COMUNE DI LUCCA
PROVINCIA DI LUCCA

INTERVENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DELLE SERRE ORTO BOTANICO, LUCCA, SERRE ANNI '90 - CUP J62F26000250004

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

Relazione Generale
Serre Anni 90

PFTE_1GEN_090_RG_SP_010_00

25-016

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	21/04/2026	PRIMA EMISSIONE	029A	001S	001A

COMMITTENTE:
Comune di Lucca
RUP Ing. Stefano Angelini

TEAM DI PROGETTAZIONE
Studio INTRE
RED STUDIO

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

INDICE

1 INTRODUZIONE E MOTIVAZIONI DELL'INTERVENTO 3
1.1 Obbiettivi Del Quadro Esigenziale 3
2 OBIETTIVI DI PROGETTO E REQUISITI PRESTAZIONALI 4
2.1 Obbiettivi Della Progettazione 4
2.2 Descrizione Delle Caratteristiche Della Soluzione Progettuale 4
2.3 Coerenza Del Processo Progettuale 4
3 INQUADRAMENTO NORMATIVO 5
3.1 Normativa Di Riferimento 5
3.2 Parametri Di Progetto 5
4 DESCRIZIONE DELL' OPERA ESISTENTE 6
4.1 Stato di fatto e scelte progettuali 6
4.2 Stato di consistenza dell'opera 6
4.3 Livello di conoscenza e indagini diagnostiche 6
4.4 Caratteristiche tipologiche, strutturali e impiantistiche 7
4.5 Motivazioni che hanno condotto alla scelta progettuale 7
5 DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE 8
5.1 Genesi ed Esplicazione della Scelta Progettuale 8
5.2 Aspetti Funzionali e Interrelazioni Tecniche 8
5.3 Considerazioni sulla Fattibilità dell'Intervento 9
5.4 Gestione delle Interferenze 9
5.5 Aspetti gestionali, manutentivi e logistici 9
6 CONCLUSIONI 9

1 INTRODUZIONE E MOTIVAZIONI DELL'INTERVENTO

La presente Relazione Generale illustra il Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica relativo agli interventi previsti sulle cosiddette Serre anni '90 dell'Orto Botanico di Lucca, costituite da un corpo di fabbrica lineare posto in continuità con il sistema delle serre storiche e destinato al ricovero, alla coltivazione e alla conservazione delle collezioni botaniche.
L'intervento nasce dalla necessità di migliorare le condizioni di sicurezza strutturale e di esercizio del manufatto, a seguito delle verifiche tecniche condotte sulla struttura esistente. Le analisi hanno evidenziato che la principale carenza strutturale è riconducibile al comportamento della serra nei confronti dell'azione del vento, in ragione della limitata efficacia del sistema di controventamento e della deformabilità dei telai metallici esistenti. In particolare, sotto l'azione del vento, le deformazioni massime risultano localizzate in corrispondenza della facciata laterale corta, dove l'assenza di adeguati elementi di controspinta e irrigidimento della copertura determina una risposta strutturale non pienamente soddisfacente. A tali criticità si aggiungono carenze nei collegamenti tra la struttura metallica delle facciate laterali e le murature esistenti, che rendono necessario un intervento di rinforzo locale e di miglioramento del comportamento d'insieme.
Il manufatto, pur essendo di realizzazione relativamente recente rispetto alle componenti storiche principali dell'Orto Botanico, svolge un ruolo funzionale rilevante all'interno del complesso. Esso consente infatti il mantenimento di condizioni ambientali idonee per le specie vegetali ospitate e partecipa al sistema delle strutture dedicate alla conservazione, alla gestione e alla fruizione delle collezioni botaniche. La sua conservazione in efficienza costituisce pertanto un presupposto necessario per la continuità delle attività scientifiche, didattiche e manutentive dell'Orto.
Le scelte progettuali sono orientate a un intervento puntuale e compatibile con l'esistente, volto a incrementare la capacità resistente e la rigidezza della struttura metallica, migliorare il sistema di controventamento e regolarizzare i collegamenti con la muratura storica, senza alterare in modo significativo la configurazione architettonica e funzionale del manufatto. L'obiettivo del PFTE è quindi quello di individuare una soluzione tecnicamente efficace, manutentivamente controllabile e coerente con il contesto storico-botanico in cui le serre sono inserite.
In tale quadro, l'intervento sulle Serre anni '90 non si configura come trasformazione dell'organismo edilizio, ma come operazione di consolidamento e adeguamento prestazionale, necessaria per assicurare la sicurezza d'esercizio, la durabilità delle strutture e la continuità delle funzioni botaniche svolte all'interno dell'Orto Botanico di Lucca.

1.1 Obbiettivi Del Quadro Esigenziale

Il presente Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica è redatto in coerenza con il Documento di Indirizzo alla Progettazione (DIP), che individua le esigenze funzionali, prestazionali ed economiche dell'intervento, nonché i vincoli tecnico-amministrativi e di tutela connessi al complesso monumentale dell'Orto Botanico di Lucca.
In particolare, il progetto recepisce le indicazioni del DIP in ordine alla necessità di intervenire prioritariamente sulla sicurezza strutturale delle serre anni '90, con specifico riferimento alle criticità rilevate sulla struttura metallica, alla limitata efficacia del sistema di controventamento, ai collegamenti tra la struttura metallica delle facciate laterali e le murature esistenti, nonché al comportamento del manufatto nei confronti dell'azione del vento, individuata come principale causa delle carenze strutturali riscontrate. L'obiettivo è garantire adeguato condizioni di sicurezza d'esercizio e continuità funzionale per le attività botaniche, espositive e di conservazione.
La coerenza con il DIP si esplica inoltre nel rispetto dei limiti economici assegnati, nella compatibilità con il quadro normativo vigente e nella definizione di soluzioni tecniche orientate al miglioramento delle prestazioni strutturali, alla tutela della muratura storica ottocentesca e alla sostenibilità gestionale e manutentiva nel tempo.
Il PFTE costituisce pertanto lo strumento di sintesi tra le esigenze espresse dall'Amministrazione, le risultanze delle verifiche tecniche e strutturali, le condizioni di vincolo e il contesto storico-botanico in cui le serre sono inserite, traducendo tali elementi in un quadro organico di obiettivi progettuali e requisiti prestazionali.

2 OBIETTIVI DI PROGETTO E REQUISITI PRESTAZIONALI

2.1 Obbiettivi Della Progettazione

La strategia d'intervento delineata per le Serre anni '90 persegue l'obiettivo prioritario di innalzare i livelli di sicurezza strutturale del manufatto, riconducendolo ai requisiti prestazionali definiti dal Capitolo 8 delle NTC 2018 e dalla relativa Circolare applicativa n. 7/2019.
Le verifiche condotte hanno evidenziato criticità riconducibili principalmente alla risposta della struttura metallica nei confronti dell'azione del vento, in ragione della limitata efficacia del sistema di controventamento, della deformabilità dei telai e della presenza di collegamenti non pienamente idonei a garantire una distribuzione efficace delle sollecitazioni. L'intervento è pertanto finalizzato alla risoluzione di tali carenze, con particolare attenzione al miglioramento del comportamento d'insieme della serra e alla riduzione delle deformazioni localizzate.
Le scelte progettuali sono orientate a soluzioni puntuali e compatibili con l'esistente, tali da incrementare la capacità resistente e la rigidezza della struttura metallica senza alterare significativamente la configurazione architettonica e funzionale del manufatto. La progettazione privilegia interventi controllabili, manutentivamente verificabili e coerenti con il contesto storico-botanico dell'Orto, con particolare attenzione alla tutela della muratura storica ottocentesca e alla corretta gestione dei punti di interfaccia acciaio–muratura.

2.2 Descrizione Delle Caratteristiche Della Soluzione Progettuale

La soluzione progettuale si configura come un insieme coordinato di interventi locali, finalizzati a migliorare il comportamento statico e dinamico della struttura metallica esistente, con particolare riferimento alla risposta nei confronti dell'azione del vento e alla capacità di ridistribuzione delle azioni orizzontali. Le verifiche condotte hanno infatti evidenziato che le principali criticità sono connesse alla deformabilità dei telai, alla limitata efficacia dei controventamenti di facciata e alla necessità di migliorare i collegamenti nei punti di interfaccia con la muratura storica.
Il progetto prevede il rinforzo dei pilastri esistenti mediante accoppiamento di nuovi profili metallici, solidarizzati agli elementi verticali attuali al fine di incrementarne la capacità resistente e ridurne la snellezza locale. Tale intervento consente di migliorare la risposta dei telai metallici senza modificare in modo significativo la configurazione architettonica e funzionale della serra.
Il rinforzo delle facciate laterali sarà conseguito mediante la saldatura dei giunti esistenti e l'inserimento di una nuova trave accoppiata a quella esistente, con funzione di ridistribuzione e collegamento. Tale soluzione è finalizzata a migliorare la continuità strutturale delle facciate, limitare le deformazioni localizzate e favorire una più efficace trasmissione delle sollecitazioni tra gli elementi metallici.
Il comportamento d'insieme della serra sarà inoltre migliorato mediante il raddoppio dei sistemi controventanti di facciata, così da incrementare la rigidezza laterale del manufatto e ridurre la vulnerabilità nei confronti delle azioni orizzontali. L'obiettivo è conseguire una risposta strutturale più regolare e collaborante, evitando concentrazioni di domanda su singoli elementi o nodi.
Particolare attenzione sarà infine rivolta ai collegamenti tra la struttura metallica delle facciate laterali e le murature esistenti. In tali zone sono previsti interventi di rinforzo finalizzati a migliorare la continuità del sistema strutturale e la trasmissione delle azioni tra gli elementi metallici e la muratura storica ottocentesca.

2.3 Coerenza Del Processo Progettuale

In coerenza con il Quadro Esigenziale dell'Amministrazione e con le risultanze delle verifiche strutturali, il presente PFTE persegue i seguenti obiettivi generali:

- innalzare i livelli di sicurezza strutturale e sismica delle serre anni '90, rendendoli compatibili con le funzioni botaniche, conservative e di servizio dell'Orto Botanico;
- garantire la compatibilità dell'intervento con il complesso monumentale dell'Orto Botanico di Lucca e con la muratura storica;
- assicurare la continuità d'uso delle serre per il ricovero, la conservazione e l'esposizione delle collezioni vegetali, riducendo le criticità statiche e gestionali attualmente presenti.

Gli obiettivi specifici dell'intervento sono pertanto definiti come segue:

- risoluzione delle principali criticità strutturali individuate dalle analisi, con particolare riferimento alla struttura metallica, ai controventamenti, ai collegamenti acciaio-acciaio e acciaio-muratura;
- miglioramento della risposta nei confronti delle azioni orizzontali, in particolare vento e sisma, mediante incremento della rigidezza e della capacità resistente dei telai metallici esistenti;
- consolidamento del comportamento d'insieme della struttura, favorendo una maggiore collaborazione tra gli elementi metallici e la muratura storica, senza alterare in modo significativo la configurazione tipologica della serra;
- adozione di soluzioni tecniche compatibili, durevoli e manutentivamente controllabili, con particolare attenzione alla prevenzione di fenomeni di corrosione e degrado nelle zone di interfaccia tra acciaio e muratura.

L'insieme di tali obiettivi è finalizzato a garantire la sicurezza d'esercizio delle serre anni '90, la continuità delle attività botaniche e la conservazione del rapporto funzionale e architettonico con il contesto storico dell'Orto Botanico.

3 INQUADRAMENTO NORMATIVO

3.1 Normativa Di Riferimento

- 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 (cantieri) e s.m.i.
- D.M. 17 gennaio 2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018).
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. – Istruzioni applicative alle NTC 2018.
- D.M. 23 giugno 2022 – Criteri Ambientali Minimi (CAM) per l'affidamento dei servizi di progettazione e lavori per edilizia (GPP) e s.m.i.
- D.M. 14 giugno 1989, n. 236 – Prescrizioni tecniche per accessibilità, adattabilità e visitabilità degli edifici.
- D.P.R. 24 luglio 1996, n. 503 – Eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici.
- D.P.R. 1 agosto 2011, n. 151 – Prevenzione incendi (procedimenti) e s.m.i.
- D.M. 3 agosto 2015 – Codice di prevenzione incendi e s.m.i. (ove applicabile).

3.2 Parametri Di Progetto

I requisiti prestazionali tecnici dell'intervento sono definiti in funzione degli obiettivi generali e specifici del PFTE, delle prescrizioni normative e dei criteri di sostenibilità applicabili. Tali requisiti costituiscono i vincoli prestazionali assunti dal progetto e sono recepiti nelle soluzioni progettuali sviluppate.
L'intervento garantisce livelli prestazionali coerenti con la destinazione d'uso pubblica dell'immobile, con il suo valore storico-architettonico e con le prescrizioni normative vigenti.
In particolare, il progetto persegue i seguenti livelli di prestazione:

- Sicurezza strutturale e sismica. L'intervento incrementa in modo significativo i livelli di sicurezza strutturale e sismica, superando le criticità emerse dalla valutazione di vulnerabilità sismica e dalle verifiche effettuate. Il livello prestazionale conseguito è coerente con la destinazione d'uso e con la presenza di pubblico, secondo i criteri applicabili alle costruzioni esistenti previsti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018). Tale prestazione consente la rimozione delle limitazioni d'uso motivate da condizioni di rischio.
- Sicurezza d'esercizio e tutela dell'utenza. Gli interventi garantiscono condizioni di utilizzo sicure per visitatori e operatori, tenendo conto delle modalità di fruizione dell'immobile e del

ruolo delle serre all'interno del sistema dell'Orto Botanico. Il livello prestazionale assicura la continuità d'esercizio in condizioni ordinarie e la gestione delle situazioni eccezionali, mantenendo e migliorando l'accessibilità e la fruibilità degli spazi.

- Conservazione e compatibilità con il bene vincolato. Considerata la valenza storico-architettonica del complesso e il contesto monumentale di appartenenza, il progetto adotta soluzioni compatibili con le esigenze di tutela, limita l'impatto sugli elementi di pregio e privilegia, ove tecnicamente possibile, criteri di minimo intervento e reversibilità.
- Funzionalità e flessibilità d'uso. L'intervento restituisce spazi funzionali alle attività botaniche, conservative e di servizio dell'Orto Botanico, mantenendo una configurazione coerente con la destinazione propria delle serre.

Il raggiungimento delle prestazioni di sicurezza strutturale e sismica è verificato mediante le verifiche previste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni per edifici esistenti, con riferimento agli Stati Limite applicabili. Il criterio di prestazione sarà costituito dalla dimostrazione, tramite calcolo e relazione tecnica, del superamento delle condizioni di criticità rilevate nella valutazione di vulnerabilità sismica e del conseguimento di un livello di sicurezza compatibile con l'uso previsto, eliminando la necessità di limitazioni gestionali o interdizioni. Per un maggior approfondimento si rimanda alla relazione specialistica strutturale.
In relazione agli aspetti ambientali e di sostenibilità dell'intervento, il progetto tiene conto dei Criteri Ambientali Minimi (CAM) applicabili agli interventi edilizi pubblici, con particolare riferimento alla durabilità delle soluzioni progettuali, alla manutenibilità delle opere, alla gestione dei materiali rimossi, alla riduzione degli impatti in fase di cantiere e alla compatibilità degli interventi con il contesto storico, paesaggistico e ambientale dell'Orto Botanico. La verifica puntuale dei requisiti CAM, delle modalità di applicazione e delle relative evidenze documentali è sviluppata nell'apposita relazione specialistica, alla quale si rimanda integralmente.

4 DESCRIZIONE DELL' OPERA ESISTENTE

4.1 Stato di fatto e scelte progettuali

Il presente Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica (PFTE) riguarda interventi locali di rinforzo strutturale delle Serre anni '90, costituite da struttura metallica su tre lati e da una muratura ottocentesca in pietra sul quarto lato. La struttura presenta uno schema rettangolare con copertura inclinata verso la muratura storica. Le scelte progettuali sono orientate al miglioramento della risposta strutturale locale mediante incremento della capacità resistente e della rigidezza dei telai metallici esistenti, nonché alla corretta gestione delle interazioni con la muratura storica.

4.2 Stato di consistenza dell'opera

L'opera presenta un sistema strutturale costituito prevalentemente da telai metallici, integrati sul quarto lato dalla muratura storica ottocentesca. La struttura metallica è composta da colonne di sezione 150×150×5 mm e da travi di sezione 75×150×5 mm; la copertura è costituita da orditura principale in profili IPE200 e da orditura secondaria in profili 120×40×5 mm, con tamponamento trasparente in vetro e policarbonato.
Le verifiche hanno evidenziato criticità puntuali riconducibili alla snellezza degli elementi metallici, alla limitata rigidezza dei collegamenti e alla carenza di un sistema di controventamento efficace. In particolare, risulta presente un solo sistema di controventamento sulla facciata principale, collocato in posizione centrale ma non simmetrica rispetto allo sviluppo complessivo del prospetto; tale configurazione non consente una distribuzione equilibrata delle azioni orizzontali e contribuisce alla concentrazione delle deformazioni in specifiche porzioni della struttura. Ulteriore elemento di attenzione è rappresentato dai collegamenti tra la struttura metallica delle facciate laterali e la muratura storica in pietra, che necessitano di interventi di rinforzo e regolarizzazione al fine di migliorare la continuità strutturale e la trasmissione delle azioni.

4.3 Livello di conoscenza e indagini diagnostiche

In linea con le procedure per gli edifici esistenti, le analisi sono state condotte assumendo parametri cautelativi. Le indagini sono state orientate alla caratterizzazione della struttura metallica (verifica

geometrica e stato di conservazione) e alla valutazione dei collegamenti acciaio-acciaio e acciaio-muratura.
Sulla base delle attività conoscitive eseguite e della documentazione disponibile, il livello di conoscenza assunto ai fini delle verifiche strutturali è differenziato in funzione della natura degli elementi:

- LC1 per la parte in muratura storica;
- LC2 per la struttura metallica, in relazione alla maggiore completezza del rilievo geometrico e della caratterizzazione degli elementi in acciaio.

4.4 Caratteristiche tipologiche, strutturali e impiantistiche

Sotto il profilo strutturale, le Serre anni '90 sono riconducibili a un organismo metallico intelaiato, integrato sul lato di confine con la muratura storica ottocentesca. Le verifiche hanno evidenziato criticità riconducibili alla risposta alle azioni orizzontali, alla deformabilità dei telai metallici e alla necessità di migliorare i collegamenti tra struttura metallica e muratura.
Dal punto di vista tipologico e funzionale, il manufatto conserva la configurazione propria di una serra moderna destinata al ricovero, alla coltivazione e alla conservazione delle collezioni botaniche, con superfici trasparenti, sistemi di schermatura interna e aperture meccanizzate per la regolazione delle condizioni microclimatiche.
Gli interventi previsti dal presente PFTE riguardano esclusivamente il miglioramento strutturale della serra e non comportano modifiche agli impianti esistenti, ai sistemi di ombreggiamento/schermatura solare né ai dispositivi di apertura meccanizzata, che saranno mantenuti nella configurazione attuale.

4.5 Motivazioni che hanno condotto alla scelta progettuale

L'intervento è reso necessario dagli esiti delle verifiche strutturali, che hanno evidenziato il mancato soddisfacimento delle verifiche nei confronti dell'azione del vento. Tale criticità è riconducibile principalmente alla carenza di un sistema di controventamento efficace della struttura metallica, alla conseguente deformabilità dei telai esistenti e alla localizzazione delle deformazioni massime in corrispondenza della facciata laterale corta.
Si precisa che l'unica criticità statica individuata riguarda l'azione del vento, mentre le verifiche nei confronti delle azioni gravitazionali e dei carichi antropici risultano soddisfatte. Considerato che la struttura è in esercizio da oltre trent'anni senza manifestare cedimenti, rotture, deformazioni anomale o altri indicatori evidenti di vulnerabilità, il comportamento globale osservato può ritenersi coerente con il livello di azione ordinariamente agente nel sito. Resta tuttavia necessario intervenire sulle carenze statiche locali legate ai carichi da vento, al fine di garantire condizioni di sicurezza pienamente compatibili con il quadro normativo vigente.
Le analisi sismiche svolte hanno evidenziato un grado di sicurezza pari a $\zeta E = 0{,}18$ allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita, ricavato mediante analisi statica lineare. Il ricorso a tale metodo deriva dalla bassa percentuale di massa sismica eccitata dall'analisi push-over, conseguente alla carenza di un piano rigido di copertura capace di ridistribuire efficacemente le azioni tra gli elementi strutturali. La medesima analisi push-over restituisce un valore pari a $\zeta E = 0{,}63$, che, una volta risolte le criticità statiche locali e migliorato il comportamento d'insieme della struttura, può essere assunto come riferimento rappresentativo della capacità sismica del manufatto.
Le scelte progettuali sono quindi orientate al rinforzo dei telai metallici, al miglioramento dei collegamenti, al potenziamento del sistema di controventamento e al rinforzo dei punti di interfaccia acciaio–muratura, al fine di risolvere le criticità connesse all'azione del vento e conseguire una risposta strutturale più regolare e compatibile con le condizioni d'uso previste.

5 DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE

5.1 Genesi ed Esplicazione della Scelta Progettuale

Il PFTE prevede una serie di interventi locali finalizzati al miglioramento del comportamento statico e sismico della struttura, con particolare riferimento alla risposta nei confronti dell'azione del vento, individuata come principale criticità strutturale del manufatto. Gli interventi sono concepiti per incrementare la capacità resistente e la rigidezza dei telai metallici esistenti, migliorare l'efficacia del sistema di controventamento e rendere più controllato il rapporto tra struttura metallica e muratura storica, senza alterare in modo significativo la configurazione tipologica e architettonica della serra.
Le opere principali consistono in:

- rinforzo dei pilastri esistenti mediante accoppiamento di nuovi profili metallici;
- rinforzo delle facciate laterali mediante saldatura dei giunti esistenti e l'inserimento di una nuova trave accoppiata all'esistente di ridistribuzione e collegamento;
- raddoppio dei sistemi controventanti di facciata;
- rinforzo dei collegamenti tra la struttura metallica delle facciate laterali e le murature esistenti.

La scelta progettuale rispetta l'assetto attuale del manufatto e non introduce elementi vistosi o estranei al linguaggio architettonico della serra. I nuovi profili metallici e i controventamenti saranno inseriti in coerenza con la maglia strutturale esistente, privilegiando soluzioni integrate con l'attuale scansione dei telai e con la geometria delle superfici trasparenti.
Al fine di garantire la compatibilità percettiva dell'intervento con il contesto esistente e con le esigenze di tutela del complesso, gli elementi metallici di nuova introduzione sono finiti con cromia analoga a quella degli elementi metallici esistenti, previa eventuale campionatura e condivisione nelle fasi progettuali ed esecutive. L'intervento non modifica quindi l'immagine complessiva della serra, ma opera attraverso integrazioni puntuali, compatibili con l'estetica esistente e con il carattere tecnico-funzionale dell'edificio.
La soluzione tiene inoltre conto della presenza dei sistemi interni di schermatura, ombreggiamento e movimentazione delle aperture. La disposizione dei nuovi elementi strutturali è coordinata con gli elementi che sostengono tendaggi, oscuranti e dispositivi di regolazione microclimatica, nonché con le parti meccaniche e impiantistiche presenti, in modo da non comprometterne il funzionamento, l'accessibilità manutentiva e la configurazione attuale. Le interferenze puntuali sono gestite mediante dettagli costruttivi localizzati, senza alterare l'impianto complessivo dei sistemi esistenti.
A seguito degli interventi previsti, le carenze statiche connesse all'azione del vento vengono risolte mediante il rinforzo dei pilastri esistenti, il rinforzo delle facciate laterali, il raddoppio dei sistemi controventanti di facciata e il rinforzo dei collegamenti tra la struttura metallica delle facciate laterali e le murature esistenti. Le modifiche introdotte consentono inoltre di rendere maggiormente rappresentativa l'analisi push-over, superando le limitazioni connesse alla carente collaborazione della copertura nella condizione ante operam.
In esito all'intervento, il livello di sicurezza sismica espresso mediante il parametro ζE, inteso come rapporto tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima di riferimento per una nuova costruzione, risulta pari a $\zeta E = 0{,}63$. Tale valore comporta un incremento superiore a 0,10 rispetto alla condizione iniziale e risulta coerente con quanto previsto dal §8.4.2 del D.M. 17/01/2018 per gli interventi di miglioramento sismico.
Nel complesso, la soluzione progettuale si configura come un intervento di rinforzo e adeguamento prestazionale misurato e compatibile, capace di risolvere le carenze strutturali rilevate preservando la configurazione architettonica, funzionale e percettiva della serra.

5.2 Aspetti Funzionali e Interrelazioni Tecniche

Le soluzioni strutturali proposte garantiscono una migliore ridistribuzione delle sollecitazioni orizzontali, con particolare riferimento all'azione del vento, che rappresenta la principale criticità emersa dalle verifiche. Il rinforzo dei telai metallici, il rinforzo delle facciate laterali, la saldatura dei giunti esistenti, l'inserimento della nuova trave accoppiata a quella esistente e il raddoppio dei sistemi controventanti di facciata consentono di ridurre le deformazioni localizzate e di conferire alla struttura un comportamento d'insieme più regolare e collaborante.
Il rinforzo dei collegamenti tra la struttura metallica delle facciate laterali e la muratura storica è inoltre finalizzato a migliorare la trasmissione delle azioni e la continuità del sistema strutturale. In

questo modo l'intervento consente di migliorare la risposta globale della serra, mantenendo la compatibilità con la configurazione attuale del manufatto e con la muratura storica ottocentesca.

5.3 Considerazioni sulla Fattibilità dell'Intervento

La fattibilità tecnico-economica dell'intervento è supportata dagli esiti delle verifiche strutturali e sismiche, che hanno evidenziato la necessità di incrementare il livello di sicurezza della struttura fino a valori compatibili con l'uso previsto e con il quadro normativo applicabile alle costruzioni esistenti.
L'intervento risulta compatibile con il contesto storico e monumentale dell'Orto Botanico, in quanto opera prevalentemente sulla struttura metallica esistente mediante rinforzi, controventamenti e collegamenti puntuali, controllabili e coerenti con la tipologia costruttiva della serra.
La soluzione proposta consente inoltre di migliorare la resilienza della struttura nei confronti delle azioni orizzontali, in particolare vento e sisma, preservando la configurazione complessiva del manufatto e la continuità d'uso delle serre per le attività botaniche e conservative.

5.4 Gestione delle Interferenze

Le lavorazioni sono coordinate con la presenza della muratura storica ottocentesca e con la permanenza del manufatto all'interno del sistema funzionale dell'Orto Botanico.
Particolare attenzione è posta alle zone di contatto tra struttura metallica e muratura, dove gli interventi di rinforzo dei collegamenti sono eseguiti con lavorazioni controllate, limitando vibrazioni, urti e sollecitazioni localizzate.
Sono inoltre gestite le interferenze con i tamponamenti trasparenti, con i sistemi di schermatura e con gli eventuali impianti presenti all'interno della serra. Le fasi di cantiere garantiscono la protezione delle collezioni botaniche, la sicurezza dei percorsi limitrofi e il contenimento delle interferenze con le attività ordinarie dell'Orto.

5.5 Aspetti gestionali, manutentivi e logistici

In fase di esercizio è previsto un programma di controllo e manutenzione periodica delle connessioni saldate, dei controventamenti, dei collegamenti tra struttura metallica e murature esistenti, delle superfici trasparenti e dei sistemi di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche. Particolare attenzione è posta ai fenomeni di corrosione e degrado differenziale dovuti all'ambiente umido proprio delle serre e ai punti di interfaccia tra struttura metallica, tamponamenti e muratura storica.
La corretta manutenzione di tali elementi costituisce condizione essenziale per mantenere nel tempo le prestazioni strutturali conseguite e per garantire la continuità funzionale delle serre.
Dal punto di vista logistico, le lavorazioni sono organizzate in modo da ridurre le interferenze con le attività dell'Orto Botanico e con i percorsi di visita, prevedendo opportune delimitazioni delle aree operative, protezioni temporanee dei manufatti e procedure di movimentazione compatibili con il contesto sensibile in cui l'intervento è inserito.

6 CONCLUSIONI

Gli interventi locali proposti, consistenti nel rinforzo dei telai metallici, nel rinforzo delle facciate laterali, nel raddoppio dei sistemi controventanti e nel rinforzo dei collegamenti tra la struttura metallica delle facciate laterali e le murature esistenti, consentono di superare le principali criticità statiche rilevate, riconducibili prevalentemente all'azione del vento, e di migliorare il comportamento globale della struttura.
A seguito dell'intervento, le carenze statiche vengono risolte e le modifiche introdotte consentono di rendere maggiormente rappresentativa l'analisi push-over. Il livello di sicurezza sismica della struttura risulta pari a $\zeta E = 0{,}63$, con un incremento superiore a 0,10 rispetto alla condizione iniziale, in coerenza con quanto previsto dal §8.4.2 del D.M. 17/01/2018 per gli interventi di miglioramento sismico.
Le soluzioni previste risultano coerenti con la tipologia costruttiva del manufatto e compatibili con il contesto storico-monumentale, in quanto operano mediante integrazioni puntuali, controllabili e manutentivamente verificabili, senza alterare in modo significativo l'immagine complessiva della serra. Gli elementi metallici di nuova introduzione sono trattati con finitura e cromia coerenti con gli elementi esistenti, al fine di contenere l'impatto percettivo dell'intervento e garantire la continuità formale dell'insieme.

I dettagli dei collegamenti, la protezione anticorrosiva degli elementi metallici e il piano di monitoraggio e manutenzione delle strutture rinforzate sono approfonditi negli elaborati specialistici e nelle successive fasi progettuali ed esecutive.