

---

# COMUNE DI LUCCA

## PROVINCIA DI LUCCA

---

---

INTERVENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA  
DELLE SERRE ORTO BOTANICO -CUP  
J61E24000200004

---

### ≡ PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

---

Disciplinare descrittivo e prestazionale-  
Casermetta

**PFTE\_1GEN\_CSR\_CT\_SP\_010\_00**

25-016

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	21/04/2026	PRIMA EMISSIONE	004S	001M	001A

COMMITTENTE:  
Comune di Lucca  
RUP Ing. Stefano Angelini

TEAM DI PROGETTAZIONE  
Studio INTRE

Studio INTRE  
Tel. 0583 491507  
info@studiointre.it  
P.IVA 02197070465



**INTRE**®

## INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	NORMATIVE TECNICHE DI RIFERIMENTO.....	3
3	NECESSITA' FUNZIONALI E REQUISITI PRESTAZIONALI DELL'INTERVENTO.....	4
3.1	Indicazione delle necessità funzionali.....	4
3.2	Esigenze della stazione appaltante.....	4
3.3	Requisiti prestazionali generali dell'opera.....	5
3.4	Descrizione Sintetica Dell'opera.....	5
4	OPERE GENERALI E SPECIALIZZATE – IMPORTI.....	6
5	STRUTTURE PORTANTI E OPERE STRUTTURALI.....	6
5.1	Rinforzo solaio con profili UPN (sezione ad omega).....	6
5.2	Capriate lignee in castagno.....	7
5.3	Arcarecci lignei in castagno.....	7
5.4	Travicelli lignei in castagno.....	8
5.5	Inghisaggi mediante ancoraggio chimico.....	9
5.6	Catene e capochiave metallici.....	9
5.7	Rinforzo di solaio esistente con profili metallici UPN (sezione ad omega).....	10
5.8	Cordolo Sommitale In Cemento Armato.....	11
5.8.1	Calcestruzzo Strutturale.....	11
5.8.2	Acciaio per armatura.....	11
6	OPERE COMPLEMENTARI.....	12
6.1	Isolante Della Copertura.....	12
6.2	Ripresa Del Manto Di Copertura Esistente.....	13
6.3	Ripresa Dei Travicelli Di Gronda Esistenti.....	13
6.4	Ancoraggi Di Sicurezza In Copertura.....	14
6.5	Ripresa di intonaco.....	15
6.6	Saldature.....	15
6.7	Zincatura degli elementi metallici.....	17
6.8	Verniciatura intumescente e di finitura.....	18
7	OPERE ARCHITETTONICHE E DISTRIBUZIONE INTERNA.....	20
7.1	Sostituzione porta e sistema a scorrimento a scomparsa.....	20
7.2	Riforma bookshop e biglietteria.....	21
8	OPERE IMPIANTISTICHE.....	21
8.1	Impianto illuminotecnico (binari sospesi e faretti).....	21
8.2	Impianto di climatizzazione ad espansione diretta (HVAC).....	22
9	VERIFICHE E CONFORMITÀ.....	23
10	CONCLUSIONI.....	23

## 1 PREMESSA

Il presente Disciplinare Descrittivo e Prestazionale è parte integrante del Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica (PFTE) relativo ai lavori di manutenzione straordinaria della Casermetta San Regolo, sita nel complesso monumentale dell'Orto Botanico del Comune di Lucca.

L'intervento trae origine dalle risultanze della valutazione di vulnerabilità sismica e dalle verifiche strutturali condotte sull'immobile, che hanno evidenziato condizioni di sicurezza non pienamente compatibili con le attuali e previste destinazioni d'uso, rendendo necessario un insieme coordinato di opere finalizzate al miglioramento delle prestazioni strutturali, funzionali e impiantistiche del fabbricato.

Il progetto si inserisce in un contesto di elevato valore storico, architettonico e culturale, essendo la Casermetta parte integrante del sistema delle Mura Urbane e delle strutture museali dell'Orto Botanico. Pertanto, tutte le lavorazioni previste dovranno essere eseguite nel rispetto dei principi di tutela, conservazione e minima invasività, garantendo la compatibilità con i vincoli derivanti dal Codice dei beni culturali e del paesaggio.

Il presente Disciplinare ha lo scopo di definire, in modo organico e prestazionale:

- le caratteristiche tecniche delle lavorazioni previste;
- i requisiti prestazionali richiesti alle opere, ai materiali e agli impianti;
- i criteri di esecuzione, controllo e accettazione delle opere;
- le modalità di integrazione tra interventi strutturali, architettonici e impiantistici.

In coerenza con il Documento di Indirizzo alla Progettazione (DIP) e con gli obiettivi del PFTE, il disciplinare assume come riferimento prioritario:

- il raggiungimento di adeguati livelli di sicurezza strutturale e sismica;
- il ripristino della piena fruibilità dell'immobile per le funzioni museali, didattiche e di servizio;
- il miglioramento delle condizioni di comfort ambientale, con particolare riferimento alla climatizzazione;
- la sostenibilità ambientale dell'intervento, nel rispetto dei Criteri Ambientali Minimi (CAM);
- la durabilità, manutenibilità e gestione nel ciclo di vita dell'opera.

Il Disciplinare costituisce pertanto il riferimento tecnico-prestazionale per le successive fasi progettuali, nonché per la definizione degli obblighi dell'appaltatore, garantendo la coerenza tra gli obiettivi progettuali, le soluzioni tecniche adottate e le modalità realizzative.

## 2 NORMATIVE TECNICHE DI RIFERIMENTO

Le prestazioni richieste per la realizzazione dell'intervento dovranno essere conformi alla normativa tecnica vigente applicabile al settore edilizio e impiantistico, con particolare riferimento alle disposizioni nazionali ed europee in materia di sicurezza, sostenibilità ambientale, efficienza energetica e qualità ambientale indoor.

Le opere, i materiali e i componenti impiegati dovranno rispettare le norme vigenti alla data di esecuzione dei lavori, nonché i requisiti previsti dai Criteri Ambientali Minimi (CAM) di cui al D.M. 23/06/2022 e successive modifiche.

Le opere, i materiali e l'iter progettuale seguiranno le seguenti normative di riferimento:

<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>
D.Lgs. 31 marzo 2023, n. 36 – Codice dei contratti pubblici e s.m.i.
Allegato I.7 al D.Lgs. 36/2023 – Contenuti della progettazione (PFTE) e s.m.i.
D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 – Testo Unico dell'Edilizia e s.m.i.
L.R. Toscana 10 novembre 2014, n. 65 – Norme per il governo del territorio e s.m.i.
D.Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42 – Codice dei beni culturali e del paesaggio e s.m.i.

D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81 – Tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro e s.m.i.
“Nuove norme tecniche per le costruzioni”, approvate con D.M. Del 17/01/2018 (NTC 2018)
Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici recante <i>“Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018»</i>
Direttiva del P.C.M. del 09/02/2011 <i>“Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. Del 14/01/2008” e ss.mm.ii.</i>
Istruzioni tecniche D.2.9 della Regione Toscana, approvate con decreto dirigenziale n. 3421 del 12/08/2011 e ss.mm.ii.
L.R.T. n.58/2009 che ha istituito il deposito delle Verifiche tecniche previste dall'Ordinanza P.C.M. n. 3274/2003 e ss.mm.ii
Direttiva PCM 9 febbraio 2011 per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale
D.M. 23 giugno 2022 – Criteri Ambientali Minimi (CAM) per affidamento di servizi di progettazione e lavori per edilizia (GPP).
D.M. 14 giugno 1989, n. 236 – Prescrizioni tecniche per l'accessibilità, adattabilità e visitabilità degli edifici.
D.P.R. 24 luglio 1996 n. 503 <i>“Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici”, oltre alla D.M. 236/89 in materia di abbattimento delle barriere architettoniche e ulteriori leggi vigenti in materia”</i>
DM 26/06/2015 – Linee guida APE e Requisiti minimi, applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici
DM 37/2008 – Norme in materia di installazione di impianti negli edifici.
D.P.R. 1 agosto 2011, n. 151 – Prevenzione incendi e s.m.i.
D.M. 3 agosto 2015 – Codice di prevenzione incendi e s.m.i.
D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 192 e s.m.i. – Prestazioni energetiche degli edifici.
D.M. 26 giugno 2015 – Requisiti minimi di prestazione energetica.
Decreto dipartimentale del 31 marzo 2020, n. 1104 <i>“Linee guida per gli interventi di cura e salvaguardia degli alberi monumentali”</i>

### 3 NECESSITA' FUNZIONALI E REQUISITI PRESTAZIONALI DELL'INTERVENTO

#### 3.1 Indicazione delle necessità funzionali

In conformità a quanto previsto dall'art. Allegato I.7, art. 14 comma 1 lett. a) del D.Lgs. 36/2023, il presente paragrafo definisce le necessità funzionali poste a base dell'intervento, i requisiti e le specifiche prestazioni che devono essere soddisfatti al fine di rispondere alle esigenze della stazione appaltante, del personale e degli utenti dell'Orto Botanico, nel rispetto delle risorse finanziarie stanziare.

#### 3.2 Esigenze della stazione appaltante

Il Comune di Lucca, in qualità di stazione appaltante e proprietario del complesso monumentale dell'Orto Botanico, individua le seguenti esigenze prioritarie:

- **Sicurezza strutturale e sismica:** ripristino di adeguati livelli di sicurezza della Casermetta San Regolo, con eliminazione delle vulnerabilità sismiche identificate dalla valutazione diagnostica preliminare (cinematismi locali di ribaltamento fuori piano, insufficiente

collegamento tra copertura e murature portanti, solaio intermedio con capacità portante insufficiente).

- **Sicurezza antincendio:** adeguamento ai requisiti del D.M. 3/8/2015 (Codice di Prevenzione Incendi) in funzione delle attività previste (museale, didattica, accoglienza), con particolare riferimento alla resistenza al fuoco degli elementi lignei strutturali e alla corretta gestione delle vie di esodo.
- **Fruibilità universale e accessibilità:** miglioramento dell'accessibilità per persone con disabilità, con particolare riferimento alla ridistribuzione degli spazi di servizio al piano primo e all'ottimizzazione delle vie di esodo in ottemperanza al D.M. 236/1989 e al D.P.R. 503/1996.
- **Efficientamento HVAC:** adeguamento e miglioramento del sistema di climatizzazione esistente, con adozione di impianto ad espansione diretta ad alta efficienza che integri le necessità tecnologiche con il valore storico e monumentale del fabbricato, migliorando il comfort termico nelle condizioni di esercizio previste.
- **Qualità illuminotecnica:** adeguamento del sistema di illuminazione interna alla polivalenza funzionale della Casermetta (didattica, eventi, accoglienza), con soluzione a binari sospesi e faretto orientabili che garantisca flessibilità degli scenari luminosi.
- **Conservazione del bene culturale:** mantenimento dei caratteri storico-architettonici del manufatto, nel rispetto dei vincoli derivanti dal D.Lgs. 42/2004, adottando soluzioni di minima invasività, compatibilità materica e reversibilità.

### 3.3 Requisiti prestazionali generali dell'opera

L'intervento dovrà soddisfare i seguenti requisiti prestazionali, da verificarsi in sede di progettazione esecutiva e collaudo:

REQUISITO	SPECIFICA PRESTAZIONALE
<b>Sicurezza strutturale</b>	Miglioramento sismico con riduzione dell'indice di rischio; verifiche NTC 2018 Cap. 8 per costruzioni esistenti
<b>Resistenza al fuoco</b>	Elementi lignei con R30 minimo (trattamento intumescente); vie di esodo conformi DM 3/8/2015
<b>Accessibilità</b>	Spazi di servizio accessibili ai sensi DM 236/1989; mantenimento larghezza vie di esodo $\geq 900$ mm
<b>Comfort termico</b>	Temperatura interna: 20–22 °C in riscaldamento, 24–26 °C in raffrescamento; classe energetica $\geq B$
<b>Comfort visivo</b>	Illuminamento medio $E_m \geq 300$ lux per attività didattiche (UNI EN 12464-1); uniformità $U_0 \geq 0,6$
<b>Durabilità</b>	Vita nominale $VN \geq 50$ anni; piano di manutenzione con cicli di ispezione definiti
<b>Sostenibilità CAM</b>	Conformità CAM Edilizia D.M. 23/06/2022 per materiali, rifiuti da demolizione e specifiche tecniche
<b>Beni culturali</b>	Minima invasività, reversibilità e compatibilità materica ai sensi D.Lgs. 42/2004 art. 29

### 3.4 Descrizione Sintetica Dell'opera

L'intervento riguarda i lavori di manutenzione straordinaria della Casermetta San Regolo, ubicata all'interno del complesso dell'Orto Botanico del Comune di Lucca, finalizzati al miglioramento della sicurezza strutturale e sismica, al recupero funzionale degli spazi e all'adeguamento delle prestazioni impiantistiche.

Le opere prevedono principalmente il consolidamento delle strutture esistenti, con particolare riferimento alla copertura e agli orizzontamenti, la mitigazione dei meccanismi locali di collasso

mediante interventi di collegamento e rinforzo delle murature, nonché il rifacimento della copertura nel rispetto della configurazione originaria. Sono inoltre previsti interventi di razionalizzazione funzionale degli ambienti e di miglioramento del comfort interno, con specifico riferimento alla sistemazione degli impianti. Gli interventi combinano lavorazioni di consolidamento strutturale (catene, inghisaggi, rinforzi a traliccio omega per solai lignei), rifacimento delle carpenterie lignee esistenti (capriate, arcarecci, travi in castagno) e opere complementari relativi ai singoli interventi.

L'intervento è progettato nel rispetto dei vincoli storico-architettonici del manufatto, adottando criteri di minima invasività, compatibilità materica e reversibilità, al fine di garantire la conservazione del bene e la sua piena fruibilità per le funzioni museali, didattiche e di servizio.

#### 4 OPERE GENERALI E SPECIALIZZATE – IMPORTI

In conformità all'Allegato I.7, art. 14 comma 1 lett. b) del D.Lgs. 36/2023, si riportano di seguito le categorie di opere generali e specializzate comprese nell'intervento con i relativi importi stimati a livello di PFTE. Gli importi definitivi saranno determinati in sede di progettazione esecutiva.

N.	CATEGORIA	DESCRIZIONE	IMPORTO (€)
1	OG2	Restauro e manutenzione dei beni immobili sottoposti a tutela	440.372,33
2	OS-18 A	Componenti strutturali in acciaio	16.714,02

Nota: gli importi saranno quantificati nel Computo Metrico Estimativo (CME) allegato al PFTE. La suddivisione per categoria d'opera è indicativa e soggetta a verifica in sede esecutiva ai sensi dell'Allegato I.7 D.Lgs. 36/2023.

#### 5 STRUTTURE PORTANTI E OPERE STRUTTURALI

La manutenzione delle strutture portanti è finalizzata alla conservazione dei livelli di sicurezza strutturale, della durabilità dei materiali e della funzionalità statica dell'opera, con particolare attenzione ai fenomeni di degrado tipici delle strutture lignee storiche (attacchi biologici da funghi e insetti xilofagi, fessurazioni da ritiro, delaminazione delle unioni) e ai fenomeni di corrosione degli elementi metallici esposti in ambiente ad umidità relativa elevata.

##### 5.1 Rinforzo solaio con profili UPN (sezione ad omega)

Il rinforzo dei solai esistenti è realizzato mediante inserimento di profili metallici UPN accoppiati in configurazione ad omega ( $\Omega$ ) all'intradosso, al fine di aumentare la rigidità flessionale e la capacità portante dei solai lignei senza alterarne la geometria apparente. La configurazione composita legno-acciaio incrementa significativamente la rigidità globale dell'impalcato.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO
D.M. 17/01/2018 – NTC 2018, §4.2 e §8.4.3
UNI EN 1993-1-1 (Eurocodice 3) – Strutture in acciaio
UNI EN 1995-1-1 (Eurocodice 5) – Sezioni composite legno-acciaio
UNI EN 10025 – Prodotti laminati a caldo
UNI EN ISO 12944 – Protezione dalla corrosione

#### CRITERI E CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI:

- Incremento capacità portante: verifica numerica dell'incremento di resistenza a flessione con margine di sicurezza conforme NTC 2018.
- Efficienza della connessione legno-acciaio: trasferimento efficace delle tensioni tangenziali all'interfaccia mediante connettori calibrati.
- Controllo deformativo: riduzione della freccia di esercizio al di sotto dei limiti UNI EN 1995-1-1 §7.2.
- Protezione dalla corrosione: profili UPN zincati a caldo, ciclo anticorrosivo UNI EN ISO 12944 classe C3; verifica decennale.

### 5.2 Capriate lignee in castagno

Le capriate lignee in castagno costituiscono i sistemi strutturali principali di copertura della Casermetta, configurate secondo tipologia tradizionale a schema triangolare con catena, puntoni inclinati, monaco centrale e saettoni. Gli elementi sono uniti mediante giunzioni tradizionali a incastro e mezzi di collegamento metallici (staffe, tiranti, bolzoni). Le capriate sono ordite trasversalmente alla navata, con interasse di 3,00-3,50 metri, e trasferiscono i carichi di copertura sulle murature portanti longitudinali senza spinte orizzontali residue sulle murature. Ciascuna capriata si configura come sistema iperstatico elementare, la cui integrità dipende dalla funzionalità simultanea di ogni elemento costitutivo.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO
D.M. 17/01/2018 – NTC 2018, §4.4 e §8.4.3 (interventi di rafforzamento locale)
UNI EN 1995-1-1 (Eurocodice 5) – Regole generali – Unioni tradizionali
UNI 11119 – Beni culturali – Manufatti lignei – Ispezione in situ
UNI 11138 – Strutture di legno – Criteri per la valutazione e progettazione di interventi
D.Lgs. 42/2004 – <i>Codice dei Beni Culturali</i>

#### CRITERI E CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI:

- Integrità geometrica: assenza di sbandamenti laterali della catena (flessione fuori piano) e di rotazioni residue del monaco; conservazione della geometria originaria del triangolo portante.
- Efficienza delle unioni: verifica periodica dello stato dei nodi a incastro e del serraggio dei mezzi di collegamento metallici ai sensi UNI EN 14399; assenza di fessurazioni longitudinali in corrispondenza degli incastri.
- Comportamento sismico: mantenimento dei collegamenti murature-capriata tali da garantire la trasmissione delle azioni orizzontali nel rispetto del Capitolo 8 delle NTC 2018 per le costruzioni esistenti.
- Stato di conservazione del legno: assenza di carie e attacchi xilofagi negli elementi critici (estremità catena, zone di appoggio), verificata mediante ispezione annuale.
- Trattamento protettivo: ciclo completo di rinnovo del trattamento preservante (fungicida, insetticida, ignifugo ove richiesto) con periodicità decennale.

### 5.3 Arcarecci lignei in castagno

Gli arcarecci in castagno costituiscono l'orditura secondaria del sistema di copertura e hanno la funzione di trasferire i carichi del manto di copertura agli elementi strutturali primari. Sono realizzati con elementi lignei a sezione rettangolare, di luce mediamente inferiore a 3,50 m, disposti parallelamente al colmo del tetto con interasse compreso tra 0,80 e 1,20 m. Gli arcarecci sono appoggiati sui puntoni delle capriate e vincolati mediante chiodatura o mezzi di collegamento metallici

che ne impediscono lo scorrimento. La loro funzione è determinante per la stabilità globale della falda e per la distribuzione uniforme dei carichi di copertura.

#### **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

D.M. 17/01/2018 – NTC 2018, §4.4

UNI EN 1995-1-1 (Eurocodice 5) – Progettazione strutture in legno

UNI EN 14081 – Legno strutturale classificato secondo la resistenza

UNI EN 335 – Durabilità del legno – Classi di utilizzo

UNI 11119 – Manufatti lignei – Ispezione in situ

#### **CRITERI E CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI:**

- Resistenza meccanica: conservazione della classe resistente di progetto nel rispetto degli SLE (Stati Limite di Esercizio) e SLU (Stati Limite Ultimi).
- Freccia massima: deformazione in mezzeria non superiore a L/200 per carichi variabili, ai sensi di UNI EN 1995-1-1 §7.2.
- Stabilità dei vincoli: controllo dello stato dei fissaggi sulla struttura primaria; assenza di sconnessioni o scorrimenti dovuti a vento o neve.
- Resistenza agli attacchi biologici: assenza di carie e attacchi xilofagi negli elementi critici (estremità catena, zone di appoggio), verificata mediante ispezione annuale.
- Contenuto di umidità: mantenimento sotto il 20% per evitare l'innescò di fenomeni di degrado biologico.

#### **5.4 Travicelli lignei in castagno**

I travicelli in castagno costituiscono l'orditura minuta dei solai lignei e, limitatamente alle zone di copertura a falde, anche l'orditura terziaria tra arcarecci e tavolato. Sono elementi a sezione quadrata o rettangolare di piccola dimensione (tipicamente 8÷12 cm di spessore), posti con interasse ravvicinato (30÷50 cm) e destinati a trasferire i carichi del tavolato e del pacchetto di copertura all'orditura primaria e secondaria. Nel complesso dell'intervento i travicelli svolgono funzione strutturale secondaria ma essenziale per il comportamento a lastra del sistema di solaio ligneo e per la diaphragm action della copertura.

#### **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

D.M. 17/01/2018 – NTC 2018, §4.4

UNI EN 1995-1-1 (Eurocodice 5)

UNI EN 14081 – Legno strutturale classificato a vista

UNI EN 335 – Durabilità del legno

UNI 11119 – Manufatti lignei – Ispezione in situ

#### **CRITERI E CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI:**

- Capacità portante locale: resistenza alla flessione verificata per i carichi di esercizio propri del contesto (manutenzione, neve, sovraccarichi temporanei).
- Rigidezza di piano: comportamento d'insieme dell'impalcato tale da garantire il trasferimento delle azioni orizzontali ai setti murari.
- Integrità degli appoggi: assenza di marcescenza in corrispondenza delle testate appoggiate su muratura, zone di maggior vulnerabilità biologica.
- Controllo deformativo: freccia inferiore a L/250 nelle condizioni di carico quasi-permanente; assenza di vibrazioni percepibili anomale.
- Trattamento preservante: rinnovo ciclico ogni 10 anni del trattamento curativo e preventivo ai sensi UNI EN 599-1.

## 5.5 Inghisaggi mediante ancoraggio chimico

Gli inghisaggi costituiscono il sistema di ancoraggio puntuale mediante resine bicomponenti di nuove barre metalliche o tirafondi alle murature storiche esistenti. L'intervento consiste nella perforazione a rotazione (evitando la rotopercolazione su murature a sacco), nella pulizia del foro mediante aspirazione e soffiatura, nell'iniezione della resina chimica bicomponente (epossidica o metacrilato-uretanica) e nell'infissione della barra filettata in acciaio inossidabile.

Gli inghisaggi sono prescritti per l'ammorsamento delle nuove catene perimetrali, degli elementi di collegamento delle capriate alle murature e dei sistemi di consolidamento dei solai. La scelta della resina e della tipologia di barra è condizionata dalla natura della muratura di supporto, dall'umidità di substrato e dai carichi di esercizio previsti.

<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>
D.M. 17/01/2018 – NTC 2018, §11.3.4
Regolamento UE 305/2011 (CPR) – Prodotti da costruzione
ETAG 001 – European Technical Assessment Guideline per ancoraggi metallici
EAD 330499 – Ancoraggi chimici per uso strutturale in calcestruzzo e muratura
UNI EN 1504-6 – Ancoraggio dell'armatura di rinforzo
D.M. 23/06/2022 – CAM Edilizia

### CRITERI E CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI:

- Resistenza allo sfilamento (pull-out): capacità a trazione verificata con prove in situ su almeno il 10% degli ancoraggi, secondo le indicazioni della Valutazione Tecnica Europea (ETA) del prodotto impiegato.
- Durabilità della resina: resistenza all'invecchiamento, ai cicli termici e ai carichi di lunga durata (creep / scorrimento viscoso) certificata dal produttore.
- Protezione dalla corrosione: impiego di barre in acciaio inossidabile AISI 304/316 in corrispondenza di ambienti esterni moderatamente esposti, in sostituzione di barre zincate standard.
- Compatibilità con la muratura: assenza di fenomeni di distacco, fessurazione o espulsione locale del supporto murario dovuta all'intervento.
- Tracciabilità: conservazione del libretto di installazione con identificazione del prodotto, lotto, data di getto, coppia di serraggio.

## 5.6 Catene e capochiave metallici

Le catene e i capochiave costituiscono il sistema di presidio antispinta delle murature e di connessione delle strutture di copertura ai setti murari. Le catene sono elementi metallici in acciaio da carpenteria (tipicamente S275JR o S355JR) a sezione circolare o rettangolare, disposte orizzontalmente a livello dell'imposta delle coperture e ancorate alle murature esterne mediante capochiave metallici che distribuiscono la reazione vincolare su un'ampia superficie muraria. Il sistema assorbe le azioni orizzontali trasmesse dalle capriate lignee e/o le spinte residue di strutture voltate preesistenti, impedendo la dislocazione verso l'esterno delle murature portanti. I capochiave si configurano come elementi a piastra, a paletto o a crocetta, di dimensioni proporzionate ai carichi e alle caratteristiche meccaniche della muratura.

<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>
D.M. 17/01/2018 – NTC 2018, §4.2 (acciaio), §8.7 (muratura)
UNI EN 1993-1-1 (Eurocodice 3) – Strutture in acciaio
UNI EN 10025 – Prodotti laminati a caldo

UNI EN 14399 – Bulloneria ad alta resistenza precaricata
--

UNI EN ISO 12944 – Protezione dalla corrosione
--

UNI EN ISO 1461 – Zincatura per immersione a caldo
--

**CRITERI E CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI:**

- Capacità a trazione: resistenza allo snervamento e al carico ultimo conforme alla classe di acciaio di progetto; stato tensionale residuo verificabile mediante lettura dei tenditori.
- Stato tensionale di esercizio: mantenimento del tiro di progetto, con assenza di allentamenti dei dispositivi di messa in tensione; ripristino periodico della coppia di serraggio.
- Protezione dalla corrosione: integrità del ciclo protettivo (zincatura a caldo e verniciatura) ai sensi UNI EN ISO 12944 in classe di corrosività C3/C4 per ambienti esterni moderatamente esposti.
- Efficacia del capochiave: assenza di fessurazioni, espulsioni o punzonamenti localizzati della muratura in corrispondenza dei capochiave; distribuzione efficace della reazione vincolare.
- Controlli diagnostici: verifica della tensione residua delle catene mediante metodi dinamici (frequenza di vibrazione) o mediante sblocco strumentato, con periodicità annuale.

**5.7 Rinforzo di solaio esistente con profili metallici UPN (sezione ad omega)**

Il rinforzo dei solai esistenti è realizzato mediante l'inserimento di profili metallici laminati tipo UPN (profili a "U" normalizzati), accoppiati in configurazione ad omega ( $\Omega$ ) al fine di aumentare la rigidità flessionale e la capacità portante dei solai lignei esistenti senza alterarne la geometria apparente. I profili sono inseriti in scanalature ricavate nelle travi lignee o affiancati ad esse e solidarizzati mediante barre passanti o connettori a taglio; la configurazione omega (composta da un profilo UPN principale e due alette laterali costituite da piatti di collegamento) realizza una sezione composita legno-acciaio che incrementa significativamente la rigidità globale dell'impalcato. Il rinforzo è prescritto per i solai sottoposti a incremento di carico di esercizio o per quelli con capacità portante residua insufficiente accertata mediante analisi strutturale delle costruzioni esistenti.

<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>
---------------------------------

D.M. 17/01/2018 – NTC 2018, §4.2 e §8.4.3
---

UNI EN 1993-1-1 (Eurocodice 3) – Strutture in acciaio
---

UNI EN 1995-1-1 (Eurocodice 5) – Sezioni composite legno-acciaio
--

UNI EN 10025 – Prodotti laminati a caldo
--

UNI EN ISO 12944 – Protezione dalla corrosione
--

**CRITERI E CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI:**

- Incremento di capacità portante: verifica numerica dell'incremento di resistenza a flessione del solaio rinforzato rispetto al solaio nudo, con margine di sicurezza conforme alle NTC 2018.
- Efficienza della connessione legno-acciaio: trasferimento efficace delle tensioni tangenziali all'interfaccia mediante connettori calibrati; verifica della deformabilità del collegamento.
- Controllo deformativo: riduzione della freccia di esercizio al di sotto dei limiti prescritti da UNI EN 1995-1-1 §7.2.
- Protezione dalla corrosione: profili UPN zincati a caldo e protetti con ciclo anticorrosivo conforme UNI EN ISO 12944 classe C3; verifica decennale del sistema protettivo.
- Controllo visivo: ispezione annuale dello stato degli elementi metallici, dei connettori e dell'interfaccia con gli elementi lignei.

## 5.8 Cordolo Sommitale In Cemento Armato

La realizzazione del nuovo cordolo sommitale in cemento armato si inquadra tra gli interventi previsti per il miglioramento del comportamento strutturale dell'edificio. L'intervento è finalizzato a garantire un efficace collegamento in sommità delle pareti in muratura portante esistenti, assicurando il comportamento scatolare del manufatto e ripartendo in modo uniforme le sollecitazioni verticali e orizzontali trasmesse dalla nuova struttura di copertura.

### 5.8.1 Calcestruzzo Strutturale

Il calcestruzzo impiegato per il getto del cordolo sommitale dovrà possedere caratteristiche meccaniche e di durabilità compatibili con il contesto dell'intervento e con la muratura storica sottostante, garantendo un'adeguata omogeneità e riducendo i fenomeni di ritiro.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO
D.M. 17/01/2018 – NTC 2018, §11.2 (Calcestruzzo)
UNI EN 206 – Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità
UNI 11104 – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206 in Italia
D.M. 23/06/2022 – CAM Edilizia per materiali riciclati

#### CRITERI E CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI:

- Classe di resistenza: calcestruzzo con resistenza a compressione adeguata alle prescrizioni di progetto (tipicamente C25/30 o C30/37), verificata mediante prelievo e rottura di provini cubici ai sensi delle NTC 2018.
- Classe di esposizione: miscela progettata in funzione delle condizioni ambientali (es. XC2 o XC3 per elementi interni o protetti, con varianti specifiche ambienti esterni moderatamente esposti) per garantire la protezione delle armature dalla corrosione.
- Lavorabilità (Classe di consistenza): impiego di miscele con classe di consistenza (slump) idonea a garantire un perfetto intasamento dei casseri e il totale inglobamento delle armature (tipicamente S4 o S5), evitando vespai o discontinuità strutturali nel getto.
- Dimensione massima dell'aggregato (Dmax): diametro massimo dell'inerte opportunamente selezionato per consentire il passaggio del conglomerato tra le armature e i casseri, proporzionato al copriferro di progetto.

### 5.8.2 Acciaio per armatura

L'armatura metallica, costituita da barre longitudinali e staffe trasversali chiuse, costituisce l'ossatura a trazione e taglio del cordolo sommitale, conferendo la necessaria resistenza a flessione e garantendo l'adeguata duttilità al nodo di collegamento copertura-muratura.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO
D.M. 17/01/2018 – NTC 2018, §11.3 (Acciaio per cemento armato)
UNI EN 10080 – Acciaio saldabile per cemento armato

#### CRITERI E CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI:

- Tipologia e resistenza: impiego esclusivo di acciaio nervato ad aderenza migliorata tipo B450C (controllato in stabilimento), caratterizzato da una tensione di snervamento caratteristica  $f_{yk} \geq 450$  Mpa.
- Duttilità: elevato allungamento a rottura e rapporto tensione di rottura/tensione di snervamento conforme ai requisiti prestazionali delle armature in zona sismica (acciaio in classe C), fondamentale per garantire deformazioni plastiche prima dell'eventuale collasso.

- Saldabilità: acciaio con composizione chimica idonea alla saldatura, sebbene le giunzioni debbano avvenire preferibilmente mediante sovrapposizione in accordo alle lunghezze di ancoraggio previste dalla norma.
- Sagomatura e posa in opera: rispetto rigoroso dei raggi di curvatura minimi per le piegature (es. staffe e ganci) e utilizzo di appositi distanziatori per garantire il mantenimento del copriferro minimo di progetto prima e durante le fasi di getto.

## 6 OPERE COMPLEMENTARI

La copertura oggetto di intervento sarà realizzata mediante il rifacimento della struttura portante nel rispetto della configurazione tipologica e dello schema statico esistente, al fine di garantire la coerenza con i caratteri storico-architettonici del manufatto.

In particolare, si prevede la sostituzione dei principali elementi strutturali ammalorati, inclusi i travicelli e le componenti secondarie, con nuovi elementi idonei a soddisfare i requisiti di sicurezza e durabilità, mantenendo tuttavia, ove possibile, il riutilizzo degli elementi di pregio, quali i travicelli di gronda esistenti, opportunamente recuperati e reintegrati. La nuova copertura sarà inoltre progettata per migliorare le prestazioni termo-isolanti e il comportamento complessivo del sistema edilizio, attraverso l'introduzione di pacchetti stratigrafici più performanti, compatibilmente con i vincoli di tutela e con l'esigenza di conservare l'aspetto originario dell'edificio.

### 6.1 Isolante Della Copertura

L'isolante termico della copertura è costituito da pannelli in materiale minerale (lana di roccia, lana di vetro) o naturale (sughero espanso, fibra di legno), posati in corrispondenza della falda di copertura sopra la soletta di cemento realizzata al di sotto del manto di finitura. Lo spessore è dimensionato per rispettare la trasmittanza termica  $U \leq 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$  per la zona climatica D (Lucca), ai sensi del D.M. 26/06/2015.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO
D.Lgs. 19/08/2005 n. 192 e s.m.i. - Prestazioni energetiche degli edifici
D.M. 26/06/2015 - Requisiti minimi di prestazione energetica
UNI EN ISO 6946 - Resistenza termica e trasmittanza termica
UNI EN ISO 13788 - Condensazione superficiale e interstiziale
UNI EN 13162 - Prodotti isolanti in lana minerale (MW)
UNI EN 13170 - Prodotti isolanti in sughero espanso (ICB)
UNI EN 13501-1 - Classificazione di reazione al fuoco
D.M. 23/06/2022 - CAM Edilizia

#### CRITERI E CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI:

- Trasmittanza termica U: rispetto dei valori limite prescritti dal D.M. 26/06/2015 per la zona climatica D ( $U \leq 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$  per coperture).
- Conducibilità termica  $\lambda$ : valore dichiarato dal produttore conforme UNI EN 13162 o 13170 ( $\lambda$  tipico =  $0,034 \pm 0,045 \text{ W/mK}$ ).
- Controllo della condensazione interstiziale: verifica di Glaser ( $P_v < P_s$  in ogni punto dello spessore) ai sensi UNI EN ISO 13788.
- Reazione al fuoco: classe minima B-s1,d0 ai sensi UNI EN 13501-1 per materiali isolanti in copertura.
- Stabilità dimensionale: assenza di deformazioni o ritiri dimensionali oltre le tolleranze prescritte dalle norme di prodotto.
- Sostenibilità: contenuto di materiale riciclato o rinnovabile conforme ai CAM Edilizia (D.M. 23/06/2022, allegato 2).

## 6.2 Ripresa Del Manto Di Copertura Esistente

Recupero selettivo dei coppi in laterizio originari, sostituzione degli elementi non recuperabili con coppi di recupero di analoghe caratteristiche cromatiche e dimensionali, rilavorazione dei colmi, compluvi e displuvi.

L'intervento comprende altresì la verifica della pendenza della falda, la pulizia e il controllo degli elementi accessori (gronde, pluviali, converse, scossaline) e il ripristino delle sigillature in corrispondenza dei punti critici (camini, lucernari, passaggi impiantistici). La filosofia d'intervento segue il principio del minimo intervento, privilegiando la conservazione del materiale originario e la sostituzione puntuale solo degli elementi irrecuperabili.

<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>
UNI 8627 – Coperture discontinue – Terminologia e criteri di progettazione
UNI 9460 – Coperture discontinue in tegole
UNI EN 1304 – Tegole e accessori di laterizio
UNI EN 539-2 – Tegole di laterizio – Resistenza al gelo
UNI EN 12056-3 – Sistemi di smaltimento delle acque meteoriche
D.Lgs. 42/2004 – Codice dei Beni Culturali, art. 21

### CRITERI E CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI:

- Tenuta all'acqua: assenza di infiltrazioni verso il sottotetto; verifica della sovrapposizione minima dei coppi (50÷70% per falde a bassa pendenza).
- Resistenza al vento: stabilità dei coppi di colmo e di bordo mediante fissaggi meccanici o malta, secondo le azioni del vento ai sensi NTC 2018 §3.3.
- Resistenza al gelo-disgelo: elementi ceramici conformi UNI EN 539-2 per ambiente climatico caratteristico della Toscana settentrionale.
- Drenaggio delle acque meteoriche: corretto funzionamento di gronde e pluviali, dimensionati ai sensi UNI EN 12056-3.
- Compatibilità cromatica: utilizzo di coppi di recupero o di produzione tradizionale con invecchiamento cromatico coerente con l'esistente.
- Manutenibilità: presenza di dispositivi di accesso in copertura e di punti di ancoraggio per opere di manutenzione in sicurezza ai sensi D.Lgs. 81/2008.

## 6.3 Ripresa Dei Travicelli Di Gronda Esistenti

I travicelli di gronda costituiscono gli elementi lignei terminali delle falde di copertura, in aggetto oltre il filo delle murature esterne, sui quali poggia il sistema di raccolta delle acque meteoriche (canali di gronda). Sono realizzati con elementi lignei di castagno a sezione rettangolare, di lunghezza adeguata all'aggetto di progetto (tipicamente 40÷70 cm) e ancorati alla struttura di copertura primaria mediante chiodatura o connettori metallici.

L'intervento di ripresa prevede il consolidamento delle testate ammalorate mediante protesi lignee, la sostituzione degli elementi irrecuperabili con nuovi travicelli di analoghe caratteristiche, il rinnovo dei trattamenti preservanti e il ripristino dei fissaggi alla struttura sottostante.

La zona dei travicelli di gronda è particolarmente critica in quanto esposta a cicli di bagnatura e asciugatura, a irraggiamento diretto e a potenziali attacchi biologici da funghi della carie.

<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>
D.M. 17/01/2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni, §4.4 e §8.4.3 (rafforzamento locale); Circolare 21/01/2019 n. 7 – Istruzioni applicative NTC
UNI EN 1995-1-1 (Eurocodice 5) Progettazione strutture in legno
UNI 11138 – Strutture di legno – Criteri per la valutazione degli interventi

UNI EN 335 – Durabilità del legno – Classi di utilizzo (Classe 3 per travicelli di gronda)
--

UNI EN 599-1 – Durabilità del legno – Trattamenti preservanti
---

UNI 11119 – Beni culturali – Manufatti lignei – Ispezione in situ
---

**CRITERI E CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI:**

- Stabilità dell'aggetto: verifica dell'ancoraggio alla struttura primaria ai sensi UNI EN 1995-1-1 §8, con capacità di sostenere i carichi permanenti della copertura e le azioni del vento in prossimità del bordo.
- Integrità delle testate: assenza di marcescenza nelle zone terminali esposte, verificabile mediante ispezione visiva e, ove necessario, indagini strumentali (resistografia).
- Resistenza agli attacchi biologici: classe di rischio 3 UNI EN 335 (ambiente esterno protetto dal manto ma esposto a bagnatura occasionale); trattamento curativo e preventivo ai sensi UNI EN 599-1.
- Compatibilità con il supporto: protesi lignee in legno omogeneo per specie e stagionatura, collegate con connettori a taglio calibrati.
- Protezione superficiale: finitura protettiva rinnovabile (impregnante protettivo con filtri UV), con ciclo di ripristino quinquennale.
- Accessibilità: possibilità di ispezione dal sottotetto o dall'esterno mediante opere provvisorie adeguate ai sensi D.Lgs. 81/2008, Titolo IV.

**6.4 Ancoraggi Di Sicurezza In Copertura**

L'intervento prevede l'installazione di un sistema di ancoraggi in copertura, progettato per garantire la sicurezza degli operatori durante gli accessi non permanenti e sporadici necessari per le future e periodiche operazioni di ispezione e manutenzione. Nello specifico, il sistema di protezione contro le cadute dall'alto sarà realizzato mediante l'impiego di ganci sottotegola e ganci puntuali sotto colmo, fissati meccanicamente alla struttura portante lignea sottostante (arcarecci o travicelli). Questa specifica tipologia di dispositivi è stata selezionata con l'obiettivo di minimizzare l'impatto visivo e preservare l'integrità architettonica e paesaggistica del manufatto storico, mantenendo gran parte dell'elemento di ancoraggio nascosto al di sotto del manto di copertura in laterizio.

<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>
---------------------------------

D.Lgs. 81/2008, Titolo IV – Cantieri temporanei o mobili
--

UNI 11578 – Dispositivi di ancoraggio permanente – Requisiti e metodi di prova
--

UNI EN 795 – Dispositivi individuali di protezione contro le cadute
---

L.R. Toscana 10/11/2014, n. 65 e D.P.G.R. 18/12/2013, n. 75/R – Prevenzione cadute dall'alto
--

D.M. 17/01/2018 – NTC 2018 (verifica strutturale dei fissaggi)
--

**CRITERI E CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI:**

- Resistenza meccanica: capacità dei ganci e dei relativi sistemi di fissaggio di resistere in sicurezza alle sollecitazioni dinamiche trasmesse in caso di arresto di caduta, trasferendo i carichi alla sottostante struttura lignea senza innescare rotture o collassi locali.
- Integrazione architettonica e minimo impatto: conformazione geometrica dei dispositivi studiata per il perfetto inserimento sottomanto, al fine di azzerare o ridurre al minimo l'impatto visivo nel rigoroso rispetto dei vincoli storico-architettonici del complesso monumentale dell'Orto Botanico.
- Protezione dalla corrosione: impiego di elementi realizzati in acciaio inossidabile (es. AISI 304 o AISI 316) o dotati di specifici trattamenti anticorrosivi (es. zincatura a caldo ad alto spessore), idonei per l'esposizione agli agenti atmosferici esterni e compatibili con ambienti esterni moderatamente esposti.
- Mantenimento della tenuta all'acqua: posa in opera eseguita in modo da non interrompere la continuità del sistema di deflusso delle acque meteoriche; i punti di emergenza dei ganci

dovranno raccordarsi armoniosamente con la naturale sovrapposizione dei coppi, evitando infiltrazioni accidentali nel pacchetto isolante sottostante.

- Ispezionabilità e gestione degli accessi: essendo progettati per un utilizzo non permanente, gli ancoraggi dovranno essere accompagnati dalla redazione dell'Elaborato Tecnico della Copertura (ETC) e dal manuale d'uso. Sarà richiesta una verifica periodica viva e documentale (almeno annuale o prima di ogni utilizzo prolungato) dello stato di conservazione e del serraggio dei dispositivi.

## 6.5 Ripresa di intonaco

L'intervento di ripristino dell'intonaco esistente consiste nel rifacimento localizzato del rivestimento murario in stretta corrispondenza delle porzioni interessate dalle lavorazioni di progetto, mediante l'applicazione di malte macroporose a base di calce idraulica naturale, idonee al contesto della manutenzione straordinaria con l'obiettivo di adeguamento al contesto storico e vincolato.

L'intervento prevede la regolarizzazione dei lembi di intonaco adiacenti alle zone interessate dalle lavorazioni, la pulitura del supporto murario, l'applicazione di uno strato di aggrappo (rinzaffo), l'applicazione dell'intonaco in malta macroporosa e la finitura superficiale coerente con l'esistente (arricciato e tinteggiatura a calce). La scelta di malte macroporose, in alternativa agli intonaci cementizi, è dettata dalla necessità di favorire la traspirabilità delle murature storiche, consentendo l'evaporazione dell'umidità di risalita e la compatibilità fisico-chimica con il supporto originario.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO
UNI EN 998-1 – Malte per intonaci interni ed esterni
UNI EN 459-1 – Calci da costruzione
UNI EN 13914-1 – Progettazione, preparazione e applicazione degli intonaci esterni
UNI EN 13914-2 – Progettazione, preparazione e applicazione degli intonaci interni
UNI EN 1015 (serie) – Metodi di prova per malte per opere murarie
D.M. 23/06/2022 – CAM Edilizia

### CRITERI E CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI:

- Traspirabilità: coefficiente di resistenza al passaggio del vapore  $\mu$  conforme UNI EN 1015-19 (valori tipici  $\mu = 5\div 15$  per malte macroporose).
- Compatibilità meccanica: resistenza a compressione categoria CS II (1,5 $\div$ 5,0 N/mm<sup>2</sup>) ai sensi UNI EN 998-1, coerente con le caratteristiche del supporto murario storico.
- Assorbimento d'acqua capillare: categoria W1 o W2 ai sensi UNI EN 998-1, con capacità di cessione regolata dell'umidità.
- Aderenza al supporto: tensione di adesione non inferiore a 0,10 N/mm<sup>2</sup> ai sensi UNI EN 1015-12.
- Durabilità ai cicli gelo/disgelo: conformità ai requisiti di UNI EN 998-1 per ambienti esterni moderatamente esposti.
- Assenza di efflorescenze e distacchi: controllo visivo semestrale nelle zone a rischio (base delle murature, corrispondenze di infiltrazioni).

## 6.6 Saldature

Le saldature previste nel progetto riguardano i collegamenti strutturali tra i nuovi profili metallici rompitratta di rinforzo del solaio di piano. In particolare, i profili UPN di rinforzo del solaio intermedio (sezione ad omega) saranno saldati in opera tra loro in quanto verranno condotti in cantiere sezionati a metà lunghezza e saldato a un piatto di riscontro per proteggere la trave lignea dalla saldatura. I giunti principali prevedono cordoni d'angolo e, ove necessario, giunti testa-testa, eseguiti con procedimenti qualificati al fine di garantire la continuità strutturale e il corretto trasferimento delle sollecitazioni tra elementi nuovi e i preesistenti. Le saldature sono eseguite in conformità al ciclo di protezione dalla corrosione dell'elemento rinforzato: i profili UPN sono zincati a caldo prima della

posa; dopo la saldatura in opera, le zone termicamente alterate (ZTA) e i cordoni esposti sono trattati con zincatura a freddo di ripristino (zinco ricco, tenore  $\geq 95\%$  Zn sulla sostanza secca) al fine di ripristinare la protezione catodica interrotta dal processo termico; segue il ciclo di verniciatura intumescente definitivo sull'intero elemento.

La qualità delle saldature è condizione necessaria per il trasferimento efficace delle sollecitazioni tra i profili di rinforzo e le strutture lignee/murarie esistenti. Saldature difettose o privi di adeguata protezione catodica post-saldatura comprometterebbero la capacità portante dei rinforzi e l'integrità anticorrosiva dell'intero elemento, con rischio di degrado precoce in ambiente con umidità relativa elevata.

#### **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

D.M. 17/01/2018 – NTC 2018, §4.2 (costruzioni in acciaio) e §8.4.3 (rafforzamento locale)

Circolare 21/01/2019 n. 7 – Istruzioni applicative NTC 2018, §C8.7

UNI EN ISO 4063 – Tipologia e classificazione dei procedimenti di saldatura

UNI EN ISO 9606-1:2017 – Qualifica dei saldatori per acciai

UNI EN ISO 14732:2013 – Qualifica operatori procedimenti automatici/robotizzati

UNI EN ISO 5817:2014 – Livelli di qualità delle saldature su acciaio (livello B per giunti strutturali)

UNI EN ISO 9712:2012 – Qualifica degli operatori per controlli non distruttivi (NDT)

UNI EN ISO 3834:2006 – Requisiti di qualità per la produzione di saldature per fusione

UNI EN ISO 12944 (serie) – Protezione dalla corrosione: ripristino post-saldatura nelle zone termicamente alterate

UNI EN ISO 1461 – Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo (riferimento per la valutazione del ripristino a freddo)

#### **CRITERI E CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI:**

- Trasferimento delle sollecitazioni: i cordoni di saldatura devono garantire il corretto trasferimento delle tensioni tangenziali tra i profili UPN di rinforzo e gli elementi strutturali adiacenti, verificato mediante calcolo strutturale agli SLU.
- Qualità dei giunti: assenza di cricche, porosità, inclusioni o difetti critici; livello qualità B ai sensi UNI EN ISO 5817, verificato mediante ispezione visiva al 100% e controlli non distruttivi (NDT) su campioni rappresentativi (liquidi penetranti o polveri magnetiche per giunti ad angolo; ultrasuoni per giunti a T e testa-testa).
- Proprietà meccaniche: resistenza e duttilità della zona fusa e della zona termicamente alterata (ZTA) non inferiori al materiale base (acciaio S275); durezza massima nella ZTA  $\leq 350$  HV30.
- Ripristino anticorrosivo post-saldatura: applicazione di zincatura a freddo di ripristino (tenore Zn  $\geq 95\%$  s.s.) sulle zone termicamente alterate e sui cordoni esposti, prima del ciclo di verniciatura definitivo; spessore del film secco  $\geq 40$   $\mu$ m per strato.
- Qualificazione del personale: saldatori qualificati UNI EN ISO 9606-1; operatori NDT qualificati UNI EN ISO 9712; certificazione aziendale UNI EN ISO 3834.
- Controlli e tracciabilità: registro delle saldature eseguite con identificazione di: procedimento, saldatore, data, posizione, risultato dell'ispezione visiva e NDT; conservazione nell'archivio di cantiere per il collaudo.

## 6.7 Zincatura degli elementi metallici

Gli elementi metallici di rinforzo (profili UPN, catene, capochiave) operano in un ambiente con umidità relativa variabile e ciclicamente elevata, in parte per il contatto con murature storiche e per la vicinanza con il complesso dell'Orto Botanico (categoria di corrosività C2/C3 ai sensi UNI EN ISO 12944-2). In assenza di protezione catodica adeguata, la corrosione degli elementi metallici comprometterebbe nel medio periodo la capacità portante dei rinforzi strutturali. La zincatura a freddo costituisce la soluzione tecnica adottata per garantire la protezione catodica degli elementi in acciaio con applicazione in opera, compatibilmente con i vincoli costruttivi del cantiere.

Il ciclo di protezione dalla corrosione degli elementi metallici di nuova introduzione è basato sulla zincatura a freddo, applicata con pitture ricche di zinco (zinco polvere in veicolo organico o inorganico) ad alto tenore di zinco nella pellicola secca. La scelta della zincatura a freddo — in alternativa alla zincatura a caldo per immersione — è motivata dalla necessità di eseguire i trattamenti protettivi in opera, in coerenza con la sequenza costruttiva (saldatura in cantiere dei profili UPN, elementi già parzialmente assemblati) e con i vincoli geometrici e logistici del sito, che non consentono il trasporto degli elementi assemblati in officina di zincatura.

La zincatura a freddo garantisce, mediante il meccanismo di protezione catodica (zinco anodico rispetto all'acciaio), una protezione dalla corrosione efficace e duratura, applicabile per pennello, rullo o airless su superfici opportunamente preparate. La protezione catodica è attiva fintanto che il rivestimento di zinco è in continuità con il substrato metallico; pertanto la corretta preparazione della superficie e il rispetto degli spessori minimi sono condizioni essenziali per l'efficacia del trattamento. Il ciclo di protezione è articolato come segue per ciascuna tipologia di elemento:

<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>
UNI EN ISO 1461 – Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti in acciaio e ghisa
UNI EN ISO 14713-1 – Rivestimenti di zinco: linee guida per la protezione contro la corrosione
UNI EN ISO 14713-2 – Zincatura per immersione a caldo: raccomandazioni di processo
UNI EN ISO 12944-2 – Classificazione degli ambienti (categoria C2/C3 per ambienti interni umidi)
UNI EN ISO 12944-5 – Sistemi di verniciatura protettiva: primer su substrati zincati
UNI EN ISO 9223 – Corrosione dei metalli e delle leghe: classificazione della corrosività degli ambienti
D.M. 17/01/2018 – NTC 2018, §4.2 (acciaio strutturale) e §11.3 (durabilità)
D.M. 23/06/2022 – CAM Edilizia: assenza di metalli pesanti nei trattamenti protettivi

### CRITERI E CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI:

- Tenore di zinco nella pellicola secca: pittura ricca di zinco con tenore  $Zn \geq 92\%$  in peso sulla sostanza secca (classificazione "zinc-rich primer" per protezione catodica attiva); dichiarazione del produttore con scheda tecnica e scheda di sicurezza.
- Preparazione della superficie: sabbiatura al grado Sa 2½ (UNI EN ISO 8501-1) con profilo di rugosità  $Rz = 40-70 \mu m$  (UNI EN ISO 8503-2); applicazione entro il tempo di rimontatura (tipicamente 4 ore in condizioni standard); superficie asciutta, esente da oli, grassi e sali solubili.
- Spessore del film secco: spessore minimo per mano  $\geq 40 \mu m$ ; spessore totale del ciclo (compreso il ripristino post-saldatura)  $\geq 80 \mu m$ ; misurato con strumento a correnti parassite

calibrato secondo UNI EN ISO 19840 ( $\geq 5$  misure per elemento, nessuna lettura  $< 80\%$  del valore minimo).

- Continuità e adesione: assenza di zone non ricoperte, colature o distacchi; test cross-cut Gt0-Gt1 (UNI EN ISO 2409); aderenza  $\geq 1,0$  MPa (pull-off, UNI EN ISO 4624) sul sistema completo (zincatura + primer intumescente).
- Ripristino post-saldatura (profili UPN): applicazione manuale a pennello entro 24 ore dal completamento delle saldature; spessore film secco del ripristino  $\geq 40$   $\mu\text{m}$ ; verifica visiva e strumentale prima dell'applicazione del ciclo intumescente sovrastante.
- Compatibilità con il rivestimento sovrastante: compatibilità chimica certificata dal produttore tra lo strato di zincatura a freddo e il primer/rivestimento intumescente applicato al §5.12; ove richiesto, interposizione di tie-coat di compatibilità secondo le istruzioni tecniche del fabbricante.
- Vita nominale del ciclo di protezione:  $\geq 15$  anni in categoria di corrosività C2/C3 con manutenzione programmata; ispezione visiva annuale degli elementi metallici accessibili; ripristino localizzato al primo segnale di ossidazione emergente.
- Sostenibilità CAM: prodotto verniciante a basso contenuto di VOC conforme ai CAM Edilizia (D.M. 23/06/2022, Allegato 2); assenza di piombo, cromo esavalente e altri metalli pesanti nella formulazione; dichiarazione del produttore in archivio di cantiere.
- Tracciabilità: scheda tecnica e scheda di sicurezza del prodotto; registrazione data di applicazione, operatore, condizioni ambientali (T °C, UR %) e spessori misurati per ogni elemento trattato; conservazione nell'archivio di collaudo.

## 6.8 Verniciatura intumescente e di finitura

La Casermetta San Regolo è destinata a funzioni museali, didattiche e di accoglienza. Le attività previste determinano la classificazione dell'attività ai sensi del D.M. 3/8/2015 (Codice di Prevenzione Incendi), con conseguente obbligo di resistenza al fuoco degli elementi strutturali. La verniciatura intumescente trasparente sulle strutture lignee consente di soddisfare il requisito di resistenza al fuoco (R30 minimo) mantenendo inalterata la leggibilità delle membrature storiche, nel rispetto dei vincoli di tutela del bene culturale. Il ricoprimento minimo di 800 g/m<sup>2</sup> in 4 mani è il ciclo applicativo certificato per conseguire tale classe di resistenza su elementi lignei a sezione piana.

Il ciclo di verniciatura degli elementi strutturali è differenziato per tipologia di elemento e per le prestazioni richieste (resistenza al fuoco, protezione dalla corrosione, compatibilità estetica con il contesto storico). Sono previste le seguenti tipologie di intervento:

### a) Strutture lignee della copertura e del solaio intermedio (travi, capriate, arcarecci, travicelli, travicelli di gronda):

Gli elementi lignei strutturali della copertura e del solaio intermedio saranno trattati con verniciatura intumescente trasparente a base acquosa, applicata in 4 mani successive, per un ricoprimento complessivo minimo di 800 g/m<sup>2</sup>. Il prodotto è formulato specificamente per legno strutturale, con caratteristica di ritardo alla carbonizzazione certificata: in caso di incendio, lo strato intumescente si espande formando uno strato isolante carbonizzato (char) che rallenta la propagazione del fuoco all'interno dell'elemento ligneo, incrementando il tempo di resistenza al fuoco dell'elemento. La trasparenza del prodotto garantisce la leggibilità delle venature e la compatibilità visiva con il carattere storico-architettonico delle strutture lignee della Casermetta.

La verniciatura intumescente è applicata dopo le operazioni di consolidamento strutturale (inghisaggi, saldature, posa profili) e dopo la verifica dell'umidità del legno (contenuto  $\leq 18\%$  MC prima dell'applicazione). Ogni mano è applicata dopo completa essiccazione della precedente, secondo le prescrizioni del produttore (tipicamente 4-8 ore per strato a 20°C).

### b) Profili UPN di rinforzo del solaio intermedio:

I profili UPN, dopo la zincatura a caldo e la zincatura a freddo di ripristino delle zone termicamente alterate post-saldatura (cfr. §5.11), ricevono il ciclo di verniciatura intumescente applicato sull'intero elemento. Il prodotto intumescente per acciaio è applicato in numero di mani tale da conseguire lo spessore di film secco prescritto dalla classificazione di resistenza al fuoco richiesta (R30 minimo).

La verniciatura intumescente sugli elementi metallici è cromaticamente coordinata con gli elementi lignei adiacenti, fatte salve le prescrizioni di compatibilità tecnica tra substrato zincato e primer intumescente.

**c) Catene e capochiave metallici:**

Le catene e i capochiave, dopo la zincatura a caldo (cfr. §5.11), ricevono un ciclo di verniciatura di finitura con smalto a base acquosa o alchidica modificata, selezionato per compatibilità con il substrato zincato e per resistenza all'umidità dell'ambiente interno. La cromia è scelta in accordo con la Direzione Lavori e l'Amministrazione Comunale, in coerenza con i caratteri architettonici della Casermetta e con i criteri di tutela del bene (D.Lgs. 42/2004). Ove richiesto dalla classificazione antincendio, è prevista l'applicazione di un primer intumescente prima della mano di finitura.

<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>
D.M. 3 agosto 2015 – Codice di Prevenzione Incendi (resistenza al fuoco degli elementi strutturali)
D.M. 16 febbraio 2007 – Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi (EI, R, REI)
UNI EN 13501-2 – Classificazione al fuoco dei prodotti da costruzione: resistenza al fuoco
UNI EN 13238 – Prove di reazione al fuoco: condizionamento dei provini
UNI EN 16755 – Durabilità della resistenza al fuoco per prodotti intumescenti su legno
UNI EN ISO 12944-5 – Sistemi di verniciatura protettiva su substrati zincati
UNI EN ISO 12944-2 – Classificazione degli ambienti (C2/C3)
UNI EN ISO 2409 – Prove di adesione (cross-cut test)
UNI EN ISO 4624 – Prove di aderenza: metodo pull-off
UNI EN ISO 8501-1 – Preparazione delle superfici prima dell'applicazione
D.M. 23/06/2022 – CAM Edilizia: vernici a basso contenuto di VOC (composti organici volatili)
D.Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42 – Codice dei Beni Culturali, art. 29 (compatibilità estetica su bene vincolato)

**CRITERI E CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI:**

**Elementi lignei (strutture di copertura e solaio intermedio):**

- **Classe di resistenza al fuoco:** R30 minimo per gli elementi strutturali portanti, verificata mediante certificazione di prova del prodotto intumescente trasparente (UNI EN 13501-2) per il ciclo di applicazione prescritto (4 mani,  $\geq 800$  g/m<sup>2</sup>).
- **Ricoprimento minimo:** 800 g/m<sup>2</sup> totali (somma delle 4 mani) misurati a fresco o a secco secondo le istruzioni del produttore; verifica mediante pesatura degli elementi campione o misura strumentale dello spessore secco equivalente.
- **Numero di mani:** 4 mani consecutive, con completa essiccazione tra una mano e la successiva (tempo di riverniciatura secondo scheda tecnica del produttore, tipicamente 4-8 ore a 20 °C/50% UR).

- **Aspetto:** trasparenza totale dopo essiccazione; assenza di colatura, opacità, rigonfiamenti, difetti superficiali; leggibilità delle venature del legno; compatibilità cromatica con il contesto storico-architettonico.
- **Umidità del legno prima dell'applicazione:**  $\leq 18\%$  MC (misura con igrometro a resistenza); applicazione sospesa in presenza di condensa superficiale, temperature  $< 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  o  $> 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- **Durabilità:** resistenza all'umidità ciclica tipica dell'ambiente interno della Casermetta; vita nominale del ciclo  $\geq 10$  anni con manutenzione programmata; rinnovo del trattamento ogni 10 anni o su indicazione diagnostica.

#### Profili UPN e elementi metallici (catene, capochiave):

- **Compatibilità substrato zincato/primer intumescente:** il primer intumescente deve essere specificamente formulato per substrati zincati o previa applicazione di tie-coat compatibile; dichiarazione di compatibilità del produttore.
- **Spessore film secco intumescente (profili UPN):** da definire in sede esecutiva in funzione della sezione degli elementi e della classe R richiesta; certificazione di prova su acciaio secondo UNI EN 13501-2.
- **Ciclo di finitura (catene e capochiave):** smalto di finitura compatibile con substrato zincato; aderenza  $\geq 1,5$  MPa (pull-off, UNI EN ISO 4624); assenza di distacchi dopo test cross-cut Gt0-Gt1 (UNI EN ISO 2409).
- **Cromia:** campionatura approvata da Direzione Lavori e Amministrazione Comunale prima dell'applicazione in opera; tonalità coerente con elementi metallici esistenti e con i criteri di tutela del bene vincolato.
- **Contenuto di VOC:** prodotti a basso contenuto di composti organici volatili conformi ai CAM Edilizia (D.M. 23/06/2022, Allegato 2); dichiarazione del produttore con valore VOC (g/l) inferiore ai limiti di categoria.
- **Controlli e verifiche:** ispezione visiva al 100% degli elementi trattati; misura dello spessore del film secco su campioni rappresentativi ( $\geq 5$  misure/elemento per UPN,  $\geq 3$  misure/elemento per catene); test pull-off su campioni; certificazioni di resistenza al fuoco del prodotto in archivio di cantiere.

## 7 OPERE ARCHITETTONICHE E DISTRIBUZIONE INTERNA

Sotto il profilo architettonico l'intervento mira all'ottimizzazione della fruibilità universale, con particolare attenzione alla redistribuzione degli spazi di servizio.

### 7.1 Sostituzione porta e sistema a scorrimento a scomparsa

L'attuale configurazione della porta non consente il corretto utilizzo della via d'esodo né soddisfa i requisiti di accessibilità per utenti su sedia a rotelle (spazio di manovra insufficiente). La soluzione a scomparsa elimina l'interferenza con la via di esodo e garantisce la piena conformità al D.M. 236/1989 e al D.P.R. 503/1996.

Il progetto prevede la sostituzione dell'attuale porta a battente del servizio igienico accessibile situato al primo piano, che apre verso la via d'esodo. La nuova chiusura è realizzata mediante un sistema di scorrimento a scomparsa interno alla muratura, al fine di massimizzare lo spazio utile di manovra e migliorare l'ergonomia d'uso in ottemperanza al D.M. 236/1989.

Tale modifica comporta il rifacimento della partizione muraria interessata, con la creazione di un oggetto planimetrico verso l'ambiente adiacente per consentire l'inserimento del sistema a scomparsa. Al fine di garantire la simmetria compositiva, la medesima soluzione architettonica è replicata specularmente sul vano frontale, uniformando il linguaggio distributivo del piano.

#### NORMATIVA DI RIFERIMENTO

D.M. 14 giugno 1989, n. 236 – Accessibilità, adattabilità e visitabilità degli edifici
D.P.R. 24 luglio 1996, n. 503 – Eliminazione barriere architettoniche
D.M. 3 agosto 2015 – Codice di Prevenzione Incendi (gestione vie di esodo)
D.Lgs. 42/2004 – Codice dei Beni Culturali, art. 21 (interventi su murature di valore storico)

## 7.2 Riforma bookshop e biglietteria

Sotto il profilo estetico e dell'allestimento interno, gli oggetti volumetrici creati per le porte a scomparsa sono integrati e mimetizzati attraverso una nuova configurazione degli arredi. La progettazione d'interni prevede una riforma organica degli spazi destinati al bookshop e alla biglietteria, i quali inglobano le nuove porzioni murarie garantendo la continuità materica e formale con il contesto monumentale.

### CRITERI E CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI:

- Continuità materica: finiture coerenti con il contesto storico-monumentale; materiali compatibili con D.Lgs. 42/2004.
- Ergonomia d'uso: banconi e arredi adeguati ai requisiti di accessibilità (altezza operativa 75-80 cm per utenti su sedia a rotelle).
- Reversibilità: soluzioni di allestimento rimovibili senza alterazione delle strutture murarie storiche.

## 8 OPERE IMPIANTISTICHE

Gli impianti sono progettati per integrare le necessità tecnologiche con il valore storico e monumentale del fabbricato, adottando soluzioni a basso impatto visivo, alta efficienza energetica e compatibilità con il contesto.

### 8.1 Impianto illuminotecnico (binari sospesi e faretti)

L'impianto illuminotecnico esistente non soddisfa i requisiti di illuminamento per le attività didattiche e di accoglienza previste né garantisce la flessibilità scenografica necessaria per gli eventi. Il nuovo sistema deve garantire  $E_m \geq 300$  lux per attività didattiche e scenari dimmerabili per eventi (UNI EN 12464-1).

La strategia illuminotecnica è improntata alla massima flessibilità funzionale, necessaria per assecondare la natura polivalente della Casermetta (didattica, eventi, accoglienza).

Il sistema principale è costituito da binari sospesi, ancorati all'intradosso dei travicelli della copertura mediante cavi di sospensione. Questa soluzione conferisce un effetto di sospensione leggera e consente il posizionamento dinamico di faretti orientabili, capaci di generare diversi scenari luminosi in relazione alle specifiche attività previste.

Per le aree con vincoli dimensionali (zona a ridosso del vano ascensore) il progetto prevede apparecchi puntiformi integrati. A completamento del sistema, l'architettura della copertura è valorizzata mediante faretti d'accento posizionati tra le aperture finestrate, dotati di ottiche dedicate per il puntamento luminoso verso l'intradosso del tetto, enfatizzando la spazialità e la storicità delle strutture lignee.

<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>
UNI EN 12464-1 – Illuminazione dei posti di lavoro interni
CEI 64-8 – Impianti elettrici utilizzatori (general use)
D.M. 37/2008 – Impianti negli edifici
D.Lgs. 42/2004 – Codice dei Beni Culturali (impatto visivo impianti su strutture storiche)

D.Lgs. 192/2005 e s.m.i. – Prestazioni energetiche degli edifici

**CRITERI E CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI:**

- Illuminamento medio (Em):  $\geq 300$  lux per attività didattiche e di accoglienza (UNI EN 12464-1); dimmerabilità continua per scenari eventi.
- Uniformità (U0):  $\geq 0,6$  nelle zone di lavoro principale.
- Efficienza energetica: sorgenti LED con efficienza  $\geq 100$  lm/W; DALI o equivalente per il controllo centralizzato della luce.
- Integrazione architettonica: binari sospesi su cavi a impatto visivo minimo; compatibilità con i vincoli di tutela del bene culturale.
- Sicurezza elettrica: conformità CEI 64-8; dichiarazione di conformità DM 37/2008.

**8.2 Impianto di climatizzazione ad espansione diretta (HVAC)**

L'impianto HVAC esistente non garantisce condizioni di comfort termico adeguate alle diverse destinazioni d'uso previste (museale, didattica, accoglienza) né soddisfa i requisiti di efficienza energetica vigenti. L'adeguamento e il miglioramento del sistema di climatizzazione (adeguamento/aggiornamento HVAC) sono tra gli obiettivi primari dell'intervento.

Il progetto prevede l'efficientamento del sistema di climatizzazione mediante l'adozione di un impianto ad espansione diretta ad alta efficienza, concepito per integrare le necessità tecnologiche con il valore storico e monumentale del fabbricato.

Per le unità interne è previsto l'impiego di terminali ad ingombro ridotto, installati negli sguanci sotto finestra in sostituzione degli apparecchi preesistenti. Al fine di garantire la coerenza estetica degli ambienti, i terminali saranno inseriti all'interno di appositi carter lignei su misura, completi di griglie di ventilazione con lamelle direzionabili per l'ottimizzazione dei flussi d'aria. L'impianto sarà integrato da due unità esterne nella zona del fronte nord.

<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>
D.Lgs. 19/08/2005, n. 192 e s.m.i. – Prestazioni energetiche degli edifici
D.M. 26/06/2015 – Requisiti minimi di prestazione energetica
UNI EN 14825 – Condizionatori d'aria, sistemi di raffreddamento e pompe di calore – Test in condizioni parziali di carico
UNI EN 15232 – Prestazione energetica degli edifici – Controllo, automazione e gestione
Regolamento UE 2016/2281 – Ecodesign per prodotti di riscaldamento e raffrescamento
D.M. 37/2008 – Impianti negli edifici
D.M. 23/06/2022 – CAM Edilizia

**CRITERI E CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI:**

- Comfort termico: temperatura interna 20–22 °C in riscaldamento, 24–26 °C in raffrescamento; umidità relativa 40–60% (UNI EN ISO 7730).
- Efficienza energetica: coefficienti SEER  $\geq 6,1$  e SCOP  $\geq 4,6$  (classe A+++ per split sistema) in conformità al Reg. UE 2016/2281.
- Integrazione architettonica: carter lignei su misura per le unità interne; unità esterne al fronte nord a basso impatto visivo e acustico.
- Qualità dell'aria interna (IAQ): filtrazione conforme UNI EN ISO 16890; portate di aria esterna minime secondo UNI 10339.
- Conformità impianti: dichiarazione di conformità DM 37/2008; libretto di impianto e piano di manutenzione.
- Sostenibilità CAM: fluidi refrigeranti a basso GWP ( $\leq 750$ ); conformità CAM Edilizia D.M. 23/06/2022.

## 9 VERIFICHE E CONFORMITÀ

Le verifiche dovranno essere eseguite al fine di accertare la corretta valutazione del rischio e la conformità delle soluzioni adottate alle prescrizioni normative, in conformità a quanto previsto dall'Allegato I.7 del D.Lgs. 36/2023.

Dovrà essere garantita la tracciabilità delle analisi svolte e la coerenza tra progettazione, realizzazione e condizioni di esercizio, assicurando il mantenimento dei livelli di sicurezza previsti.

In particolare dovranno essere documentate:

- verifiche strutturali NTC 2018 per tutti gli elementi nuovi e rinforzati;
- verifiche di resistenza al fuoco secondo D.M. 3/8/2015;
- collaudi impiantistici per i sistemi di climatizzazione e illuminotecnici (D.M. 37/2008);
- prove di pull-out per gli ancoraggi chimici ( $\geq 10\%$  degli ancoraggi installati);
- certificazioni di conformità CAM dei materiali impiegati;
- dichiarazione di conformità dell'Elaborato Tecnico della Copertura (ETC) ai sensi L.R. Toscana 65/2014.

## 10 CONCLUSIONI

Il presente Disciplinare Descrittivo e Prestazionale definisce il quadro di riferimento tecnico ed esecutivo per la realizzazione degli interventi previsti, stabilendo requisiti, criteri e modalità operative in conformità all' art. 14 dell'allegato I.7 del D.Lgs. 36/2023.

Tutte le lavorazioni dovranno essere eseguite a regola d'arte, nel rispetto delle prescrizioni progettuali, delle normative tecniche applicabili e delle indicazioni degli elaborati di progetto, assicurando la piena coerenza tra le soluzioni realizzative e gli obiettivi prestazionali individuati nel PFE. Particolare attenzione dovrà essere posta alla compatibilità degli interventi con il contesto storico-architettonico, privilegiando soluzioni tecniche che minimizzino l'impatto sul manufatto e ne preservino i caratteri identitari.

L'appaltatore sarà tenuto a garantire, oltre alla corretta esecuzione delle opere, anche il controllo delle prestazioni nel tempo, mediante l'adozione di materiali certificati, tecnologie adeguate e procedure esecutive conformi ai requisiti di durabilità, manutenibilità e sostenibilità previsti.

Il rispetto del presente Disciplinare costituisce condizione essenziale per la corretta realizzazione dell'intervento e per il conseguimento degli obiettivi di sicurezza, funzionalità e valorizzazione del bene, assicurando la restituzione dell'immobile alle funzioni pubbliche previste in condizioni di piena efficienza e affidabilità.