



# CONSIGLIO DI STATO

## Segretariato Generale per la Giustizia Amministrativa

### PALAZZO SPADA: RIFACIMENTO DELLA COPERTURA AMBIENTE A2



### PROGETTO ESECUTIVO

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO  
Ing. CLAUDIO VECCHI

### PROGETTAZIONE



**SQS Ingegneria srl**

00154 Roma via Padre Semeria 65/d  
tel. 0651605222 fax 0651883655  
[www.sqsingegneria.it](http://www.sqsingegneria.it)

Ing. STEFANO MILITELLO  
Arch. CLAUDIA PIETRONIRO  
Ing. FRANCESCA BARBA  
Arch. RAOUL VERGATI  
e con:  
Arch. LIVIA PUGLIESE

COMMESSA

CODICE ELABORATO

REV.

1 8 0 3 0 E S T R L 1 0 0 2

### RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

N. rev	Nota di revisione	Data
1	Emissione	Giugno 2019
	aggiornamento Genio Civile OPENGENTIO-ID-DOC:19383062 - N.Pos.:90112	Ottobre 2019
	Copia conforme all'originale pag.1 di 12	
	La copia originale e' conservata presso l'archivio digitale della Regione Lazio	
	Documento firmato digitalmente ai sensi artt. 20, 21 e 24 del D.lgs 82/05 e s.m. e i. da:	
	MILITELLO STEFANO (Delegato, Progettista delle strutture), ARCORACI Eduardo (Direttore dei Lavori)	



CONTR.	APPROV.	SCALA
STM	CLP	

## SOMMARIO

<b>Descrizione generale dell'opera .....</b>	<b>3</b>
<b>Normativa di riferimento .....</b>	<b>3</b>
<b>Dati Generali del Progetto .....</b>	<b>3</b>
<b>Valutazioni sull'Intervento Locale 8.4.1 .....</b>	<b>3</b>
<b>Dichiarazione che l'intervento non ricade tra quelli previsti in NTC 2018 §8.4.3.....</b>	<b>4</b>
<b>Criteri di Analisi della Sicurezza .....</b>	<b>4</b>
<b>Materiali impiegati8.....</b>	<b>4</b>
<b>Classe d'Uso dell'Edificio.....</b>	<b>5</b>
<b>Analisi dei carichi .....</b>	<b>5</b>
Carichi Verticali .....	5
Analisi di dettaglio del carico da neve .....	5
<b>Caratterizzazione dei materiali esistenti .....</b>	<b>6</b>
Indagini sulle strutture in Legno .....	6
Caratteristiche meccaniche Legno.....	7
<b>Verifiche di Sicurezza .....</b>	<b>9</b>
Rappresentazione Grafica Del livello di Sicurezza Ante Operam.....	9
Rappresentazione Grafica del Livello di Sicurezza Post Operam .....	10
Miglioramento Conseguito .....	11
<b>Valutazione della sicurezza §8.3 .....</b>	<b>11</b>
<b>Intervento previsto.....</b>	<b>12</b>
<b>Dichiarazione sugli interventi .....</b>	<b>12</b>



## Descrizione generale dell'opera

Viene redatto questo progetto al fine di eseguire la valutazione di sicurezza e relativo consolidamento di una porzione della copertura di Palazzo Spada in Roma Piazza Capo di Ferro, 13

La copertura è realizzata con struttura portante in legno, pianelle e tegole di finitura.

Alcuni elementi sono stati rinforzati con elementi in acciaio in varie epoche.

La porzione di tetto considerata presenta elementi di degrado degli elementi in legno con deformazioni di lungo termine non più trascurabili.

L'intervento che si intende eseguire è di tipo Locale ai sensi delle NTC 2018 §8.4.1 in quanto riguarda il rinforzo/sostituzione di una porzione di tetto limitata e non riguarda elementi portanti verticali.

## Normativa di riferimento

**Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18**

**Istruzioni per l'applicazione dell' Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni" - Circolare del ministero delle infrastrutture e dei trasporti n.7 del 21 Gennaio 2019**

## Dati Generali del Progetto

Il progetto viene redatto in seguito alla verifica di un livello di ammaloramento anomalo in una porzione delle strutture lignee della copertura di palazzo Spada in Roma.

Gli elementi portanti risultano degradati a causa di agenti biotici (insetti e funghi) che hanno portato taluni elementi alla necessità di riparazione/rinforzo.

Il progetto è classificato come **"Intervento Locale"** ai sensi delle NTC 2018 §8.4.1 trattandosi di sostituzione o rinforzo di singoli elementi o comunque porzioni di solaio.

## Valutazioni sull'Intervento Locale 8.4.1

L'intervento in oggetto si rende necessario a causa del degrado strutturale di una piccola porzione della copertura di Palazzo Spada. Il degrado è avvenuto in un locale in cui è stata praticata una apertura in copertura per l'installazione di una motocondensante. Tale apertura, probabilmente, ha incrementato il livello di umidità ed ha quindi favorito l'attacco di funghi ed insetti sulle travi lignee.

L'intervento, dunque, serve a **"ripristinare, rispetto alla configurazione precedente al danno, le caratteristiche iniziali di elementi o parti danneggiate"** (vedi NTC 2018 §8.4.1). Per questo motivo l'intervento rientra negli interventi locali.

L'intervento, inoltre, **"non altera il comportamento globale della costruzione"** trattandosi di una semplice sostituzione di elementi con altri di analogo materiale e rigidità. (vedi Circ. 7 del 21/01/2019 §8.4.1).



Verrà eseguita la valutazione di sicurezza delle porzioni ammalorate, e poi la verifica del sistema con elementi sostituiti a dimostrazione dell'incremento di resistenza rispetto alle condizioni precedenti (**Vedi Paragrafo "Verifiche di Sicurezza"**).

**In pratica verrà dimostrato l'incremento locale del livello di sicurezza come richiesto in NTC 2018 §8.4.1 ultimo capoverso.**

### **Dichiarazione che l'intervento non ricade tra quelli previsti in NTC 2018 §8.4.3**

Si dichiara che l'intervento in oggetto non ricade in quelli previsti in NTC 2018 §8.4.3 in quanto:

- a) Non trattasi di sopraelevazione di costruzione
- b) Non trattasi di ampliamento di costruzione
- c) Non trattasi di cambio di destinazione d'uso e non si hanno incrementi di carichi
- d) L'intervento non comporta trasformazione della costruzione non essendo previste opere che portano ad un organismo edilizio diverso e non essendoci trasformazione del sistema strutturale
- e) Non sono previste modifiche alla classe d'Uso che risulta già essere IV

### **Criteri di Analisi della Sicurezza**

Le strutture sono state dimensionate utilizzando il metodo semiprobabilistico agli stati limite, come previsto dalle nuove NTC2018.

Le verifiche sono state eseguite per gli stati limite ultimi e di esercizio.

Le sollecitazioni sono state calcolate utilizzando un modello agli elementi finiti utilizzando elementi frame per travi e pilastri.

L'azione sismica non è stata applicata trattandosi di un Intervento Locale di Riparazione secondo NTC 2018 §8.4.1

### **Materiali impiegati**

Legno Castagno D24 Stagionato 2 Anni ed accettato in cantiere secondo specifiche riportate in relazione materiali

Classe di servizio 1

Acciaio S235

Bulloni Classe 5.6



## Classe d'Uso dell'Edificio

L'edificio risulta essere destinato ad Uffici Statali e per questo, secondo il DGRL n°493 del 23/07/2019 rientra nella **Classe d'uso IV**

## Analisi dei carichi

### Carichi Verticali

#### Solaio Copertura

##### Peso Proprio

Peso Specifico del Legno Elem Princ	=540 daN/mc
Cantinelle	=10 daN/mq

##### Sovraccarico permanente

Massetto	0,04x1400	=56 daN/mq
Imperm.		=5 daN/mq
Camera canne/Impianti		=10 daN/mq
Tegole		=60 daN/mq
Pianelle	0,02x2400	<u>=48 daN/mq</u>
		<b>=179 daN/mq</b>

##### Variabile Copertura

Neve	<b>=50 daN/mq</b>
------	-------------------

### Analisi di dettaglio del carico da neve

NTC2018 (§3.4)

Espressione del carico da neve:

$$q_s = \mu_i \times q_{sk} \times C_E \times C_T$$

Il Comune Roma ricade in **Zona III** in cui, per quote inferiori a 200m (Altezza massima del sito 19m s.l.m.) si ha il seguente valore di carico caratteristico di neve al suolo:

$$q_{sk} = 0,60 \text{ KN/mq}$$

Il coefficiente di esposizione **C<sub>E</sub>** è **pari ad 1** essendo ubicato il fabbricato in una zona topografica "normale" in base alla norma di riferimento (§3.4.4)



Il coefficiente termico  $C_T$  è assunto pari ad 1 non essendo stati eseguiti studi specifici (§3.4.5)

Il coefficiente di forma per le coperture inclinata con inclinazione  $<30^\circ$  è assunto pari a (§3.4.3):

$$\mu=0,8$$

Il carico da neve, in base a quanto esposto è assunto pari a:

$$q_i=0,6 \times 1 \times 1 \times 0,8=0,48 \text{ kN/mq (Si applica 50 daN/mq)}$$

### **Caratterizzazione dei materiali esistenti**

La struttura di copertura esistente in oggetto è realizzata totalmente in legno

La valutazione di sicurezza che si va ad eseguire richiede la caratterizzazione meccanica del materiale per poter eseguire le verifiche strutturali di sicurezza. E' richiesta, inoltre, la definizione del livello di conoscenza che viene stabilito in **LC3 come dimostrato nel paragrafo successivo.**

### **Indagini sulle strutture in Legno**

La caratterizzazione meccanica degli elementi in legno, secondo norma UNI 11119:2004 viene eseguita attraverso esame visivo che può essere integrato con indagini specifiche laddove siano ipotizzabili fenomeni di degrado non direttamente quantificabili dall'esterno. Per tale motivo all'esame visivo sono state integrate con:

- Prove resistografiche
- Indagini mediante penetrometro Wood Peacker
- Indagini endoscopiche agli appoggi degli elementi in muratura

Tali prove, sintetizzate con quelle visive, hanno permesso di classificare ogni elemento strutturale secondo norma UNI 11119:2004.

Le opere in legno risentono in maniera sensibile dell'umidità ambientale; per tale motivo sono state eseguite una serie di indagini finalizzate a caratterizzare l'umidità degli ambienti che possono essere sintetizzate come segue:

- Indagini termografiche per identificazione zone umide
- Determinazione del legno in opera

Queste indagini hanno permesso di classificare l'umidità dell'ambiente al fine di valutare correttamente la classe di esercizio del legno ed individuare eventuali cause di umidità eccessiva.

Le indagini eseguite si intendono di tipo "ESAUSTIVO" secondo Circ. 7/2019 §C8.5.3.3. Sono state eseguiti infatti, esami visivi diffusi e sistematici, sono stati eseguiti approfondimenti strumentali di tipo resistografico. E' stata inoltre misurata l'umidità ed eseguite prove tipo Wood Peacker oltre ad esami delle testate e termografie.



Le indagini eseguite sono riportate nella relazione di indagine sui materiali.

**Le indagini eseguite permettono di conseguire il livello di conoscenza LC3**

### **Caratteristiche meccaniche Legno**

Le caratteristiche meccaniche del legno vengono definite in base alle indagini eseguite come descritte al punto precedente secondo le tabelle riportate in UNI 11119:2004.

Le caratteristiche meccaniche sono relative alla caratterizzazione del legno secondo 3 categorie ed in base all'essenza.



## TABELLE PER LA CLASSIFICAZIONE E LA VERIFICA STATICA

Tabella 1 - Regole di classificazione per elementi strutturali lignei in opera (UNI 11119:2004).

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

Tabella 2 - Tensioni massime per l'applicazione del metodo delle tensioni ammissibili e moduli medi di elasticità a flessione per le categorie in opera delle principali specie legnose, applicabili per umidità del legno = 12% (UNI 11119:2004).

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

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

Nella fattispecie si tratta di legno di castagno e le categorie individuate sono 2,3 e non classificabile (categoria 4). In quest'ultimo caso il materiale non è utilizzabile ai fini strutturali, mentre negli altri casi





si procede a valutazione della sicurezza sono le seguenti caratteristiche di resistenza:

Essenza	Castagno					
Unità Misura	N/mm <sup>2</sup>					
<b>Valori per Tensioni Ammissibili</b>						
Categoria	Compressione		Flessione Statica	Trazione Parallela fibratura	Taglio prallelo Fibratura	Modulo Elasticità flessione
	Parallela fibratura	Perpendicolare fibratura				
II	9	2	10	9	0,7	9000
III	7	2	8	6	0,6	8000
Fattore di Conversione per valori caratteristici			2			
Essenza	Castagno					
Unità Misura	N/mm <sup>2</sup>					
<b>Valori per Caratteristiche</b>						
Categoria	Compressione		Flessione Statica	Trazione Parallela fibratura	Taglio prallelo Fibratura	Modulo Elasticità flessione
	Parallela fibratura	Perpendicolare fibratura				
II	18	4	20	18	1,4	9000
III	14	4	16	12	1,2	8000

In particolare è stata eseguita la conversione tra valori per le tensioni ammissibili e valori caratteristici applicando un coefficiente di sicurezza pari a 2.

Vista l'estensione delle indagini eseguite (su tutti gli elementi strutturali) il livello di conoscenza applicato è:

**LC3**

## Verifiche di Sicurezza

In questo paragrafo verranno riportate le valutazioni di sicurezza eseguite secondo le indagini sui materiali riportate precedentemente e nella relazione allegata. In seguito alla valutazione di sicurezza vengono individuate le carenze strutturali con l'individuazione degli elementi carenti che verranno sostituiti (**Circ. 7 21/01/2019 C8.4.1**)

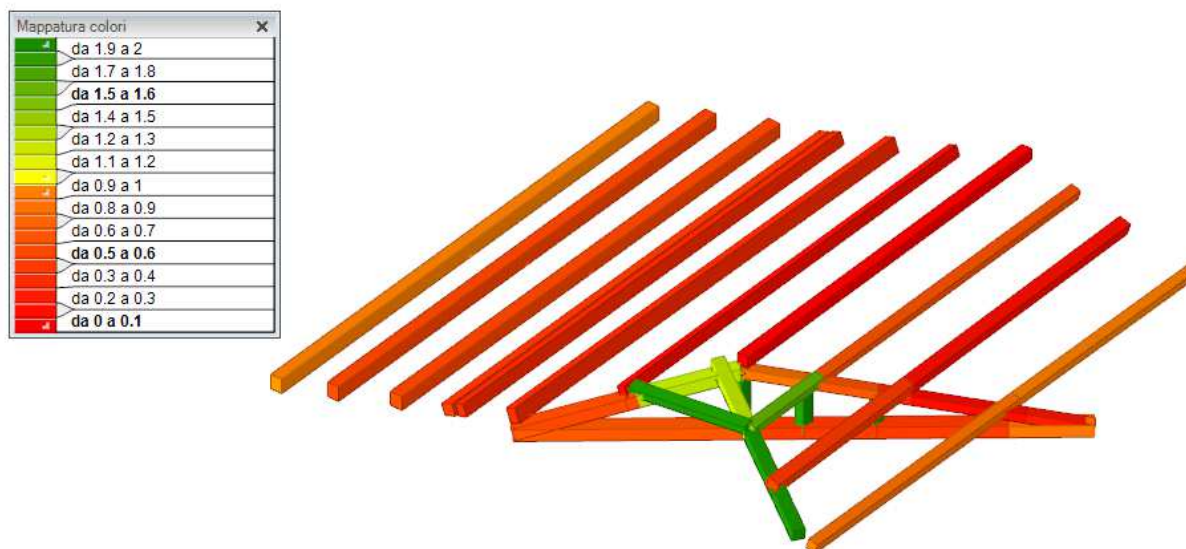
## Rappresentazione Grafica Del livello di Sicurezza Ante Operam

Il livello di sicurezza Ante Operam è stato valutato attraverso il calcolo degli elementi interessati considerando i livelli di resistenza ed i carichi come definiti nei paragrafi precedenti.

La valutazione eseguita mostra un livello di sicurezza su questa porzione di copertura limitato e non adeguato a causa un elevato degrado del materiale legno che in due casi riporta per gli elementi la totale inadeguatezza ad essere utilizzati per scopi strutturali senza eseguire alcuna verifica.



Viene riportato di seguito, in forma grafica, il livello di sicurezza individuato come specificato:

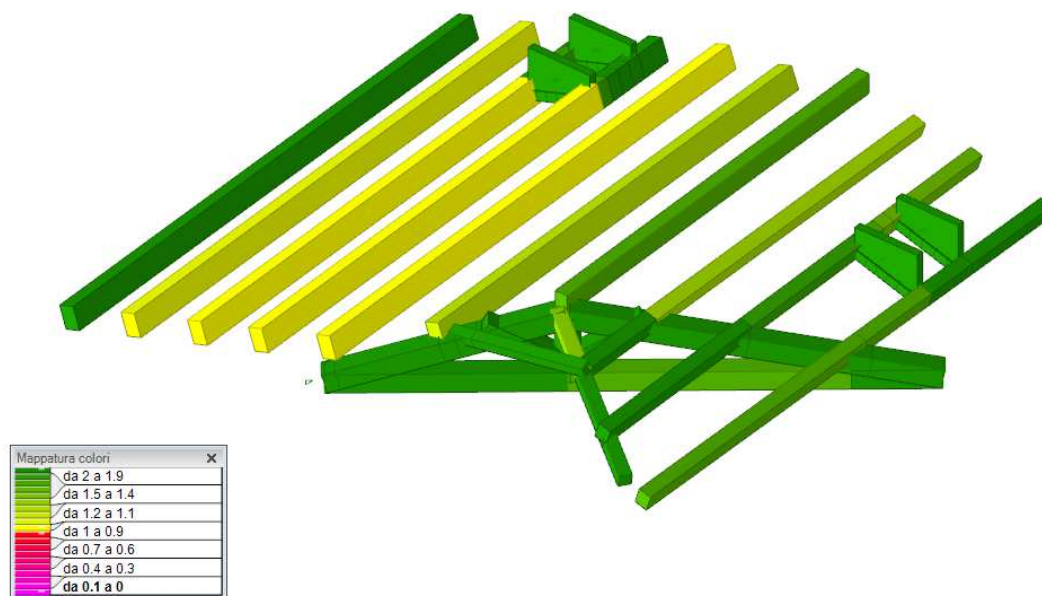


**Coefficiente di sicurezza minimo - c.s.Minimo=0,18**

### **Rappresentazione Grafica del Livello di Sicurezza Post Operam**

L'intervento proposto prevede la sostituzione della capriata, con una modifica della stessa tramite inserimento delle saette e l'eliminazione di due elementi verticali inseriti per interrompere la luce in maniera evidentemente posticcia.

Vengono inoltre sostituite le terzere inadeguate a scopi strutturali e con livelli di sicurezza non incrementabili. Alcuni elementi vengono rinforzati mediante l'introduzione di elementi in acciaio dimensionati in modo da poter sostenere totalmente i carichi di copertura; tale intervento risulta evidente e quindi garantisce l'evidenza della struttura originaria rispetto al rinforzo.



**Coefficiente di sicurezza minimo - c.s.Minimo=1,077**



### **Miglioramento Conseguito**

Con la valutazione dei coefficienti di sicurezza viene dimostrato l'incremento del livello di sicurezza da 0,18 a 1,077 adeguando la struttura ai carichi statici.

**Viene, in sostanza, dimostrato l'incremento del livello di sicurezza locale come richiesto in NTC 2018 §8.4.1 ultimo capoverso**

### **Valutazione della sicurezza §8.3**

In questo progetto si è proceduto ad eseguire una valutazione di sicurezza per la porzione di copertura su cui si interviene in quanto le strutture lignee mostravano uno stato di degrado inusuale con deformazioni di lungo termine evidenti.

Le analisi visive svolte sulla copertura, ove accessibile, non hanno evidenziato altre situazioni di degrado oltre quella in oggetto confermando le ipotesi di degrado evidente localizzato nell'ambiente trattato come indicato nel paragrafo "Valutazioni sull'Intervento Locale 8.4.1". Non si ritiene necessario, dunque, porre limitazioni all'uso.

***In relazione al §8.3 delle NTC 2018 si è proceduto alla valutazione di sicurezza per: "riduzione evidente della capacità resistente e deformativa di parte delle travi di copertura dell'ambiente in oggetto."***

La situazione dell'ambiente in oggetto è probabilmente legata all'incremento di umidità ed esposizione agli agenti atmosferici dovuta alla presenza di un'apertura in copertura come già indicato nei paragrafi precedenti.

L'analisi di sicurezza, come mostrato nel paragrafo "Verifiche di sicurezza" indica che il livello di sicurezza è inferiore a quello previsto dalla norma e dunque si ritiene "sia necessario aumentare la sicurezza strutturale mediante interventi" secondo §8.3. Non si prevedono restrizioni all'uso della costruzione poiché si provvederà ad interventi di adeguamento statico come previsto in §8.3 ultimo capoverso. Gli interventi previsti verranno rappresentati nel paragrafo successivo.

Secondo §8.3 delle NTC 2018 è possibile eseguire la valutazione di sicurezza soltanto sulla porzione strutturale oggetto dell'evidente degrado.

Visto il livello di degrado di questa piccola porzione di copertura, comunque, la proprietà ha inteso avviare una procedura di monitoraggio quinquennale su tutta la copertura al fine di valutare eventuali riduzioni di prestazione meccanica e deformativa che dovessero mostrarsi nel tempo. La procedura, prevede, inoltre, un progetto per accedere ad aree inaccessibili al fine di eseguire i controlli necessari. Tale monitoraggio sistematico è stato autorizzato dal Ministero dei Beni e delle Attività Culturali Soprintendenza Speciale Archeologica Belle Arti e Paesaggio di Roma con Nota Prot. 0024831 del 05/07/2019 allegata alla presente.



## **Intervento previsto**

L'intervento prevede la sostituzione della capriata e degli elementi di luce maggiore. Le travi rimosse sulle luci maggiori verranno riutilizzate su campate di luce minore.

Le altre travi rimosse di categoria II verranno conservate per un eventuale riutilizzo in sostituzione di travi maggiormente ammalorate. Verranno totalmente dismesse le travi di categoria IV non utilizzabili per scopi strutturali.

## **Dichiarazione sugli interventi**

Si dichiara che gli interventi previsti nel progetto non arrecano alcun danno alla costruzione, ne in fase di realizzazione che in fase di esercizio, sia staticamente che sismicamente. L'intervento infatti prevede la sostituzione di alcuni elementi con strutture più resistenti di rigidezza comparabile con quella preesistente.

L'intervento, inoltre, non comporta alcuna riduzione della resistenza, ne in fase transitoria (gli elementi sono tutti semplicemente appoggiati) ne in fase definitiva poiché il livello di sicurezza verrà aumentato come dimostrato nel paragrafo "Verifiche di sicurezza"

