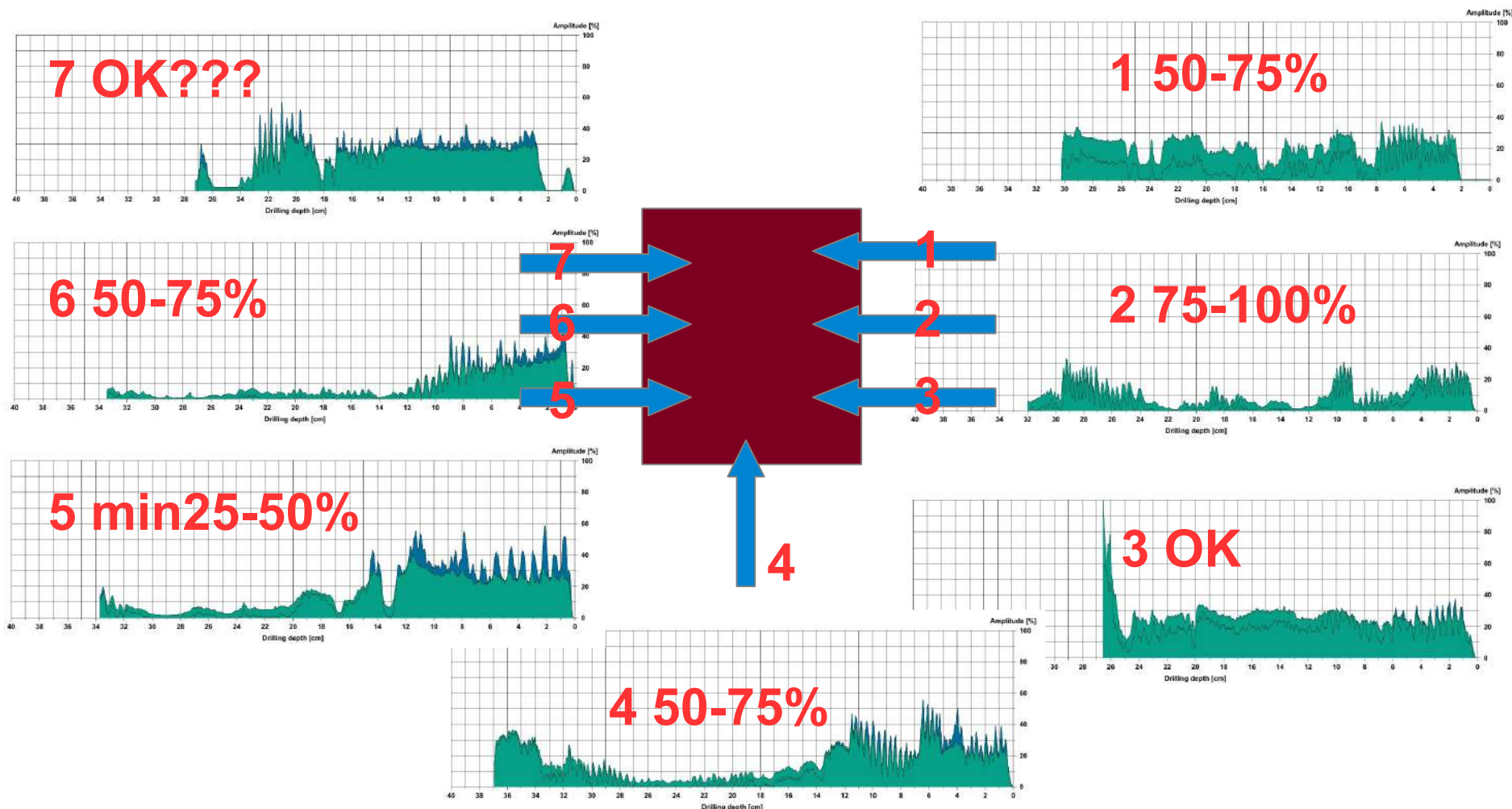
Classificazione secondo UNI 11119:2004

Elemento	Specie	Categoria	Causale	Indicazione
Trave T4	Ab	(III)	n	c

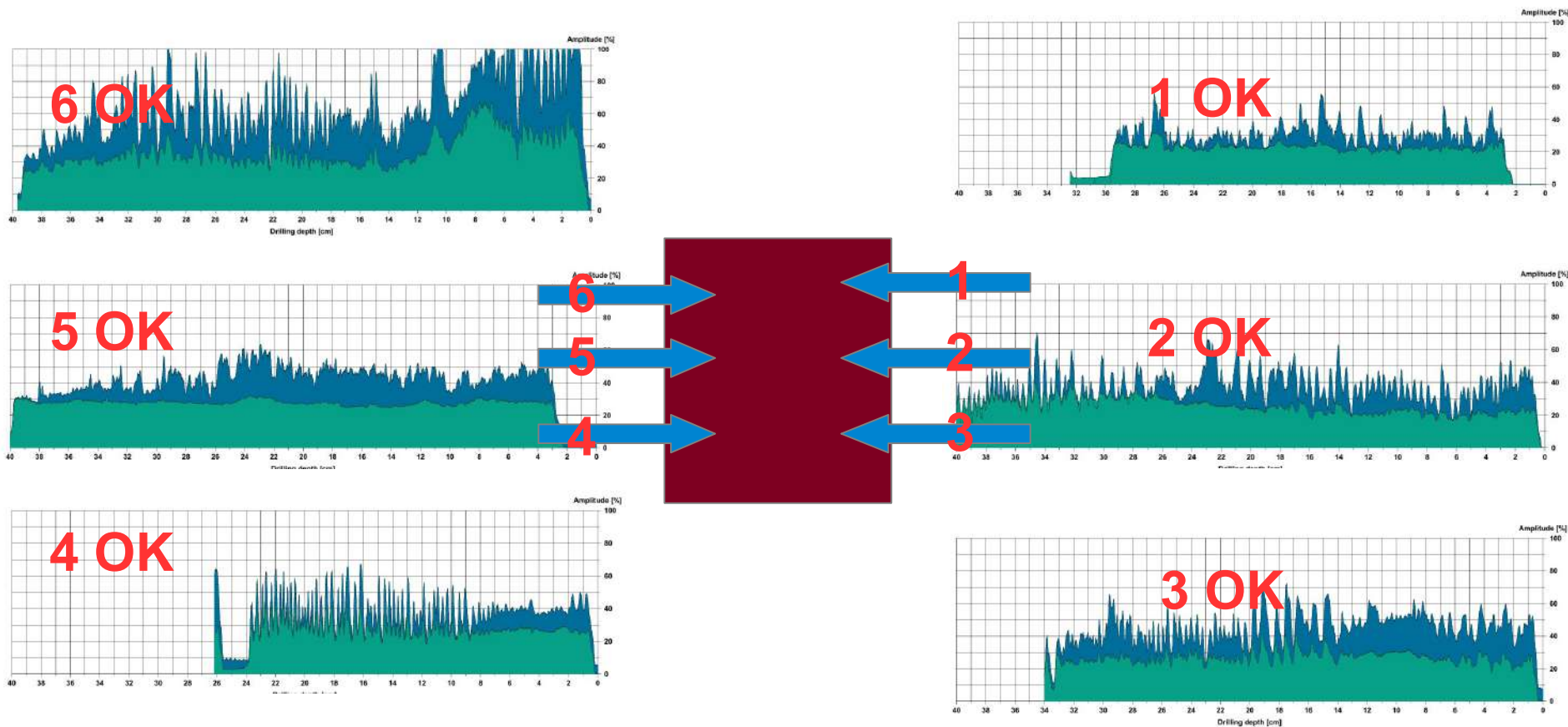
Lievemente inflessa
Superfici in parte pitturate di bianco, visibilità scarsa



Indagine strumentale



Indagine strumentale



Indagine strumentale

Alterazioni non dovute a degrado:

- Fessure da ritiro
- Cipollature
- Lavorazioni / sagomature
 - Estradossali
 - A becco di flauto
 - A mezzo legno

Indagine strumentale



Indagine strumentale



Indagine strumentale



Indagine strumentale

ESTRAZIONE DI CAROTINE

Estrazione di carotine (campioni lignei di forma cilindrica) per successive analisi di laboratorio ottenendo informazioni su:

Massa volumica

Specie legnosa

Datazione

Degrado biologico (funghi e insetti)

Attrezzatura: TRIVELLA DI PRESSLER

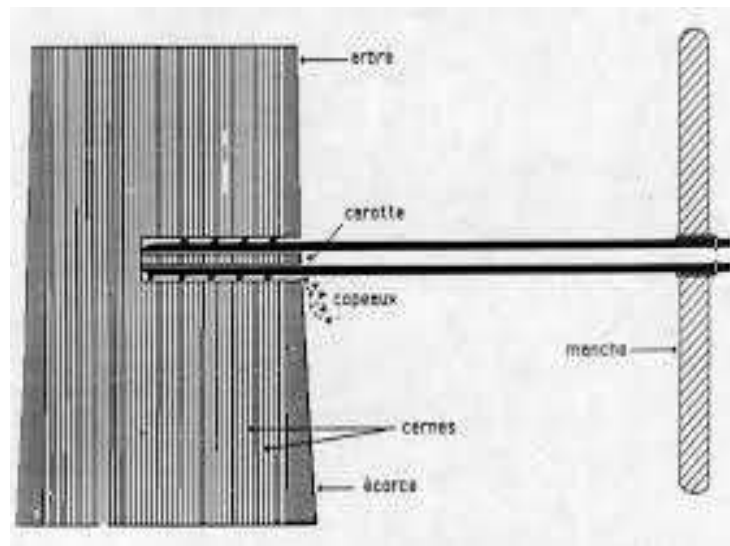
Danno non sempre trascurabile (foro diametro 12mm)

Non facilmente applicabile in opera soprattutto per specie dense, concepito per piante in piedi per valutazioni relative al loro accrescimento

ATTENZIONE: vie di entrata per insetti e acqua

Indagine strumentale

ESTRAZIONE DI CAROTINE



Indagine strumentale

FRATTOMETRO



Tascabile, permette di misurare il momento di rottura, l'angolo di rottura e l'energia liberata.

Su alberi in piedi

Non molto utile

Indagine strumentale

SPECIE ARBOREA	MOMENTO DI ROTTURA IN UNITÀ FRATTOMETRICHE		
Latifoglie	Verde	Giallo	Rosso
Acero	120-89	88-58	57-27
Betulla	40-30	29-20	19-10
Faggio rosso	120-89	88-58	57-27
Castagno	50-38	37-25	24-12
Quercia	120-89	88-58	57-27
Frassino	80-59	58-38	37-18
Carpino	120-89	88-58	57-27
Tiglio	60-46	45-30	29-14
Platano	120-89	88-58	57-27
Pioppo piramidale	20-15	14-10	9-5
Robinia	120-89	88-58	57-27
Faggio	120-89	88-58	57-27
Ippocastano	70-52	51-34	33-16
Ontano nero	50-38	37-25	24-12
Pioppo nero	20-15	14-10	9-5
Pioppo argentato	20-15	14-10	9-5
Olmo	110-82	81-54	53-26
Salice	20-15	14-10	9-5
Conifere			
Douglasia	7-6	5-4	3-2
Tasso	90-67	66-44	43-21
Abete rosso	20-15	14-10	9-5
Pino	15-12	11-8	7-4
Larice	15-12	11-8	7-4
Abete bianco	15-12	11-8	7-4

Qualità del materiale (classificazione)

Classificazione a vista secondo la resistenza meccanica

Viene attribuita a ciascun elemento una categoria all'interno della quale determinate caratteristiche e/o difetti devono rispettare limiti stabiliti dalla norma. **Il difetto peggiore determina la CATEGORIA.** Per ogni categoria la norma riporta le prestazioni dell'elemento applicabili in fase di verifica.

Qualità del materiale (classificazione)

Principali normative vigenti

EN 14081 “Strutture di legno – Legno strutturale con sezione rettangolare classificato secondo la resistenza”

EN 338 “Legno strutturale – Classi di resistenza”

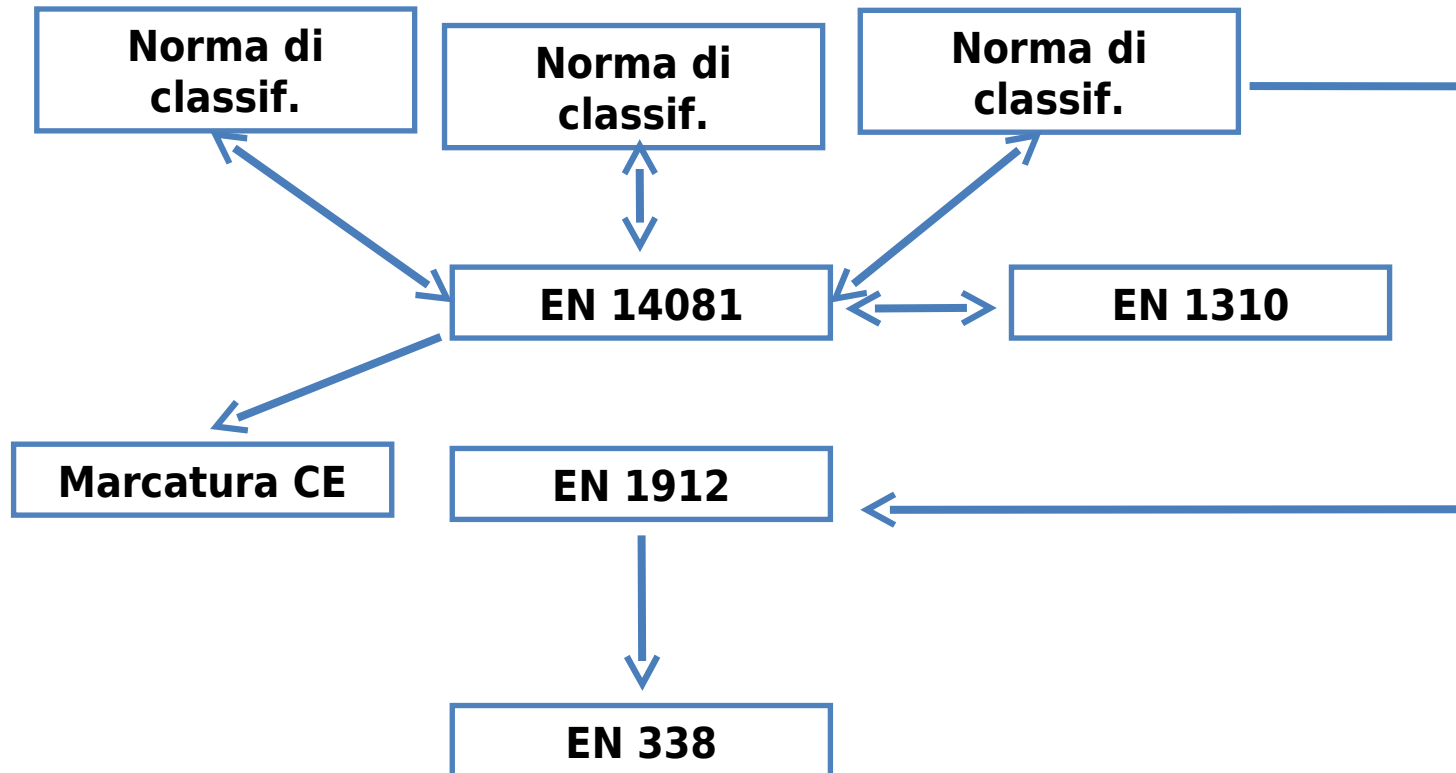
EN 1912 “Legno strutturale – Classi di resistenza – Assegnazioni delle categorie visuali e delle specie”

EN 1310 “Legno tondo e segati – Metodo di misurazione delle caratteristiche”

EN 384 “Legno strutturale – Determinazione dei valori caratteristici delle Strutture di legno – Legno strutturale con sezione rettangolare classificato secondo la resistenza”

Qualità del materiale (classificazione)

Schema per la classificazione a vista secondo la resistenza meccanica



Qualità del materiale (classificazione)

		Conifere										Latifoglie											
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D18	D24	D30	D35	D40	D50	D60	D70		
Proprietà di resistenza (in N/mm ²)																							
Flessione	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	18	24	30	35	40	50	60	70		
Trazione parallela	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	11	14	18	21	24	30	36	42		
Trazione perpendicolare	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6		
Compressione parallela	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	18	21	23	25	26	29	32	34		
Compressione perpendicolare	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	7,5	7,8	8,0	8,1	8,3	9,3	10,5	13,5		
Taglio	$f_{v,k}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	5,0		
Proprietà di rigidità (in kN/mm ²)																							
Media del modulo di elasticità parallela	$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16	9,5	10	11	12	13	14	17	20		
Modulo di elasticità parallela al 5%	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	8	8,5	9,2	10,1	10,9	11,8	14,3	16,8		
Media del modulo di elasticità perpendicolare	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,63	0,67	0,73	0,80	0,86	0,93	1,13	1,33		
Media del modulo di taglio	G_{mean}	0,44	0,5	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	0,59	0,62	0,69	0,75	0,81	0,88	1,06	1,25		
Massa volumica (in kg/m ³)																							
Massa volumica	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	475	485	530	540	550	620	700	900		
Massa volumica media	ρ_{mean}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	570	580	640	650	660	750	840	1 080		
Nota 1: I valori sopra riportati di trazione, resistenza a compressione, resistenza al taglio, modulo di elasticità al 5%, modulo di elasticità medio perpendicolare alla fibratura e modulo di taglio medio sono stati calcolati utilizzando le equazioni riportate nell'appendice A.																							
Nota 2: Le proprietà elencate nel prospetto sono compatibili con un'umidità del legno equivalente a una temperatura di 20 °C e un'umidità relativa del 65%.																							
Nota 3: La disponibilità immediata di legno conformemente alle classi C45 e C50 può non essere consentita.																							
Nota 4: I valori caratteristici di resistenza al taglio sono riferiti a legno senza fessurazioni, secondo la EN 408. L'effetto delle fessurazioni dovrebbe essere segnalato nei codici di progetto.																							

Classi di resistenza secondo la EN 338

Qualità del materiale (classificazione)

EN 1912 - Corrispondenza Norme di Classificazione ed EN 338

C24	Italia	S2 e migliore S2 e migliore	Pino laricio Abete rosso e abete bianco	Italia Italia	39 1, 22	
	Paesi nordici	T2	Pino silvestre	Europa NNE	47	
		T2	Abete rosso	Europa NNE	22	
		T2	Abete bianco	Europa NNE	1	
		T2	Larice	Europa NNE	15	
		T2 e migliore	Picea di Sitka	Danimarca e Norvegia	28	
	Repubblica Slovacca	SI	Abete rosso	Repubblica Slovacca	22	
D24	Slovenia	S10	Abete rosso e abete bianco	Slovenia	1, 22	
	Spagna	ME1	Pino insignie	Spagna	49	
		ME1	Pino marittimo	Spagna	44	

D24	Paesi Bassi	C3 STH	Basralocus	Suriname	137	
	Italia	S	Castagno	Italia	79	Spessore massimo 100 mm

Nota Le categorie elencate nel presente prospetto sono specificate nelle norme di classificazione fornite nell'appendice A.

Qualità del materiale (classificazione)

Principali normative di classificazione

DIN 4074 “Classificazione del legno in base alla resistenza”

NF B 52 “Classificazione a vista per usi strutturali di segati di conifere e latifoglie francesi”

UNI 11035 “Legno strutturale – Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica”

UNI 11119 “Beni culturali – Manufatti lignei – Strutture portanti degli edifici – ispezione in situ per la diagnosi degli elementi in opera”

ETA 11/2019 “Uso Fiume e Trieste of Softwood”

ETA 12/0540 “Uso Fiume of Chestnut”

Qualità del materiale (classificazione)

Le Norme Tecniche per le Costruzioni in relazione ai “Controlli di accettazione in cantiere” riportano

Per gli elementi in legno massiccio, su ogni fornitura, deve essere eseguita una classificazione visuale in cantiere su almeno il cinque per cento degli elementi costituenti il lotto di fornitura, da confrontare con la classificazione effettuata nello stabilimento

Qualità del materiale (classificazione)

UNI 11035 “Legno strutturale – Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica”

“Parte 1 – Classificazione a vista di legnami secondo la resistenza meccanica – Conifere a sezione rettangolare”

Larice, Abete, Pino laricio (S1,S2 e S3) e Douglasia (S1 e S2)

Da C30 a C14

“Parte 2 – Classificazione a vista di legnami secondo la resistenza meccanica – Latifoglie a sezione rettangolare”

Castagno (LS) D24 e Faggio (LS1 e LS2) D45, D35

“Parte 3 – Travi Uso Fiume e Uso Trieste”

Abete (UFS/A, UTS/A) centro Europa e Italia

Qualità del materiale (classificazione)

ETA 11/2019 “Uso Fiume e Trieste of Softwood”

Abete e Larice

Centro Europa e Italia

UFS, UTS

ETA 12/0540 “Uso Fiume of Chestnut”

Castagno Italia e Francia

UFS/C

Qualità del materiale (classificazione)

UNI 11119

“Beni culturali – Manufatti lignei – Strutture portanti degli edifici – ispezione in situ per la diagnosi degli elementi in opera”

Tabella di classificazione

Tabella tensioni massime

Qualità del materiale (classificazione)

CARATTERISTICA		CATEGORIA IN OPERA		
		I	II	III
Smussi		$\leq 1/8$	$\leq 1/5$	$\leq 1/3$
Lesioni varie, Cretti da gelo, Cipollature		assenti	assenti	ammissibili, se limitate
Nodi singoli		$\leq 1/5 \leq 50 \text{ mm}$	$\leq 1/3 \leq 70 \text{ mm}$	$\leq 1/2$
Gruppi di nodi		$\leq 2/5$	$\leq 2/3$	$\leq 3/4$
Inclinazione della fibratura (pendenza %)	in sez. radiale	$\leq 1/14 (\approx 7\%)$	$\leq 1/8 (\approx 12\%)$	$\leq 1/5 (20\%)$
	in sezione tangenziale	$\leq 1/10 (10\%)$	$\leq 1/5 (20\%)$	$\leq 1/3 (\approx 33\%)$
Fessurazioni radiali da ritiro		ammissibili, purché non passanti		

Estratto UNI 11119
Criteri per la classificazione di elementi lignei strutturali in opera

Qualità del materiale (classificazione)

SPECIE	categoria in opera	TENSIONI MASSIME (N/mm ²)					
		compressione		flessione statica	trazione parallela alla fibratura (*)	taglio parallelo alla fibratura	modulo di elasticità a flessione
		parallela alla fibratura	perpendicolare alla fibratura				
Abete bianco (Abies alba Mill.)	I	11	2,0	11,5	11	0,9	13 000
	II	9	2,0	10	9	0,8	12 000
	III	7	2,0	7,5	6	0,7	11 000
Abete rosso (Picea abies Karst.)	I	10	2,0	11	11	1,0	12 500
	II	8	2,0	9	9	0,9	11 500
	III	6	2,0	7	6	0,8	10 500
Larice (Larix spp.)	I	12	2,5	13	12	1,1	15 500
	II	10	2,2	11	9,5	1,0	14 500
	III	7,5	2,0	8,5	7	0,9	13 500
Pini (Pinus spp.)	I	11	2,0	12	11	1,0	13 000
	II	9	2,0	10	9	0,9	12 000
	III	7	2,0	8	6	0,8	11 000
Castagno (Castanea sativa Mill.)	I	11	2,0	12	11	0,8	10 000
	II	9	2,0	10	9	0,7	9 000
	III	7	2,0	8	6	0,6	8 000
Pioppo (Populus spp.)	I	10	1,5	10,5	9	0,6	9 000
	II	8	1,5	8,5	7	0,5	8 000
	III	6	1,5	6,5	4,5	0,4	7 000
Quercia (Quercus spp.)	I	12	3,0	13	12	1,2	13 500
	II	10	2,5	11	10	1,0	12 500
	III	7,5	2,2	8,5	7	0,9	11 500

(*) La tensione massima a trazione perpendicolare alla fibratura si assume convenzionalmente uguale a zero.

Estratto UNI 11119

Tensioni massime per l'applicazione del metodo delle tensioni ammissibili e moduli medi di elasticità a flessione per elementi lignei strutturali in opera con umidità pari al 12%

Qualità del materiale (classificazione)

Ulteriori regole di classificazione diverse dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

Considerare i seguenti parametri: nodi, smussi, df, fessure di vario genere, lesioni varie

Essere applicabili alla specie legnosa dell'elemento da classificare

Esplicitare le modalità di misurazione dei parametri

Essere corredate da tabelle di valori prestazionali associati a ciascuna categoria in cui gli elementi possano essere classificati

Qualità del materiale (classificazione)

Come classificare

- Elemento intero o singole parti
- Limitazioni di accessibilità (specificare se è minore di tre)
- No categorie intermedie
- Specie non riportate (caratteristiche anatomiche, massa volumica)

Qualità del materiale (classificazione)

SMUSSI

Superficie arrotondata originale del tronco, con o senza corteccia e comunque non toccata dalla lama della sega, che raccorda due facce del segato tra loro perpendicolari

Tipico degli elementi in opera

Circolare Esplicativa del 02 02 2009

< Resistenza meccanica (limite $\frac{1}{4}$ lato)

< Durabilità (> smusso > la riduzione di sezione per degrado)

Tronchi tondi massimo degrado

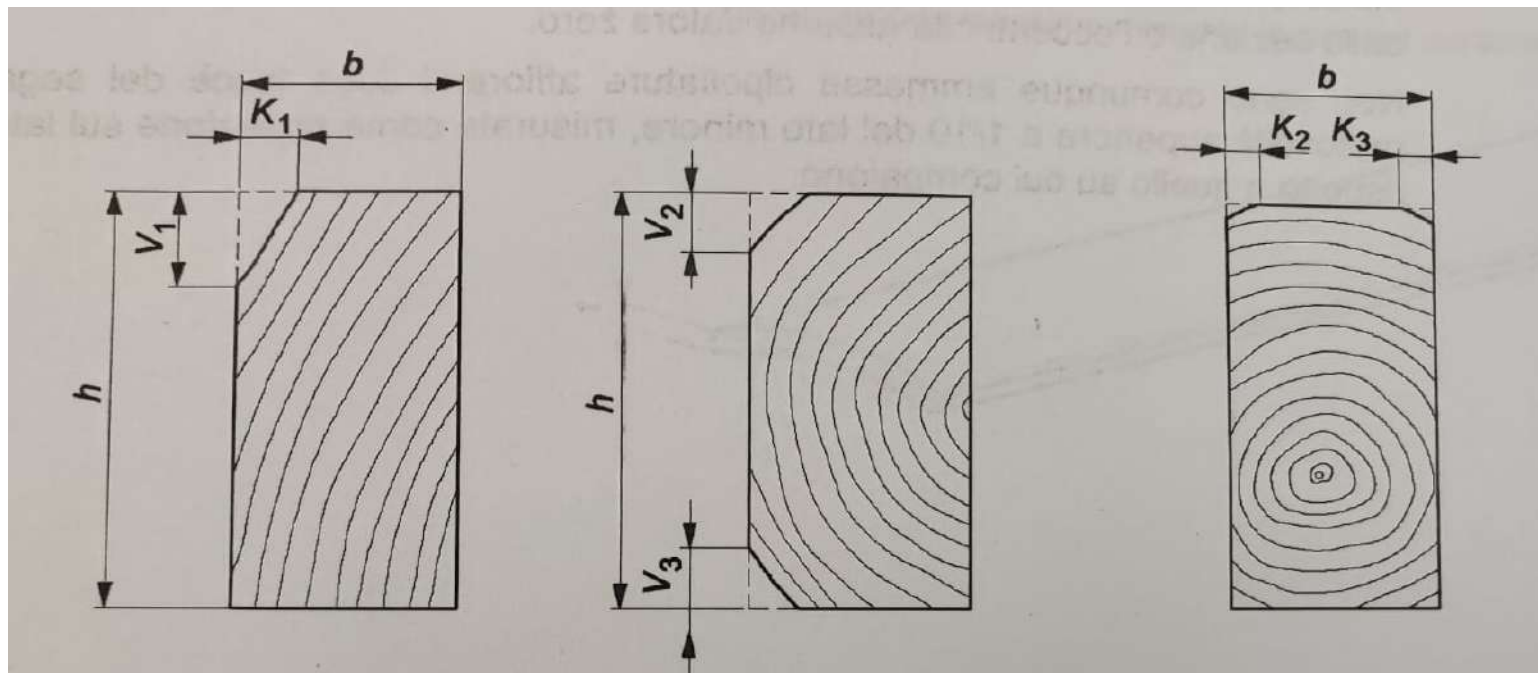
Negli assortimenti USO FIUME e USO TRIESTE gli smussi costituiscono una particolarità (tollerati)

Qualità del materiale (classificazione)



**Smussi su tutte e quattro
le facce**

Qualità del materiale (classificazione)



Qualità del materiale (classificazione)

NODI

**Inserzioni basali dei rami sui fusti, a livello strutturale
soluzione di continuità del tessuto legnoso con fibratura
deviata nelle zone limitrofe**

Accrescimento differenziato conifere / latifoglie

Si distinguono in base:

FORMA: da circolare ad ellittica fino a triangolare o
trapezoidale

ADERENZA: aderenti (3/4), cadenti

POSIZIONE: spigolo, bordo, faccia

NUMERO: singoli o raggruppati

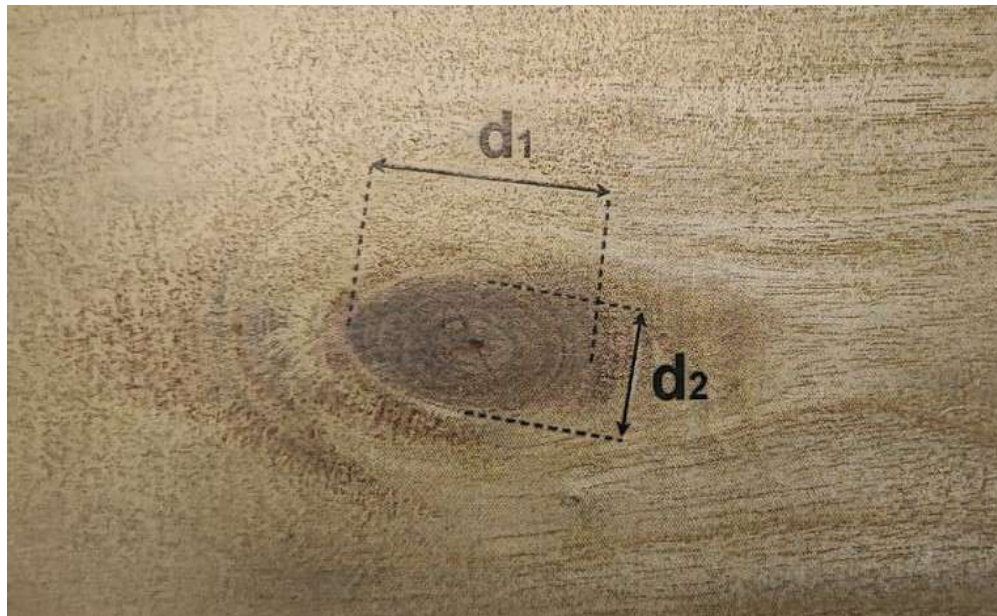
GRADO DI ALTERAZIONE: sani, morti, marci

COLORE: scuri, grigi, neri

Qualità del materiale (classificazione)

Oltre alle prestazioni meccaniche, influenzano la lavorabilità, l'essiccazione e l'incollaggio

La misurazione dei nodi è eseguita secondo la media dei due diametri EN 1310 mentre la 11035 e la 11119 considerano il diametro minimo



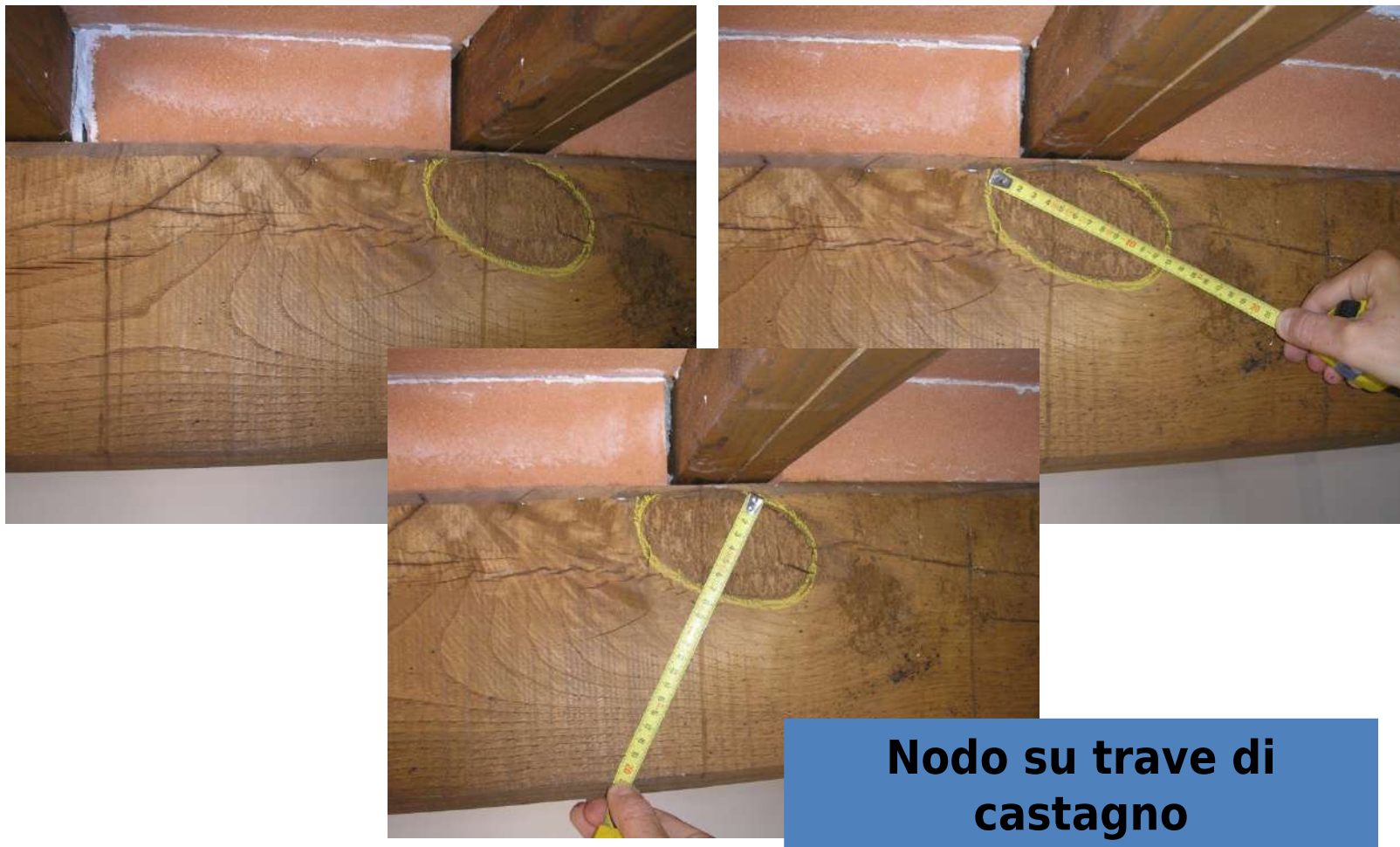
Qualità del materiale (classificazione)



Grossi nodi su travi di quercia



Qualità del materiale (classificazione)



**Nodo su trave di
castagno**

Qualità del materiale (classificazione)



**Nodo cariato su trave di
castagno**

Qualità del materiale (classificazione)



**Tratto fortemente
nodoso su puntone
di quercia**

Qualità del materiale (classificazione)

FIBRATURA DEVIATA

Direzione generale prevalente degli assi degli elementi cellulari longitudinali costituenti il tessuto legnoso

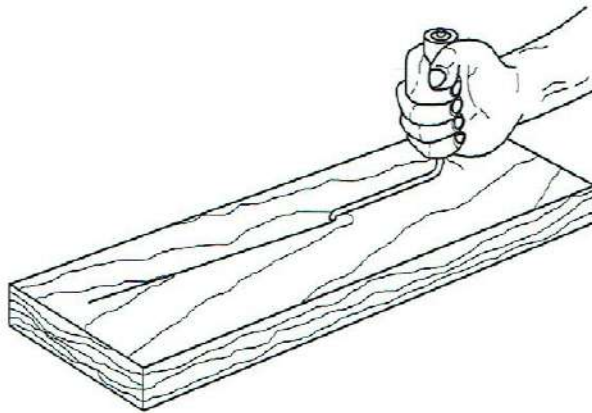
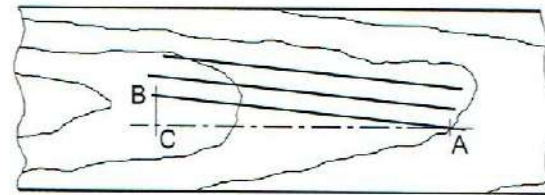
In un fusto la fibratura risulta con una certa inclinazione rispetto al suo asse longitudinale e convergente verso il midollo, a causa della naturale rastremazione del fusto

Oltre a ciò la fibratura può assumere ulteriori andamenti, discostandosi anche significativamente dall'asse del fusto

Condiziona: resistenza meccanica, resilienza, stabilità dimensionale, la lavorabilità, l'essiccazione e le finiture

Qualità del materiale (classificazione)

Metodi di misurazione (fessurazioni da ritiro o graffietto)



Qualità del materiale (classificazione)



Fibratura deviata

Qualità del materiale (classificazione)

Fibratura deviata



Qualità del materiale (classificazione)

Alcune specie presentano, a seguito di fibratura deviata, un'importante TORSIONE durante la fase di stagionatura

Se la torsione non è tollerata a livello di progettazione è importante prescrivere nelle voci di capitolato una limitazione alla deviazione di fibratura

Nel Larice, specie con tendenza ad avere importanti torsioni, è consigliabile prescrivere una deviazione di fibratura al disotto del 3%

Qualità del materiale (classificazione)

FESSURAZIONI DA RITIRO

Conseguenza fisiologica del processo di stagionatura del legno, si manifestano sotto il 30% di umidità del legno

iconoscerle non è facile (stuccate, tassellate, concentrate sul lato non visibile, confuse con le linee di separazione di un elemento composto o viceversa)

Non si formano sui segati fuori midollo

Qualità del materiale (classificazione)

In genere non devono preoccupare ma

Fessurazioni passanti

Fessurazioni convergenti su spigoli

Stagionatura in opera contrastata

Qualità del materiale (classificazione)



**Fibratura
fortemente deviata
e fessurazioni da
ritiro convergenti
su spigoli
intradossali**

Qualità del materiale (classificazione)



**Fibratura fortemente
deviata e fessurazioni
da ritiro convergenti su
spigoli intradossali**



Qualità del materiale (classificazione)

CIPOLLATURA

Distacco del tessuto legnoso tra due anelli di accrescimento

Cipollatura traumatica su albero in piedi

**Cipollatura sana abbattimento, lavorazione o
essiccazione**

**Può essere singola o multipla, parziale o completa (difetto del
palo), interna o affiorante**

**Metodi per il riconoscimento delle cipollature interne e
affioranti (martello, resistograph, fessurazioni da ritiro)**

**Specie maggiormente soggette alla cipollatura: castagno,
abete bianco, larice, olmo, noce, ecc.**

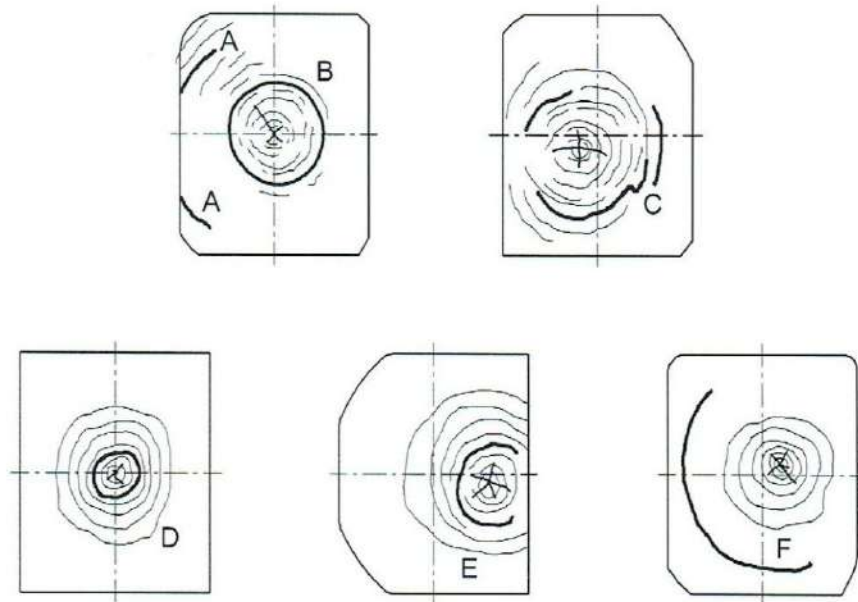
**All'interno della specie in funzione prov. geografica, cultivar,
ecc.**

Qualità del materiale (classificazione)

5 Esempi di cipollatura

Legenda

- A Cipollatura affiorante
- B Cipollatura completa e inclusa
- C Cipollatura multipla
- D Cipollatura ammissibile
- E Cipollatura inammissibile per eccessiva eccentricità
- F Cipollatura inammissibile per eccessivo diametro



**Oltre ad una forte
diminuzione della
resistenza
meccanica
contribuiscono a
rendere difficile
l'ottenimento di
determinati
assortimenti
legnosi mediante
la segagione dei
tronchi**

Qualità del materiale (classificazione)



Difetto del palo

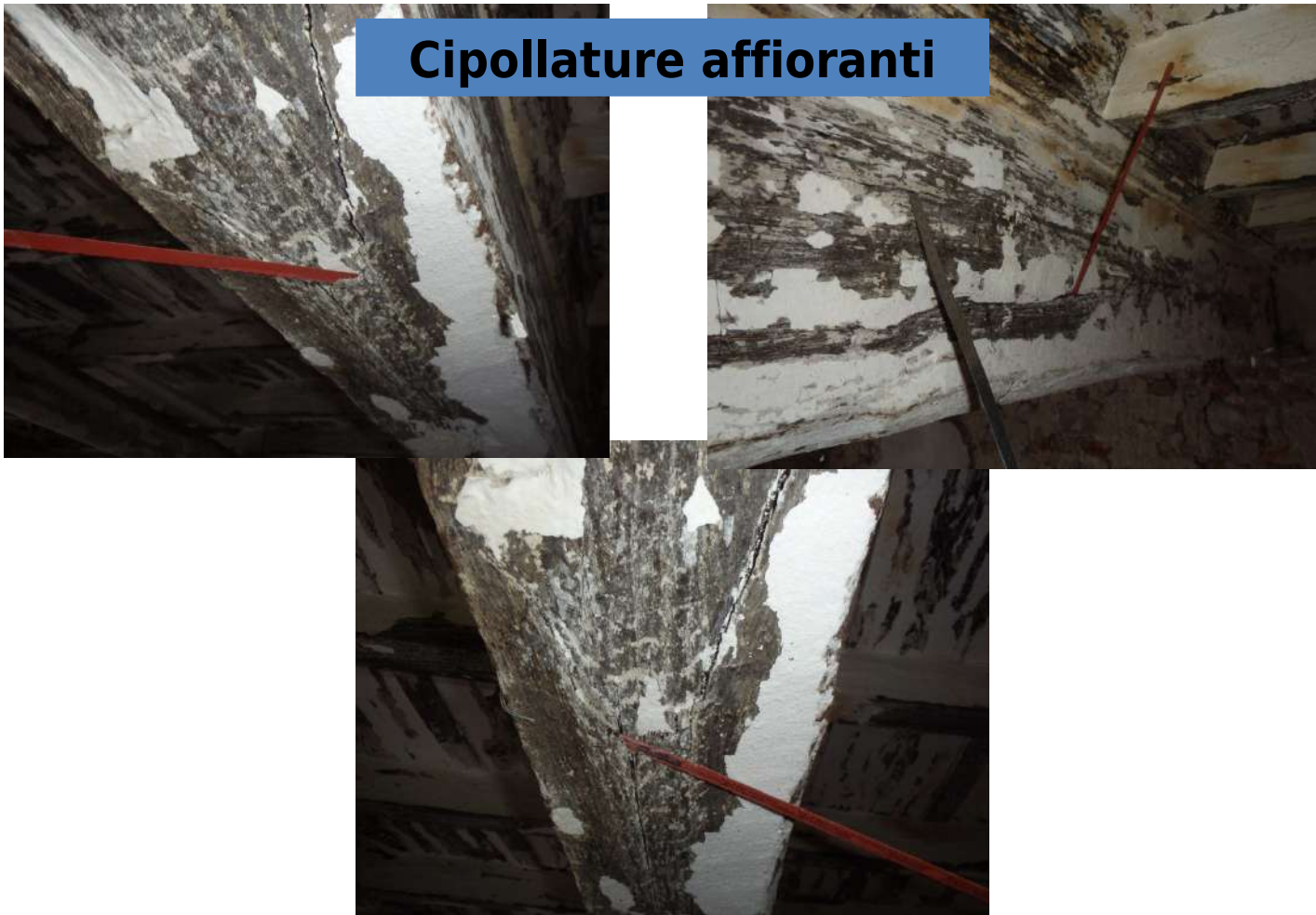
Qualità del materiale (classificazione)



Cipollatura interna

Qualità del materiale (classificazione)

Cipollature affioranti



Qualità del materiale (classificazione)

Cipollatura affiorante



Qualità del materiale (classificazione)

LESIONE

Soluzioni di continuità del tessuto legnoso con ripercussioni sulla capacità portante degli elementi in opera

La pianta reagisce con la formazione del callo cicatriziale formato da cellule traumatiche che tendono a risaldare la ferita

Se l'estensione della ferita è modesta la pianta riesce a saldare perfettamente la discontinuità (sulle travi rimargino)

Se l'estensione è maggiore la pianta forma due calli cicatriziali che giungeranno alla chiusura completa dopo molti anni (rimargino con inclusione di corteccia)

Qualità del materiale (classificazione)

EVENTI NATURALI

- Cretti da gelo (tensioni interne), fulmini, vento, fuoco

ESSERI VIVENTI

- Funghi, insetti, vegetali superiori (vischio), animali superiori (ghiro, picchio, ungulati, uomo)

•UOMO

- Danni da abbattimento o da esbosco, inclusione corpi estranei, potature mal eseguite, ecc.

Qualità del materiale (classificazione)

Rimargino



Qualità del materiale (classificazione)



Rimargino

Qualità del materiale (classificazione)



Qualità del materiale (classificazione)

Altri parametri della UNI 11035

Massa volumica riferita al 20% di umidità del legno
(per castagno e douglasia)

Ampiezza degli anelli (per abete e larice)

in parte correlato con la massa volumica del legno e di conseguenza con la sua rigidezza e resistenza meccanica

Conifere all'aumentare dell'ampiezza dell'anello diminuisce la densità (>legno primaverile);
su conifere cresciute in ambienti mediterranei la correlazione non è netta e a volte si inverte

Latifoglie situazione più articolata, in quelle con anello poroso l'aumento dell'anello porta ad un aumento della densità (>legno estivo)

Qualità del materiale (classificazione)

Legno anomalo (legno di reazione prodotto dalla pianta a seguito di sollecitazioni meccaniche)

legno di compressione (canastro, legno rosso) nelle conifere

legno di tensione (legno di trazione o legno bianco) nelle latifoglie (più difficile da riconoscere, lavorazione superficiale del legno, microscopio ottico, tratt. chimico)

> contenuto di lignina nel canastro > contenuto di cellulosa nel legno bianco

< resistenza meccanica

> ritiro in direzione assiale

(fino a 10 volte maggiore nel canastro, può dar luogo a delle vere e proprie rotture)

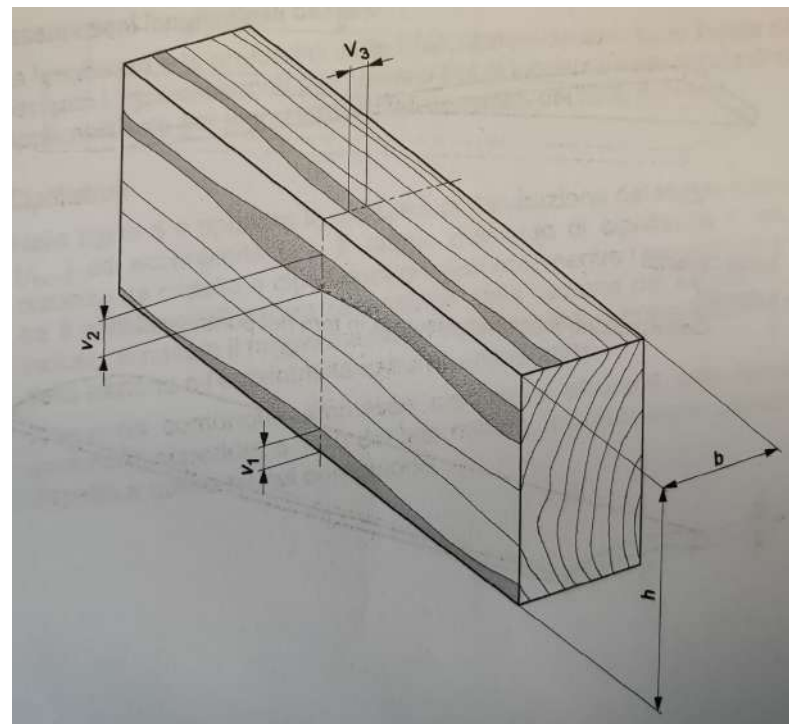
Qualità del materiale (classificazione)

**Rottura causata da legno
di compressione
(intradosso trave)**



Qualità del materiale (classificazione)

Legno di tensione su pioppo



Qualità del materiale (classificazione)

Deformazioni

ritiri associati ad anomalie del tessuto legnoso, influiscano soprattutto nel montaggio della struttura

Arcuatura: il segato si incurva come una doga di botte a causa del legno di reazione presente su una faccia

Falcatura: dovuto a legno di reazione sul bordo del segato che tende a incurvarsi come una lama di falce

Svergolatura: torsione del segato intorno al suo asse longitudinale, si manifesta con la fibratura elicoidale o per la presenza di legno di reazione al centro del segato

Imbarcamento: anisotropia dei segati che non hanno midollo centrale

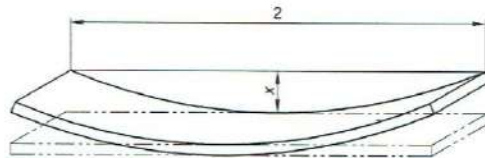
Qualità del materiale (classificazione)

figura 7 Metodi di misurazione delle deformazioni: base di misura 2 m

Legenda

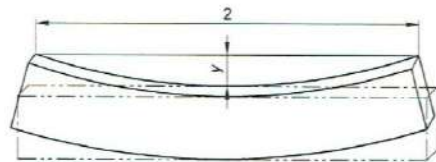
A Arcuatura
F Falcatura
S Svergolamento
I Imbarcamento

Dimensioni in m



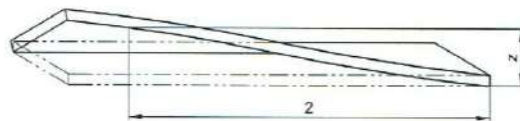
A

arcuatura



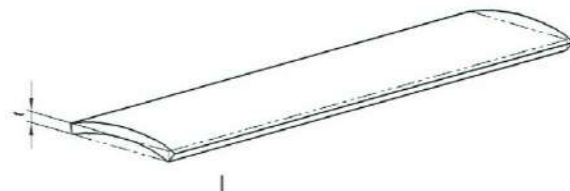
F

falcatura



S

svergolatura



I

imbarcamento

Qualità del materiale (classificazione)

In relazione al **degrado biologico** le norme 11035 e 11119 si basano su approcci diversi

11035 Ammette con limitazioni fori di piccole dimensioni con margine scuro e senza margine scuro circolari

Ammette l'azzurramento

Non ammette degrado da carie

11119 Prevede una sua valutazione a parte

Degrado

Per degrado si intende qualsiasi tipo di alterazione che comporti un peggioramento delle caratteristiche meccaniche dell'elemento

In funzione della gravità può diminuire l'efficienza di un singolo elemento fino ad arrivare al crollo dello stesso o dell'intera struttura

Si distinguono:

DEGRADO ABIOTICO E BIOTICO

DEGRADO MECCANICO

Degrado

CAUSE ABIOTICHE

Variazioni di umidità, radiazioni luminose, acqua meteorica, alte/basse temperature, abrasione da particolato portato dal vento, agenti chimici (inquinamento atmosferico), fuoco

Rivestono un ruolo minore nel degrado, la loro azione è molto limitata nel tempo

CAUSE BIOTICHE

Insetti e funghi

Degrado abiotico

VARIAZIONI DI UMIDITA': alternanza di ritiri e rigonfiamenti causano rotture superficiali

RADIAZIONI LUMINOSE: foto-invecchiamento con variazione di colore (ingiallimento o imbrunimento) fino ad un ingrigimento

ACQUA METEORICA: modifica il colore a causa del dilavamento degli estrattivi idrosolubili dalla superficie

Degrado abiotico

ALTE/BASSE TEMPERATURE: alte temperature possono aumentare la velocità di decomposizione della lignina mentre basse temperature (acqua - ghiaccio) possono indurre rotture superficiali

ABRASIONE: può incrementare la rimozione degli strati superficiali

Degrado abiotico

EFFETTO WEATHERING degradamento del legno non a contatto con il terreno ed esposto all'esterno causato da agenti atmosferici

LUCE - UMIDITA' (in primis) AGISCONO IN DIFFERENTI MOMENTI E SPESSO L'UNO INCREMENTA L'ALTRO

MOLTO LENTO

5-6 mm di spessore in 100 anni

E' COMUNQUE IMPORTANTE NON SOTTOVALUTARLO IN QUANTO LE VARIAZIONI CHIMICO FISICHE CHE INDUCE POTREBBERO FAVORIRE LO SVILUPPO DEL DEGRADAMENTO BIOTICO

Degrado abiotico

Alternanza pioggia sole



Degrado abiotico



Dott. Forestale Massimiliano LENZI - La diagnosi delle strutture lignee

Degrado abiotico

DELAMINAZIONI NEL LAMELLARE



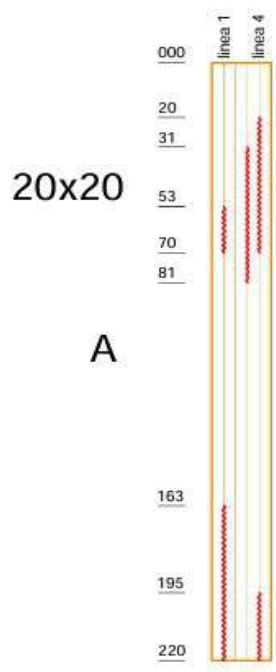
Degrado abiotico

DELAMINAZIONI NEL LAMELLARE



Degrado abiotico

Estremità sup.



Linea di incollaggio	Faccia	Delaminazione	
		Tratto (cm)	Profondità (cm)
1	Dx	53-70 163-220	1,5 da 1,5 a 5,5 in estr. inf.
3	Dx	31-81	0,5
4	Dx	20-70 195-220	1,5 1

Estremità inf.

Degrado abiotico



**Puntone
carbonizzato
superficialmente**

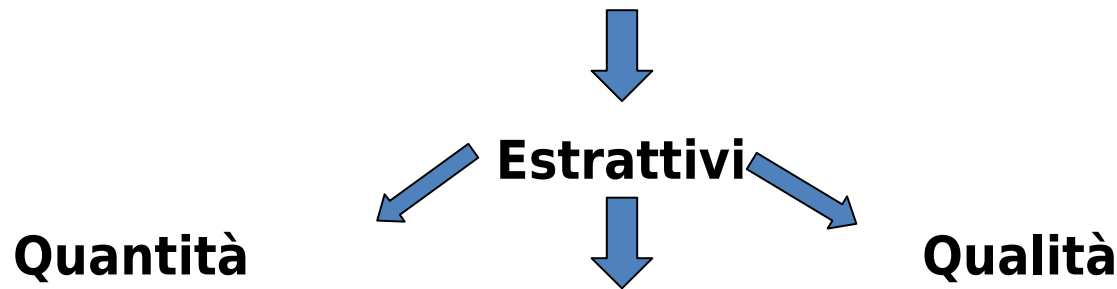
FUOCO: 0.7 mm al minuto



Degrado biologico

DURABILITA' NATURALE DEL LEGNO

Resistenza che il legno oppone all'azione di organismi lignivori



Variabilità interspecifica e variabilità intraspecifica

ESTRATTIVI : si possono estrarre con opportuni reagenti

DURABILITA' CONFERITA DEL LEGNO

Mediante trattamenti in grado di aumentare la resistenza al biodegradamento

Degrado biologico

DURABILITA' $\neq$ DURATA

Durata effettiva in opera di un determinato elemento o manufatto ligneo in cui le sue prestazioni, se correttamente progettato e mantenuto, si mantengono ad un livello tale da rispettare i requisiti essenziali

In funzione di:

DURABILITA' NATURALE O CONFERITA

CARATTERISTICHE DEL MANUFATTO LIGNEO

CONDIZIONI DI SERVIZIO

MANUTENZIONE

Degrado biologico

Variabilità interspecifica



Pioppo



Cipresso

Degrado biologico

Variabilità intraspecifica

ALBURNO

DURAME



Degrado biologico

ALBURNO

Funzione meccanica di sostegno, di conduzione e di accumulo

Cellule morte e lignificate ma anche cellule vive

Sostanze di riserva (zuccheri, amidi, polisaccaridi, ecc.)

Estrattivi del DURAME (differenziato e indifferenziato, fisiologico)

Funzione meccanica di sostegno

Cellule morte e lignificate

Altre sostanze (fenoli, terpeni, tropoloni, tannini, ecc.) derivanti dal processo di duramificazione

Degrado biologico

L'estensione del durame dipende:

Età della pianta

Specie legnosa

Altezza del fusto considerata

Diminuisce dalla base verso la cima del fusto

Degrado biologico

VANTAGGI

- **> durabilità**
- **> caratteristiche fisico-meccaniche**
 - > densità**
 - > resistenza e rigidezza**

Anche se non significativa agli effetti pratici e quindi non considerata per il dimensionamento strutturale

- **> stabilità dimensionale, importante soprattutto quando le condizioni ambientali variano rapidamente**

Degrado biologico

SVANTAGGI

- **> tempo di essiccazione**
- **> instabilità e tendenza a fessurarsi durante la stagionatura**
- **< permeabilità ai gas/liquidi**
- **> difficoltà nell'impregnazione (autoclave)**
- **< attitudine all'incollaggio o ai trattamenti di finitura**
- **inibizione della presa del cemento**
- **acidità, ovvero tendenza a corrodere i metalli soprattutto in condizioni di elevata U**
- **tendenza a macchiare o a macchiarsi**

Degrado biologico



Dott. Forestale Massimiliano LENZI - La diagnosi delle strutture lignee

Degrado biologico

**DURAME PIU' SCURO
LEGNO PIU' DURABILE
..... IN PRIMA APPROSSIMAZIONE**

Degrado biologico

Classi di durabilità / trattabilità del legno massiccio UNI EN 350

Nome commerciale	Nome scientifico	Origine	Durabilità naturale						Impregnabilità	
			Funghi	Hyl.	Hesp.	Anob.	Lyc.	Ter.	a	d
Abete bianco	<i>Abies alba</i> Mill.	Europa N. America	4	NR		NR		NR	2	2-3
Abete rosso	<i>Picea abies</i> (L.)	Europa	4	NR		NR		NR	3	3-4
Douglasia	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	N. America	3	NR		NR		NR	3	4
	Franco	Europa	3-4	NR		NR		NR	2-3	4
Larice	<i>Larix decidua</i> Mill.	Europa	3-4	NR		NR		NR	2	4
Pino silvestre	<i>Pinus sylvestris</i> L.	Europa	3-4	NR		NR		NR	1	3-4
Castagno	<i>Castanea sativa</i> Mill.	Europa	2		NR	NR	NR	MR	2	4
Faggio	<i>Fagus sylvatica</i> L.	Europa	5		NR	NR	R	NR	1	1
Farnia	<i>Quercus robur</i> L.	Europa	2		NR	NR	NR	MR	1	4
Rovere	<i>Quercus petraea</i> Liebl.									
Pioppo	<i>Populus spp.</i>	Europa	5		NR	NR	R	NR	1	3

Legenda

Funghi: durame		Insetti: alburno		Insetti	Impregnabilità	
1	molto durabile	R	resistente		1	permeabile
2	durabile	NR	non resistente		2	moderatamente resistente
	moderatamente durabile				3	resistente
4	poco durabile			Anob = Anobidae	4	estremamente resistente
5	non durabile			Lyc = Lyctus		
				Ter = Termiti		
		R	resistente			a = alburno
		MR	moderatamente resistente			d = durame
		NR	non resistente			

Degrado biologico

Classi di durabilità / trattabilità del legno massiccio UNI EN 350

MOLTO DURABILE	> 25 anni
DURABILE (castagno, quercia)	15 - 25 anni
MODER. DURABILE (larice)	10 - 15 anni
POCO DURABILE (abete)	5 - 10 anni
NON DURABILE (pioppo, faggio)	< 5 anni

Vita media nel terreno

Degrado biologico

INSETTI DANNO MECCANICO GLLERIE SCAVATE

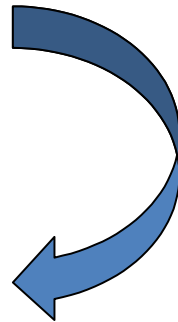
CICLO DELL'INSETTO



**Larva
adulta**



**Insetti adulti
M+F**



Larva



**Accoppiame
nto**



**Deposizione
delle uova**

Degrado biologico

INSETTI RESPONSABILI DEL DEGRADO DEL LEGNO IN OPERA

(nutrimento e nido)

COLEOTTERI

Anobidi

Cerambycidi

Lictidi

NUTRIMENTO

ISOTTERI

Termiti

NUTRIMENTO

IMENOTTERI

Formicidi

Apidi

NIDO

Degrado biologico

COLEOTTERI - Anobidi

Dimensioni: 2,5-9mm

Colore: marrone rossastro - marrone scuro

Ciclo biologico: 2-4 anni fino 6 anni

Temperatura: 10-32°C (optimum 22-23°C)

Umidità ottimale: 13%

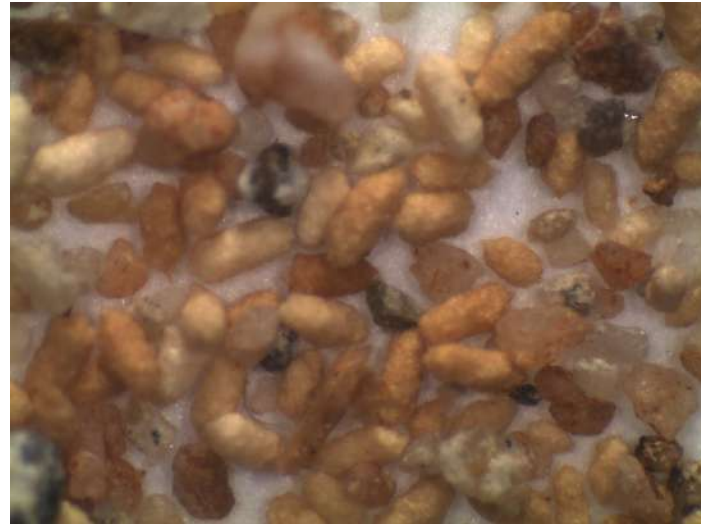
Foro di sfarfallamento: circolare, Ø1,5mm-3,5mm

Rosume: polvere fine

Danno: conifere/latifoglie, alburno/durame cariato, legni antichi

Degrado biologico

Anobium punctatum (Tarlo del legno), **Oligomerus ptilinoides** (solo latifoglie), **Nicobium castaneum**, **Xestobium rufovillosum** (orologio della morte, attacco secondario per lo più su latifoglie)



Degrado biologico

COLEOTTERI - Cerambicidi

Dimensioni: fino a 2 cm

Colore: bruno scuro

Ciclo biologico: 3-4 anni o maggiore

Temperatura: 10-38°C (optimum 28-30°C)

Umidità ottimale: 13%

Foro di sfarfallamento: ovale 8-10x6-6,5mm

Rosume: polvere farinosa (più grossolana)

Danno: conifere/latifoglie, alburno, legni recenti/antichi

Degrado biologico

Hylotrupes bajulus CONIFERE (legno giovani)

Trichopherus holosericeus LATIFOGIE (no limite di età)



Degrado biologico

**Carambicidi su trave di
abete**



Degrado biologico



**Cerambicidi su trave di
abete**



Degrado biologico



Cerambicidi su trave in lamellare di copertura



Degrado biologico

COLEOTTERI - Lictidi

Dimensioni: fino a 7mm

Colore: bruno rossastro - nero

Ciclo biologico: 1-2 anni ma anche 2-3 cicli l'anno

Temperatura ottimale: 27°C ottimale

Umidità: 8-32%

Foro di sfarfallamento: circolari Ø1-1,5mm

Rosume: polvere fine tipo talco

Danno: latifoglie con vasi di diametro non inferiore a 0,07mm e contenuto adeguato di amido (quercia, noce, ciliegio, castagno e specie tropicali), legni recenti, in genere in deposito

Degrado biologico

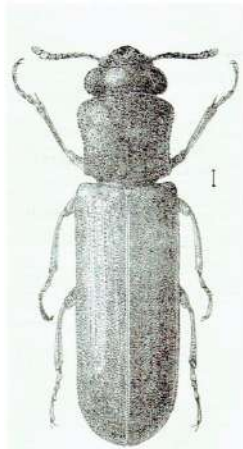


Fig. 127 - Adulto del tarlo *Lyctide Lyctus brunneus* (da Lepesme); si nota come l'aspetto uniforme delle elitre permetta di distinguere da *Lyctus linearis*.

L. brunneus specie importata ma attualmente la più presente in Italia

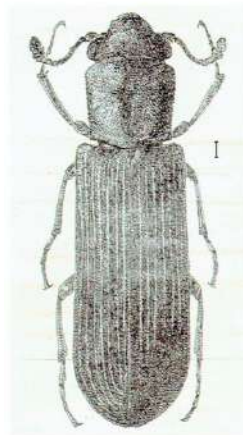


Fig. 128 - Adulto del tarlo *Lyctide Lyctus linearis* (da Lepesme); si nota la striatura delle elitre dovuta alla particolare disposizione delle setole.



L. linearis specie indigena

Degrado biologico

ISOTTERI - Termiti (insetti sociali)

Riproduttori (primari e secondari, gli unici a trasformarsi in insetti adulti alati)

Operai (vari compiti)

Soldati (protezione colonia in particolare dalle formiche)

Nutrimiento della cellulosa per trofollassi orale o anale

2400 specie

In Italia 2 famiglie: Rinotermitidi, Kalotermitidi

Degrado biologico

Rinotermitidi (*Reticulitermes lucifugus*)

Detta anche termite sotterranea

Dimensioni: 6mm riproduttori (12mm con le ali) - 4-5mm (gli altri)

Colore: bianco

Colonia: centinaia di migliaia di individui

Si spostano attraverso camminamenti bidirezionali

Danno: conifere/latifoglie, alburno/durame, poche manifestazioni esteriori anche la carta

Gallerie stipate di rosime

Italia meridionale, isole, Liguria, Toscana, Lombardia

Degrado biologico

Kalotermitidi (Kalotermes flavicollis)

Detta anche termite del legno secco

Dimensioni: 6-8mm, 12mm con le ali

Colore: bruno nero gli adulti, giallo ocra i soldati, operai assenti

Colonia: più piccola (1000-2000 individui)

Colonizzano direttamente il legno secco

Danno: conifere/latifoglie, alburno/durame, poche manifestazioni esteriori (piccoli fori richiusi)

Italia Meridionale e isole

Degrado biologico



**Termiti su telaio di cabina
presso stabilimento
balneare**

Degrado biologico



Degrado biologico



Degrado biologico

IMENOTTERI

Formicidi (formiche del legno) sociali

Camponotus, Crematogaster

Insetti sociali che nidificano in vecchie ceppaie, alberi deperienti o legname in opera per lo più degradato (conifere e latifoglie)

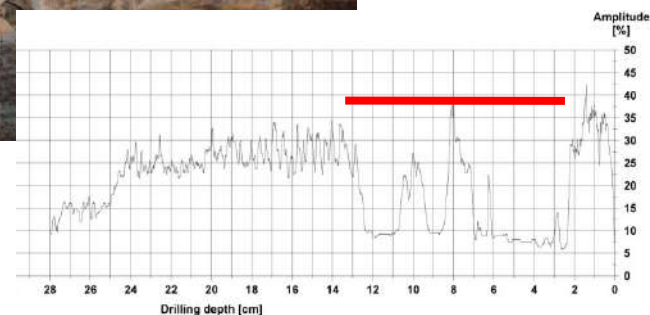
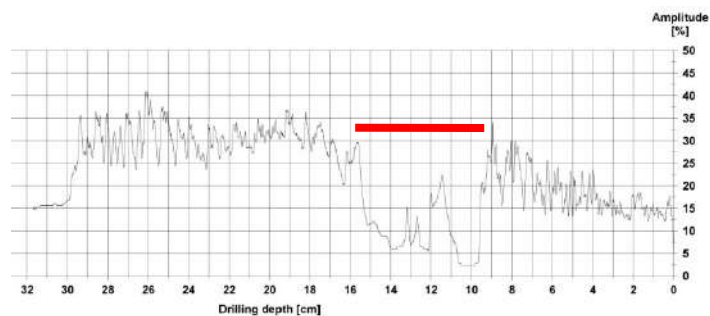
Apidi solitari

Xilocopa violacea (ape legnaiola)

3cm, attacca lo stesso manufatto (conifere e latifoglie) con più generazioni, alburno e durame se cariato

Danno prodotto dall'adulto e non dalla larva

Degrado biologico



Degrado biologico

MANIFESTAZIONI ESTERIORI DEL LEGNO CON ATTACCO ATTIVO

Insetti adulti nell'ambiente

Fori di sfarfallamento con margine chiaro

Accumulo di rosime alla base del manufatto

Rosime di colore chiaro

Rumori

Camminamenti attivi per le Termiti

**.... E se l'insetto non ha ancora completato il
1° ciclo**

dispositivi di auscultazione / raggi X

Degrado biologico

IDENTIFICAZIONE DEL PATOGENO

Forma e dimensioni del foro di sfarfallamento

Dimensioni delle gallerie larvali, presenza o meno di rosume

Forma e colore del rosume

Insetti vivi o morti nell'ambiente

Specie legnosa

Tipo di manufatto

Camminamenti nel muro e nel legno o la presenza di piccoli cumoli di escrementi o di individui morti

**ATTENZIONE A CORRELARE IL NUMERO DEI FORI CON
L'ENTITA' DELL'ATTACCO**

**Cicli vitali lunghi, utilizzo degli stessi fori, accoppiam.
interno**

Degrado biologico



**Manifestazioni esteriori di
attacco in corso**

Degrado biologico



**Manifestazioni esteriori di
attacco in corso**



Degrado biologico



Prove di auscultazione



Degrado biologico



Prove di auscultazione



Degrado biologico



Vespe muratrici

Degrado biologico

FUNGHI

BASIDIOMICETI (carie bruna e bianca)

ASCOMICETI E DEUTEROMICETI (carie soffice, funghi dell'azzurramento)

Alterazione non meccanica ma chimica

Si sviluppano su legni con $U > 20\%$ (30%-70%)

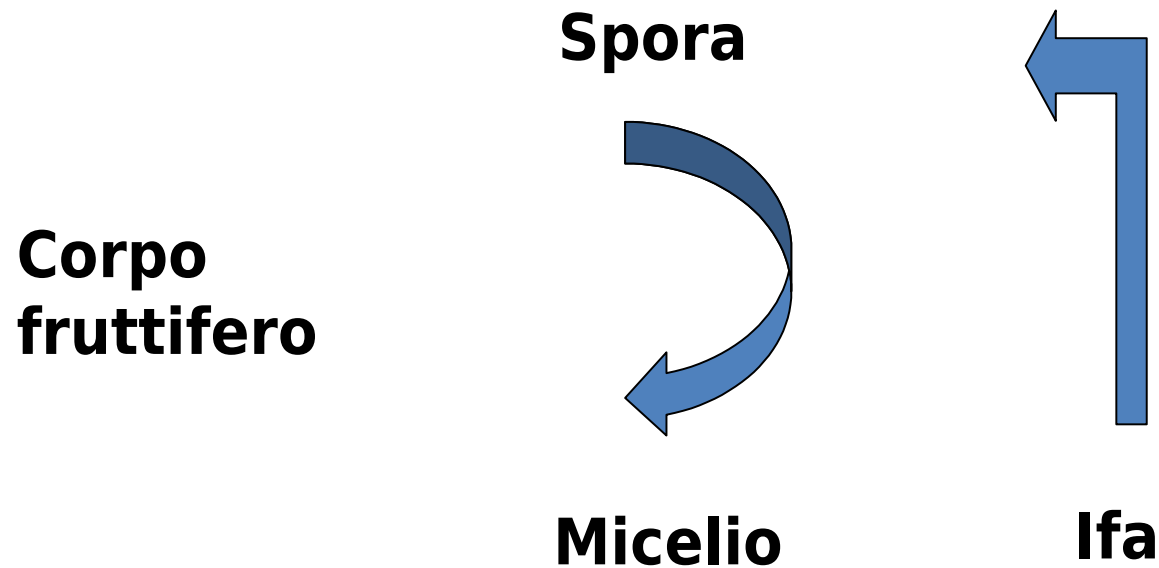
Temperatura tra 5°C e 45°C (25°C - 35°C)

PH tendenzialmente acido

Azoto, luce e ossigeno

Degrado biologico

CICLO DEL FUNGO



Degrado biologico

FUNGHI DELLA CARIE

Carie bruna (basiodiomiceti)

degradano cellulosa e emicellulose

colorazione del legno bruno scura

consistenza friabile (collasso di tipo fragile)

resistenza ridotta drasticamente

conifere e latifoglie



Degrado biologico

FUNGHI DELLA CARIE

Carie bianca (basidiomiceti)

**degradano lignina e cellulosa, progressiva o
simultanea**

colorazione del legno chiara

consistenza fibrosa (collasso di tipo duttile)

resistenza ridotta meno drasticamente

latifoglie e conifere



Degrado biologico

Carie soffice (ascomiceti e deuteromiceti)

**legni umidi spesso a contatto con l'acqua o col terreno
danno confinato superficialmente nelle zone + umide
degradano cellulosa e modificano la lignina
colorazione del legno grigio scuro
consistenza molle se umido, fessurandosi da asciutto
danno minore
latifoglie e talvolta conifere**



Degrado biologico

FUNGHI DELL'AZZURRAMENTO ($U > 30\%$)

Colorazione anomala superficiale senza modificare, o solo lievemente, le altre caratteristiche del materiale

**Non intaccano i costituenti della parete cellulare
Conifere per lo più, alburno**

PROBLEMA NON STRUTTURALE MA ESTETICO

MUFFE

Deuteromiceti che si sviluppano in ambienti molto umidi causando un'alterazione del colore del legno

Degrado biologico



Degrado biologico

DIAGNOSTICARE UN ATTACCO DA FUNGHI

Monitoraggio delle condizioni igrometriche del legno e dell'ambiente

Variazioni di colore

Percussione con martello

Presenza di muffe (allarme)

..... e nelle parti non accessibili

Analisi strumentale

Attenzione:

**non è detto che un legno asciutto sia sano e che
un legno bagnato sia marcio**

Degrado biologico

Corpo fruttifero



Degrado biologico



Corpo fruttifero

Degrado biologico



Funghi della carie



Degrado biologico



Funghi della carie

Degrado biologico



Dott. Forestale Massimiliano LENZI - La diagnosi delle strutture lignee

Degrado biologico



Funghi della carie

Degrado biologico



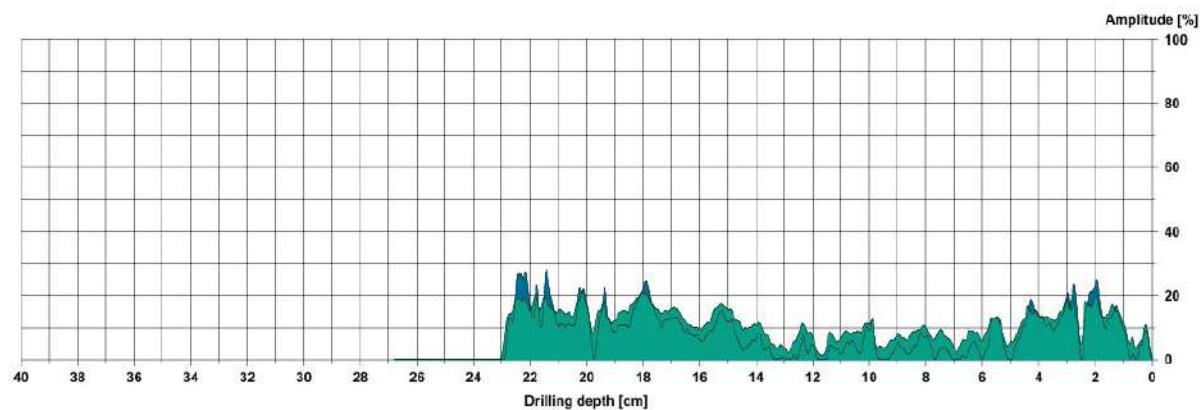
Funghi della carie

Degrado biologico



Funghi della carie

Degrado biologico



Degrado biologico



Funghi della carie



Degrado biologico

Funghi della carie



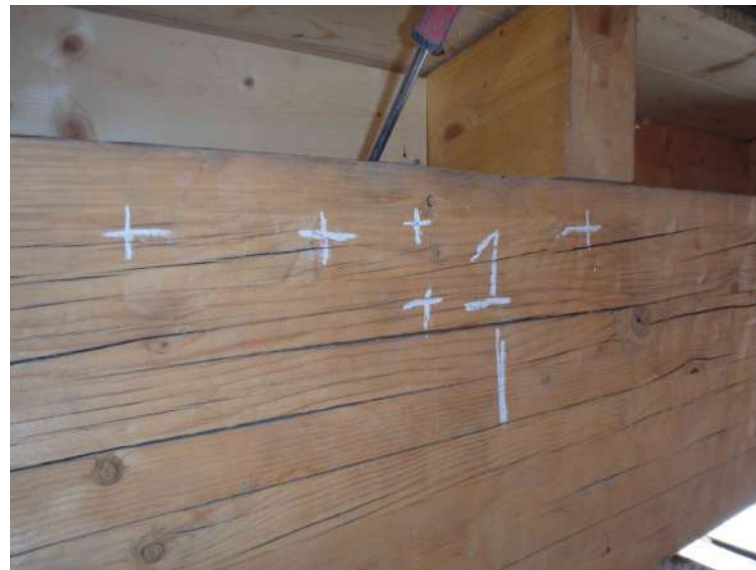
Degrado biologico



Funghi della carie

Degrado biologico

Funghi della carie



Degrado biologico



**Travi degradate da carie in
luce e visibilmente
deformate (inflesse)**



Degrado biologico

VALUTAZIONE DEL DEGRADO BIOLOGICO

- TIPO DI DEGRADO (INSETTI/FUNGHI)
- PREGRESSO O IN CORSO
- LOCALIZZAZIONE (IN RIFERIMENTO ALLA SEZIONE E ALLA LUNGHEZZA)
- ENTITA' E SOGLIA DI TRASCURABILITA' (<1cm)

Degrado biologico

ENTITA'

DEGRADO SUPERF. PROFONDITA' IN CM

**DEGRADO INTERNO 4 CLASSI DI DEGRADO ESPRESSE IN
TERMINI DI RIDUZIONE DI SEZIONE**

0-25% DEGRADO MODERATO

25-50% DEGRADO GRAVE

50-75% DEGRADO MOLTO GRAVE

75-100% DEGRADO MOLTO GRAVE

Degrado meccanico

Si intende il danno causato da sollecitazioni eccessive rispetto alla resistenza dell'elemento

In genere si parla di **ROTTURE** e **LESIONI**

Anche le **DEFORMAZIONI ECCESSIVE**, quando dovute alle sollecitazioni agenti, possono considerarsi degrado meccanico in quanto indice di uno stato di sollecitazione elevato che nel lungo tempo può provocare la rottura dell'elemento

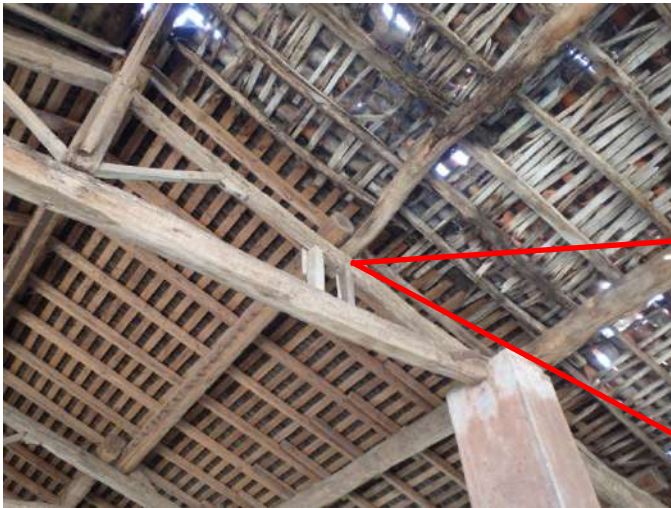
Massimo livello di gravità = crollo della struttura

Degrado meccanico

POSSIBILI CAUSE

- **Schemi strutturali poco efficienti**
- **Scelta errata delle specie legnose**
- **Scarsa selezione del materiale**
- **Interventi pregressi peggiorativi**
- **Manutenzione**
- **Degrado biologico**

Degrado meccanico



**Rottura per sollecitazione
a flessione, puntone di
capriata**



Degrado meccanico

**Rottura per sollecitazione
a flessione, trave di
colmo**



Degrado meccanico



**Rottura per sollecitazione
a flessione, trave di solaio**



Degrado meccanico



**Rottura per
sollecitazione a
flessione, trave di solaio**

Degrado meccanico



**Rottura per sollecitazione
a flessione, trave di solaio**



Degrado meccanico



**Rottura su nodo, trave di
solaio**



Degrado meccanico



**Rottura su centina di
volta in camorcanna**



Degrado meccanico



**Rottura per trazione
perpendicolare alla
fibratura**

Degrado meccanico



**Rottura per trazione
perpendicolare alla
fibratura**



Degrado meccanico

**Rottura per compressione
perpendicolare alla
fibratura**



Degrado meccanico



**Cedimento all'appoggio
per taglio/compressione
perpendicolare alla
fibratura**

Degrado meccanico



**Rottura per taglio del
dente catena associata a
degrado**

Degrado meccanico



**Rottura per taglio del
dente catena associata a
degrado**



Degrado meccanico



**Rotture superficiale
causate da legno
degradato da insetti,
puntone di capriata**



Degrado meccanico

**Rottura su cipollatura
interna**



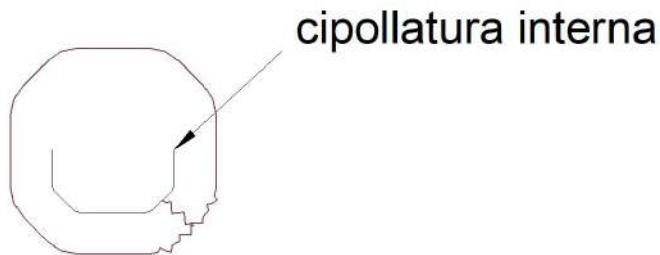
Degrado meccanico

**Rottura su cipollatura
interna**



Degrado meccanico

Rottura su cipollatura interna



Degrado meccanico



**Rottura / distacco occluso
con resina**

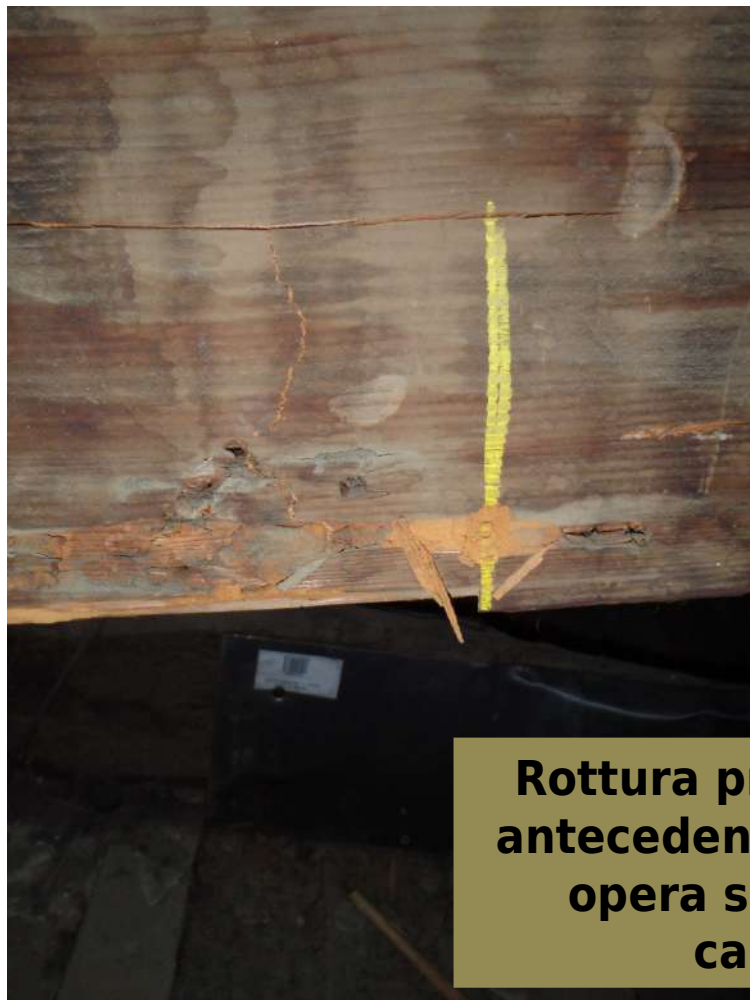
Degrado meccanico



**Rottura probabilmente
antecedente la messa in
opera su catena di
capriata**



Degrado meccanico



**Rottura probabilmente
antecedente la messa in
opera su catena di
capriata**

Degrado meccanico



**Rottura imputabile a
legno di compressione**

Degrado meccanico

VALUTAZIONE DEL DEGRADO MECCANICO

Non sempre facile, affidata all'esperienza del tecnico

A volte le rotture non sono immediatamente riconoscibili, specialmente se non sono associate a deformazioni evidenti

Per questo è necessario osservare con la massima attenzione tutti i dettagli, in modo particolare nelle zone più sollecitate e in corrispondenza delle unioni

La presenza di difetti e la loro ubicazione in zone particolarmente sollecitate aumenta la probabilità di rottura in tali zone

In linea generale la gravità della lesione dipende dalla sua UBICAZIONE, ESTENSIONE e PROFONDITA' (quest'ultima non sempre valutabile)

RISULTATI

La restituzione dei risultati e dei dati è la parte conclusiva del lavoro di indagine

Lo scopo è quello di mettere a disposizione del tecnico progettista uno strumento in grado di orientare adeguatamente le sue scelte e per impostare un corretto lavoro di progettazione

RISULTATI

Affinché abbia valore pratico deve possedere alcuni requisiti fondamentali:

EFFICACE - ESSENZIALE - COMPRENSIVA

MODALITA' DI RESTITUZIONE

E' in funzione della modalità d'indagine, dell'estensione e della complessità della struttura e della quantità di informazioni da restituire

RESTITUZIONE TABELLARE

RESTITUZIONE GRAFICA

RISULTATI

RESTITUZIONE TABELLARE

Richiede da parte dell'utilizzatore uno sforzo tanto maggiore quanto più complessa è la struttura e quanto più diversificato è il suo stato

RESTITUZIONE GRAFICA

**Più facile e immediata per l'utilizzatore
Permette di raccogliere in un'unica tavola tutte le informazioni relative all'elemento o all'unità strutturale senza il rischio di perdere di comprensibilità**

RISULTATI

RELAZIONE TECNICA

Oggetto dell'intervento

Causa

Scopo

Modalità d'indagine

Risultati (grafici e tabellari)

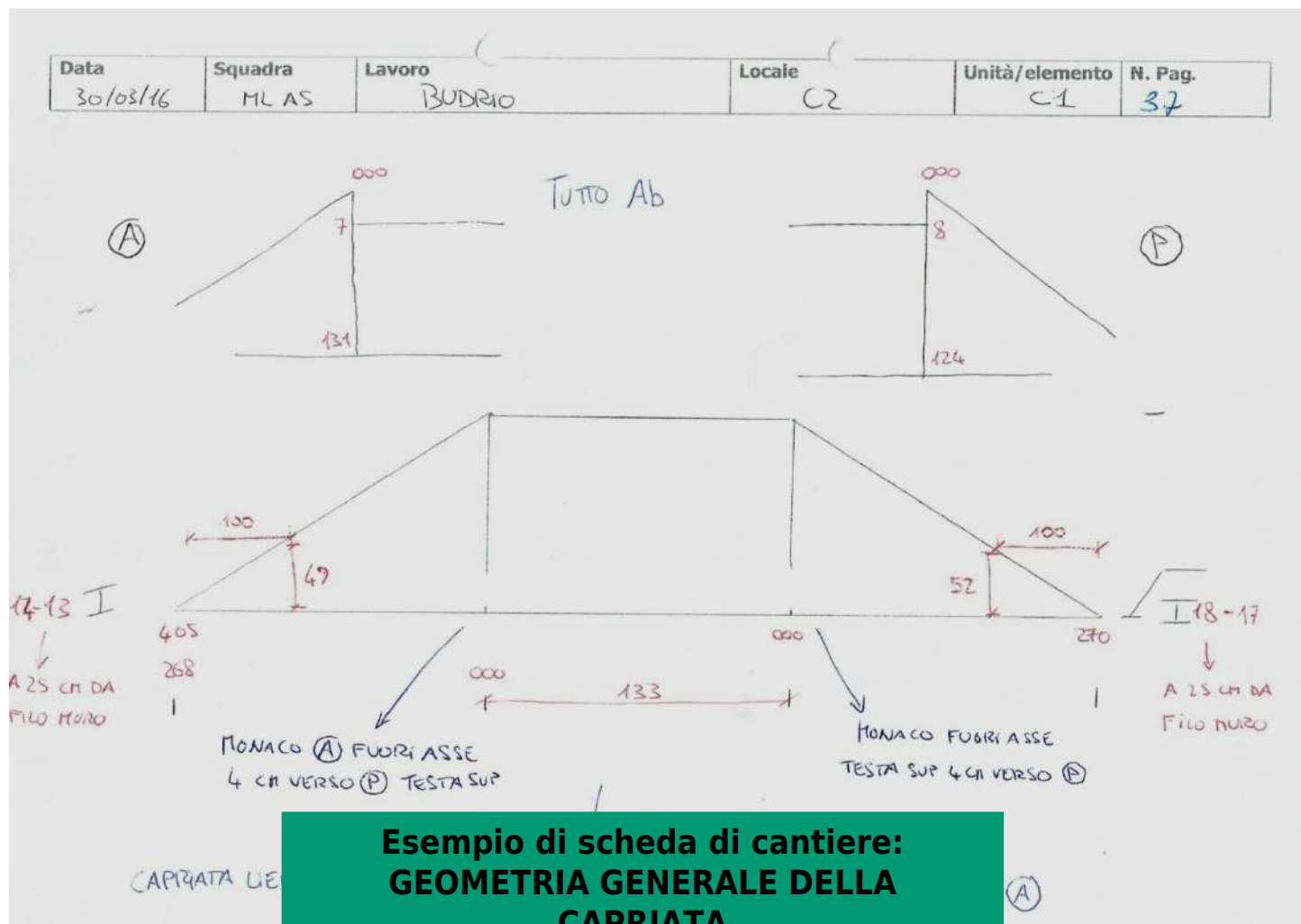
Conclusioni

ALLEGATI

Profili resistografici

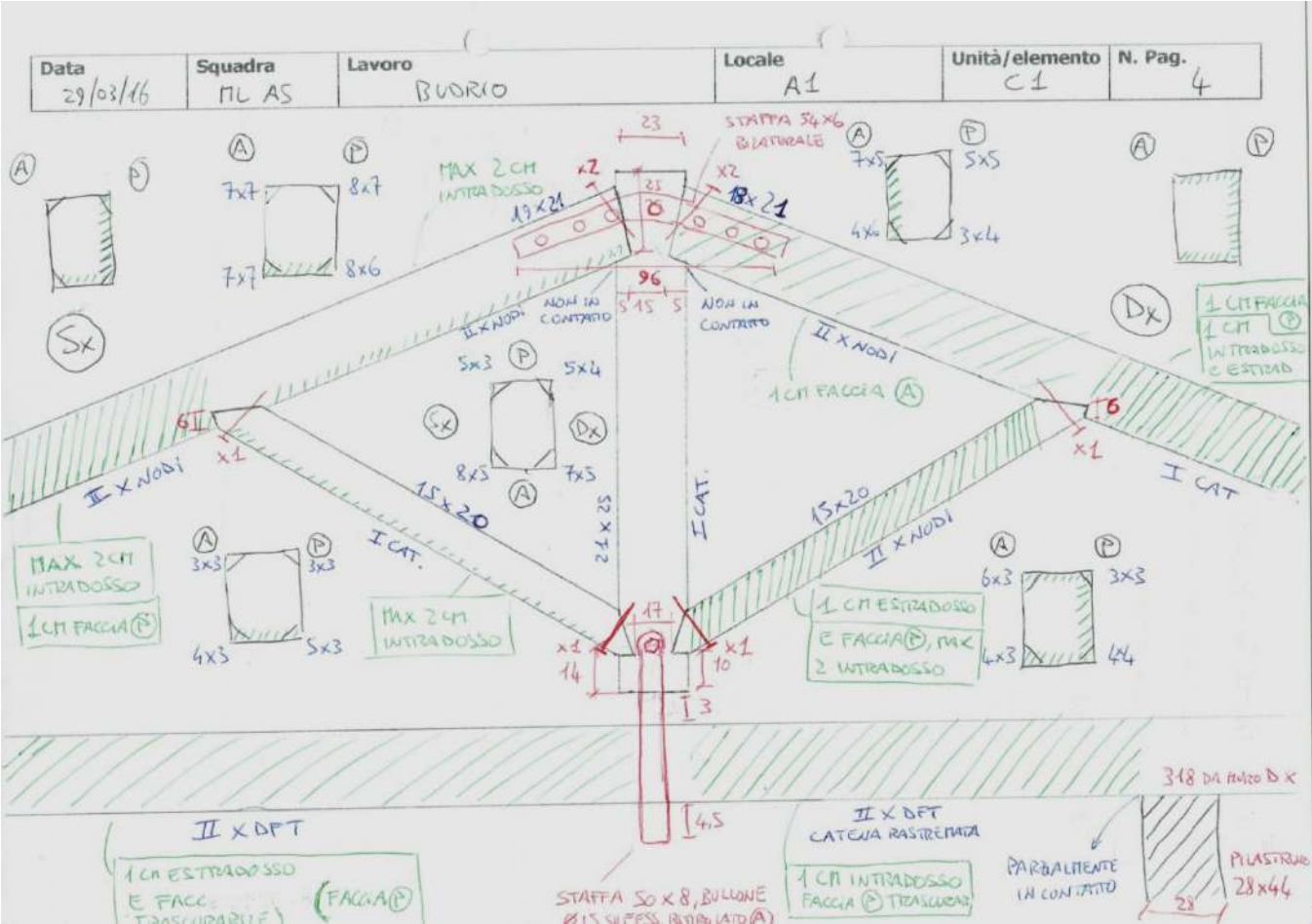
Documentazione fotografica

RISULTATI



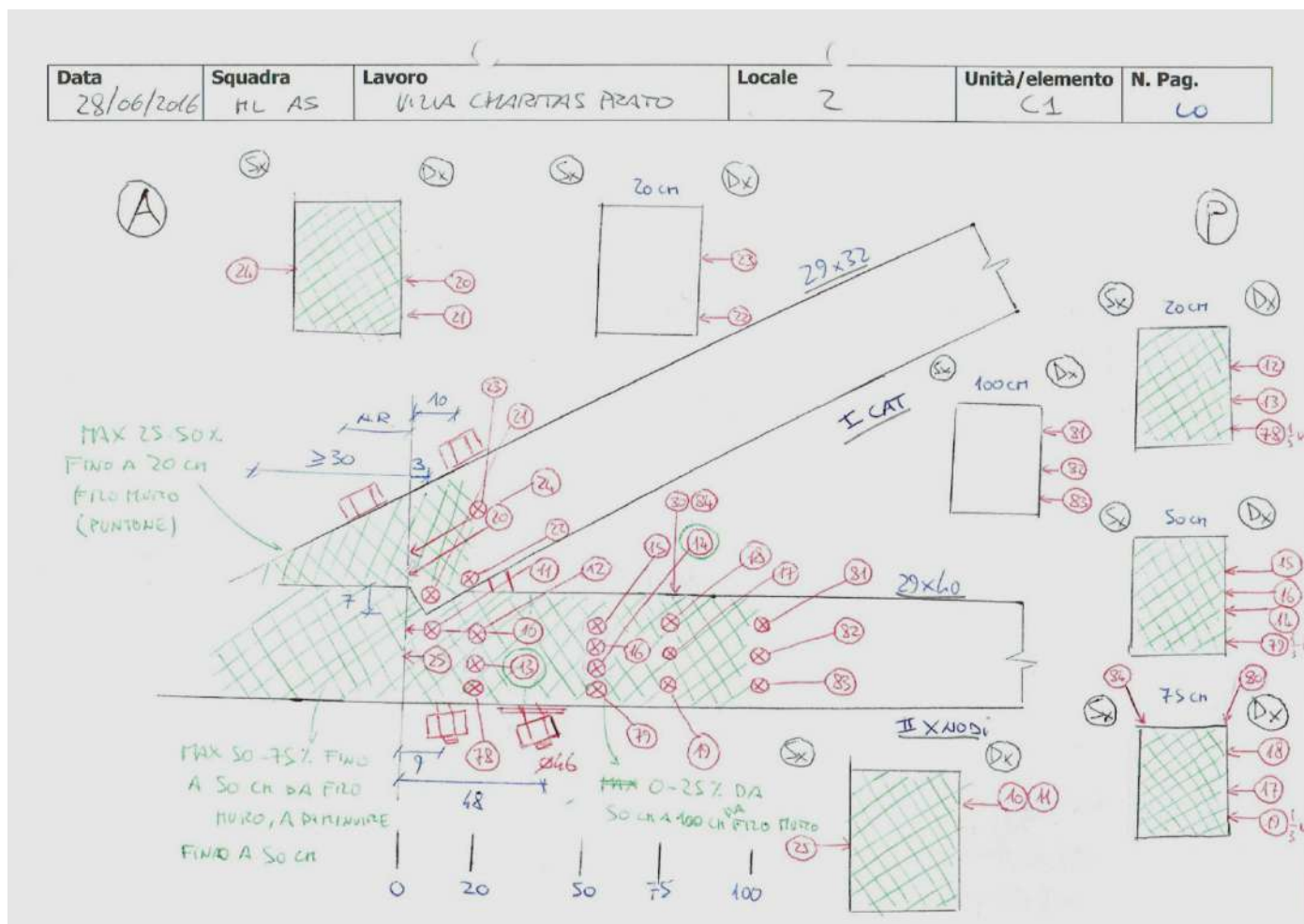
**Esempio di scheda di cantiere:
GEOMETRIA GENERALE DELLA
CAPRIATA**

RISULTATI



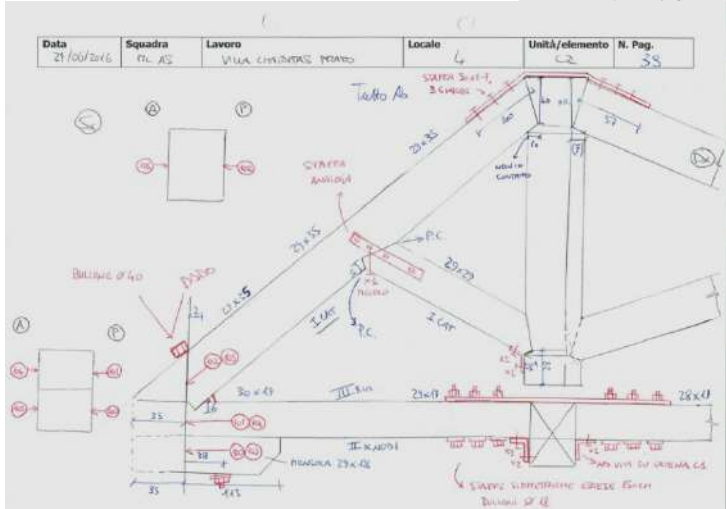
Esempio di scheda di cantiere: DETTAGLIO CAPRIATA

RISULTATI



Esempio di scheda di cantiere: DETTAGLIO APPOGGIO

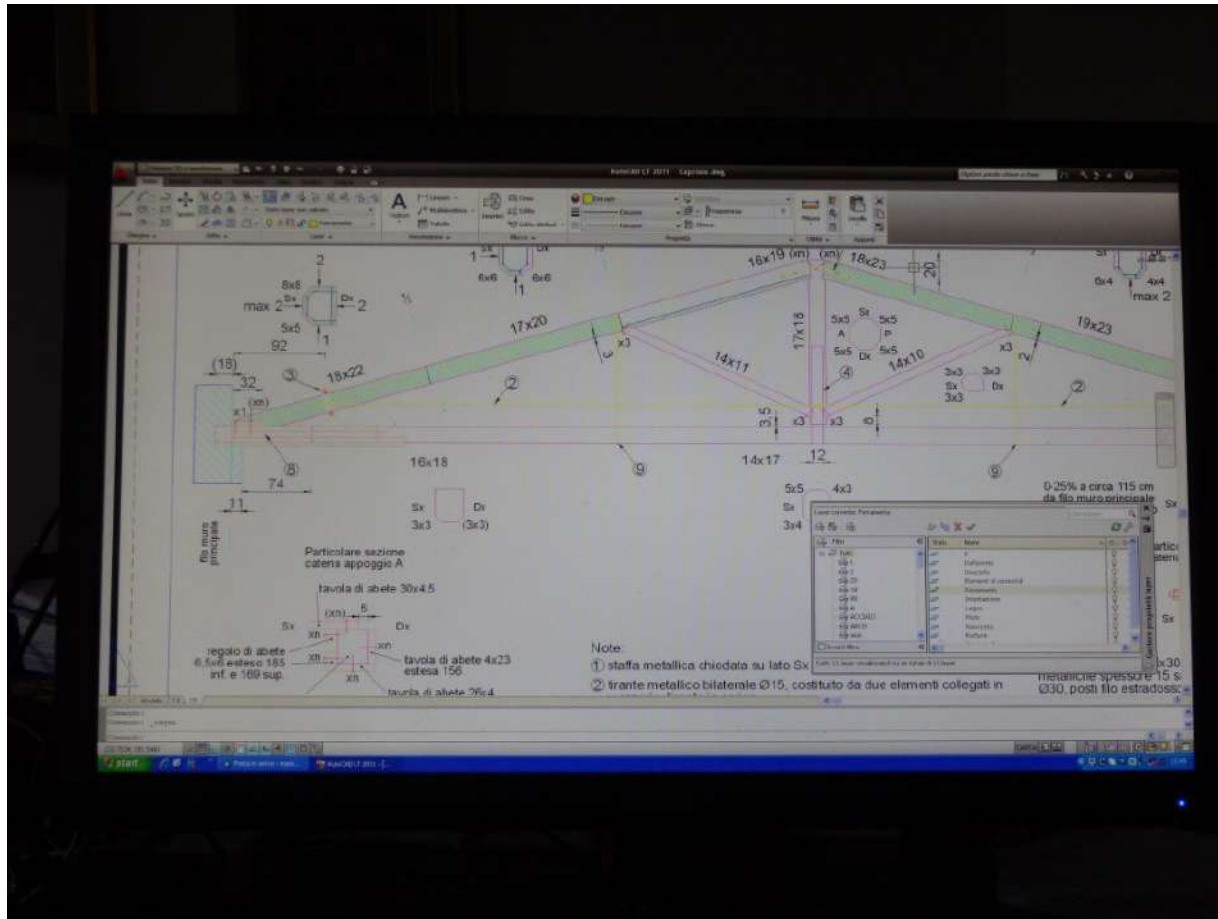
RISULTATI



Esempio di scheda di cantiere: DETTAGLIO CAPRIATA PARTE CENTRALE E APPOGGI

Dott. Forestale Massimiliano LENZI - La diagnosi delle strutture lignee

RISULTATI



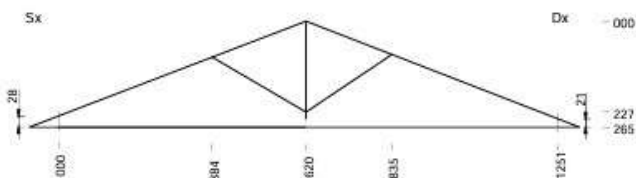
Elaborazione al CAD di capriata

RISULTATI



Dott. Forestale Massimiliano LENZI - La diagnosi delle strutture lignee

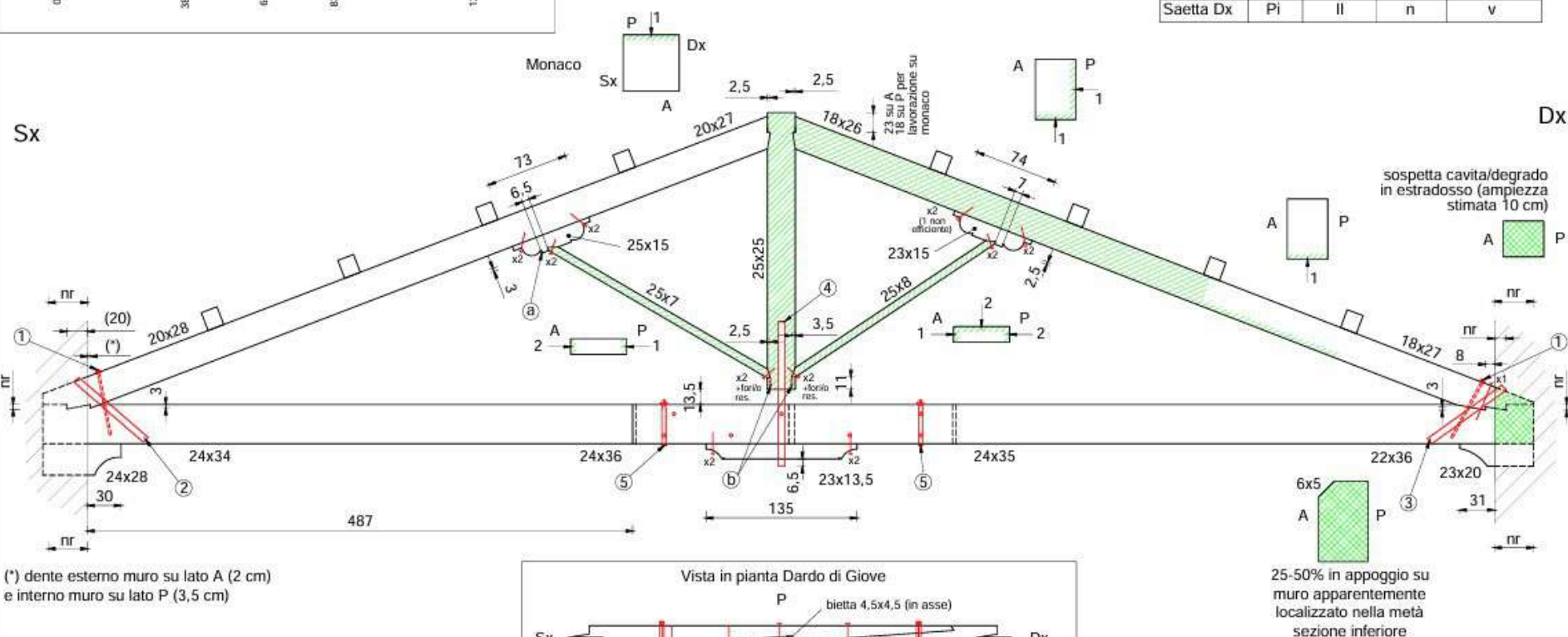
Rilievo geometrico assi capriata



Puntone Dx lievemente inflesso
Catena costituita da due elementi giuntati a "Dardo di Giove":
catena ruotata verso P
Mensola Sx in pioppo, mensola Dx in quercia in parte
ricostruita/rivestita con elementi lignei di varia fattezza
Presenza di resina superficiale su catena e puntone Dx
Saetta Sx fortemente inflessa
Fori di chiodi su puntoni in corrispondenza dei dormienti; probabile
elementi di recupero o eventuale riposizionamento unione

Classificazione secondo UNI 11119:2004

Elemento	Specie	Categoria	Causale	Indicazioni
Puntone Sx	Ab	I	-	v
Puntone Dx	Ab	I	-	v
Catena Sx	Ab	II	n	v
Catena Dx	Ab	II	n+dft	v/c
Monaco	Pi	II	n	v
Saetta Sx	Pi	I	-	v/c
Saetta Dx	Pi	II	n	v



Note descrittive

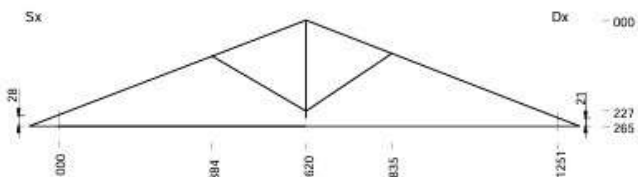
- (a) dente in parte ricostruito; nel complesso non efficiente
- (b) principio di rottura innescato su fessura da ritiro lato P

(*) dente esterno muro su lato A (2 cm)
e interno muro su lato P (3,5 cm)

Note ferramenta:

- ① barra filettata non passante Ø18 con dado e rondella
- ② staffa metallica a U 45x5 fissata con chiodi laterali e/o estradossali
- ③ staffa metallica a U 50x6-8 fissata con chiodi laterali e/o estradossali
- ④ staffa metallica a U 55x5 chiodata su monaco
- ⑤ staffa metallica a U 40x10 con barra filettata in estremità sup. Ø16 e piastra di chiusura 40x10

Rilievo geometrico assi capriata



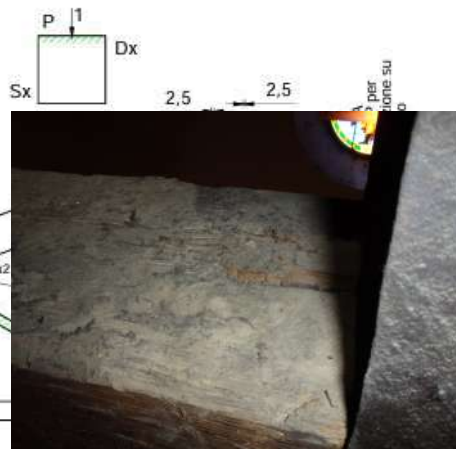
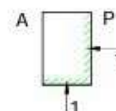
Puntone Dx lievemente inflesso
Catena costituita da due elementi giuntati a "Dardo di Giove":
catena ruotata verso P
Mensola Sx in pioppo, mensola Dx in quercia in parte
ricostruita/rivestita con elementi lignei di varia fattezza
Presenza di resina superficiale su catena e puntone Dx
Saetta Sx fortemente inflessa
Fori di chiodi su puntoni in corrispondenza dei dormienti; probabile
elementi di recupero o eventuale riposizionamento unione

Classificazione secondo UNI 11119:2004

Elemento	Specie	Categoria	Causale	Indicazioni
Puntone Sx	Ab	I	-	v
Puntone Dx	Ab	I	-	v
Catena Sx	Ab	II	n	v
Catena Dx	Ab	II	n+dft	v/c
Monaco	Pi	II	n	v
Saetta Sx	Pi	I	-	v/c
Saetta Dx	Pi	II	n	v

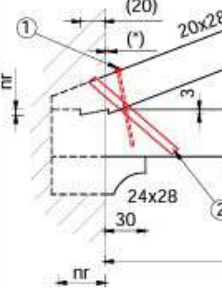
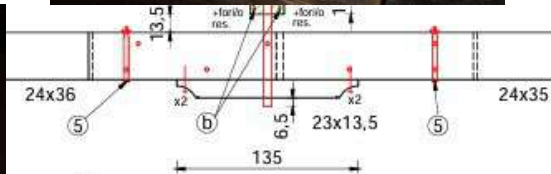
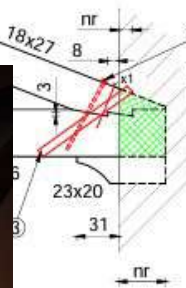
Sx

Monaco

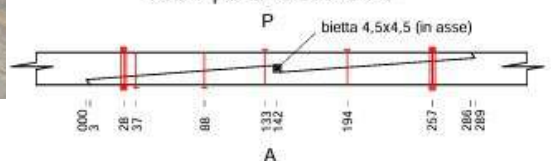


Dx

sospetta cavita/degrado
in estradosso (ampiezza
stimata 10 cm)



Vista in pianta Dardo di Giove



dardo di giove consolidato con barre passanti
solidarizzate con resina (stimate oltre 10 barre)

Note descrittive

- (a) dente in parte ricostruito; nel complesso non efficiente
- (b) principio di rottura innescato su fessura da ritiro lato P

Note ferramenta:

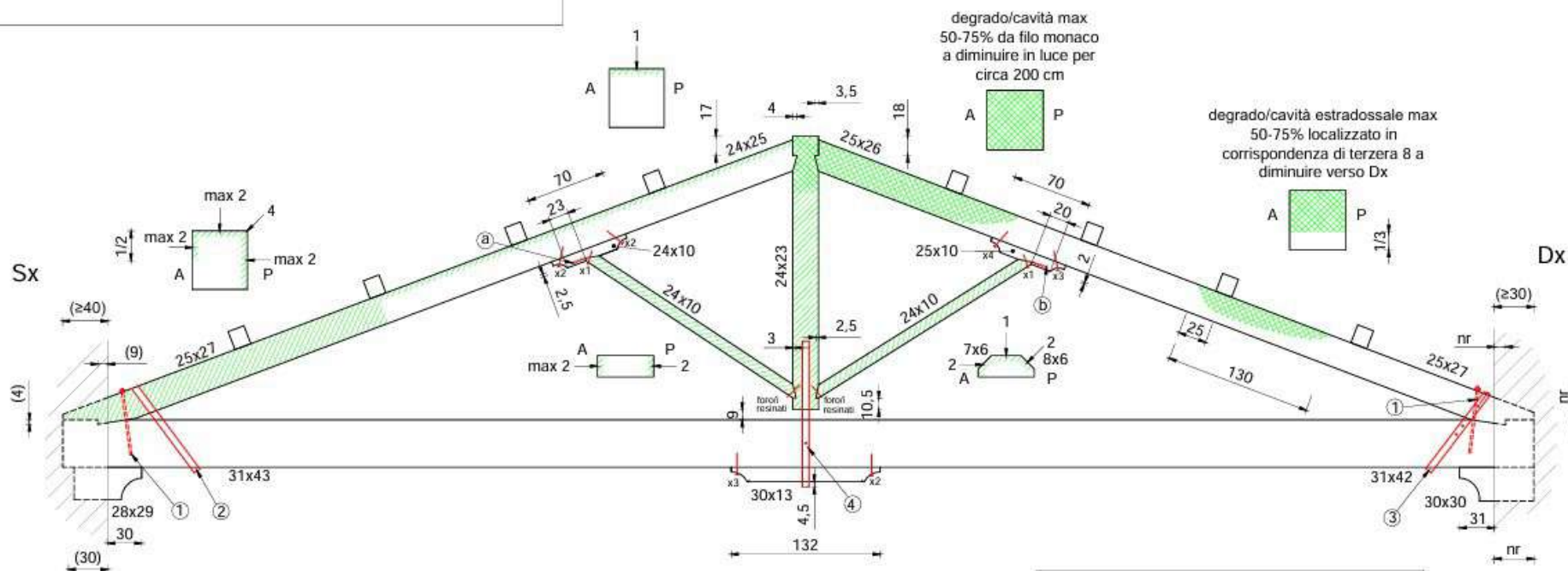
- ① barra filettata non passante Ø18 con dado e rondella
- ② staffa metallica a U 45x5 fissata con chiodi laterali e/o estradossali
- ③ staffa metallica a U 50x6-8 fissata con chiodi laterali e/o estradossali
- ④ staffa metallica a U 55x5 chiodata su monaco
- ⑤ staffa metallica a U 40x10 con barra filettata in estremità sup. Ø16 e piastra di chiusura 40x10

Rilievo geometrico assi capriata

Puntone Sx visibilmente inflesso, fessure da ritiro intersecanti spigoli intradossali: elemento declassato in III categoria
Puntone Dx fortemente inflesso
Mensole in pioppo in parte ricostruite/rivestite con elementi lignei di varia fattezza
Presenza di resina superficiale su puntone Dx, catena e monaco

Classificazione secondo UNI 11119:2004

Elemento	Specie	Categoria	Causale	Indicazioni
Puntone Sx	Pi	III	df	v/c
Puntone Dx	Pi	I	-	c/s
Catena	Ab	II	n	v
Monaco	Pi	I	-	v/c
Saetta Sx	Pi	II	n	v
Saetta Dx	Pi	I	-	v

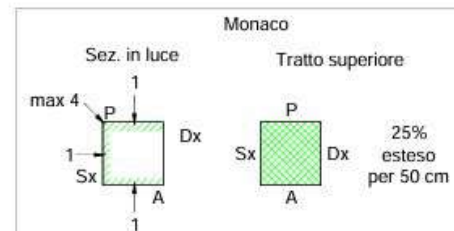


Note ferramenta:

- ① barra filettata non passante Ø18 con dado e rondella
- ② staffa metallica a U 50x6 fissata con chiodi laterali e/o estradossali
- ③ staffa metallica a U 38x8 fissata con chiodi laterali e/o estradossali
- ④ staffa metallica a U 60x5 chiodata su monaco; apparentemente riposizionata

Note descrittive

- (a) principio di rottura innescato su fessura da ritiro lato A e P su gola dente dormiente
 (b) principio di rottura lato A e P su gola dente dormiente

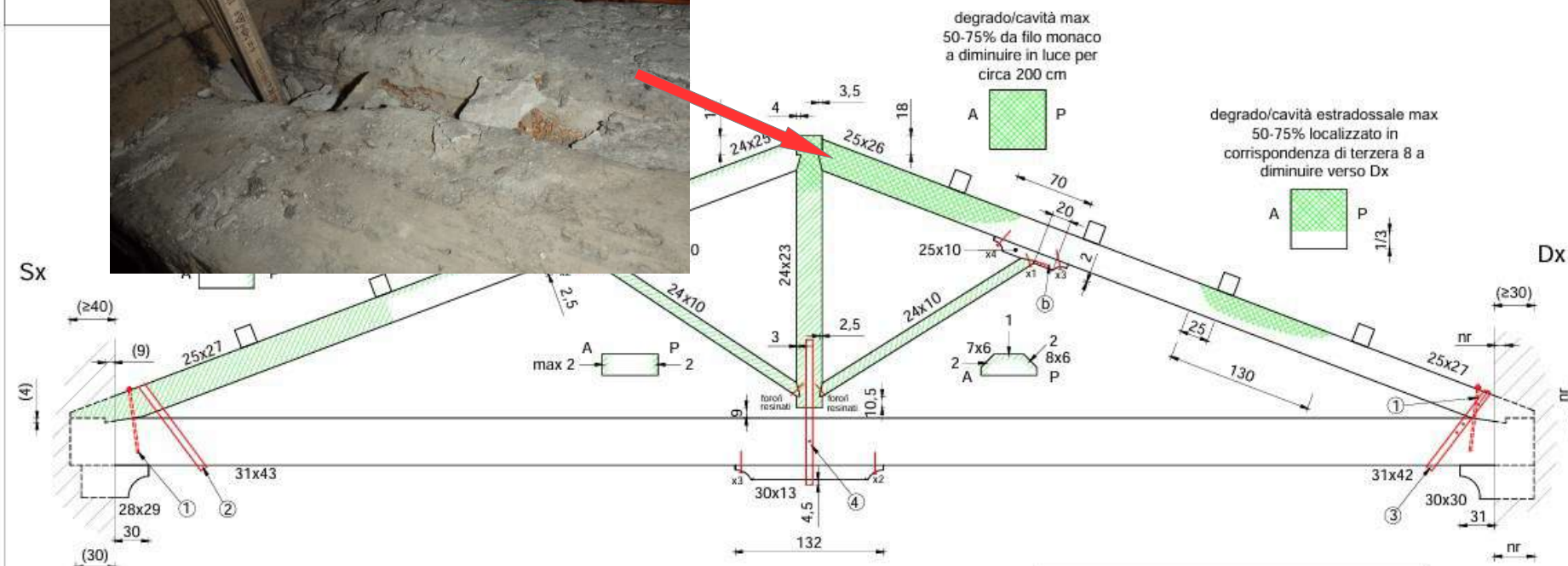


Rilievo geometrico assi capriata



Classificazione secondo UNI 11119:2004

Elemento	Specie	Categoria	Causale	Indicazioni
Puntone Sx	Pi	III	df	v/c
Puntone Dx	Pi	I	-	c/s
Catena	Ab	II	n	v
Monaco	Pi	I	-	v/c
Saetta Sx	Pi	II	n	v
Saetta Dx	Pi	I	-	v

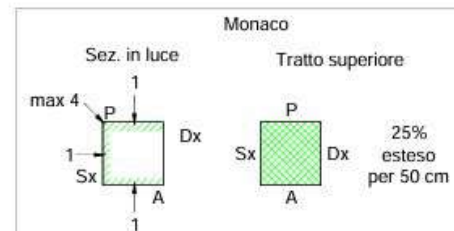


Note ferramenta:

- ① barra filettata non passante Ø18 con dado e rondella
- ② staffa metallica a U 50x6 fissata con chiodi laterali e/o estradossali
- ③ staffa metallica a U 38x8 fissata con chiodi laterali e/o estradossali
- ④ staffa metallica a U 60x5 chiodata su monaco; apparentemente riposizionata

Note descrittive

- (a) principio di rottura innescato su fessura da ritiro lato A e P su gola dente dormiente
 (b) principio di rottura lato A e P su gola dente dormiente



RISULTATI



Funghi della carie

Trave fortemente inflessa, inserita piastra metallica intradosale

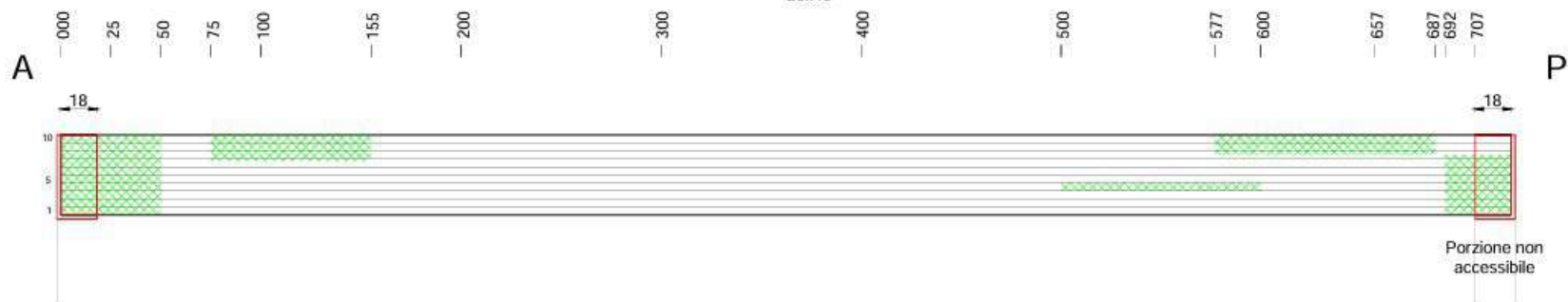
Umidità rilevata in luce: 14,9% ; 15,8%

Probabili percolazioni di acqua attive in appoggio A faccia Dx, umidità non rilevabile per inaccessibilità

Delaminazioni bilaterali diffuse in luce profondità variabile (massima 3 cm) con delaminazione di profondità totale max 4 cm su base di 20 cm

Faccia Dx non accessibile su tratto 0 - 400 cm per presenza di vano scala

Trave T2
20x40



Sez. 0-25 cm

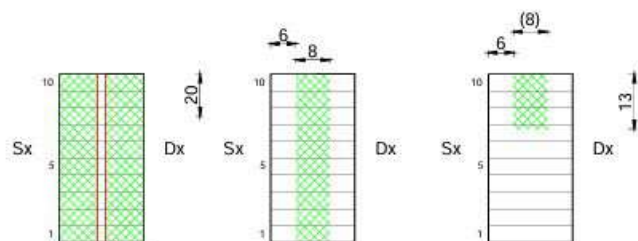
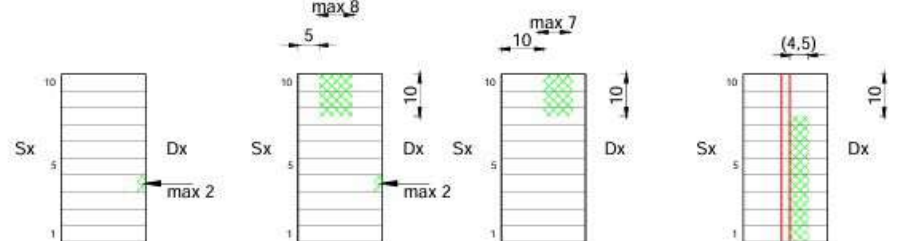
Sez. 25-50 cm

Sez. 75-155 cm

Sezioni 500-577 cm

Sezioni 577-687 cm

Sez. 692 cm - estr. P



degrado da carie
75-100% prudenziale a
diminuire fino a 25 cm,
probabili percolazioni di
acqua attive su faccia Dx

degrado da carie
interno
8 cm circa

degrado da carie
interno max 8 cm
prof. 13 cm

degrado da carie interno max 8
cm prof. 10 cm con andamento
da sinistra a destra

sospetto degrado da carie
interno e/o cavità a contatto con
lamina metallica interna
localizzato nella porzione
interna muro ed esteso fino a 15
cm da filo muro

RISULTATI

Tabella 1 – Risultati indagine di dettaglio arcarecci

Elemento / Campo	Specie	Sezione appoggio A / smusso max	Sezione in mezzzeria / smusso max	Sezione appoggio P / smusso max	Categoria	Causale	Note descrittive / degrado biologico – meccanico	Indicazioni
A1-I	Pi	22x19	-	Ø21	I	-	parzialmente ispezionabile lato Dx causa scarsa accessibilità elemento con forma lievemente irregolare degrado da insetti 1cm periferico	v
A2-I	Pi	19x21 8x6	-	Ø19	III	n r	parzialmente ispezionabile lato Sx causa scarsa accessibilità elemento con forma irregolare estremità P con altezza ridotta di 2cm per lavorazione intradossale degrado da insetti 1cm intradosso, estradosso e faccia Dx, 2cm faccia Sx	v
A3-I	Pi	20x18 8x9	-	Ø19	III	n r	elemento con forma irregolare degrado da insetti/carie e/o cavità interna con riduzione di sezione 25-50% in luce	s
A4-I	Pi	22x19 5x5	-	Ø20	III	n r	parzialmente ispezionabile lato Dx causa scarsa accessibilità elemento con forma irregolare degrado da insetti 2cm periferico	v/s
A5-I	Pi	19x19 4x4	-	16x18 6x6	II	n	parzialmente ispezionabile lato Sx causa scarsa accessibilità elemento con forma irregolare degrado da insetti 3cm faccia Sx e intradosso, 2cm faccia Dx e estradosso	v/s
A1-II	Ca	Ø14	-	Ø17	III	n	elemento apparentemente di introduzione successiva estremità P con altezza ridotta di 2cm per lavorazione intradossale buono stato di conservazione	v

Parrocchia di S. Agostino – Pistoia (PT)
Giugno 2018

Allegati

RISULTATI

Tavola n° 5		Diagnosi Strutture Lignee Parrocchia di S. Agostino - Pistoia (PT)		Oggetto: Risultati indagine semplificata su travicelli		Elaborato grafico: Dott. Forestale Massimiliano LENZI		Scala: non specificata	
Giugno 2018		Tecnico incaricato: Dott. Forestale Massimiliano LENZI		Sx		Dx		50 51	
1		10		20		30		40	
5		15		25		35		45	
10		20		30		40		50	
15		25		35		45		51	
20		30		40		50		51	
25		35		45		51		51	
30		40		50		51		51	
35		45		51		51		51	
40		50		51		51		51	
45		51		51		51		51	
50		51		51		51		51	
51		51		51		51		51	

CASI ESEMPLIFICATIVI

Complesso denominato Ex Mondino - Pavia

Luogo: Pavia (PV)

Edificio non in uso

Copertura 850mq (lorda) - 100mq non accessibili

Proposta Tecnica

- **Indagine visiva preliminare semplificata**
- **Indagine strumentale di 25-30 punti**

Tempi circa 2,5 giorni oltre trasferta

Squadra di due tecnici

CASI ESEMPLIFICATIVI



CASI ESEMPLIFICATIVI

Indagine visiva preliminare semplificata

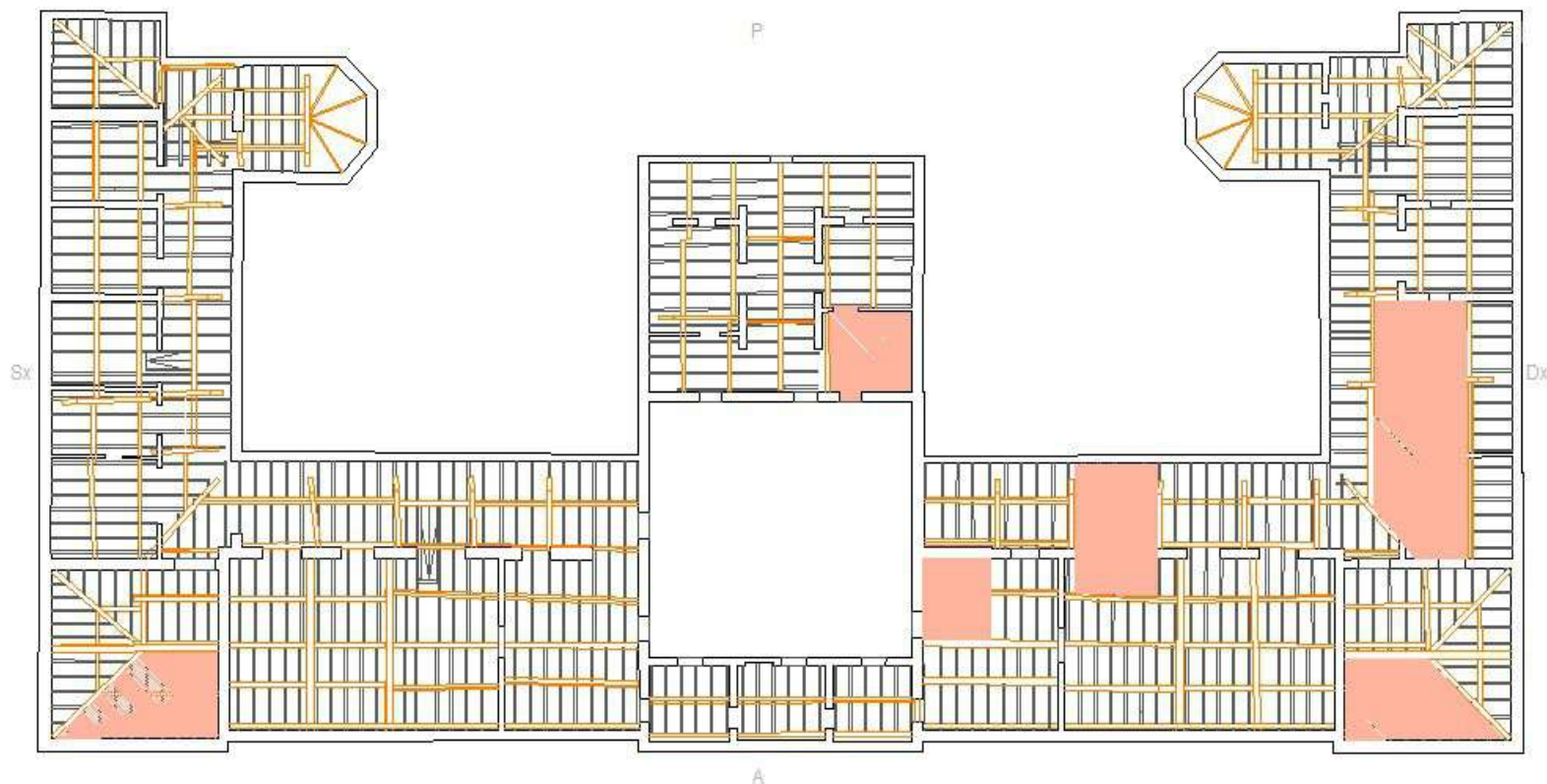
- Elementi con manifestazioni esteriori riconducibili a degrado biologico
- Elementi con manifestazioni riconducibili a degrado meccanico
- Difetti non idonei

Per gli elementi degradati

- Indagine strumentale necessaria
- Indagine strumentale non necessaria

TOTALE 123 PROVE RESISTOGRAFICHE

CASI ESEMPLIFICATIVI



Portione di tela non indagata per inaccessibilità o difficoltà di accesso.

Oltre agli elementi evidenziati in planimetria si consiglia di sostituire i tavicoli nelle zone dove la grossa orditura risulta degradata.

CASI ESEMPLIFICATIVI

Elementi indagati >100 di varia tipologia strutturale Elementi riscontrati 66

- N°28 elementi con degrado biologico tale da consigliarne la sostituzione.
- N°1 elemento non idoneo per impieghi strutturali causa difetti quali cipollature e rimargini oltre a degrado biologico.
- N°3 elementi con altre criticità.
- N°34 elementi con sospetto o accertato degrado biologico per i quali è stata eseguita indagine strumentale con il seguente esito:
 - N°17 elementi presentano degrado grave o maggiore.
 - N°9 elementi presentano degrado moderato.
 - N°8 elementi risultano in buono stato di conservazione limitatamente alla porzione indagata strumentalmente.

CASI ESEMPLIFICATIVI



Dott. Forestale Massimiliano LENZI - La diagnosi delle strutture lignee

CASI ESEMPLIFICATIVI



CASI ESEMPLIFICATIVI



Dott. Forestale Massimiliano LENZI - La diagnosi delle strutture lignee

CASI ESEMPLIFICATIVI

Elemento (A)	Tipologia strutturale (B)	Manifestazioni rilevanti imputabili a degrado biologico (C)		Manifestazioni rilevanti imputabili a degrado meccanico (D)	Difetti non ammessi dalla Norma Uni 11119:2004 (E)	Elemento con degrado biologico e/o meccanico di entità tale da consigliarne la sostituzione (F)	Elemento con degrado biologico accertato o sospetto per il quale sono state eseguite prove strumentali (resistografiche) (G)	Prove strumentali (H)	Sezione (bxh, cm) (I)	Esito indagine strumentale / altre criticità (L)	Foto (M)
		Insetti xilofagi	Funghi cariogeni								
1	P	-	X	-	-	-	X	24	10x10	Degrado da carie max 3 cm faccia P localizzato in luce	111
2	T	-	X	-	-	X	-	-	-	Consigliata sostituzione	6
3	P	-	X	-	-	-	X	25-27	19x25	Degrado da carie 75-100% in appoggio P (inferiore) a diminuire in luce fino a 35 cm da filo muro	112,113
4	P	X	X	-	-	X	-	-	-	Consigliata sostituzione	1
5	T	-	X	-	-	X	-	-	-	Consigliata sostituzione	2
6	T	-	-	-	-	-	X	28,29	17x23	Degrado da carie e insetti 0-25% in appoggio P prevalentemente localizzato in estradosso	2,114
7	T	-	X	-	-	X	-	-	-	Consigliata sostituzione	3
8	T	X	-	-	-	X	-	-	-	Consigliata sostituzione	6
9	T	-	X	-	-	-	X	30,31	23x19	Degrado da carie max 4 cm faccia Sx esteso in luce da 155 cm a 185 cm da filo diagonale A	13,14 115
10	T	-	X	-	-	-	X	32,33	23x18	Degrado da carie max 4 cm faccia Sx esteso in luce da 100 cm a 160 cm da filo diagonale A	12
11	P	-	X	-	-	-	X	34-37	18x22	Degrado da carie 0-25% in appoggio Dx (inferiore) prevalentemente localizzato in estradosso e faccia P	11,116, 117
12	T	-	X	-	-	X	-	-	-	Consigliata sostituzione	7
13	T	-	-	-	-	-	X	38	-	Anomalie assenti	-
14	T	-	X	-	-	X	-	-	-	Consigliata sostituzione	17,20
15	T	-	X	-	-	-	X	39-41	-	Anomalie assenti Estremità Dx (porzione in aggetto degradata)	-
16	T	-	X	-	-	X	-	-	-	Consigliata sostituzione	19,21
17	P	-	X	-	-	-	X	42-49	-	Anomalie assenti	23
18	T	-	X	-	-	X	-	-	-	Consigliata sostituzione	13
19	P	-	X	-	-	-	X	50-53	18x23	Degrado da carie 0-25% in appoggio P (inferiore) prevalentemente localizzato in intradosso	25,125 126
20	T	-	X	-	-	-	X	54,55	14x20	Degrado da carie 75-100% in appoggio Dx a diminuire in luce fino a 10 cm da filo muro	26,127

CASI ESEMPLIFICATIVI

Elemento (A)	Tipologia strutturale (B)	Manifestazioni rilevanti imputabili a degrado biologico (C)		Manifestazioni rilevanti imputabili a degrado meccanico (D)	Difetti non ammessi dalla Norma Uni 11119:2004 (E)	Elemento con degrado biologico e/o meccanico di entità tale da consigliarne la sostituzione (F)	Elemento con degrado biologico accertato o sospetto per il quale sono state eseguite prove strumentali (resistografiche) (G)	Prove strumentali (H)	Sezione (btx, cm) (I)	Esito indagine strumentale / altre criticità (L)	Foto (M)
		Insetti xilofagi	Funghi cariogeni								
21	T	-	X	-	-	-	X	56,57	14x18	Degrado da carie 75-100% in appoggio Dx a diminuire in luce fino a 20 cm da filo muro	27,128
22	T	-	X	-	-	-	X	7,8	16x19	Degrado da carie max 4 cm faccia A esteso in luce per 40 cm da estremità Sx	105
23	T	-	X	-	-	X	-	-	-	Infiltrazioni di acqua attive Accessibilità limitata per porzione di tetto crollata, consigliata sostituzione	106-109
24	Ca	-	X	-	-	-	X	9-23	Catena 24x29 Puntone 21x26	Catena: degrado da carie 50-75% in appoggio Dx a diminuire in luce fino a 150 cm da filo muro Puntone: degrado da carie 50-75% in appoggio Dx a diminuire in luce fino a 10 cm da filo muro Infiltrazioni di acqua attive	9,10 110
25	P	-	X	-	-	X	-	-	-	Consigliata sostituzione	8
26	T	-	X	-	-	-	X	6	15x15	Degrado da carie 3 cm faccia P in appoggio Dx ed esteso in luce per 15 cm da filo monaco	29,104
27	T	-	X	-	-	X	-	-	-	Consigliata sostituzione	-
28	T	-	X	-	-	X	-	-	-	Elemento non riportato nella planimetria originaria Consigliata sostituzione	28 132-134
29	T	-	X	-	-	X	-	-	-	Consigliata sostituzione	34
30	P	-	X	-	-	X	-	-	-	Consigliata sostituzione	35
31	T	-	X	-	-	X	-	-	-	Consigliata sostituzione	36
32	T	-	X	-	-	X	-	-	-	Consigliata sostituzione	37
33	P	-	-	-	-	-	X	58-65	21x26	Degrado da carie 25-50% prudenziale in appoggio P (inferiore)	135,136
34	P	-	-	-	-	-	X	66-68	-	Anomalie assenti	140
35	P	-	-	-	-	-	X	69,70	-	Anomalie assenti	137
36	P	-	X	-	-	-	X	71-73	16x21	Degrado da carie 75-100% in appoggio Sx (inferiore) a diminuire in luce fino a 40 cm da filo muro	39,139
37	T	-	X	-	-	X	-	-	-	Consigliata sostituzione	40,144
38	P	-	X	-	-	-	X	74-76	18x23	Degrado da carie 75-100% in appoggio Sx (inferiore) a diminuire in luce fino a 10 cm da filo muro	41,42 142,143
39	T	-	X	-	-	X	-	-	-	Consigliata sostituzione	43,44 148

CASI ESEMPLIFICATIVI

Elemento (A)	Tipologia strutturale (B)	Manifestazioni rilevanti imputabili a degrado biologico (C)		Manifestazioni rilevanti imputabili a degrado meccanico (D)	Difetti non ammessi dalla Norma Uni 11119:2004 (E)	Elemento con degrado biologico e/o meccanico di entità tale da consigliarne la sostituzione (F)	Elemento con degrado biologico accertato o sospetto per il quale sono state eseguite prove strumentali (resistografiche) (G)	Prove strumentali (H)	Sezione (bxh, cm) (I)	Esito indagine strumentale / altre criticità (L)	Foto (M)
		Insetti xilofagi	Funghi cariogeni								
40	P	-	X	-	-	-	X	77-80	16x21	Degrado da carie 50-75% in appoggio P (inferiore) Degrado da carie max 4 cm estradosso esteso in luce da filo muro fino a 25 cm	45,147 149,150
41	T	-	X	-	-	X	-	-	-	Consigliata sostituzione	47
42	T	-	X	-	-	X	-	-	-	Consigliata sostituzione	48
43	P	-	X	-	-	-	X	81,82	19x23	Degrado da carie 75-100% in appoggio P (inferiore)	52,53 151,152
44	P	-	X	-	-	-	X	83-87	19x23	Degrado da carie 25-50% in appoggio P (inferiore) Infiltrazioni attive in appoggio P almeno fino a 50 cm da filo muro	54 153-156
45	P	-	X	-	-	-	X	88-93	18x22	Degrado da carie 25-50% in appoggio P (inferiore) Degrado da carie max 4 cm estradosso esteso in luce da filo muro fino a 25 cm	55,157
46	P	-	X	-	-	-	X	94-98	20x24	Degrado da carie 75-100% in appoggio P (inferiore) a diminuire in luce fino a 10 cm da filo muro	58,160
47	T	X	X	-	X	X	-	-	-	Consigliata sostituzione	59-62 161
48	T	-	-	-	-	-	X	99-104	14x19	Degrado da carie 50-75% in appoggio Dx	159
49	P	-	X	-	-	-	X	105-109	18x22	Degrado da carie 50-75% prudenziale in appoggio P (inferiore)	63,162
50	P	-	-	-	-	-	X	110-115	-	Anomalie assenti	-
51	T	X	-	-	-	X	-	-	-	Consigliata sostituzione	-
52	T	-	X	-	-	-	X	116-118	13x11	Degrado da carie 25-50% esteso nel tratto ¼ Dx localizzato prevalentemente su faccia A	69
53	T	X	-	-	-	X	-	-	-	Consigliata sostituzione	70
54	T	-	X	-	-	-	X	119-121	12x12	Degrado da carie 25-50% esteso in luce da 50 cm a 100 cm da filo appoggio Dx localizzato prevalentemente in estradosso	71
55	T	-	X	-	-	-	X	3,4	15x18	Degrado da carie max 2 cm faccia Sx ed estradosso in appoggio P	91
56	T	-	X	-	-	X	-	-	-	Consigliata sostituzione	-
57	T	-	X	-	-	X	-	-	-	Consigliata sostituzione	89,164
58	Ca	-	X	X	-	-	-	-	-	Denti catena parzialmente efficienti per degrado/distacchi	92-94 99

CASI ESEMPLIFICATIVI

Elemento (A)	Tipologia strutturale (B)	Manifestazioni rilevanti imputabili a degrado biologico (C)		Manifestazioni rilevanti imputabili a degrado meccanico (D)	Difetti non ammessi dalla Norma Uni 11119:2004 (E)	Elemento con degrado biologico e/o meccanico di entità tale da consigliarne la sostituzione (F)	Elemento con degrado biologico accertato o sospetto per il quale sono state eseguite prove strumentali (resistografiche) (G)	Prove strumentali (H)	Sezione (bxh, cm) (I)	Esito indagine strumentale / altre criticità (L)	Foto (M)
		Insetti xilofagi	Funghi cariogeni								
59	T	-	-	-	-	-	X	1,2	-	Anomalie assenti Infiltrazioni di acqua attive	97,98
60	T	-	X	-	-	X	-	-	-	Non accessibile, ispezione a distanza Consigliata sostituzione	100,101
61	T	-	-	-	-	-	-	-	-	Appoggio Sx 8 cm su mattoni posticci	102
62	T	-	-	-	-	-	-	-	-	Appoggio Sx 9 cm	102
63	T	-	X	-	-	-	X	5	15x16	Degrado da carie 0-25% faccia P ed estradosso esteso in luce da 55 cm a 110 cm da appoggio Sx	-
64	T	-	X	-	-	X	-	-	-	Elemento non riportato nella planimetria originaria Consigliata sostituzione	-
65	T	X	-	-	-	X	-	-	-	Elemento non riportato nella planimetria originaria Consigliata sostituzione	163
66	T	-	-	-	-	-	X	122,123	-	Anomalie assenti	-

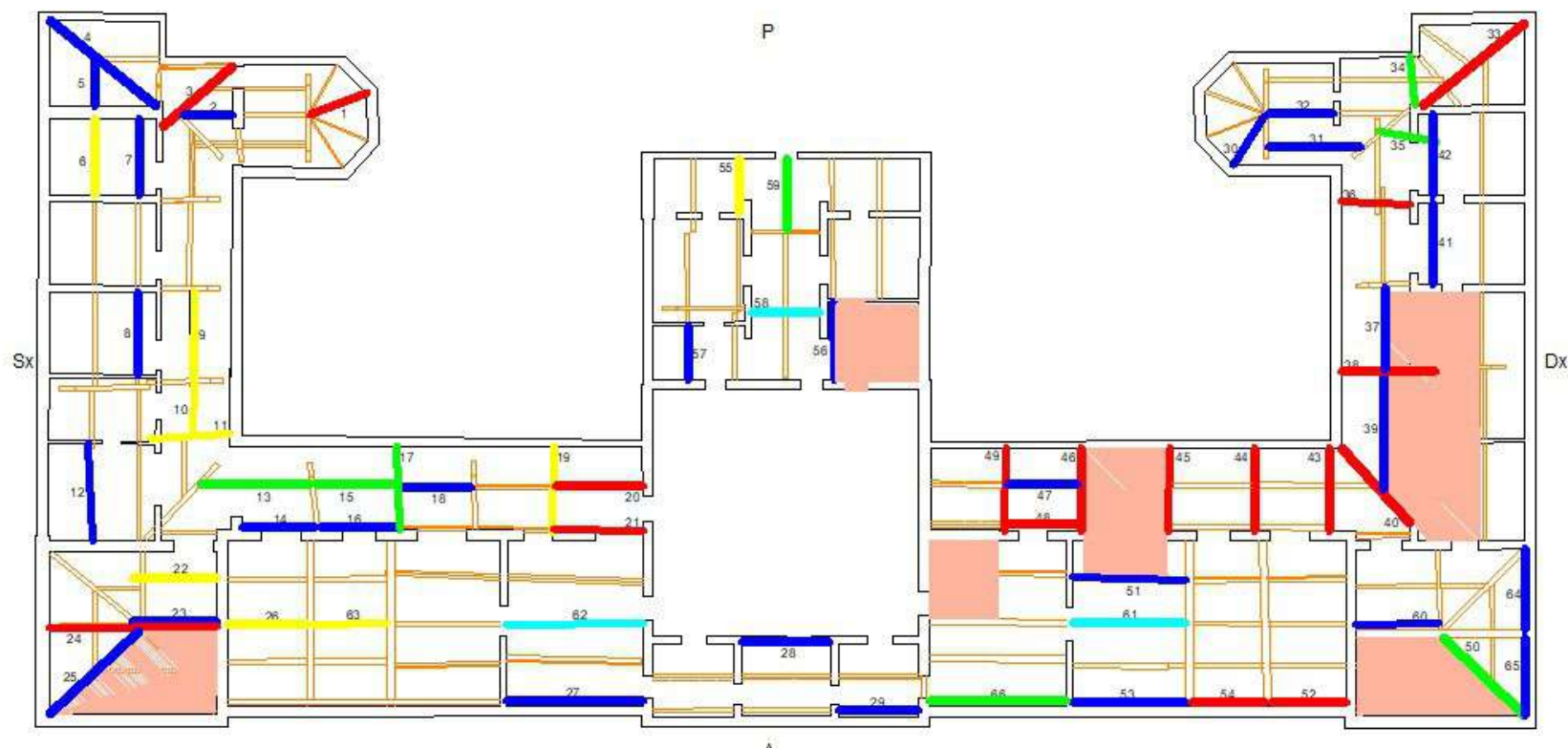
Legenda:

Ca capriata

P puntone

T trave / terza

CASI ESEMPLIFICATIVI



LEGENDA:

- Elemento con degrado biologico/meccanico o con difetti tali da consigliare la sostituzione, indagine strumentale non eseguita
- Degrado grave (max 50%) o superiore accertato mediante indagine strumentale
- Degrado moderato (max 25%) accertato mediante indagine strumentale
- Elemento indagato strumentalmente, nessuna anomalia rilevata
- Elemento con altre criticità
- Porzione di tetto non indagata per inaccessibilità/crollo/rifacimento

CASI ESEMPLIFICATIVI



Dott. Forestale Massimiliano LENZI - La diagnosi delle strutture lignee

CASI ESEMPLIFICATIVI



CASI ESEMPLIFICATIVI

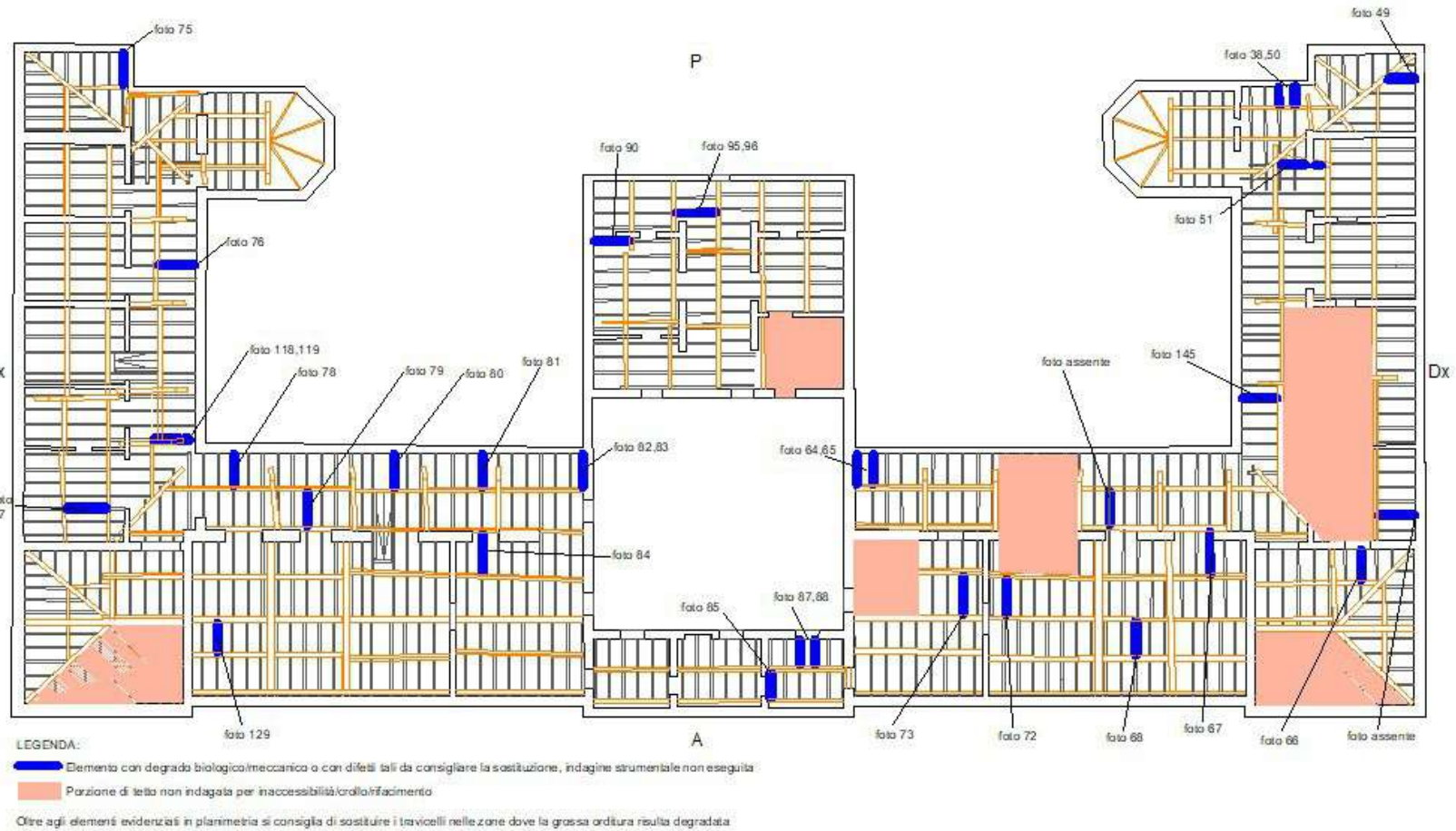


CASI ESEMPLIFICATIVI



Dott. Forestale Massimiliano LENZI - La diagnosi delle strutture lignee

CASI ESEMPLIFICATIVI



CASI ESEMPLIFICATIVI

Riassumendo:

- **Elementi da mettere in sicurezza provvisoria**
- **Elementi sui quali intervenire in fase di ripristino copertura**

POTEVA ESSERE FATTO DI PIU'

**INDAGINE STRUMENTALE AGLI APPOGGI SU MURO
ESTERNI**

**CARATTERIZZAZIONE MECCANICA PER TIPOLOGIA
STRUTTURALE**

CASI ESEMPLIFICATIVI

Scuola Primaria Statale “M. Tilli” Castelfiorentino (FI)

Luogo: CastelFioentino

Edificio in uso

Copertura 1500 mq

Proposta Tecnica

Indagine visiva preliminare semplificata

Indagine strumentale su punti critici

Tempi circa 3 giorni

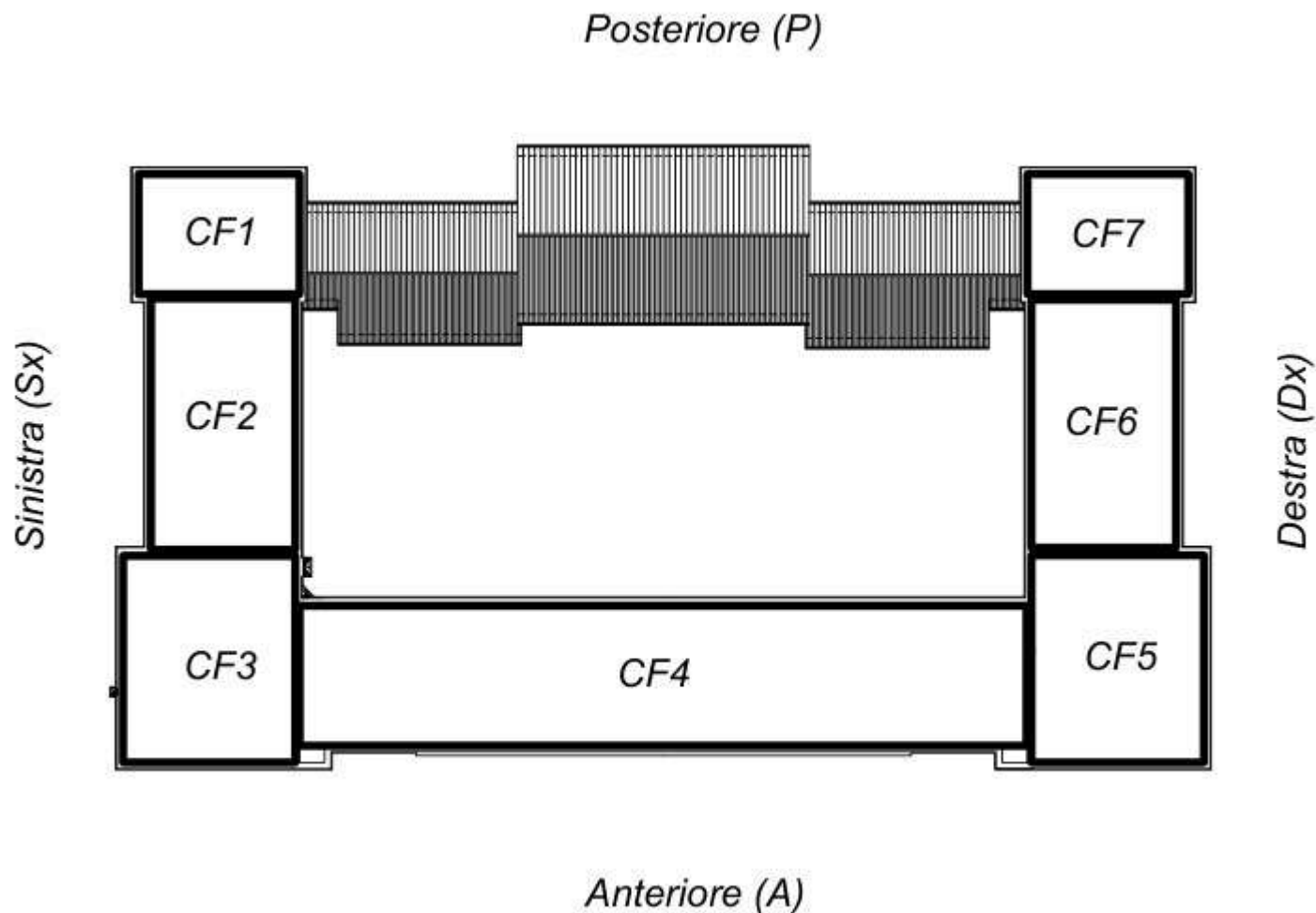
Squadra di due tecnici

CASI ESEMPLIFICATIVI

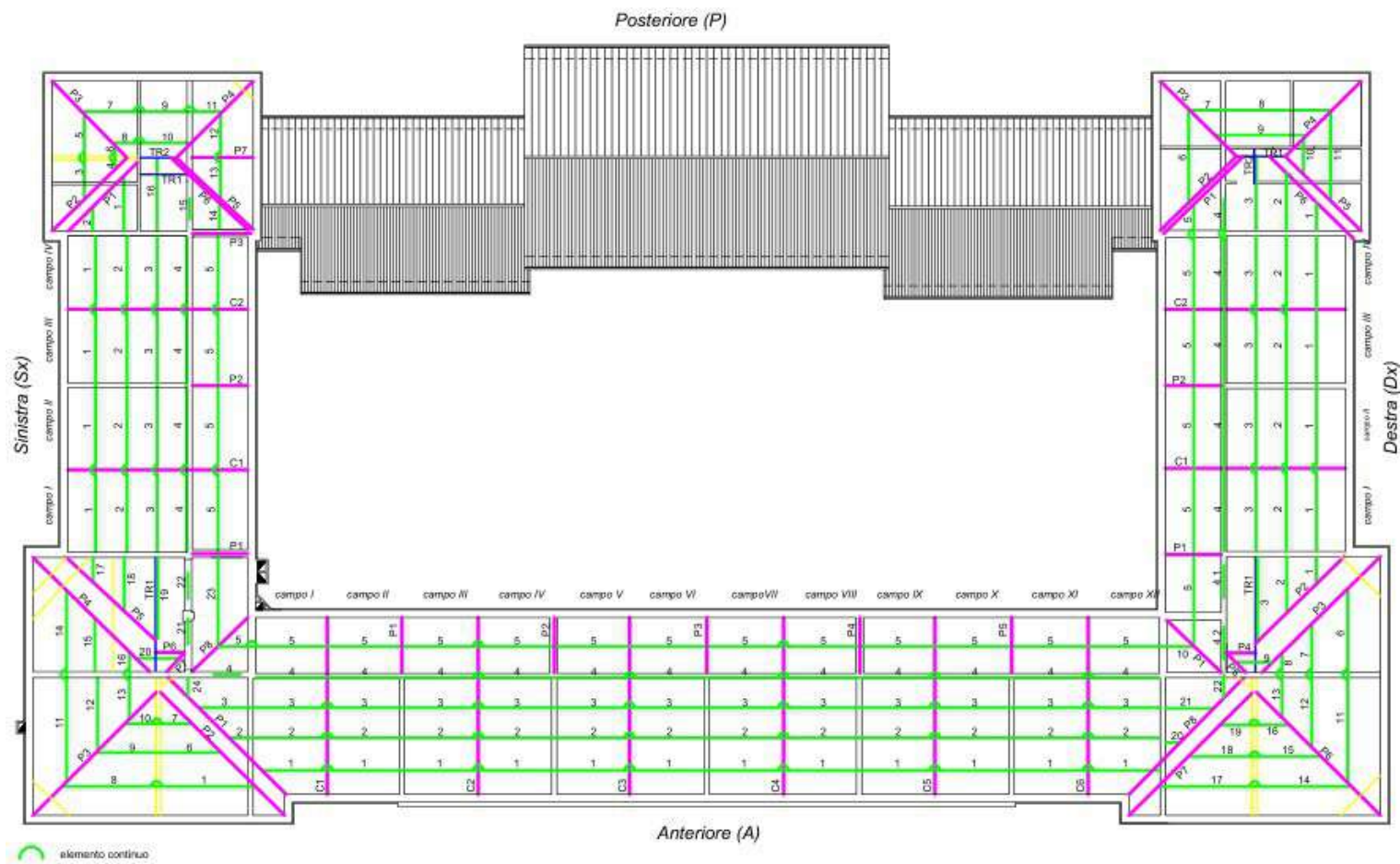


Dott. Forestale Massimiliano LENZI - La diagnosi delle strutture lignee

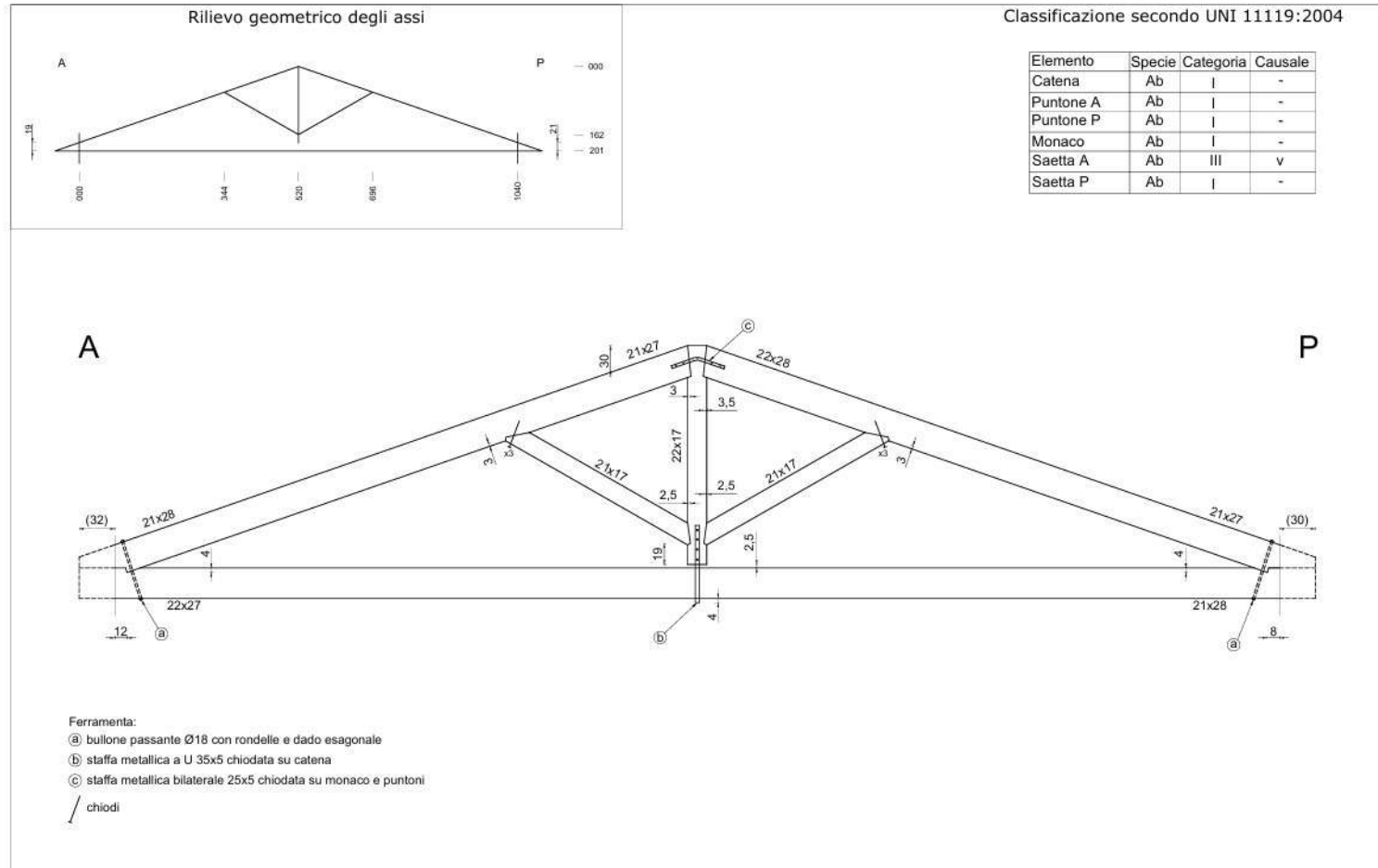
CASI ESEMPLIFICATIVI



CASI ESEMPLIFICATIVI



CASI ESEMPLIFICATIVI



CASI ESEMPLIFICATIVI



CASI ESEMPLIFICATIVI

Elem.	Specie	Sezione in mezzzeria (cm)	Cat.	Causale	App. A/Sx (cm)	App. P/Dx (cm)	Staf-fa A/Sx	Staf-fa P/Dx	Note descrittive	Degrado biologico / meccanico	Foto
C5 Pp	Ab	21x27	I	-	-	-	-	-	-	Degrado da insetti 2 cm estradosso localizzato in estremità inferiore esteso per circa 100 cm	-
C5 Cat	Ab	21x27	I	-	nr	nr	-	-	-	Degrado da carie stimato moderato in appoggio P, si consiglia esecuzione prove strumentali	89 90
C5 Sa	Ab	22x17	I	-	-	-	-	-	-	Buono stato di conservazione	-
C5 Sp	Ab	22x17	I	-	-	-	-	-	-	Buono stato di conservazione	-
C5 Mon	Ab	22x17	I	-	-	-	-	-	-	Buono stato di conservazione	-
C6 Pa	Ab	21x27	I	-	-	-	-	-	-	Buono stato di conservazione	-
C6 Pp	Ab	21x27	I	-	-	-	-	-	-	Degrado da carie stimato grave in corrispondenza di elemento 5, si consiglia esecuzione prove strumentali	73,75 76
C6-Cat	Ab	22x28	II	dft	nr	nr	-	-	Svergolata	Degrado da insetti stimato grave su dente posteriore, si consiglia esecuzione prove strumentali	77 78
C6 Sa	Ab	22x17	I	-	-	-	-	-	-	Buono stato di conservazione	-
C6 Sp	Ab	22x17	I	-	-	-	-	-	-	Buono stato di conservazione	-
C6 Mon	Ab	21x17	I	-	-	-	-	-	-	Buono stato di conservazione	-
P1	Ab	19x22	I	-	nr	23	-	-	-	Buono stato di conservazione	-
P2	Ab	16x20	I	-	nr	nr	-	-	Sostenuto in luce da pilastro in muratura a doppia testa e in estremità inferiore da pilastro in aggetto di 13 cm	Buono stato di conservazione	-
P3	Ab	17x21	I	-	nr	nr	-	-	-	Buono stato di conservazione	-
P4	Ab	16x20	I	-	>15	nr	-	-	Sostenuto in luce da pilastro in muratura a doppia testa e in estremità inferiore da pilastro in aggetto di 15 cm	Degrado da carie su fessura da ritiro di entità trascurabile localizzato in luce Degrado da carie stimato moderato in estremità inferiore (appoggio su muro)	-
P5	Ab	18x23	I	-	50	nr	-	-	-	Degrado da carie stimato moderato/grave in estremità inferiore (appoggio su muro), si consiglia esecuzione prove strumentali Degrado da insetti 2 cm estradosso esteso in luce	80 81
I-1	Ab	16x19	I	-	-	c	-	-	Collegato per approssimazione a P1 con un chiodo grande e con chiodi piccoli	Buono stato di conservazione	-
I-2	Ab	15x19	I	-	nr	c	x	-	-	Buono stato di conservazione	-
I-3	Ab	15x19	I	-	(10)	nr	x	-	Ancoraggio linea vita in estremità	Degrado da carie stimato grave localizzato in estremità Sx, si consiglia esecuzione prove strumentali	116 119
I-4	Ab	15x18	I	-	23	13	-	-	-	Buono stato di conservazione	-
I-5	Ab	15x19	I	-	c	11	-	x	-	Degrado da insetti 1 cm estradosso esteso in luce	-
II-1	Ab	16x19	III	v	c	12	-	x	-	Buono stato di conservazione	-
II-2	Ab	16x19	II	n	c	15	-	x	-	Buono stato di conservazione	-

CASI ESEMPLIFICATIVI

Elemento	Degrado stimato grave o maggiore	Integrazione prove strumentali	Messa in sicurezza provvisoria	Consolidamento pregresso	Esito indagine strumentale
P8	X	-	X	X	-
CORPO DI FABBRICA 4					
C5 catena	X	X	-	-	Degrado da carie 50% su catena appoggio P nel muro prevalente metà sezione destra a diminuire fino a 15 cm da filo muro
C6 puntone P	X	X	X	-	Degrado da carie 50-75% localizzato in corrispondenza di terza 5 esteso 30 cm verso A e 60 verso P dall'asse della terza
C6 catena	X	X	-	-	Dente posteriore della catena gravemente degradato da insetti
P5	X	X	-	-	Degrado da carie e insetti 2 cm periferico in estremità inferiore (appoggio su muro)
I-3	X	X	-	-	Degrado da carie 25-50% in estremità sinistra (zona ancoraggio) esteso 40 cm da filo muro e 0-25% da 40 a 120 cm localizzato in estradosso
II-3	-	X	-	-	Degrado da carie 2 cm faccia A ed estradosso localizzato zona ancoraggio

CASI ESEMPLIFICATIVI

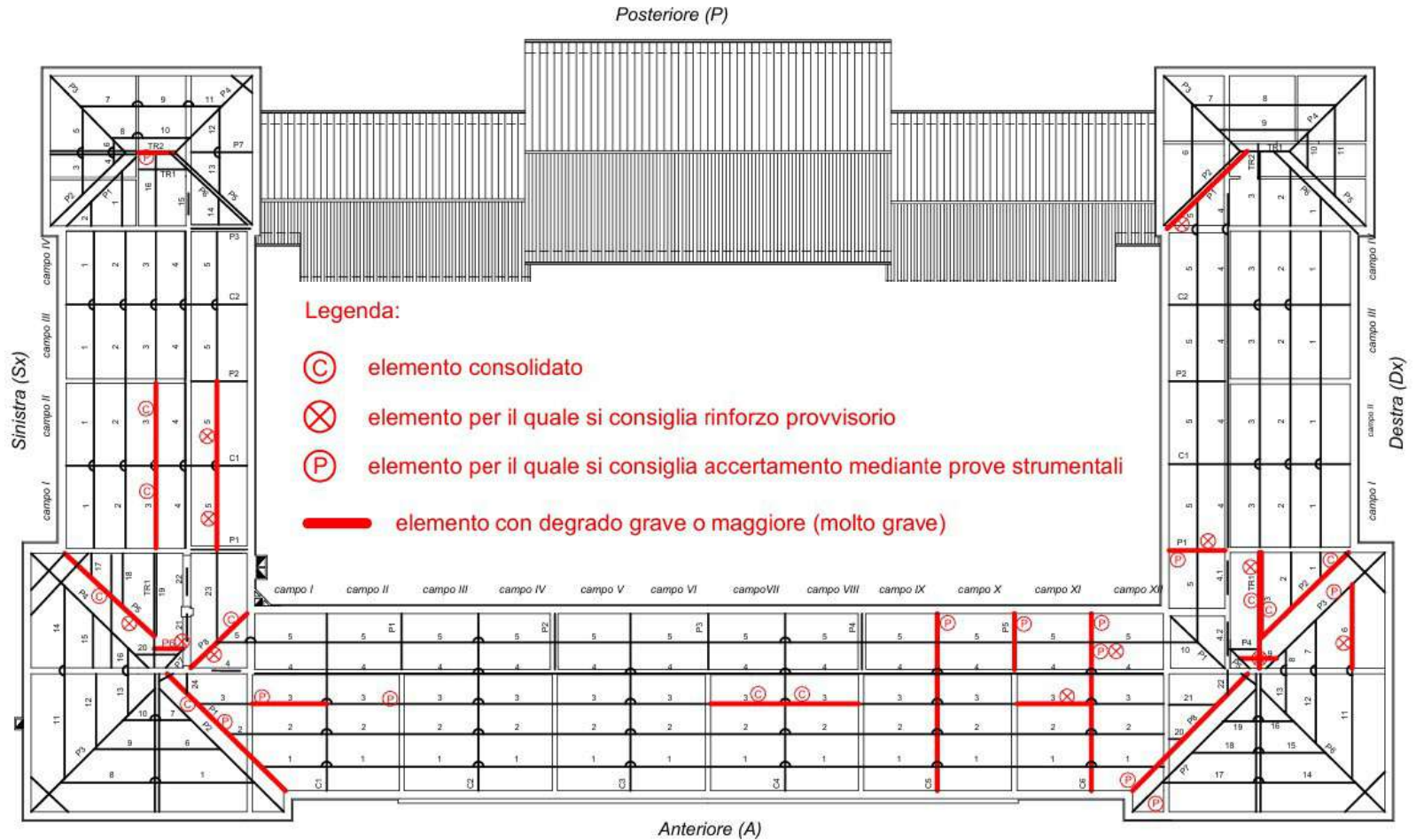


CASI ESEMPLIFICATIVI



Dott. Forestale Massimiliano LENZI - La diagnosi delle strutture lignee

CASI ESEMPLIFICATIVI



CASI ESEMPLIFICATIVI

Riassumendo:

- **Caratterizzazione geometrica**
- **Caratterizzazione meccanica**
- **Specie legnosa**
- **Elementi da mettere in sicurezza provvisoria**
- **Elementi sui quali intervenire in fase di ripristino copertura**

POTEVA ESSERE FATTO DI PIU'

INDAGINE DI DETTAGLIO