



## **INDAGINE DIAGNOSTICA SU ELEMENTI STRUTTURALI LIGNEI DI COPERTURA PRESSO ALCUNI PADIGLIONI DEL CENTRO ALIMENTARE POLIVALENTE “MERCAFIR” A FIRENZE - RELAZIONE TECNICA**

### **1. Committente**

OPEN PROJECT S.r.l.  
Via E. Zago 2/2a  
40128 Bologna

### **2. Referenti**

Ing. Carlo LIPPO

### **3. Premessa**

L'indagine ha riguardato le strutture di copertura in legno lamellare (LL) di alcuni padiglioni ubicati all'interno del complesso (vedi foto satellitare **AII.2.1** Padiglioni L1 e F6). L'indagine è stata richiesta a seguito del preoccupante stato di conservazione delle strutture nell'ambito di un progetto per intervento di manutenzione straordinaria.

Per quanto concerne le condizioni di esposizione e i conseguenti possibili rischi di degrado biologico, la struttura del Padiglione L1, per la parte esposta direttamente agli agenti atmosferici, è ascrivibile alle classi di utilizzo CU3 e CU4 secondo UNI EN 335:2013, con conseguente possibile rischio di degrado biologico per carie (funghi xilofagi), mentre la struttura del Padiglione F6, essendo totalmente protetta dal manto di copertura è ascrivibile alle classi di utilizzo CU1 e CU2 secondo UNI EN 335:2013; tuttavia alcune parti di questa struttura essendo interessate da percolazioni di acqua, di fatto esse si trovano nelle condizioni ascrivibili alle classi di utilizzo CU3 e CU4, con conseguente possibile rischio di degrado biologico per carie (funghi xilofagi),

La presente indagine ha avuto come scopo principale la valutazione dello stato di conservazione di alcuni elementi strutturali scelti dal referente tecnico.

L'indagine ha compreso:

- a) ispezione visiva finalizzata alla caratterizzazione tecnologica dell'elemento strutturale e alla valutazione dello stato conservativo apparente (degrado biologico e fisico-meccanico)
- b) analisi strumentale mediante tecnica resistografica finalizzata ad evidenziare e quantificare l'eventuale degrado (per carie principalmente)
- c) documentazione fotografica.

Tali determinazioni sono state effettuate secondo le modalità di seguito descritte, compatibilmente alle effettive condizioni di accessibilità e sulla base di criteri preliminarmente concordati con il referente tecnico.



L'indagine è stata eseguita in data 24.03.2022.

#### **4. Procedimento di indagine**

L'ispezione ha riguardato le travi T1 e T3 Padiglione L1 (vedi pianta schematica **All.2.2**) in corrispondenza della parte estrema dell'appoggio sud oltre il canale di raccolta dell'acqua e gli elementi TP1, TP2, TP3, TP4 e TS Padiglione F6 (vedi pianta schematica **All.2.3**) in corrispondenza della zona di incrocio.

Per quanto riguarda l'ubicazione, l'identificazione e l'orientazione degli elementi si rimanda alle piante schematiche allegate (**All. 2.2 e 2.3**).

Per quanto concerne le condizioni di accessibilità l'ispezione è stata eseguita mediante uso di piattaforma aerea.

Nel caso di parziale inaccessibilità (accessibilità limitata) per cause strutturali o altre cause non rimovibili, nonché per ragioni di sicurezza o ergonomiche, la circostanza è stata evidenziata in sede di ispezione e riportata sugli elaborati.

Nei limiti consentiti dalle analogie legno massiccio-legno lamellare l'ispezione è stata condotta secondo la procedura riportata nella norma tecnica UNI 11119:2004, la quale è stata opportunamente integrata e/o modificata in base alla particolarità del materiale costituente la struttura oggetto di indagine.

Le prove resistografiche sono state eseguite con diverse modalità dipendentemente dalle condizioni di accessibilità, in genere penetrando con la punta ortogonalmente alle superfici degli elementi (parallele o perpendicolari alle lamelle) oppure obliquamente rispetto alle superfici (variamente orientate rispetto alle lamelle).

I dettagli esecutivi delle prove resistografiche eseguite e ogni altro dettaglio non descritto in relazione sono riportati nelle schede di rilievo allegate (**All.3**).

Di seguito si forniscono i dettagli metodologici relativi alle singole determinazioni. Per ulteriori dettagli si rimanda all'**All.1**.

#### **4.1 Caratterizzazione tecnologica**

E' stata eseguita sulla base delle caratteristiche determinabili a vista in modo diretto o indiretto, nonché tramite l'ausilio di tecniche diagnostiche strumentali non-distruttive. In particolare sono state prese in considerazione la specie legnosa, la composizione e la geometria, le particolarità costruttive, la presenza di elementi di connessione, piastre, ecc..

#### **4.2 Stato di conservazione**

La valutazione dello stato di conservazione ha riguardato principalmente il degrado biologico (carie, insetti); essa è stata eseguita a vista in base alla osservazione delle

manifestazioni visibili (alterazione dell'aspetto superficiale, discolorazioni, produzioni biologiche quali micelio fungino e corpi fruttiferi, ecc.), mediante uso di mezzi e tecniche semplici di ispezione quali la percussione con martello ed eventuale saggatura superficiale con cacciavite, sonda metallica rigida e flessibile, ecc.), e con metodi strumentali non-distruttivi correntemente applicati per le indagini strutturali su legname in situ; in particolare è stato fatto uso della tecnica cosiddetta "resistografica" finalizzata a stabilire la presenza e a quantificare l'estensione dell'eventuale degrado nella parte interna degli elementi e/o nelle parti non accessibili all'ispezione visiva.

Per quanto riguarda la strumentazione utilizzata, le prove sono state eseguite mediante apparecchiature elettroniche in grado di fornire profili (diagrammi x-y dove x è la profondità di penetrazione della punta e y è l'energia assorbita) ad elevata risoluzione, particolarmente idonee per la valutazione del degrado biologico. I dati sono stati acquisiti e restituiti in formato digitale oltre che mediante stampa su nastro di carta termica, utile per la interpretazione immediata sul posto. La valutazione dei profili è stata effettuata evidenziando la eventuale presenza, certa o sospetta, del degrado e, in caso di presenza, la sua entità espressa in % sulla base di un sistema di 4 classi (moderato 0-25%, grave 25-50%, molto grave 50-75%, totale 75-100%); sono state evidenziate inoltre eventuali altre anomalie o circostanze particolari (nodi, discontinuità, ecc.).

#### 4.3 Apparecchiature utilizzate

Per quanto riguarda le specifiche tecniche delle apparecchiature utilizzate esse sono riportate nella tabella che segue.

Tipo di prova	Apparecchiatura	Specifiche tecniche
Analisi resistografica	trapano strumentato per legno IML Resi PD400 (serial n.0636)	trapano strumentato a controllo elettronico, con punta di diametro 3mm e lunghezza max di perforazione 40cm, risoluzione 1/20 mm; consente la stampa dei profili in tempo reale su nastro di carta termica e l'acquisizione in formato digitale

### 5. Risultati

#### 5.1 Caratteristiche descrittive, geometriche e tecnologiche

Legname lamellare incollato di abete; lamella 33mm.

Strutture in opera da circa 15 anni (da comunicazione del referente tecnico)

Qualità generalmente buona (delaminazioni poco profonde)

Fessurazioni da ritiro presenti sulle facce maggiormente esposte all'insolazione.

#### 5.2 Stato di conservazione

Di seguito si fornisce il riepilogo dei risultati ottenuti in base all'ispezione visiva e all'analisi resistografica.

Elemento	Sezione	Prove resist.	Schede	Stato di conservazione/Note
Padiglione L1				(foto 78-167)
T1	-	1-9	2	degrado estradosso/estremità max 25-50%
T3	-	10-15	3	degrado in estradosso/estremità max 50-75%
T8	-	-	1	scossalina ancora in opera; degrado laterale in estremità <50%
Padiglione F6			5-8	(foto 168-260)
TP2	22x170	16-38	5	degrado max 75-100% in prossimità dell'appoggio fino a circa 75cm dall'estremità e in estradosso fino a oltre 150 cm; rotture per schiacciamento/tranciamento causa degrado per carie in appoggio su pilastro nell'intorno della piastra di unione
TP1	16xH	39,40, 67-73	5	degrado max 50-75% (75-100%) in prossimità dell'appoggio fino a circa 40cm dall'estremità
TP3	-	41-53	7	degrado max 50-75/75-100% in prossimità dell'appoggio fino a circa 50cm dall'estremità; rotture per schiacciamento causa degrado per carie in appoggio su pilastro
TP4	-	54-66	8	degrado max 50-75% (75-100%) in prossimità dell'appoggio fino a circa 40cm dall'estremità
TS	14xH	-	7	degrado presumibil. >50% (poco accessibile) con segni di schiacciamento in appoggio

#### Note

Elementi Padiglione 1 nel complesso presentano situazione simile a quella delle travi ispezionate ma di minore gravità apparente; sezione indicativa a filo pilastro 17x125; scossaline di protezione per lo più rimosse.

Eventuali ulteriori dettagli sono riportati sulle schede di rilievo allegate (**AII.3**).

Complessivamente sono state eseguite n.73 prove resistografiche. I profili resistografici sono riportati nell'**AII.4**.

#### 5.4 Documentazione fotografica

La documentazione fotografica è riportata nell'**Allegato 7**; complessivamente sono state scattate n.176 foto.



## 5.5 Note integrative

- degrado dovuto all'azione dei funghi della carie; la possibilità di verificarsi di questo tipo di degrado è legata inscindibilmente alla presenza di umidità nell'ambiente circostante il manufatto (in questo caso per esposizione diretta alle intemperie e contatto prolungato con acqua di percolazione) tale da far elevare il contenuto di umidità del legno sopra la soglia del 20% per periodi più o meno lunghi. In assenza di fonti esterne di umidità (percolazioni, condense, ecc.) il contenuto di umidità nel legno si mantiene inferiore al 18%.

Bottai (Impruneta) – Marzo 2022

Massimo MANNUCCI



**Allegati:**

1. *Note metodologiche esplicative e convenzioni*
2. *Elaborati grafici*
3. *Schede di rilievo (solo in formato elettronico)*
4. *Profili resistografici (solo in formato elettronico)*
5. *Documentazione fotografica (solo in formato elettronico)*



®

## **Allegato 1 – Note metodologiche esplicative**

- 1) **Ispezione visiva:** è stata effettuata attraverso l'osservazione diretta della superficie esterna degli elementi allo scopo di evidenziare tutte le particolarità che hanno importanza ai fini dell'indagine. Nel caso che attraverso l'osservazione dei soli caratteri macroscopici sia risultato impossibile o dubbia l'identificazione della specie legnosa è stato prelevato un campione per la successiva analisi macroscopica e/o microscopica in laboratorio. I difetti presi in considerazione sono quelli che condizionano le proprietà meccaniche del legno (nodi, deviazione della fibratura, cipollatura, lesioni e rimargini nella pianta in piedi, ecc.) così come indicati nelle rispettive norme di classificazione. Per quanto riguarda il degrado biologico è stato fatto riferimento agli attacchi da parte degli insetti xilofagi e dei funghi della carie, principali agenti di degrado del legno in opera, responsabili di gravi diminuzioni della resistenza e della rigidità degli elementi strutturali. Per quanto riguarda il degrado meccanico sono state prese in considerazione rotture e deformazioni imputabili ad azioni meccaniche dovute a sollecitazioni che presumibilmente hanno agito o agiscono sull'elemento.
- 2) **Analisi resistografica:** analisi eseguita mediante un particolare strumento denominato "trapano dinamometrico" o "trapano strumentato" capace di misurare la resistenza opposta dal legno alla penetrazione di una punta azionata da un sofisticato trapano. La punta è dotata di un movimento combinato di rotazione e di avanzamento a velocità costante. Lo strumento restituisce dei grafici, denominati "profili", nei quali sull'asse delle ordinate è riportata la resistenza (espressa mediante una unità di misura arbitraria) e sull'asse delle ascisse la profondità di penetrazione (espressa in millimetri). I profili del legno normale hanno un andamento caratteristico che dipende fondamentalmente dalla specie legnosa, dalla diversa densità del legno nelle parti primaticce e tardive degli anelli di accrescimento e dalla direzione di esecuzione della prova. Lo strumento fornisce indicazioni sulle caratteristiche del legno (ivi compresi difetti, anomalie e alterazioni) in punti specifici dell'elemento. Lo strumento è particolarmente utile in tutti i casi in cui siano presenti danni da insetti e/o da funghi della carie, sia in superficie che all'interno della sezione. Al momento non esistono tecniche strumentali alternative di pari dettaglio e affidabilità che permettano di stabilire lo stato di conservazione all'interno del legno.
- 3) **Analisi igrometrica:** Il contenuto di umidità è un parametro particolarmente importante per la conservazione delle strutture lignee, in quanto è noto che qualora tale contenuto superi la soglia del 20% si creano condizioni favorevoli allo sviluppo dei funghi della carie. Pertanto quando vi sia sospetto di degrado per carie o sia stata osservata della carie è importante conoscere i valori locali del contenuto di umidità e la loro distribuzione (in profondità e in superficie) anche nelle parti apparentemente o effettivamente (ancora) non interessate da degrado. Per la buona conservazione della struttura è importante inoltre prevedere il monitoraggio di questo parametro in modo da poter controllare nel tempo le sue variazioni e poter intervenire in caso di necessità. (NOTA: In linea di principio la determinazione del contenuto di umidità con metodo elettrico a resistenza si può applicare solo sul legno esente da degrado, in quanto la presenza di carie altera la conducibilità del legno; in tal caso i valori dati dallo strumento non sono significativi).



- 4) **Stima del degrado biologico:** nei casi in cui venga osservato attacco da parte di agenti biologici di degrado, corrispondentemente viene valutata l'intensità e la modalità di distribuzione del degrado nella sezione nonché l'estensione in lunghezza della parte degradata. Oltre la soglia di trascurabilità l'apporto in termini di resistenza e rigidità (capacità portante) della parte di legno interessata dall'attacco viene considerato nullo. Per tale ragione la sezione originaria dell'elemento viene diminuita opportunamente (come sezione geometrica o come percentuale di superficie) e di questa diminuzione deve essere necessariamente tenuto conto nei calcoli di verifica strutturale. La riduzione o perdita di sezione viene espressa in percentuale della sezione reale o nominale e viene riportata come classe (0-25%, 25-50%, 50-75%, 75-100%).
- 5) **Stima del degrado fisico-meccanico:** l'esposizione agli agenti meteorici o comunque a condizioni ambientali variabili può provocare l'insorgenza di distacchi tra le lamelle in corrispondenza delle linee di colla dette "delaminazioni" la cui gravità dipende dalla profondità, in termini assoluti e relativi, e dalla frequenza su una determinata sezione. Qualora la delaminazione risulti passante questa viene rilevata singolarmente in termini di posizione sulla sezione ed estensione in lunghezza. Analogamente altre discontinuità come per esempio le rotture, vengono rilevate come posizione sulla sezione ed estensione in lunghezza.

Convenzioni utilizzate

Caratteristiche geometriche

b	larghezza della sezione
h	altezza della sezione
L	luce
A	anteriore
P	posteriore
Sx	sinistra
Dx	destra
25x33... 3x4	se in prossimità di un elemento indica le dimensioni della sezione nell'ordine bxh se in prossimità di una sezione indica lo smusso nell'ordine bxh
Ø	diametro
inf.	inferiore
sup.	superiore
estr.	estradosso
intr.	intradosso

Altro

nr	non rilevato
nq	non quantificato
nc	non classificato
.....	.....



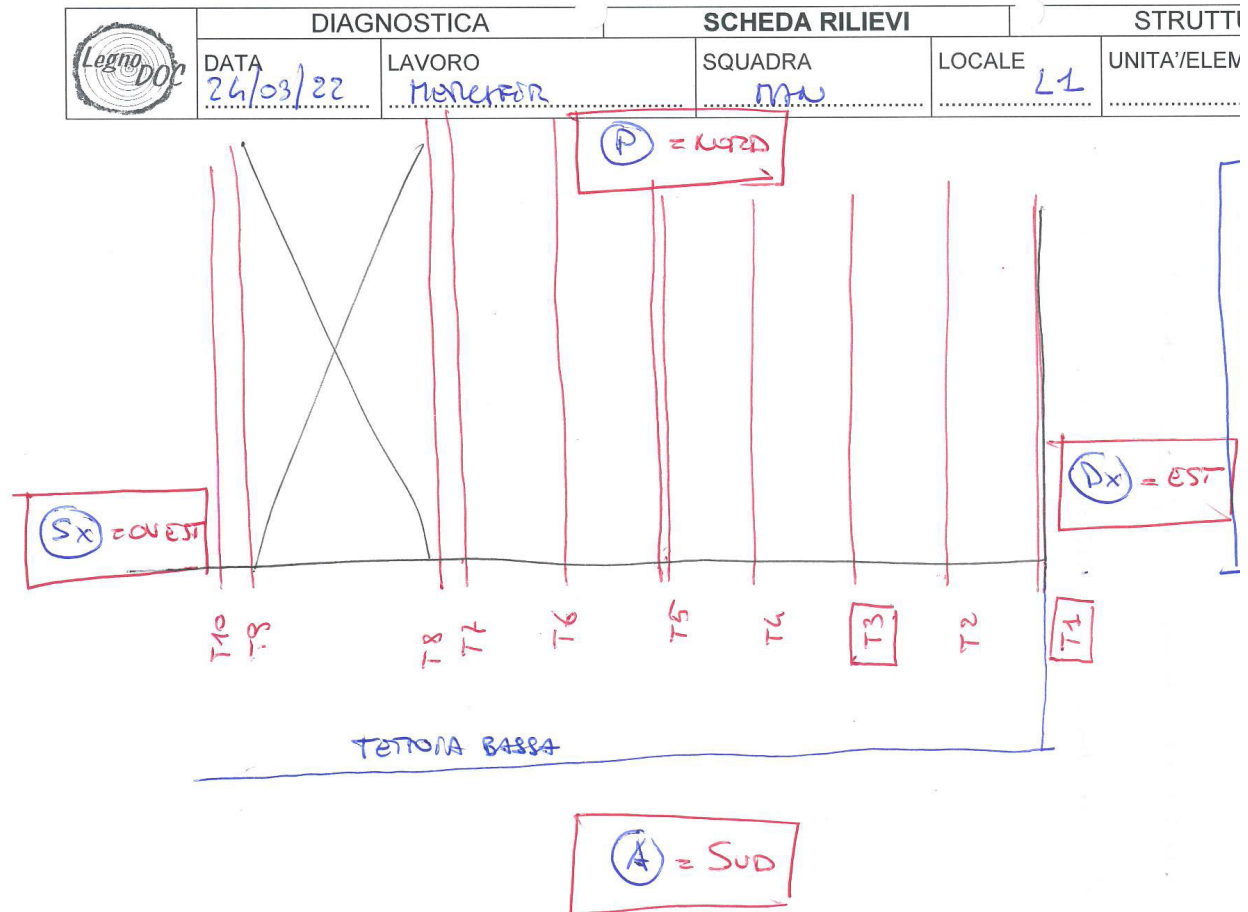


**Allegato 2.1** – Foto satellitare dell'area Mercafir a Firenze con evidenziati i padiglioni oggetto di indagine e loro orientamento rispetto ai punti cardinali (estratto da Google Earth)





**Allegato 2.2** – Pianta schematica orditura (vista parziale) Padiglione L1



**Allegato 2.3 – Pianta schematica orditura (vista parziale) Padiglione F6**

