



Lavori Pubblici

Speciali **LLPP**

Indagini diagnostiche su strutture lignee

Massimiliano LENZI, Dott. Forestale, libero professionista

INDAGINI DIAGNOSTICHE SU STRUTTURE LIGNEE

Massimiliano LENZI, Dott. Forestale, libero professionista (www.mldiagnosticalegno.it)

La diagnostica è una fase preliminare fondamentale per la conservazione di una struttura in legno o in un qualsiasi altro materiale. Con la diagnostica è possibile conoscere non solo lo stato attuale, ma anche l'evoluzione che la struttura ha subito nel corso della sua storia, ovvero, dalla sua messa in opera. Tale conoscenza permette di intervenire, qualora ci sia l'esigenza, in modo mirato attuando una scelta adeguata del tipo di intervento, dei materiali e delle metodologie da impiegare ottimizzando di conseguenza, tempi e costi.

Attualmente le strutture lignee sono distribuite su tutto il territorio nazionale nelle tipologie più varie: coperture di chiese, di palazzi, di torri, di edifici rurali e non, nonché solai e controsoffittature degli stessi, ma anche scale, loggiati, ponti, volte, ecc. Queste strutture sono spesso presenti sin dall'origine, talora con un elevato valore tecnico, culturale, storico ed artistico e per questo meritevoli di essere conservate.



Foto 1 - Copertura a capriate, falsi puntoni, arcarecci e travicelli.

Un'errata progettazione iniziale ed una scarsa manutenzione della struttura lignea fino al suo abbandono, spesso portano ad instaurare un processo di degrado meccanico (rotture, deformazioni, sconnessioni, ecc.) e biologico (organismi xilofagi quali funghi e insetti) irreversibile, tale da compromettere la sua funzione, utilizzazione e soprattutto la sua sicurezza. Tuttavia si riscontrano, a testimonianza della durabilità di questo materiale, anche strutture particolarmente antiche in cui il legname utilizzato si presenta in ottimo stato di conservazione: questo grazie a particolari accorgimenti attuati nelle fase di realizzazione dai carpentieri di allora e ad una successiva e duratura nonché adeguata manutenzione del complesso strutturale.

Di fronte ad una struttura lignea, indipendentemente dal suo stato di conservazione attuale, una accurata ispezione permette di individuare e raccogliere tutte le informazioni necessarie per una valutazione dell'idoneità statica, nonché per impostare un progetto di manutenzione, recupero o restauro della struttura stessa.

Nell'ambito delle strutture lignee, le norme principali alle quali il progettista deve far riferimento sono principalmente due:

- la norma **UNI 11119:2004** "**Beni culturali. Manufatti lignei. Strutture portanti degli edifici – Ispezione in situ per la diagnosi degli elementi in opera.**"
- la norma **UNI 11138:2004** "**Beni culturali. Manufatti lignei. Strutture portanti degli edifici – Criteri per la valutazione preventiva, la progettazione e l'esecuzione di interventi.**"

In particolare, la norma UNI 11119 definisce una metodologia per valutare lo stato di conservazione degli elementi lignei facenti parte di strutture portanti di edifici compresi nell'ambito dei beni culturali. La norma può comunque essere utilizzata per qualsiasi tipo di struttura lignea, oggetto di verifica.

La seconda norma, la UNI 11138, fornisce invece indicazioni generali sui criteri da seguire per la riabilitazione delle strutture lignee in edifici di interesse storico-culturale.

Secondo quanto prescritto dalla UNI 11119, ogni elemento strutturale, al fine di determinare la sua integrità e le sue prestazioni, è soggetto a due livelli d'ispezione: un esame visivo e un'indagine strumentale.

Per consentire l'esame visivo è necessario che la struttura sia accessibile, che le superfici del legno siano pulite e non ricoperte da polvere, sporcizia o quant'altro e che l'ambiente sia sufficientemente illuminato per intensità e qualità. L'indagine strumentale può essere eseguita mediante l'utilizzo di attrezzature semplici come il martello, la cui risposta sonora derivante dalla percussione dell'elemento permette, di individuare eventuali anomalie (carie, cavità, cipollature, ecc.) e il cacciavite, la cui infissione nella superficie legnosa permette una valutazione del degrado superficiale o mediante attrezzature più sofisticate come il trapano strumentato, per la valutazione del degrado/anomalie interne. Strumentazione quest'ultima, che risulta attualmente essere la tecnica più idonea a tale scopo. Il trapano permette di rilevare la resistenza che il materiale legno oppone alla penetrazione di una punta (40 cm di lunghezza) 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 centimetri e sulle ordinate la resistenza del legno mediante un'unità di misura arbitraria. Il numero delle prove non è definibile a priori in quanto determinato dalla dimensione dell'elemento, dalla sua accessibilità, dall'entità presunta del degrado (stato di conservazione apparente) e da ulteriori problematiche presenti. Nel caso degli appoggi su muro, l'indagine strumentale permette di valutare lo stato di conservazione all'interno del muro per un tratto di circa 30 cm.



Foto 2 – Indagine strumentale mediante trapano strumentato.

A seguito dell'indagine visiva e strumentale, il tecnico progettista avrà a disposizione una serie di informazioni fondamentali per intervenire correttamente sulla struttura. Tali informazioni sono: *specie legnosa, umidità, geometria, categoria, degrado biologico, degrado meccanico ed efficienza dei collegamenti.*

L'identificazione della specie legnosa viene eseguita, in riferimento alla norma UNI 11118:2004 "Beni Culturali. Manufatti lignei. Criteri per l'identificazione delle specie legnose", mediante un esame macroscopico dell'elemento e, qualora non risultasse sufficiente, un esame microscopico su un campione prelevato. E' sufficiente prelevare un campione per elemento ligneo di dimensioni anche molto piccole, tali da non recare alcun tipo di danno all'elemento stesso. Tuttavia è consigliabile prelevarlo in zone di minor impatto visivo, ma soprattutto in zone non degradate affinché sia possibile l'osservazione al microscopio.

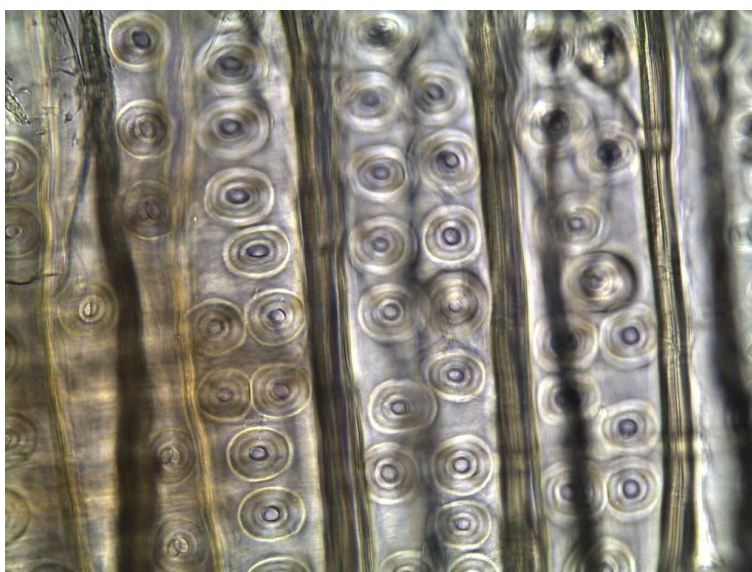


Foto 3 – Sezione radiale di larice (*Larix decidua*) osservata al microscopio ottico.

L'umidità viene stimata, in riferimento alla norma UNI 11204:2007 "*Beni Culturali. Manufatti lignei. Determinazione dell'umidità*", mediante il metodo elettrico con strumenti a conducibilità, a capacità o a dissipazione. Sono metodi facilmente applicabili su elementi in opera e permettono di avere una risposta immediata. I misuratori a conducibilità (igrometri elettrici con elettrodi isolati) permettono di avere misure puntuali e sono quindi in grado di rilevare gradienti trasversali e longitudinali attraverso più punti di misurazione; tuttavia sono parzialmente distruttivi a causa dei fori lasciati nel legno dagli elettrodi. I misuratori a capacità e a dissipazione non arrecano alcun tipo di danno in quanto vengono semplicemente appoggiati o avvicinati alla superficie del legno. Essendo però concepiti per la stima dell'umidità di segati durante il processo di essiccazione, non si prestano a situazioni, come può accadere nel legno in opera, nelle quali siano presenti gradienti di umidità inversi/trasversali o sacche di umidità localizzate.

La geometria viene rilevata sul sistema strutturale, sulle unità strutturali e su ciascun elemento ligneo; in quest'ultimo caso si rilevano le dimensioni (sezione e lunghezza), eventuali deformazioni e particolarità di accrescimento (biforcazioni, sciabolature, posizione del midollo, ecc.). Oggetto di caratterizzazione geometrica sono anche i collegamenti legno-legno e legno-metallo.



Foto 4 – Rilievo geometrico – sezione del puntone

La categoria viene attribuita mediante una classificazione a vista che consiste nella misurazione di difetti, la cui presenza determina un peggioramento delle proprietà meccaniche del legno. Tali difetti sono, secondo la norma, gli smussi, i nodi (singoli o disposti in gruppo), la deviazione di fibratura, la presenza di lesioni di varia natura, le cipollature, i cretti da gelo e le fessurazioni da ritiro. Per quanto riguarda gli smussi è opportuno fare la seguente considerazione. Nelle strutture antiche, dove gli elementi venivano talvolta squadrate grossolanamente ottenendo sezioni con ampi smussi, può accadere che molti elementi siano giudicati non idonei; questo comporterebbe una penalizzazione fin troppo eccessiva. In tal caso è consigliabile non considerare lo smusso ai fini

della classificazione, ma predisporre un rilievo geometrico accurato della sezione con il quale il progettista potrà eseguire le verifiche opportune. Ciascun elemento viene classificato considerandolo nella sua lunghezza complessiva o dividendolo in porzioni definite a seconda della sua funzione strutturale e quindi delle sollecitazioni a cui è sottoposto.

Attribuita la categoria è possibile risalire alle tensioni ammissibili e/o ai valori caratteristici applicabili in fase di verifica.

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

Tabella di classificazione norma UNI 11119:2004.

Il degrado biologico viene rilevato con l'ausilio di attrezzature semplici o sofisticate (vedi indagine strumentale). Quando si parla di degrado biologico si fa riferimento principalmente a un degrado causato da insetti xilofagi, appartenenti all'ordine dei Coleotteri, in particolar modo alla famiglia degli Anobidi e dei Cerambicidi e da funghi della carie appartenenti ai gruppi dei Basidiomiceti (carie bruna e bianca) e in secondo luogo degli Ascomiceti e Deuteromiceti (carie soffice). La valutazione di tale degrado comprende, oltre alla sua entità, anche la sua localizzazione in riferimento alla lunghezza e alla sezione dell'elemento. Il legno è soggetto anche a un degrado abiotico dovuto ad agenti atmosferici, fattori chimici e fisici che tuttavia sono di minor importanza rispetto agli agenti biologici, in quanto arrecano danni minori e in tempi assai più lunghi.



Foto 5 – Degrado da carie in appoggio di capriata.

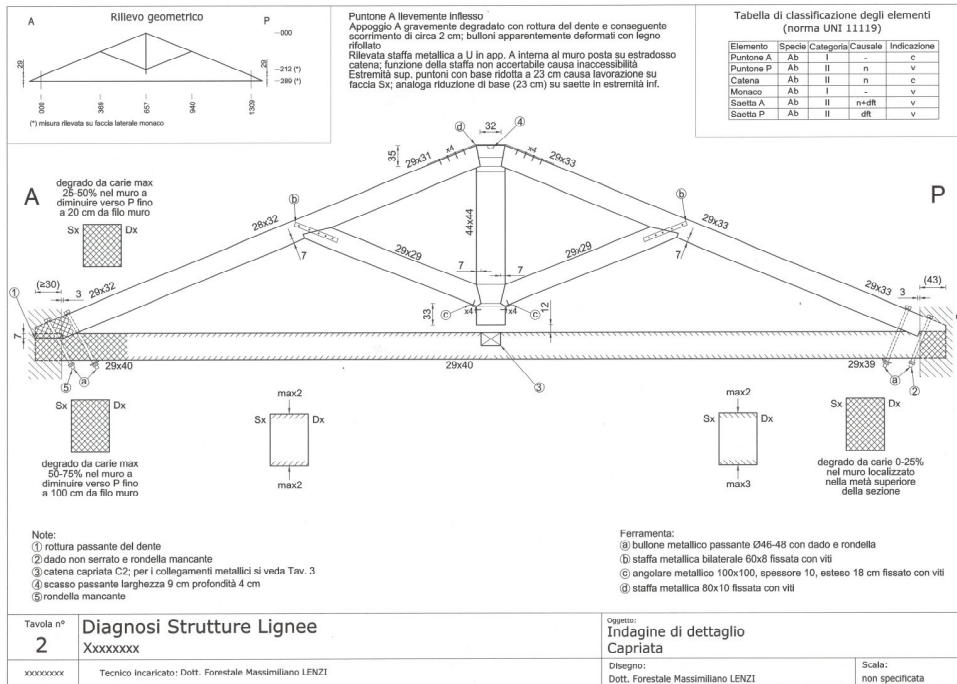
La valutazione del degrado meccanico consiste nel rilevare dissesti sull'intero sistema strutturale, sulle sue unità strutturali (avvallamenti, perdite di complanarità e verticalità, ecc.) e su ciascun elemento ligneo (rotture, lesioni, deformazioni, scorrimenti, rotazioni, ecc.).



Foto 6 – Rottura a flessione su trave di solaio in pioppo.

Infine, **la valutazione dell'efficienza dei collegamenti** consiste nel rilevare lo stato di conservazione del legno e/o delle parti metalliche e lo stato tensionale del collegamento stesso, facendo attenzione alla presenza di rotture, sconnessioni, disassamenti, difettosità geometriche, usura, ecc.. Questo aspetto è molto importante nelle strutture lignee in quanto i collegamenti assumono un ruolo fondamentale affinché la struttura svolga la sua funzione sotto la sollecitazione di carichi verticali (dall'alto verso il basso), ma soprattutto nei confronti di spinte orizzontali come nel caso del sisma o di carichi inversi (dal basso verso l'alto) determinati dall'azione del vento. Tutte le anomalie rilevate che portano a sostanziali variazioni della resistenza e della rigidità dell'elemento, andranno a costituire la **sezione critica** rappresentativa dell'elemento o di una sua porzione. La **sezione efficace**, ottenuta decurtando dalla sezione nominale dell'elemento la sezione critica, sarà quella utilizzabile per le verifiche di idoneità statica che permetteranno al progettista di capire se intervenire e dove/come intervenire.

In alternativa alla modalità d'indagine analizzata precedentemente che permette di ottenere informazioni dettagliate sulla struttura lignea, è possibile attuare un'indagine semplificata che si attiene alla norma UNI 11119, ma che, grazie alla sua particolarità, permette di ispezionare grandi coperture e strutture lignee in generale, in tempi ridotti. La metodologia di tale indagine, oltre a caratterizzare globalmente la struttura, permette di individuare situazioni critiche le quali possono essere risolte rapidamente, con interventi mirati, rendendo così l'edificio nuovamente sicuro e fruibile.



Elaborato grafico relativo ad ispezione di capriata (indagine di dettaglio).

Gli elementi lignei facilmente accessibili vengono ispezionati attraverso un esame visivo e strumentale eseguito con attrezzature semplici; in particolare vengono rilevati la geometria, la specie legnosa e la qualità meccanica oltre ad una valutazione qualitativa del degrado biologico e meccanico.

Gli elementi non accessibili vengono invece ispezionati a distanza, su questi si segnalano tutte quelle manifestazioni esteriori che possono essere ricondotte alla presenza di degrado biologico e/o meccanico e che innescano nell'elemento uno stato di sofferenza tale da giudicarlo staticamente non affidabile.

Infine viene dato un giudizio globale sui collegamenti legno-legno e sulla ferramenta.

In seguito, mediante una successiva indagine strumentale eseguita sugli elementi nei quali sono state individuate particolari anomalie giudicate rilevanti, si accerta con precisione il loro stato di conservazione.

Attualmente per la realizzazione di strutture lignee si è ampiamente diffuso l'utilizzo del **legno lamellare**. Queste strutture tuttavia, non sono esenti dalle alterazioni precedentemente citate a causa, in genere, di carenze nella progettazione, nell'esecuzione e/o da mancata manutenzione dell'opera. Analogamente alle strutture in legno massiccio, una loro ispezione consente la localizzazione di situazioni a rischio che, puntualmente risanate, permettono la completa riabilitazione della struttura stessa.

In definitiva l'ispezione delle strutture lignee sia di dettaglio che semplificata, alla quale spesso non viene data l'importanza e l'attenzione che merita, è un valido strumento che affianca il progettista nelle verifiche e negli eventuali interventi di ripristino o miglioramento del complesso strutturale.