

POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria Edile - Architettura

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Edilizi



La sicurezza al fuoco nei Teatri Storici.

*Adeguamento delle opere strutturali alla
normativa antincendio.*

Relatore: Prof. Ing. Paolo Pietro SETTI

Tesi di Laurea di:

Pietro DE MARCO CERVINO - 784097

Giovanni DI DEDDA - 783995

Anno Accademico 2012/2013

LA SICUREZZA AL FUOCO NEI TEATRI STORICI
Adeguamento delle opere strutturali alla normativa antincendio



ABSTRACT

In Europa e in Italia in particolare è presente un patrimonio di teatri storici di inestimabile valore architettonico e artistico che deve essere conservato. Il loro progetto di riqualificazione deve passare attraverso una conoscenza puntuale del bene architettonico e attraverso il rispetto del valore storico e artistico del bene, testimonianza di un'antica arte del costruire che va preservata e non stravolta.

La tesi vuole definire delle linee guida omogenee e ripetibili per gli interventi di recupero e conservazione visto che, a tutt'oggi, non esistono leggi, norme o codici di pratica che regolino questi tipi di interventi progettuali in Italia.

L'oggetto di studio è la sicurezza antincendio nei Teatri all'Italiana, una delle strutture tipologicamente più diffuse nel nostro paese, che presentano un problema di salvaguardia dell'incolumità pubblica, oltre che di conservazione del patrimonio storico-culturale.

Il progetto di riqualificazione non deve rappresentare solo un compromesso tra le esigenze di sicurezza e conservazione, ma deve costituirne la sintesi ottimale e soprattutto deve scaturire dalla conoscenza reale dell'oggetto su cui si andrà ad intervenire.

La tesi si sviluppa intorno ai seguenti punti:

- Storia dell'evoluzione della sicurezza antincendio nei teatri fino alla situazione attuale e analisi di casi specifici di incendi in Italia e in Europa.
- Analisi della tipologia costruttiva del Teatro all'Italiana: storia della sua nascita e caratteristiche architettoniche.
- Obiettivi della sicurezza e metodo di approccio.
- Studio della normativa italiana in materia di locali di pubblico spettacolo.

- Analisi delle problematiche ricorrenti nei teatri, applicabilità della regola tecnica e criteri di intervento.
- Presentazione dei Teatri all'Italiana oggetto di studio.
- Applicazione del metodo di intervento ai casi specifici e in particolare sul requisito di resistenza al fuoco delle strutture.



ABSTRACT

In Europe - and Italy in particular - there is an important cultural heritage of historic theaters of priceless architectural and artistic interest that is worth being preserved.

The redevelopment project should be guided by a deep knowledge of the architectural structures and by the interest in preserving the historic and artistic values which are evidence of the ancient art of building that should be preserved rather than distorted.

The present study aims to define a consistent and repeatable guidelines for the restoration and conservation of theatres due to the fact that no laws, regulations or codes of practice have been implemented hitherto/so far. (nowadays there are no laws, regulations or codes of practice governing these types of project in Italy).

The object of the study is Fire Safety in "Italian style" theatres, one of the most common structures in our country, which should be dealt in terms of public safety as well as preservation of cultural and historical heritage.

The redevelopment project should represent the optimal synthesis between the need for security and the wish of preservation rather than a simple compromise between the two and above all it should stem from a deep knowledge of the structure on which the intervention will be planned. (does not have to be a compromise between the need for security and the need of preservation but it should represent the optimal synthesis, and above all has to come from the real knowledge of the object on which you are going to intervene).

The present study will focus on the following aspects:

- History and development of fire safety practice in theaters and analysis of specific cases of fires in Italy and in Europe.

- Analysis of the type of construction of the "Italian style" Theatre: history and architectural features.
- Objectives of the security plans and method of approach.
- Overview of the Italian legislation concerning places of public entertainment.
- Analysis of the recurrent security issues in the theaters, the applicability of the rules and criteria for intervention.
- Presentation of the "Italian style" Theatres which have been examined.
- Application of the method of intervention to specific cases and in particular on the requirements for fire resistance of structures.



INDICE

| | |
|---|------------|
| 1. INQUADRAMENTO | 1 |
| 2. CENNI STORICI | 5 |
| 2.1 Evoluzione della sicurezza al fuoco nei teatri | 5 |
| 2.2 Il teatro all'Italiana e i primi sistemi di protezione | 6 |
| 2.3 Il controllo sui teatri e le prime normative | 10 |
| 2.4 La situazione ai giorni nostri | 13 |
| 2.5 Incendi significativi | 16 |
| 2.6 Considerazioni critiche sui casi studiati | 38 |
| 3. IL TEATRO ALL'ITALIANA | 39 |
| 3.1 Struttura del teatro all'Italiana | 39 |
| 3.2 La nascita del teatro all'Italiana a palchetti | 40 |
| 3.3 La pianta a ferro di cavallo | 43 |
| 3.4 Sistema costruttivo | 46 |
| 3.5 I sottosistemi del teatro all'Italiana | 49 |
| 4. TEATRI ALL'ITALIANA OGGETTO DI STUDIO | 69 |
| 5. IL RISCHIO INCENDIO NEI TEATRI | 101 |
| 5.1 Obiettivi della sicurezza | 102 |
| 5.2 Difficoltà progettuali | 102 |
| 5.3 Regola tecnica di sicurezza antincendio | 104 |
| 5.4 Norme di progettazione strutturale | 111 |
| 5.5 Criteri di intervento | 113 |
| 5.6 Sicurezza statica | 114 |
| 6. RICHIESTE PRESTAZIONALI PER LA SICUREZZA ANTINCENDIO NEI TEATRI | 125 |

| | |
|--|------------|
| 6.1 Vie di esodo | 126 |
| 6.2 Posti a sedere | 128 |
| 6.3 Evacuazione di fumi e calore | 131 |
| 6.4 Compartimentazione | 132 |
| 6.5 Impianti di estinzione incendi | 134 |
| 6.6 Palcoscenico | 137 |
| 6.7 Resistenza al fuoco delle strutture | 139 |
| 7. CASI DI STUDIO: ANALISI E CONFRONTO | 143 |
| 8. IL GRATICCIO | 145 |
| 8.1 CASO DI STUDIO N.1: TEATRO MUNICIPALE - CASALE MONFERRATO | 148 |
| 8.2 CASO DI STUDIO N.2: TEATRO "DE MICHELI" - COPPARO | 166 |
| 9. LA CAPRIATA | 177 |
| 9.1 CASO DI STUDIO N.1: TEATRO "DE MICHELI" - COPPARO | 179 |
| 9.2 CASO DI STUDIO N.2: TEATRO "EBE STIGNANI" - IMOLA | 189 |
| 10. VOLTA IN CAMORCANNA | 197 |
| 10.1 CASO DI STUDIO: TEATRO "DEI FILARMONICI" - ASCOLI PICENO | 198 |
| 10.2 Possibile intervento di adeguamento | 208 |
| 10.3 Resistenza al fuoco volta in camorcanna | 219 |
| 11. CONCLUSIONI | 223 |
| 12. APPENDICE | 227 |
| 12.1 PROTEZIONI PASSIVE | 227 |
| 12.2 QUADRO NORMATIVO ITALIANO | 241 |
| 13. BIBLIOGRAFIA | 245 |
| 13.1 Testi scritti e pubblicazioni | 245 |
| 13.2 Normative | 246 |



| | |
|--------------------------------|------------|
| 13.3 Siti internet | 247 |
| 14. INDICE DELLE FIGURE | 249 |

LA SICUREZZA AL FUOCO NEI TEATRI STORICI
Adeguamento delle opere strutturali alla normativa antincendio



1. INQUADRAMENTO

L'incendio è, storicamente, una delle cause principali della chiusura dei teatri. Eventi che si ricordano facilmente sono la distruzione del teatro la Fenice di Venezia, nel 1836 e più recentemente nel 1996. Prima ancora il teatro San Carlo di Napoli (1816), il Regio di Torino (1936), il Petruzzelli di Bari (1991) e molti altri nel nostro paese, oltre ai numerosi roghi che distrussero teatri in Europa e nel mondo come il Liceu di Barcellona (1861-1994) e l'Iroquois di Chicago (1903).

L'incendio è quindi un aspetto che ha influenzato l'evoluzione dell'architettura teatrale dai tempi più antichi fino ai giorni nostri. Una recente indagine dei Vigili del Fuoco ha stimato circa 400 incendi avvenuti in Europa negli ultimi 300 anni, che hanno causato più di 8000 vittime.

Ancora oggi i teatri di tutto il mondo sono oggetto di roghi e inchieste, il che fa capire come non sia ancora presente una precisa conoscenza delle problematiche tipiche dell'argomento della progettazione, delle norme, ma anche dei metodi e dei mezzi a disposizione per garantire la sicurezza.

Per inquadrare meglio il problema, si riportano titoli recenti relativi agli incendi e ai teatri in Italia e nel mondo:

"Egitto, incendio in un teatro. 32 morti nella ressa, 37 feriti" la Repubblica, 5 Settembre 2005.

"Incendio distrugge il teatro di Ostia" Anna Maria Liguori, la Repubblica, 8 Dicembre 2007.

"Teatro di Tolentino distrutto dalle fiamme. Danni per sei milioni di euro" Corriere della Sera, 31 Luglio 2008.

"Sicurezza, i vigili chiudono anche il Teatro della Memoria. Secondo caso in tre giorni dopo il Libero" Teresa Monestiroli, la Repubblica Milano, 2 Ottobre 2010.

"Incendio distrugge il Teatro di Parigi di 200 anni" Telegraph, 23 Marzo 2011.

"I Pm: Norme antincendio Teatri sotto inchiesta. <<Restano aperti solo con la presenza in sala dei Pompieri>>" Guastella Giuseppe, *Corriere della Sera*, 26 Ottobre 2011.

"Trento: incendio nella notte nel teatro di Cavalese" Adnkronos, 4 marzo 2013.

"A fuoco il teatro delle terme di Fiuggi" Antonio Marlozzi, *Corriere della Sera*, 3 Agosto 2013.

Da queste notizie si percepisce quindi come il problema della sicurezza antincendio nei teatri storici sia ancora estremamente attuale.

L'Italia è una terra ricca di cultura e testimonianze artistiche in cui è particolarmente diffuso il teatro storico detto all'Italiana, prodotto del melodramma italiano del 700-800, in cui sono presenti architetture di grande valore storico e artistico, e il cui modello è stato esportato in tutta Europa.

Per questi teatri, come in generale per tutte le altre tipologie, la sicurezza antincendio ha l'obiettivo principale di salvaguardare la vita umana (Sicurezza Primaria) ma anche i beni di valore esistenti, dove spesso il valore intrinseco è proprio quello della struttura stessa (Sicurezza Secondaria).

Per questo il progetto di riqualificazione non deve rappresentare un compromesso tra le esigenze di sicurezza e conservazione, ma deve costituirne la sintesi ottimale e soprattutto deve scaturire dalla conoscenza reale dell'oggetto su cui si andrà ad intervenire. Infatti dallo studio dei teatri, degli eventi più importanti, degli errori e dall'esperienza maturata si possono ricercare nuove forme di sicurezza e di progettazione.

Successivamente sarà necessario inquadrare e definire le problematiche ricorrenti negli edifici teatrali, approfondendo in particolare la sicurezza antincendio relativa alle strutture.



Il metodo di approccio alla sicurezza antincendio deve quindi perseguire la ricerca attiva di informazioni, la condivisione degli obiettivi e l'osservanza attiva e propositiva delle regole individuate, al fine di definire delle linee guida omogenee e ripetibili per gli interventi di recupero e conservazione visto che, a tutt'oggi, non esistono leggi, norme o codici di pratica che regolino questi tipi di interventi progettuali in Italia.

LA SICUREZZA AL FUOCO NEI TEATRI STORICI
Adeguamento delle opere strutturali alla normativa antincendio



2. CENNI STORICI

2.1 Evoluzione della sicurezza al fuoco nei teatri

Il teatro occidentale come lo conosciamo trova le sue origini nelle forme drammatiche sorte nell'antica Grecia e sviluppatasi poi in epoca romana con il teatro latino.

Nei primi teatri non era presente la copertura, ma dei velari per proteggere gli spettatori dal sole, poiché gli spettacoli si tenevano nelle ore diurne.

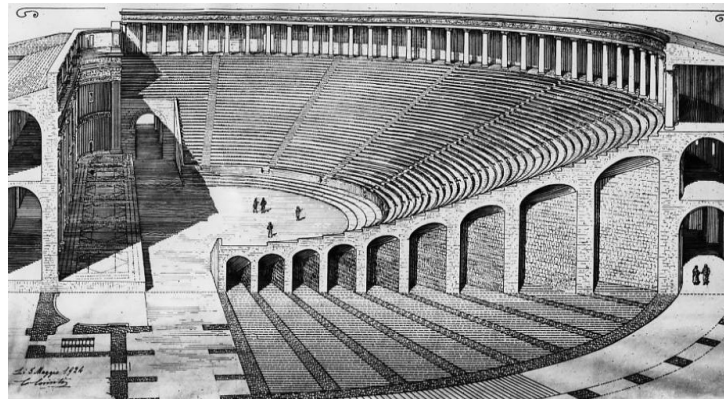


Figura 1 - Il teatro romano di Firenze si trovava sotto l'attuale palazzo Vecchio

Il teatro rinascimentale segna il passaggio alle rappresentazioni notturne e porta quindi alla costruzione della copertura negli edifici teatrali con conseguente esigenza di illuminazione artificiale. Entra così in gioco la causa primaria di distruzione per incendi, dovuti alla pericolosa presenza di candele e fiamme libere nei teatri.

Dopo la morte di Palladio, Vincenzo Scamozzi realizza un teatro a Sabbioneta in cui sono presenti 3 ingressi differenziati, ognuno dei quali conduce a un diverso settore delle gradinate. Questa scelta progettuale rappresenta per la prima volta la necessità di organizzare correttamente i percorsi interni, garantendo un deflusso ordinato degli spettatori. Il teatro di Scamozzi segna così il punto d'arrivo del teatro di corte e l'input per il teatro barocco.

2.2 Il teatro all'Italiana e i primi sistemi di protezione

Nel Seicento nascono i teatri privati con pubblico pagante, portando alla necessità di aumentare la capacità delle sale e di realizzare scene sempre più complesse. Vengono così realizzate costruzioni in muratura, mantenendo però l'utilizzo di legno e tessuto all'interno. Le esigenze di bilancio, e quindi di profitto, influenzano le soluzioni costruttive e distributive dei teatri del Seicento, con un conseguente sviluppo in verticale per realizzare diversi ordini di palchetti sovrapposti, la cui distribuzione rappresenta la struttura gerarchica della società. Queste scelte costruttive determinano la necessità di una precisa organizzazione di percorsi e accessi, ma ci si scontra con le limitazioni di bilancio e con una maggiore attenzione per la fruizione dello spettacolo a discapito della sicurezza.

Il punto di arrivo è l'affermarsi del Teatro all'Italiana che caratterizzerà l'architettura teatrale, prima in Italia e poi in Europa, fino al XX Secolo.



Figura 2 - Illustrazione del grande incendio dell'Opera Comique di Parigi (1887)

In questi anni di grande diffusione dei teatri in tutta Europa, l'industriale francese Dumourrier-Duperrier propose ed ottenne di costituire, egli stesso, un servizio completo ed autonomo antincendio, valendosi dei suoi operai. Da questa



organizzazione nacque poi, oltre un secolo dopo, il Corpo dei Sapeurs-Pompier di Parigi, che ha costituito l'organizzazione tipica alla quale, negli anni successivi, tutti i paesi civili si sono ispirati come ad un modello. Il Reggimento dei Sapeurs-Pompier di Parigi è ancora oggi in Francia il fulcro tecnico ed organizzativo intorno al quale si svolge e dal quale prende vita tutta la difesa antincendio del Paese.

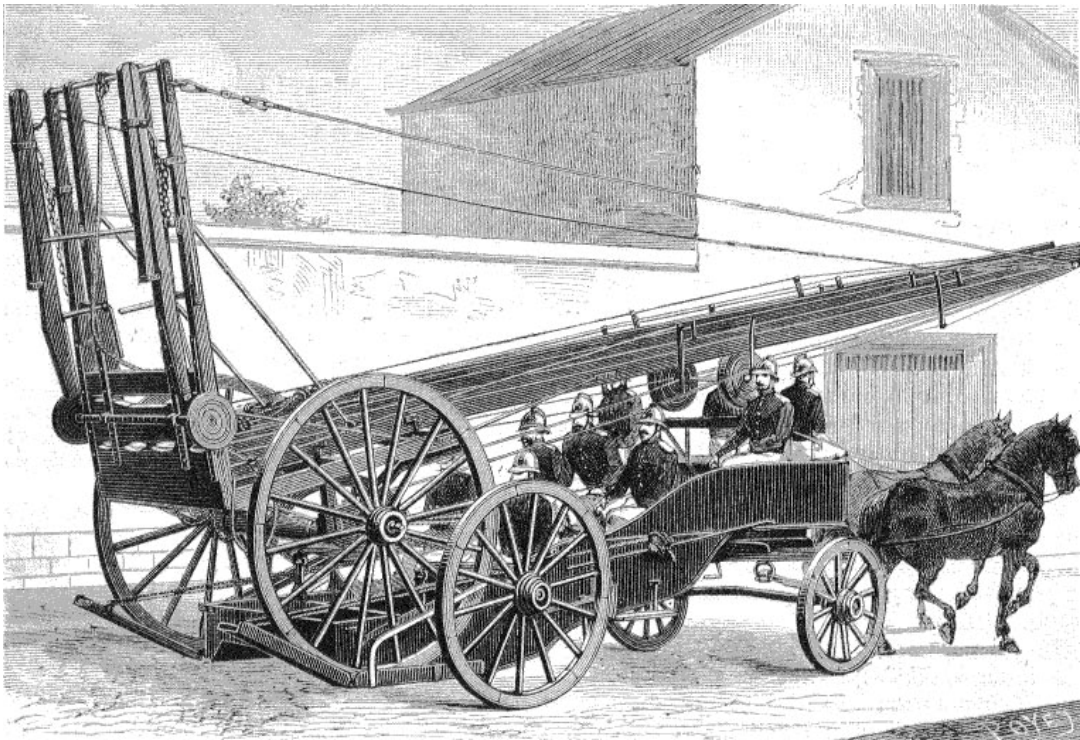


Figura 3 - Scala "Bayley" trasportata a cavallo dal corpo dei vigili di Parigi

Nel Settecento inizia una riflessione circa la progettazione specifica dei locali per spettacoli. L'architetto Fabrizio Carini Motta compone il "Trattato sopra la struttura dei teatri" in cui si manifesta la necessità di predisporre accuratamente percorsi di accesso, e di esodo, alle diverse zone destinate al pubblico. Quindi il nuovo obiettivo primario è la salvaguardia dell'incolumità degli spettatori, da attuare con un rapido e ordinato sfollamento della sala.

A fine Settecento l'argomento viene ripreso dal Milizia e dall'Algarotti. Per entrambi è necessario ristudiare la soluzione architettonica dell'edificio teatrale

con una maggiore attenzione alla protezione delle persone con maggiori vie d'uscita, senza venire meno alla forma e agli interni in legno per una migliore condizione acustica.

A questo scopo il Milizia illustra nel suo "Trattato completo, formale e materiale del teatro" le innovazioni riguardanti la protezione delle strutture lignee degli edifici con due idee provenienti dall'Inghilterra:

La prima idea è del parlamentare inglese Hartley e consiste del ricoprire soffitti e pareti con fogli sottilissimi di ferro battuto, così da proteggerli dagli incendi. Il concetto si basa sul rendere i corpi impermeabili all'aria, così da renderli incombustibili.

Il giovane Mahone suggerisce invece di rivestire il legno degli edifici con uno strato di cemento, così da avere una solida massa impenetrabile all'aria.

In sintesi, si vuole impedire il contatto del legname con l'aria e quindi evitare la combustione.

Sulla stessa linea vengono sviluppate altre idee nell'Ottocento: il cartone pietra in Svezia, costituito da ferro e cartone a formare pannelli impermeabili all'aria, e la concia di soluzione salina, tipo intonaco, a rendere incombustibili i tessuti.

Alla fine di questo secolo nasce e matura la coscienza della necessità di affrontare in termini di prevenzione i rischi dell'incendio. Per esempio nella ricostruzione del teatro dell'Opera di Parigi si manifesta per la prima volta l'intenzione di installare all'interno dei teatri serbatoi e condotte per l'acqua necessari per lo spegnimento di eventuali incendi.

Si segnala per la prima volta l'utilità di ritardare i "progressi del fuoco" in modo da avere tempo per portare soccorso alle persone. L'obiettivo è quindi assicurare un adeguato tempo di resistenza delle strutture al fuoco, garantendo la durata necessaria per la fuga e l'intervento dei soccorsi.



Figura 4 - Illustrazione dell'interno del Covent Garden Theatre durante l'incendio (1808)

Sempre in questi anni si intuisce il più probabile centro di rischio che è il palcoscenico e le relative tecniche di illuminazione di scena e degli attori. Inoltre sorge la necessità di una corretta collocazione urbanistica del teatro con facili accessi.

In contemporanea alle più attente modalità costruttive dei teatri, tra Settecento e Ottocento si svilupparono delle macchine in grado di fronteggiare meglio e con un maggiore margine di successo l'incendio: le pompe a mano. Queste diedero luogo ad un primo vero mutamento delle tecniche di estinzione permettendo così di ottenere i primi veri successi contro il fuoco.

Questa invenzione, seppur importante, non creò ancora un servizio in grado di affrontare nel migliore dei modi le situazioni più impegnative. Le poco efficaci

pompe a mano non permettevano infatti un'adeguata risposta poiché il loro trasporto era ancora affidato alla forza fisica degli uomini.

Ci sono quindi i primi accorgimenti ed esperimenti per la sicurezza al fuoco ma manca ancora una normativa di riferimento.

2.3 Il controllo sui teatri e le prime normative

A fine Ottocento il teatro è sorvegliato costantemente, i comuni provvedono ai custodi e gli impianti vengono mantenuti in perfetta efficienza. Gli spettacoli sono controllati da un tecnico responsabile, oltre al divieto di utilizzare lumi scoperti.

Un esempio dell'intensificarsi dei controlli sui locali di pubblico spettacolo è il caso del Teatro Capranica di Roma, edificato nel 1679 e rifatto due volte (1750, 1802). Nel 1817 in seguito ad accertamenti delle condizioni, si impone l'esecuzione di interventi di rinforzo strutture, oltre a nuove porte e nuove scale. La Commissione del Consiglio d'arte concede l'agibilità solo nel 1847 e obbliga a controlli su tutti i teatri in legno per interventi e sostituzione di strutture in muratura. Il Teatro Capranica è costretto a chiudere nel 1881 a seguito di nuovi interventi imposti.

La seconda metà dell'Ottocento porta quindi continui interventi di manutenzione nei teatri con la crescente sensibilizzazione delle autorità nei confronti dei problemi della sicurezza e prevenzione incendi. Sempre maggiori accorgimenti sono assunti per questo scopo: spariscono le strutture portanti in legno, vengono ingrandite le uscite di sicurezza, si installano nuovi impianti di illuminazione evitando così l'utilizzo di candele e altre fiamme libere. In particolare vengono sviluppate nuove attrezzature per lo spegnimento. Venne collaudata in questi anni la prima potente pompa a vapore, montata su un carro trainato da cavalli, e sempre nell'ambito di questi provvedimenti si installarono delle bocche d'acqua per il rifornimento idrico.



Nel 1907 iniziano a essere utilizzate le prime vetture con motore a benzina per il traino delle pesanti pompe a vapore e il trasporto del personale.

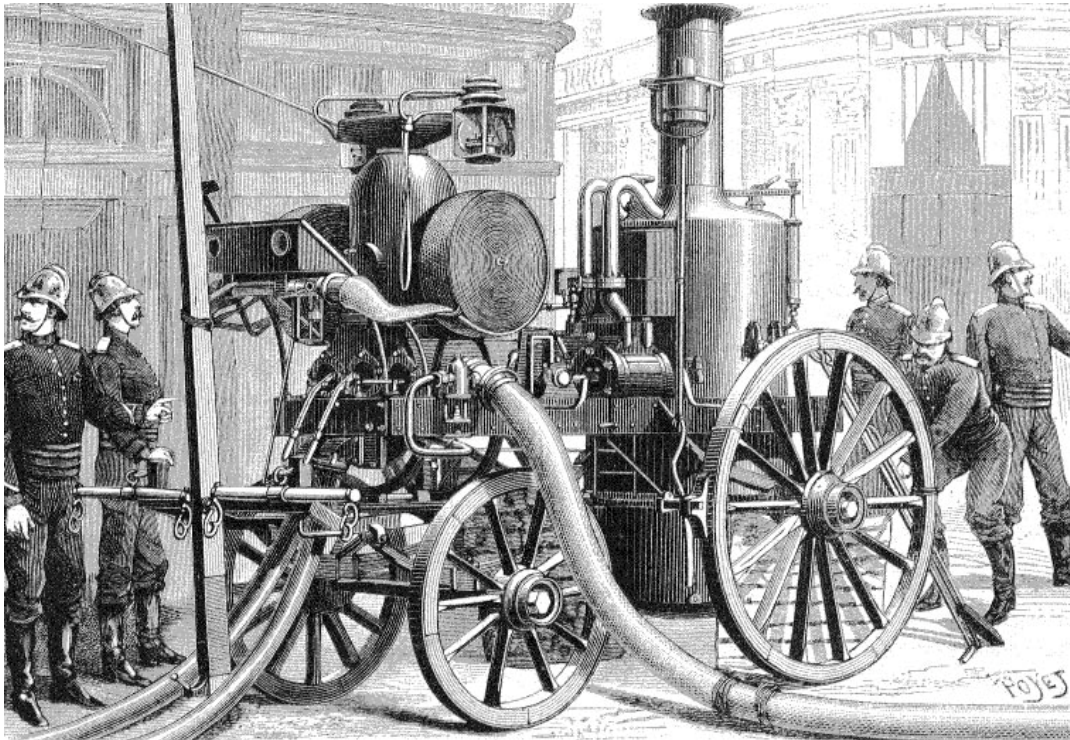


Figura 5 - Illustrazione di una delle prime pompe a vapore (1887)

I tempi di intervento si ridussero drasticamente permettendo ai pompieri di giungere sul luogo del sinistro non più affaticati ma in grado di operare immediatamente e con la giusta determinazione. Finalmente l'acqua non veniva più spinta con la forza fisica o con il vapore, ma con potenti pompe mosse dai motori delle vetture.

Dal 1777 al 1903 si contano 382 incendi nei teatri d'Europa che hanno causato 8000 vittime.

L'unità d'Italia (1861) trovò, in materia di servizio antincendio, una situazione quanto mai varia e certo non brillante: ai pochi Corpi pompieristici locali a carattere volontario e limitati alle circoscrizioni comunali, facevano riscontro vaste zone, addirittura intere regioni, completamente prive di qualsiasi difesa organizzata contro il fuoco. I pompieri comunali, là dove esistevano, erano ancora

organizzati con concezioni ed ordinamenti quasi medioevali e tutto il complesso antincendio italiano appariva anacronistico, insufficiente, mal distribuito, alla mercé dei mezzi e delle tradizioni locali. Pochissimi Corpi, e solo quelli delle grandi città, potevano rispondere alle esigenze di un'efficace difesa antincendio.

Nel 1935, con la Legge 2472, si tenta di abbandonare l'organizzazione su base municipale dei servizi antincendi e si gettano le basi per la nascita dei Corpi Provinciali. Successivamente, nel 1939, con il Regio Decreto 333, nasce il Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco e, infine, nel 1941 sono fissati i compiti istituzionali e l'organizzazione territoriale del Corpo.

Ai primi del Novecento continua e si approfondisce lo studio sulle cause e propagazione di incendi. Si raffinano le tecniche di prevenzione e si studiano gli aspetti del rischio per le persone: dal panico agli effetti dei fumi.



Figura 6 - Interno del Teatro Iroquois di Chicago dopo l'incendio del 1903



2.4 La situazione ai giorni nostri

La prima norma sui locali di pubblico spettacolo risale al 1951 più precisamente la Circolare numero 16, emanata dal Ministero dell'Interno.

L'incendio del Cinema Statuto di Torino nel 1983, che causò 64 vittime, cambiò per sempre la normativa sulla sicurezza nei locali di pubblico spettacolo in Italia. Fino a quel giorno non si badava al numero di persona presenti in sala durante gli spettacoli e in molti casi era permesso fumare.



Figura 7 - Interno del Cinema Statuto dopo l'incendio (1983)

Questo incendio diede il via a una revisione completa della normativa italiana a partire dall'obbligo di utilizzo di materiale con definite caratteristiche di reazione al fuoco, fino alle norme di sicurezza per gli impianti elettrici, le vie di fuga etc. Tutte le vittime infatti, sebbene avessero tentato la fuga, trovarono le uscite di sicurezza chiuse, non riuscendo così a sfuggire alle esalazioni tossiche: ossido di carbonio e acido cianidrico, prodotto dalla combustione lenta dei materiali usati per l'arredamento come il poliuretano espanso e il tessuto delle poltrone, la

plastica delle lampade al soffitto, la stoffa delle tende da cui partì l'incendio a causa di un cortocircuito. Quando gli spettatori in galleria si resero conto del pericolo era già troppo tardi: il fumo, salendo, li soffocò nell'arco di due o tre minuti. A causa dei gas tossici, i soccorsi impiegarono almeno tre ore per tirare fuori gli ultimi corpi.

Attualmente l'inizio di un'attività può avvenire solo dopo la presentazione della SCIA VV.F e, se aperto al pubblico, dopo il parere della Commissione di Vigilanza.

Ancora oggi gli incendi sono comunque importanti. Riportiamo di seguito l'andamento degli incendi nei teatri italiani dal 2000 al 2009 secondo uno studio dei Vigili del Fuoco.

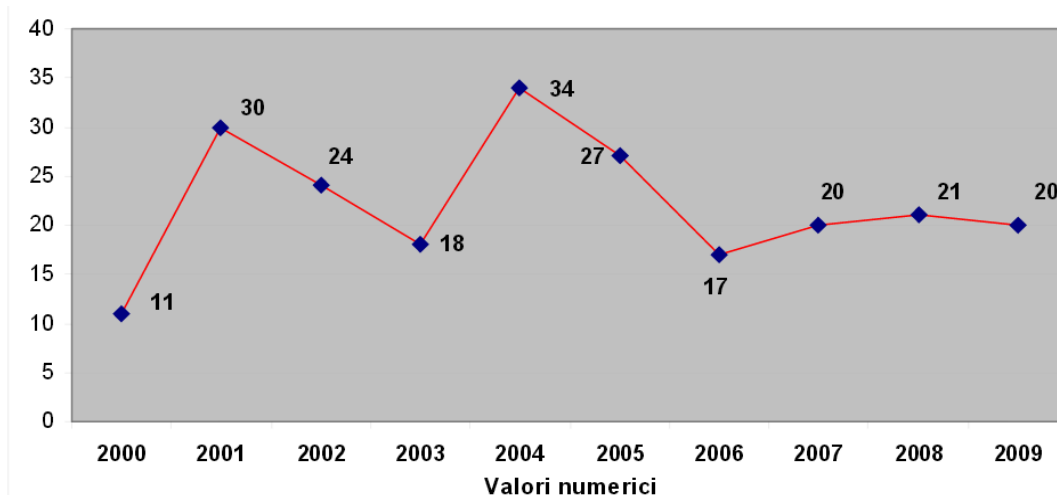


Figura 8 - Numero di incendi avvenuti nei teatri italiani dal 2000 al 2009

Nel quadro normativo odierno non sono previste delle leggi particolari per gli edifici di particolare interesse storico-artistico e quindi vincolati da altre norme molto restrittive. Si fa quindi riferimento al D.M. del 19 Agosto 1996 "Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio dei locali di intrattenimento e di pubblico spettacolo", che verrà meglio analizzata in seguito.



La legislazione internazionale, così come quella italiana, non analizza nel dettaglio la problematica degli edifici storici.

Con la Direttiva 89/106 CEE prima, e con il Regolamento 305/2011 poi, la comunità europea si è espressa per quanto riguarda i materiali da utilizzare per la costruzione di edifici, con riguardo particolare per gli edifici pubblici.

Queste normative riguardano gli edifici di nuova costruzione, ma hanno segnato delle nuove linee guida di progettazione che non possono essere ignorate per quanto riguarda il restauro di edifici esistenti e per la verifica strutturale di edifici storici.

Il Regolamento 305/2011, che abroga la precedente Direttiva 89/106 CEE, fissa in particolare le condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione. Nell'Allegato I sono elencati i requisiti di base delle opere di costruzione e più precisamente sono:

1. Resistenza meccanica e stabilità
2. Sicurezza in caso di incendio
3. Igiene, salute e ambiente
4. Sicurezza e accessibilità nell'uso
5. Protezione contro il rumore
6. Risparmio energetico e ritenzione del calore
7. Uso sostenibile delle risorse naturali

2.5 Incendi significativi

Sono stati raccolti i casi più significativi di incendi avvenuti in teatri di diverse nazioni negli ultimi 200 anni. Si riportano di seguito in ordine cronologico.

| Anno dell'Incendio | Località | Nome Teatro | Vittime |
|--------------------|-----------------|-------------------------|---------|
| 1772 | Amsterdam | Stadsschouwburg | 25 |
| 1778 | Saragossa | Coliseo Theatre | 77 |
| 1794 | Capo d'Istria | | 1000 |
| 1811 | Richmond | Richmond Theatre | 72 |
| 1824 | Cremona | Teatro Concordia | np |
| 1829 | Philadelphia | Chestnut Street Theatre | 97 |
| 1836 | Venezia | La Fenice | 0 |
| 1836 | San Pietroburgo | Lehmann Theatre | 800 |
| 1845 | Canton | | 1670 |
| 1846 | Quebec | Royal Theatre | 200 |
| 1847 | Karlsruhe | Grand Ducal Theatre | 63 |
| 1857 | Livorno | Teatro degli Aquidotti | 43 |
| 1868 | Treviso | Teatro Comunale | np |
| 1861 | Barcellona | Liceu | np |
| 1871 | Shanghai | | 120 |
| 1872 | Tientsin | | 600 |



| | | | |
|------|--------------|-----------------------|-----|
| 1876 | New York | Conway's Theatre | 283 |
| 1876 | Sacramento | | 0 |
| 1876 | Rouen | Des Arts | 8 |
| 1878 | Ahmednuggur | | 40 |
| 1881 | Nizza | Teatro Municipale | 70 |
| 1881 | Vienna | Ring Theatre | 450 |
| 1883 | Berditscheff | Circus Ferroni | 268 |
| 1887 | Parigi | Opera Comique Theatre | 70 |
| 1887 | Exeter | Theatre Royal | 200 |
| 1888 | Oporto | Theatre Oporto | 240 |
| 1903 | Chicago | Iroquois Theater | 600 |
| 1908 | Boyertown | Rhoads Theater | 170 |
| 1909 | Acapulco | Flores Theater | 250 |
| 1919 | Portorico | Mayaguez Theater | 150 |
| 1927 | Montreal | Laurier Palace | 77 |
| 1928 | Madrid | Teatro De Novedades | 68 |
| 1936 | Torino | Teatro Regio | 0 |
| 1937 | Antoung | China Theater | 658 |
| 1943 | Kucchan | Hoteiza Theater | 205 |
| 1951 | Kano | Al-Duniya | 100 |

LA SICUREZZA AL FUOCO NEI TEATRI STORICI
Adeguamento delle opere strutturali alla normativa antincendio

| | | | |
|------|------------|-----------------------|----|
| 1951 | Dublino | Teatro Dell'Opera | np |
| 1959 | Belfast | Alhambra | np |
| 1960 | Amuda | Syria Movie Theater | np |
| 1963 | Diourbel | Le Monde Theater | 64 |
| 1983 | Buffalo | Kensigton Theater | np |
| 1983 | Torino | Cinema Statuto | 64 |
| 1991 | Bari | Teatro Petruzzelli | 0 |
| 1993 | Oslo | Drammen Theater | 0 |
| 1994 | Barcellona | Liceu | 0 |
| 1996 | Venezia | La Fenice | 0 |
| 2003 | Long Eaton | Duchess Theater | 0 |
| 2005 | Beni Suef | Beni Suef Theater | 32 |
| 2008 | Tolentino | Teatro Nicola Vaccaj | 0 |
| 2011 | Parigi | Montmartre Theatre | 0 |
| 2011 | Helmond | The Playhouse | 0 |
| 2012 | Monterey | Golden State Theatre | 0 |
| 2012 | Chicago | Academy Theatre | 2 |
| 2012 | Mosca | Saratov Youth Theatre | 0 |
| 2012 | Madison | Madison Union Theatre | 0 |



Dai dati riportati si nota come siano diminuito il numero di vittime causate dagli incendi avvenuti dopo il 1951. Questo è dovuto alla maggiore attenzione al ruolo della sicurezza al fuoco all'interno dei teatri e quindi all'evoluzione della normativa antincendio.

Si riporta il grafico che mostra più precisamente l'andamento del numero di vittime causato da incendi avvenuti nei teatri tra il 1750 e oggi. Il periodo con più vittime e più incendi è stato l'800, in questi anni avvenne infatti una grande diffusione dei teatri in tutto il mondo, con dimensioni e capienza sempre maggiori.

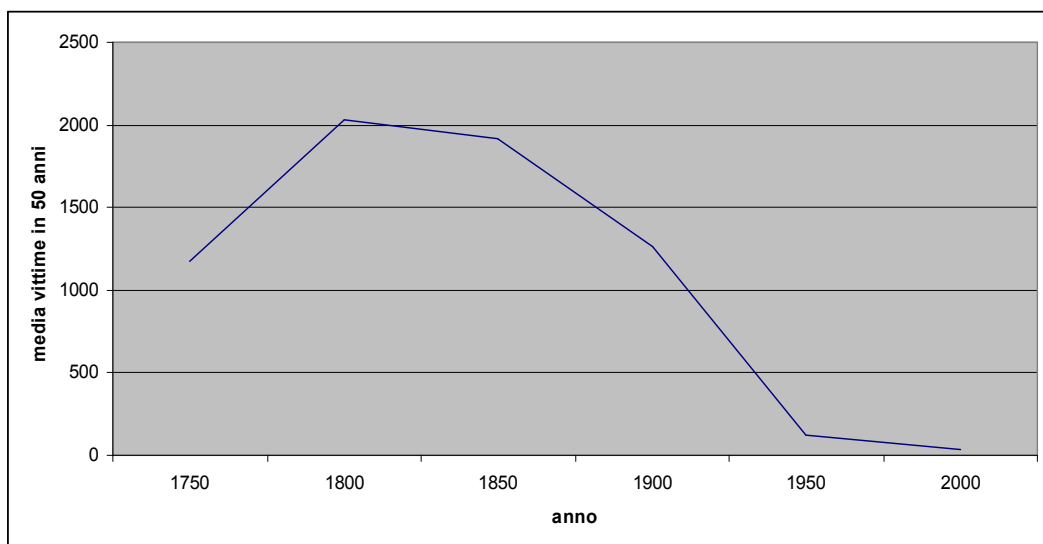


Figura 9 - Andamento della media decessi per incendio negli ultimi 250 anni

Tra tutti i casi raccolti, si analizzano nel dettaglio quelli che hanno portato un maggior contributo all'inquadramento delle problematiche relative agli incendi nei teatri.

RING THEATER - VIENNA (AUSTRIA)

Anno dell'incendio: 1881

Capacità: 1800 persone

Tipo di costruzione: struttura perimetrale in muratura e utilizzo di legno all'interno

Cause dell'incendio: non del tutto accertate, si pensa ad un errore umano nell'utilizzo di una torcia per l'accensione delle illuminazioni a gas.

Numero di vittime: 620 persone

Problematiche principali: sipario tagliafuoco non utilizzato, procedure antincendio non adottate, porte per le uscite di emergenza chiuse a chiave, illuminazione di emergenza spenta, uscite insufficienti.



Figura 10 - I resti del teatro di Vienna subito dopo l'incendio

L'incendio al Ring Theater di Vienna avvenne nel dicembre del 1881, poco prima dell'inizio dello spettacolo serale. Il teatro era già al completo quando un macchinista toccò inavvertitamente i tendaggi del palco con una torcia usata per accendere le luci a gas.



Le fiamme divamparono rapidamente sul palco ma il sipario tagliafuoco non venne abbassato così l'incendio si propagò rapidamente sull'intera struttura lignea. Il sistema di tubazioni per l'utilizzo dell'acqua non fu immediatamente utilizzabile e i direttori spensero il sistema di luci a gas lasciando il teatro nell'oscurità. A questo punto si creò il caos, dovuto anche alla mancanza di un sistema di illuminazione di emergenza. Il pubblico preso dal panico si diresse verso le uscite che erano in parte chiuse e quindi inutilizzabili. I corridoi pieni di persone non consentirono lo svuotamento delle balconate, inoltre le scale a pioli dei vigili presenti erano troppo corte per raggiungere anche solo la prima balconata. Corridoi e gallerie divennero così delle trappole mortali. Le poche uscite del teatro avevano porte con apertura verso l'interno e furono quindi inutilizzabili. Le procedure antincendio non furono seguite.



Figura 11 - Raffigurazione dell'epoca dell'incendio del Ring Theater

Il disastro del Ring Theater portò l'Austria ad approvare una nuova legge in materia di sicurezza e prevenzione nei teatri, in particolare l'obbligo di installare porte di emergenza con apertura verso l'esterno e di utilizzare materiali incombustibili per gli interni.

THEATER ROYAL - EXETER (REGNO UNITO)

Anno dell'incendio: 1887

Capacità: 1500 persone

Tipo di costruzione: struttura perimetrale in muratura e utilizzo di legno all'interno

Cause dell'incendio: la scena ha preso fuoco a causa dell'illuminazione a gas

Numero di vittime: 200 persone

Problematiche principali: mancanza di sipario tagliafuoco e uscite di emergenza, procedure antincendio inesistenti, uscite insufficienti, apparecchi antincendio insufficienti.



Figura 12 - Immagine del London News che riporta l'interno del teatro distrutto

L'incendio del Theater Royal avvenne il 5 settembre 1887, partendo dalla scena a causa dell'illuminazione a gas. Le fiamme si diffusero rapidamente all'interno del



teatro distruggendo in poco tempo tutta la struttura in legno. Le uscite di sicurezza risultarono insufficienti e mal organizzate, così come i pochi sistemi di spegnimento, data la totale mancanza di un piano di evacuazione e sicurezza al fuoco. La zona più colpita fu la galleria che aveva una sola porta di uscita la quale venne ostruita in poco tempo dalle persone intossicate dal denso fumo. In molti tentarono la fuga saltando dalle balconate ma trovarono solo la morte. L'intervento dei vigili del fuoco fu pressoché inutile in quanto l'acqua non ebbe effetto sul grande incendio.

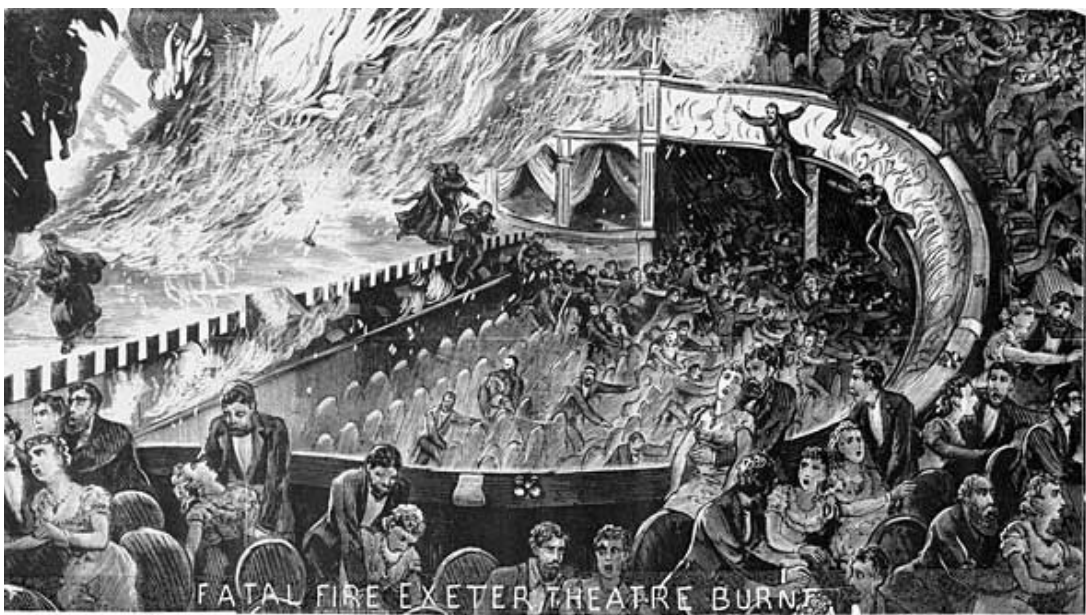


Figura 13 - Raffigurazione dell'epoca dell'incendio del Theater Royal

L'evento del Theater Royal portò all'introduzione di nuovi sistemi di sicurezza antincendio nei locali pubblici, come l'obbligo di utilizzare un sipario di sicurezza nei teatri.

OPERA COMIQUE - PARIGI (FRANCIA)

Anno dell'incendio: 1887

Capacità: 1600 persone

Tipo di costruzione: struttura perimetrale in muratura e utilizzo di legno all'interno

Cause dell'incendio: difetto dell'illuminazione a gas sopra il palco

Numero di vittime: 70 persone

Problematiche principali: sipario tagliafuoco e apparecchi antincendio non utilizzati, uscite di emergenza inesistenti, procedure antincendio inadeguata.



Figura 14 - L'interno del teatro di Parigi dopo l'incendio

L'Opera Comique di Parigi fu vittima di un primo incendio nel 1838, causato dal malfunzionamento di una stufa del sistema di riscaldamento. L'evento del maggio 1887 fu di proporzioni ben maggiori.



Durante la rappresentazione serale, del materiale incandescente cadde dal sistema di illuminazione a gas sul palcoscenico, generando in pochi secondi grandi fiamme che lambirono la scena e invasero in poco tempo tutto il teatro. Pubblico e addetti ai lavori si precipitarono verso le uscite ma la fuga fu rallentata dai corridoi stretti e dalle poche vie di uscita disponibili. La procedura antincendio prevista dal Teatro non venne seguita. Molte persone tentarono di rifugiarsi nelle balconate superiori ma non ebbero comunque scampo dal denso fumo dovuto alla combustione dei sedili e degli arredi. La struttura di copertura iniziò a cedere dopo un'ora dall'inizio dell'incendio.



Figura 15 - Rappresentazione dell'epoca dell'incendio dell'Opera Comique

L'evento dell'Opera Comique riaccese il dibattito sulla sicurezza nei teatri in Francia e portò all'obbligo di utilizzare illuminazione elettrica e sipario tagliafuoco nei locali di pubblico spettacolo.

IROQUOIS THEATER - CHICAGO (USA)

Anno dell'incendio: 1903

Capacità: 2000 persone

Tipo di costruzione: su 3 livelli in muratura e legno

Cause dell'incendio: il sipario di velluto ha preso fuoco con del materiale incandescente proveniente dal sistema di illuminazione sovrastante

Numero di vittime: 600 persone

Problematiche principali: mancanza di uscite di emergenza, procedure antincendio inesistenti, uscite insufficienti, apparecchi antincendio insufficienti.

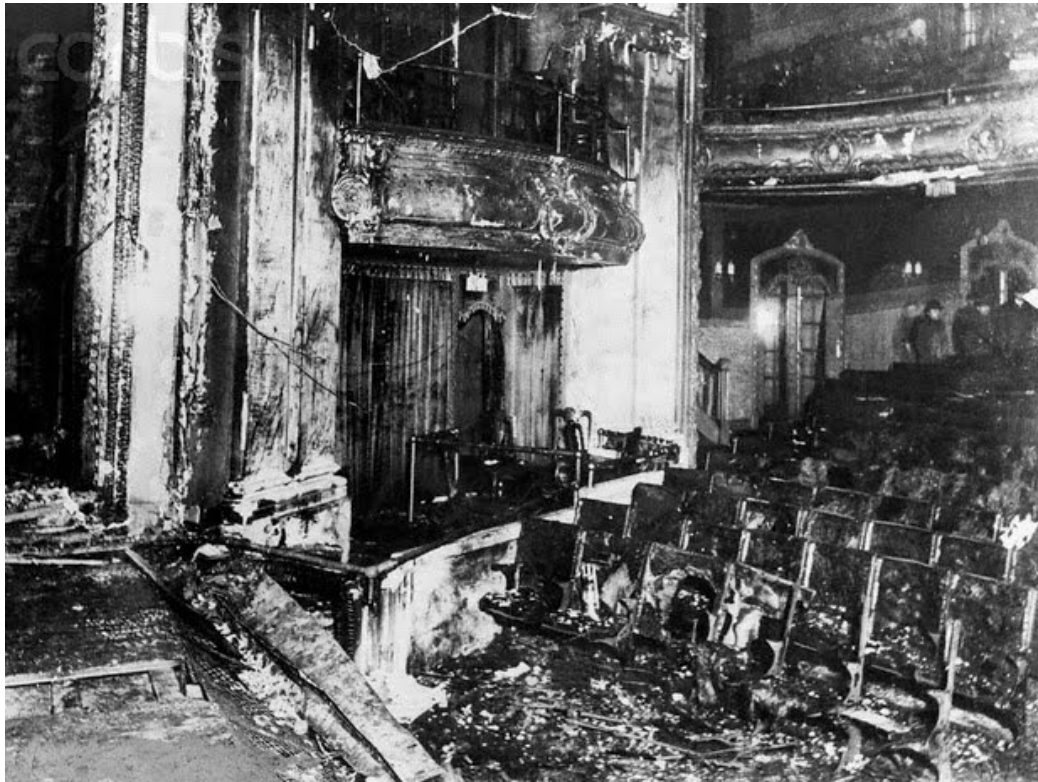


Figura 16 - Fotografia dell'interno del teatro di Chicago dopo l'incendio

Il teatro di Chicago era ritenuto completamente al sicuro da ogni tipo di incendio ma questa valutazione fu un errore. L'edificio fu aperto mentre i lavori non erano ancora stati completati e in totale assenza di estintori, allarmi, impianti antincendio, telefoni di emergenza e connessioni idriche.



Quando scoppio l'incendio il 30 dicembre 1903, la maggior parte del pubblico era composta da donne e bambini, essendo avvenuto la mattina di un giorno festivo. A metà del secondo atto una scintilla proveniente dal sistema di illuminazione a gas fece prendere fuoco le tende del sipario sopra il palco. Il personale di sala provò a circoscrivere e spegnere il principio di incendio ma senza esito positivo. L'unico mezzo antincendio disponibile era un contenitore chiamato "Kilfyre" contenente una soluzione chimica di bicarbonato di sodio, utilizzato solitamente per spegnere piccoli incendi da camino in case residenziali. L'utilizzo di questo sistema fu totalmente inutile, come inutile fu il sipario tagliafuoco in amianto.

Le fiamme si propagarono rapidamente su tutti i sedili in legno e tessuto provocando un denso fumo e gas tossici. Il pubblico preso dal panico cercò di raggiungere le poche uscite le quali però avevano l'apertura verso l'interno e furono in parte inutilizzabili.



Figura 17 - Una delle uscite chiuse a chiave che impedì la fuga dal teatro

Questo incendio è stato tra i più disastrosi degli Stati Uniti e ha contribuito alla riforma delle leggi e regolamentazioni in materia di sicurezza al fuoco nei locali pubblici. Dopo questo evento quasi tutti i teatri di Chicago e di altre città dovettero chiudere non essendo a norma.

TEATRO REGIO - TORINO

Anno dell'incendio: 1936

Capacità: 2500 persone

Tipo di costruzione: cemento armato e interni in legno

Cause dell'incendio: sconosciute

Numero di vittime: nessuna

Problematiche principali: mancanza sipario tagliafuoco, apparecchi antincendio insufficienti.



Figura 18 - L'interno del Teatro Regio dopo il disastroso incendio

L'incendio di Torino è avvenuto nella notte dell'8 Febbraio 1936, in assenza di sorveglianza, sono quindi ancora sconosciute le reali cause. I Vigili del Fuoco furono avvertiti dal custode ma quando arrivarono, seppur vicinissimi al luogo del grave evento, trovarono l'intero edificio completamente avvolto dalle fiamme e per la limitata efficacia dei mezzi a disposizione, anche se numerosi, non poterono salvare il teatro.



Si presume che l'incendio partì dal palcoscenico per poi propagarsi rapidamente sulla sala, bruciando sedili, vetri e facendo cedere la copertura in ferro, che si abbatté su se stessa arrestandosi sulle travi principali portanti.

La facile distruzione del teatro fu favorita dalla totale mancanza di sistema antincendio e dall'utilizzo di materiali non ignifughi quali legno e tessuti.



Figura 19 - La copertura del teatro crollata a causa delle fiamme

Questo portò ad un'analisi circa la necessità di prevedere nei teatri italiani l'utilizzo di sipario antincendio, sistemi di segnalazione e spegnimento automatici.

TEATRO PETRUZZELLI - BARI

Anno dell'incendio: 1991

Capacità: 1500 persone

Tipo di costruzione: muratura e legno

Cause dell'incendio: incendio doloso

Numero di vittime: nessuna

Problematiche principali: mancanza sistema antincendio



Figura 20 - Gli effetti dell'incendio visti dal palcoscenico

Il Petruzzelli vanta il primato di teatro privato più grande d'Europa. Nell'ottobre del 1991 un incendio venne appiccato nelle ore di chiusura notturna. Il collasso della grande cupola riuscì a soffocare le fiamme e ad impedire la distruzione totale del teatro.

Le indagini condotte successivamente hanno rilevato la totale mancanza di un sistema di prevenzione e spegnimento adeguato. Infatti il sistema antincendio, per quanto rinnovato solo tre anni prima, non ha funzionato in quanto non era automatico. Quindi poteva essere azionato solo manualmente e non adatto a



proteggere l'edificio vuoto. E alle 4.30 del mattino in teatro non c'era nessuno che potesse azionare il macchinario.



Figura 21 - Le conseguenze del devastante incendio nell'interno del teatro

Se l'evento fosse avvenuto durante uno spettacolo avrebbe avuto conseguenze molto più gravi, data l'inadeguatezza alle norme di sicurezza.

TEATRO LICEU - BARCELONA (SPAGNA)

Anno dell'incendio: 1861/1991

Capacità: 2000 persone

Tipo di costruzione: muratura

Cause dell'incendio: accidentale scintilla su una tenda durante una riparazione

Numero di vittime: nessuna

Problematiche principali: mancanza sistema antincendio



Figura 22 - L'interno del Teatro Liceu dopo l'incendio

Il teatro Liceu di Barcellona ha subito due incendi nella sua storia. Il primo nel 1861, pochi anni dopo la sua costruzione, distrusse quasi interamente il teatro, risparmiando soltanto l'ingresso e la sala degli specchi. La ricostruzione fu molto rapida e probabilmente in fase di progettazione non si prestò attenzione alla possibilità di un secondo incendio.

Nel 1994, durante dei lavori di manutenzione, una tenda prese fuoco da una scintilla. In poco più di un'ora le fiamme distrussero la sala, il palcoscenico e tutta



la copertura. Casualmente, come nell'incendio del 1861 , l'ingresso e la sala degli specchi si salvarono dal fuoco .

Il teatro di Barcellona non era predisposto a subire un evento del genere: uscite e corridoi non sarebbero stati in grado di smistare una folla in fuga, inoltre mancava un adeguato sistema di spegnimento automatico.



Figura 23 - Il Teatro distrutto visto dall'alto

Il teatro fu riaperto nel 1999 dopo una grande ristrutturazione che pose al centro la questione della sicurezza. Furono allargate scale, corridoi e uscite e installato un moderno sistema di sicurezza al fuoco.

TEATRO LA FENICE - VENEZIA

Anno dell'incendio: 1836/1996

Capacità: 1000 persone

Tipo di costruzione: muratura e legno

Cause dell'incendio: malfunzionamento di una stufa (1836) / doloso (1996)

Numero di vittime: nessuna

Problematiche principali: impianto di rilevazione fumi e spegnimento disattivato



Figura 24 - L'interno del Teatro la Fenice il giorno successivo all'incendio del 1996

Il primo incendio del Teatro la Fenice di Venezia avvenne la notte del 12 dicembre 1836. L'evento fu provocato dal malfunzionamento di una stufa austriaca, ritrovata poi intatta. Favorito anche dal forte vento di bora, l'incendio distrusse gran parte del teatro che era costruito principalmente in legno. Grazie all'intervento dei vigili del fuoco, si salvarono l'atrio e le sale Apollinee.



Dopo la ricostruzione un nuovo incendio di origine dolosa colpì il teatro nel gennaio del 1996, durante i lavori di restauro e adeguamento alle norme vigenti in materia di prevenzione degli incendi. Durante questi lavori l'impianto di rilevazione fumi era disattivato e non utilizzabile, così come l'impianto di spegnimento fisso. Alcune porte tagliafuoco, e non, erano aperte per il passaggio dei cavi elettrici provvisori e alcune finestre erano aperte per consentire l'eliminazione delle macerie o chiuse provvisoriamente con teli di nylon. Gli impianti elettrici erano in parte sottotensione. Tutto ciò, oltre alla presenza di materiale altamente infiammabile, utilizzato durante le operazioni di restauro, ha favorito il rapido propagarsi dell'incendio.



Figura 25 - Resti della copertura crollata durante l'incendio

TEATRO NICOLA VACCAJ - TOLENTINO

Anno dell'incendio: 2008

Capacità: 478 persone

Tipo di costruzione: muratura e legno

Cause dell'incendio: forse una scintilla partita da una fiamma ossidrica

Numero di vittime: nessuna

Problematiche principali: impianto di rilevazione fumi e spegnimento disattivato.



Figura 26 - L'interno del Teatro Vaccaj il giorno successivo all'incendio

L'incendio al Teatro Vaccaj è avvenuto il 29 luglio 2008, durante i lavori di ristrutturazione di restauro e consolidamento della copertura. Probabilmente partito dalle scintille di una fiamma ossidrica in fase di coibentazione del tetto, il fuoco hanno rapidamente distrutto la copertura ed il timpano. Sono andati persi gli affreschi della finta volta, che nascondeva il tetto a capriate. Oltre al tetto crollato, è stata danneggiata anche la platea e tutta la zona del palcoscenico e della graticcia.



Ingenti comunque i danni anche se la furia devastatrice dell'incendio ha risparmiato il foyer, i tre ordini di palchi, la zona degli uffici e dei camerini. Fortunatamente è scampato alle fiamme il sipario storico del Fontana.



Figura 27 - La copertura distrutta dall'incendio

Per questo disastro è stato condannato a un anno e otto mesi l'ingegnere capo del comune di Tolentino con l'accusa di "aver omesso di provvedere a dotare il teatro di un adeguato impianto idrico antincendio".

2.6 Considerazioni critiche sui casi studiati

Lo studio dei precedenti casi significativi mostra che le principali cause di incendio sono state il malfunzionamento all'impianto di illuminazione a gas o cortocircuiti avvenuti in fase di lavori.

Gli incendi hanno quasi sempre avuto luogo nella zona del palco o sopra di esso, dove passano gli impianti, e si sono propagati rapidamente al resto del teatro, distruggendo in poco tempo tutte le strutture interne in legno e provocando in alcuni casi il collasso prematuro della copertura.

E' evidente come in tutti questi casi non sia stato previsto nessun tipo di protezione passiva volta a ritardare il propagarsi delle fiamme e a garantire una più sicura evacuazione del teatro. Questo fatto mostra la totale mancanza di attenzione verso il problema dell'incendio all'interno del teatro.



3. IL TEATRO ALL'ITALIANA

3.1 Struttura del teatro all'Italiana

La tipologia di teatro che sarà oggetto di studio è quella dei teatri all'Italiana, di piccole dimensioni, costruiti in grande numero nel nostro paese tra il '700 e l'800.

Le caratteristiche architettoniche principali sono:

- La sala, tipicamente a forma di ferro di cavallo, accoglie la platea, luogo destinato a una migliore visibilità dello spettacolo;
- L'eliminazione delle gradinate a favore della costruzione di palchi tra loro separati e divisi in altezza per ordini;
- Una maggiore profondità della scena per permettere l'utilizzo delle innovative quinte prospettiche e la possibilità, per l'attore, di recitare dentro e non davanti alla scena, come era consuetudine nel teatro rinascimentale.
- La struttura della copertura, tipicamente capriata in legno, con un solaio a graticcio posto sopra il palco per la movimentazione della scena.



Figura 28 - Modellino che riproduce fedelmente la struttura interna del teatro all'Italiana

Questi luoghi rappresentano un patrimonio di grande valore sotto il profilo architettonico e artistico. In particolare, all'interno dell'edificio teatrale sono presenti strutture in legno di valore storico e artistico che ne compongono la sala e i palchetti, oltre alla presenza di affreschi, stucchi, dipinti e sipari di straordinario pregio.

Le caratteristiche architettoniche e scenotecniche della maggior parte degli edifici teatrali realizzati nell'Europa intera nel corso del Settecento e dell'Ottocento trovano origine nel modello barocco del cosiddetto teatro «all'italiana» che, nonostante frequenti e ardite variazioni, rimane inalterato nei suoi elementi costitutivi fondamentali. Se, infatti, il progresso della scenografia verso un sempre più consapevole professionismo condiziona in parte lo sviluppo dell'architettura teatrale, la pianta barocca, tradizionalmente caratterizzata dalla platea allungata a U, dalla struttura dei palchetti a alveare e da una vasta scena incorniciata dal frontespizio, conferma l'enorme successo riscosso fino dal secolo precedente, grazie all'abilità di architetti e scenografi italiani i quali continuano a realizzare con maestria le loro opere in tutti i paesi europei.

3.2 La nascita del teatro all'italiana a palchetti

La struttura architettonica dell'edificio teatrale che si impone nel corso del XVIII secolo nasce dalle mutate esigenze di fruibilità dello spettacolo e, soprattutto, dal clamoroso successo dell'opera in musica che, nell'ultimo decennio del Seicento, aveva conquistato le platee di tutta Europa. In tale contesto, si sviluppano i teatri pubblici gestiti da imprese, caratterizzati da sale più capienti, in grado di ospitare un pubblico pagante numeroso e di porsi in concorrenza fra loro. Di conseguenza, se la disposizione degli spettatori all'interno dell'edificio resta sostanzialmente invariata, muta profondamente la destinazione della sala teatrale che diviene luogo di incontro sociale privilegiato, atto a ospitare ogni genere di manifestazione pubblica.



La componente autocelebrativa del rito teatrale trova, ancora, la sua massima espressione proprio nella suddivisione del pubblico in palchetti – più o meno favoriti dal punto di vista della fruizione visiva dello spettacolo e differentemente caratterizzati nell’arredo interno, secondo il gusto e le possibilità economiche dei proprietari – consentendo alle classi elevate di affermare pubblicamente il proprio privilegio sociale. L’aristocrazia e l’alta borghesia prendono posto in palchetti di proprietà, indipendenti fra loro e distribuiti attraverso corridoi anulari, mentre la media e piccola borghesia, il popolo e la servitù assistono alla rappresentazione rimanendo in piedi o sedendosi su panche situate nella platea – spesso notevolmente inclinata verso il proscenio, a ridosso del quale si collocano i complessi orchestrali – o dall’ultimo ordine di logge, denominato loggione, che, nell’economia della sala, occupa la posizione meno felice per una buona visibilità.



Figura 29 - Ordine di palchi nel Teatro Grande di Brescia

Accanto a tali spazi, si creano aree di servizio «a comodo» destinate al pubblico privilegiato, quali i camerini, appoggiati al perimetro dell’edificio in numero pari a quello dei palchetti e adibiti a funzioni varie, atri sempre più spaziosi e comode sale o ridotti destinati al gioco d’azzardo e all’incontro mondano. La vita sociale

non si svolge più soltanto all'interno dei palchetti, ma prosegue pubblicamente nei ridotti nobili, dove trovano posto cucine, bottiglierie e salottini appartati che consentono allo spettatore di distrarsi piacevolmente da ciò che avviene in scena.

Il palcoscenico, a sua volta, tende a ampliarsi in larghezza e profondità, al fine di ospitare organici artistici sempre più numerosi e di permettere il montaggio di scene elaborate, il cui sviluppo si articola su lunghe serie di quinte piate, concluse da fondali scorrevoli e sovrapposti. Dal punto di vista scenotecnico, la zona riservata allo spettacolo appare sistematicamente organizzata su tre piani sovrapposti e distinti, sottopalco, piano scenico e soffitta, diversamente impiegati nell'economia della rappresentazione. Quanto al prospetto scenico, esso risulta elemento ormai imprescindibile nella struttura interna della sala. Nelle immediate adiacenze del palcoscenico si aprono, inoltre, locali di disimpegno, depositi e magazzini – comunicanti con il fondo del palcoscenico – al fine di custodire le dotazioni di scena, i costumi, le macchine e gli attrezzi.



Figura 30 - Palcoscenico del Teatro degli Illuminati - Città di Castello



3.3 La pianta a ferro di cavallo

L'edificio teatrale acquisisce assoluta autonomia all'interno del tessuto urbano e si propone quale mirabile espressione del prestigio sociale e culturale della città: la facciata assume spesso caratteristiche monumentali, conformi al decoro urbanistico cittadino, ma al tempo stesso indipendenti da esso, e dispone, nella maggior parte dei casi, di un portico adibito al breve stazionamento delle carrozze prima e dopo lo spettacolo e di zone di servizio atte a ricevere il pubblico.

La pianta a forma di U allungata, originariamente studiata per contenere un pubblico assai numeroso, pur mostrandosi particolarmente adatta a inscrivere entro un edificio con base rettangolare, viene superata nel corso del Settecento fino ad arrivare alla pianta a "ferro di cavallo". Essa sembra, infatti, creare problemi di visibilità al pubblico distribuito nei palchetti: gli spettatori posti nelle zone laterali, oltre a non avere la visione completa della scena, si trovano talvolta di fronte a scorci scenografici dall'assetto e dall'equilibrio fortemente alterati per effetto della tecnica prospettica.



Figura 31 - Teatro Municipale Romolo Valli di Reggio Emilia con tipica pianta a ferro di cavallo

Ma accanto a tali sperimentazioni, si sviluppano varianti più o meno fortunate quali la pianta a ferro di cavallo, la pianta a campana, la pianta a ellisse tagliata e la pianta ovoidale.

La pianta a ferro di cavallo si impone rapidamente in tutti i maggiori teatri d'opera edificati nel corso del Settecento e in buona parte del secolo successivo, poiché la linea della curva della sala, rispetto all'apertura del boccascena, garantisce una buona visibilità da ogni punto della platea e dai differenti ordini di palchi. Fra gli esempi più celebri basti ricordare il teatro Argentina in Roma – il più antico in cui si riscontri l'applicazione di tale pianta – costruito su disegno di Girolamo Theodoli nel 1732, e capace di ospitare più di 2.500 spettatori suddivisi fra la platea e i sei ordini di 31 palchetti ciascuno.

- 1) Ingresso
- 2) Palco Centrale
- 3) Palchetti
- 4) Platea
- 5) Palcoscenico

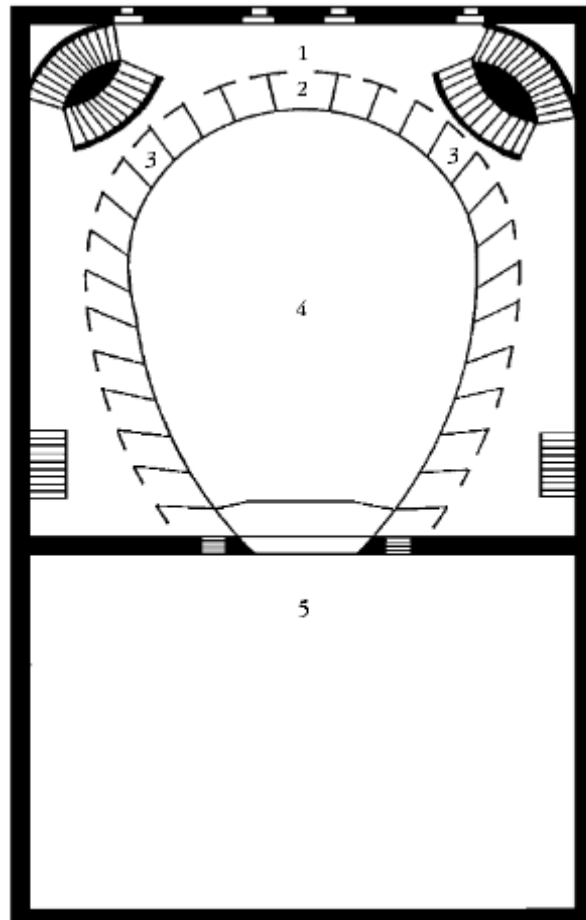


Figura 32 - Pianta del Teatro Argentina di Roma



Impossibile non citare la Scala in Milano, edificata in stile neoclassico dall'architetto Giuseppe Piermarini nel 1778 (5 ordini di palchi e un loggione, per un totale di 2.800 posti circa), che bene rappresenta il passaggio dalla sala barocca a un teatro architettonicamente definito per l'intelligente organizzazione degli spazi interni e l'adozione dei più moderni accorgimenti tecnici.

Un altro importante esempio è il San Carlo in Napoli, progettato da Giovanni Antonio Medrano e Angelo Carasale nel 1737 (sei ordini per un totale di 184 palchi), caratterizzato da una doppia scalinata posta ai lati del palco reale per consentire al sovrano di raggiungere direttamente la platea.

- 1) Ingresso
- 2) Palco Centrale
- 3) Palchetti
- 4) Platea
- 5) Palchetti di Proscenio
- 6) Quinte
- 7) Palcoscenico
- 8) Fondali

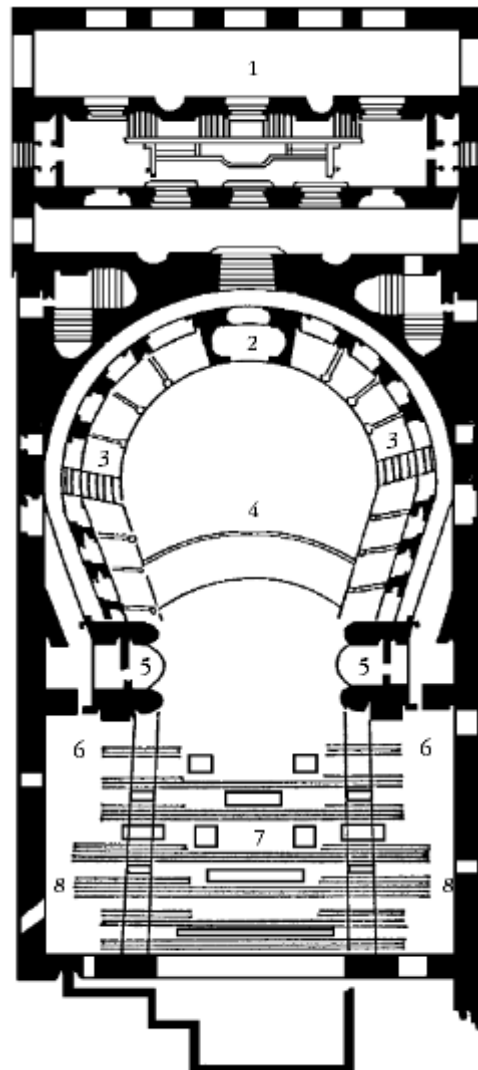


Figura 33 - Piata Teatro San Carlo di Napoli

3.4 Sistema costruttivo

L'edificio teatrale può essere concettualmente scomposto in tre sottosistemi costruttivi:

1. un involucro esterno in muratura di pietra o laterizio,
2. un sistema di chiusura orizzontale dell'involucro da armature lignee combinate con controsoffitti,
3. una complessa coesistenza di sottosistemi costruttivi in legno che costituiscono il volto e danno vita agli spazi vitali del teatro, quali la sala e il palcoscenico.

Si riporta di seguito la sezione tipo di una sala teatrale all'italiana

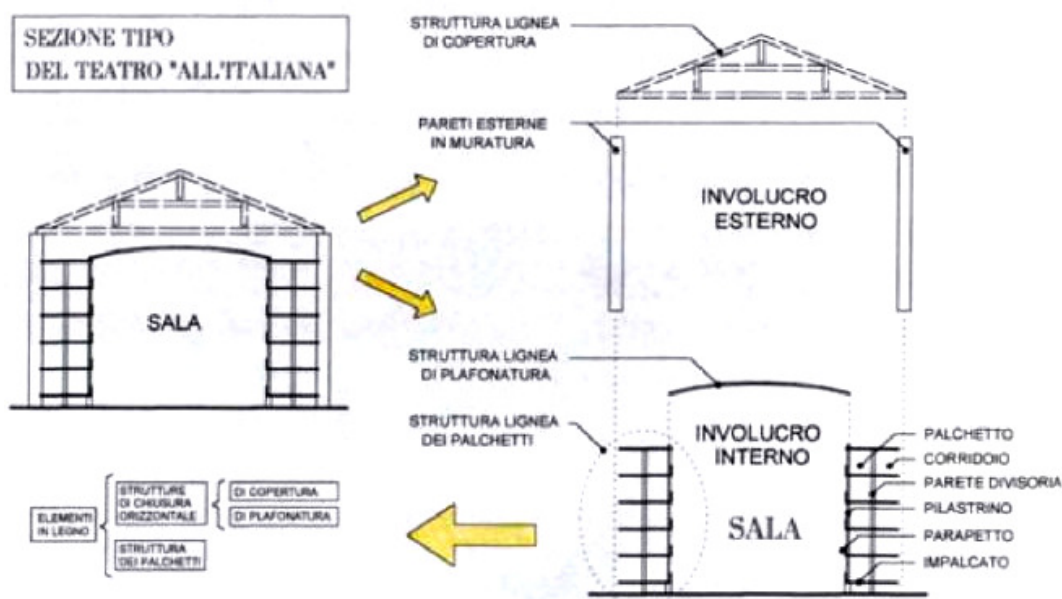


Figura 34 - Sezione tipo del Teatro all'italiana

3.4.1 Ingressi e vie d'esodo

La maggior parte dei Teatri all'italiana è provvisto di un ingresso principale frontale costituito da almeno tre portoni che introduce all'atrio, zona provvista di vari servizi come biglietteria e guardaroba. Da qui l'accesso alla sala è garantito da



una o più scalinate in marmo che consentono appunto di raggiungere ogni settore attraverso diversi piani.

Alcuni teatri presentano anche un palchetto "reale", nel quale è possibile accedere tramite un ingresso indipendente lungo uno dei bracci laterali che costituiscono la galleria.

La zona della scena è provvista di uscite laterali utilizzate da attori, ballerini, addetti ai lavori e dipendenti del teatro, oltre che per carico e scarico di eventuali merci, macchinari o altri materiali.

In pochi teatri erano già state previste delle uscite di sicurezza, o di servizio, intorno alla sala, ma queste erano mal disposte o insufficienti a garantire un adeguato svuotamento della sala in caso di emergenza. Inoltre erano spesso chiuse a chiave dalla proprietà del teatro per evitare l'ingresso di persone non paganti o avevano battenti con apertura verso l'interno, quindi inutilizzabili durante la fuga da un incendio.

Allo stesso modo non erano praticamente previste vie di esodo. I corridoi e le porte interne erano troppe piccole per essere utilizzate in caso di fuga e mancava quasi sempre un sistema di illuminazione di emergenza.

3.4.2 Finiture

Gli interni dei Teatri all'Italiana sono ricchi di decorazioni e stucchi di notevole pregio. Il sistema di finitura più utilizzato per muri, plafoni e volte è costituito da una struttura leggera in legno, intonacata e ricoperta di stucchi e rilievi che conferiscono all'edificio un importante valore storico, artistico e architettonico.

La tipologia costruttiva presenta una struttura portante in legno (centine) spesso indipendente dall'orditura dell'impalcato sovrastante, ottenuta mediante l'abbinamento chiodato di due o più tavole disposte per "coltello" e a giunti sfalsati, impiegando legnami in genere non eccellenti e grossolanamente

squadrati. Le centine sono generalmente costituite di tavole irregolari di 2-4 cm di base per 10-30 cm di altezza, con una lunghezza variabile da 50 a 150 cm. Per quanto riguarda il tipo di giunzione adottato per tenere unite le tavole costituenti le centine, si utilizzano chiodi successivamente ribattuti o a testa larga non sempre disposti in maniera ordinata.

Lo stuoiato di supporto all'intonaco è in genere realizzato con il cosiddetto "arellato", ovvero con stuoie di canne o di grosso diametro (circa $\Phi=10-30$ mm) spaccate longitudinalmente al proprio asse ed intessute a formare una maglia con doppio ordito ortogonale o di canne di piccolo diametro (circa $\Phi=5$ mm) accostate a formare un ordito monodirezionale.

Una volta resa continua la superficie intradossale con lo stuoiato appeso al sistema di centine in legno tramite chiodi a testa larga o ribattuti si passava alla stesura dei vari strati di intonaco. L'intonaco, che aveva lo scopo di rifinire la costruzione, poteva avere composizione diversa a seconda della disponibilità dei materiali e delle esigenze di cantiere. Spesso era necessario che la malta avesse una presa rapida, in modo da ridurre i tempi di attesa, che avesse una certa fluidità, in modo da rendere più facile l'esecuzione del lavoro, che avesse una certa consistenza, in modo da evitare che questa cadesse mentre veniva applicata, e che avesse una certa resistenza in modo da far fronte alle sollecitazioni a cui poteva essere sottoposta senza fessurarsi.

Le malte principalmente usate erano:

- malte di gesso, che hanno il vantaggio di indurire subito ma nello stesso tempo possono portare inconvenienti per l'igroscopicità di quest'ultimo;
- malte di calce, che hanno elevate proprietà meccaniche;
- malte bastarde di calce e gesso.

3.5 I sottosistemi del teatro all'Italiana

Come accennato in precedenza, il Teatro all'Italiana è costituito da sottosistemi costruttivi in legno, ma anche più recenti in acciaio, che conferiscono a esso una forma e un'identità. Questi danno vita ai luoghi vitali del teatro, sala e palcoscenico, e alle principali macchine teatrali, graticcio e sottopalco.

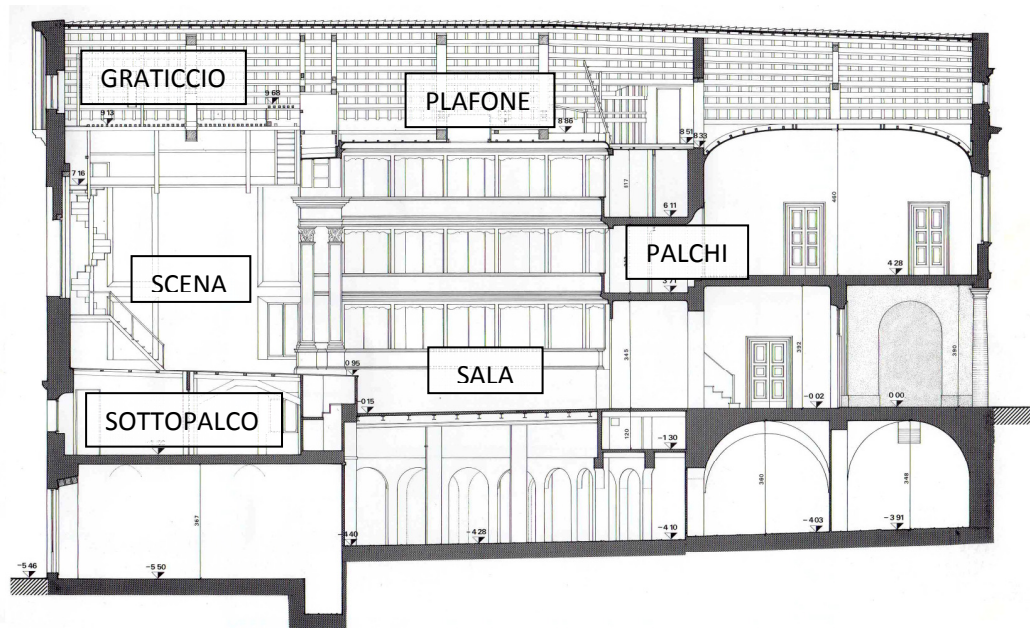


Figura 35 - I "luoghi" del teatro all'Italiana

Le strutture di copertura dell'involucro in muratura sono solitamente costituite da capriate lignee portanti arcarecci. A volte si possono trovare armature minori collegate o meno alle strutture principali che servono a sorreggere il plafone.

Generalmente le capriate poste in corrispondenza del palcoscenico sono visibili, le altre capriate collocate all'estradosso del plafone in corrispondenza della volta della sala sono, invece, nascoste alla vista.

La sala del teatro rappresenta la parte più visibile e accessibile al visitatore. I palchetti caratterizzati da un complesso sistema intelaiato di pilastri (candele) e traverse in legno ne determinano la forma, nella maggior parte dei casi a ferro di

cavallo. Solai in legno e tavolato caratterizzano gli orizzontamenti sia dei palchetti che del calpestio.

Il plafone caratterizza il soffitto (cielo) con un insieme di stucchi e affreschi che rafforzano il valore artistico, architettonico e storico del teatro all'italiana. E' costruito in appoggio o sul sistema dei palchetti o sulla muratura perimetrale e spesso sospeso alle capriate di copertura, formato da un complesso sistema di centine lignee.



Figura 36 - Schema delle armature di copertura e delle intelaiature lignee della sala

Lo spazio della rappresentazione è definito palcoscenico ed è delimitato verticalmente da due piani orizzontali: il palco, composto da travi in legno e tavolato, ed il graticcio, realizzato con traverse in legno che creano un piano trasparente lasciando intravedere il sottotetto. Questi due sottosistemi costituiscono il tramite per l'utilizzo delle varie macchine teatrali. In particolare, al di sotto del palco troviamo generalmente macchine destinate alla traslazione orizzontale dei piani scenici. Sopra il graticcio troviamo molto spesso ruote e pulegge destinate alla sospensione e quindi alla traslazione verticale delle scene.

In simbiosi con le architetture precedentemente descritte, si possono trovare tutta una serie di realizzazioni accessorie, atte a garantire i collegamenti e l'ispezionabilità delle varie parti. Percorsi in legno sospesi o a sbalzo dalle



murature d'ambito si trovano sia in corrispondenza del graticcio che del plafone. generalmente sono appesi alla struttura di copertura.

La fotografia sottostante mostra il Teatro Petruzzelli di Bari dopo l'incendio del 1991. E' facilmente distinguibile nell'immagine l'involucro esterno in muratura che avvolge la sala e il palcoscenico. Si può notare come il sistema di copertura e i sottosistemi costruttivi in legno siano andati completamente distrutti.



Figura 37 - Teatro Petruzzelli di Bari dopo l'incendio del 1991

Di seguito si analizzato più nel dettaglio i sistemi di copertura (capriata) e i sottosistemi del palcoscenico (graticcio) e della sala (plafone).

3.5.1 Il graticcio

Una delle zone tecniche fondamentali per un teatro è il graticcio. Per graticcio s'intende quel piano calpestabile ubicato sopra il palcoscenico a circa due metri dalla copertura, adibita all'organizzazione delle manovre e movimentazioni necessarie per gli effetti scenici. Questo piano è strutturato in modo da permettere il posizionamento e fissaggio delle funi di sospensione delle scene e

delle attrezzature tecniche sospese sul palcoscenico. Il graticcio deve consentire il posizionamento delle pulegge singole o in gruppi per lo scorrimento delle funi metalliche, dei rocchetti per le funi di canapa, dei motori elettrici e delle apparecchiature di volta in volta necessarie per l'allestimento degli effetti scenici. Il graticcio deve inoltre permettere una facile e veloce possibilità di spostare gli organi installati e adattare la disposizione dei tiri di scena allo spettacolo da allestire.



Figura 38 - Graticcio del Teatro Pergolesi - Jesi (Ancona)

Il piano graticciato è costituito da una serie di travetti paralleli tra loro, posti parallelamente al boccascena e distanziati l'uno dall'altro in modo da creare un piano praticabile con una serie continua di fessure attraverso le quali calare le funi e fare avvenire così le movimentazioni per gli effetti scenici.

Le fessure, chiamate tagli, devono essere di larghezza minore possibile per consentire il maggior numero di tagli e quindi di manovre, permettendo peraltro



l'inserimento dei gruppi di pulegge, mentre i travetti devono essere dimensionati per garantire la portata richiesta e l'agevole praticabilità.

Il materiale usato in passato era solo legno, mentre attualmente si utilizzano principalmente travi d'acciaio per la struttura portante e travetti di legno o acciaio (o misti legno/acciaio) per il graticcio praticabile. Le travi portanti vanno dimensionate per garantire una portata del graticcio finito di circa 350 kg/mq e posate ortogonalmente al boccascena. Nel posizionamento di questi travi terminali si deve considerare la necessità di permettere la discesa delle funi agli argani, ai tiri contrappesati o semplicemente ai ballatoi di manovra.

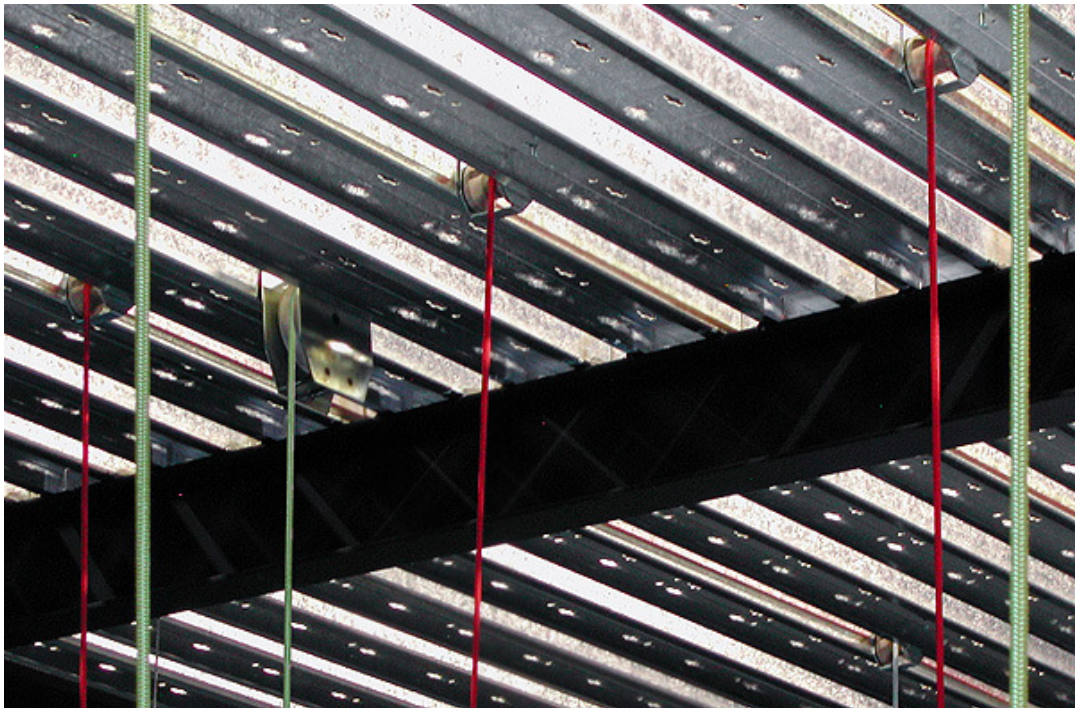


Figura 39 - Particolare di graticcio in acciaio con sistema di tiri

3.5.2 La capriata

La copertura della sala dei teatri all'Italiana è caratterizzata dal rapporto tra le capriate, che ne costituiscono la struttura portante, ed il plafone, che nella maggior parte dei casi affida i propri carichi alla capriata stessa.

La capriata (o incavallatura o cavalletto) è un elemento architettonico, tradizionalmente realizzato in legno, formato da una travatura reticolare piana posta in verticale ed usata come elemento base di una copertura a falde inclinate. In assenza di un muro di spina, la capriata rappresentò la soluzione più idonea per la costruzione di coperture con falda inclinata. In base alla luce da coprire, la struttura può variare negli elementi da cui è composta. Di seguito lo schema di una copertura con capriata.

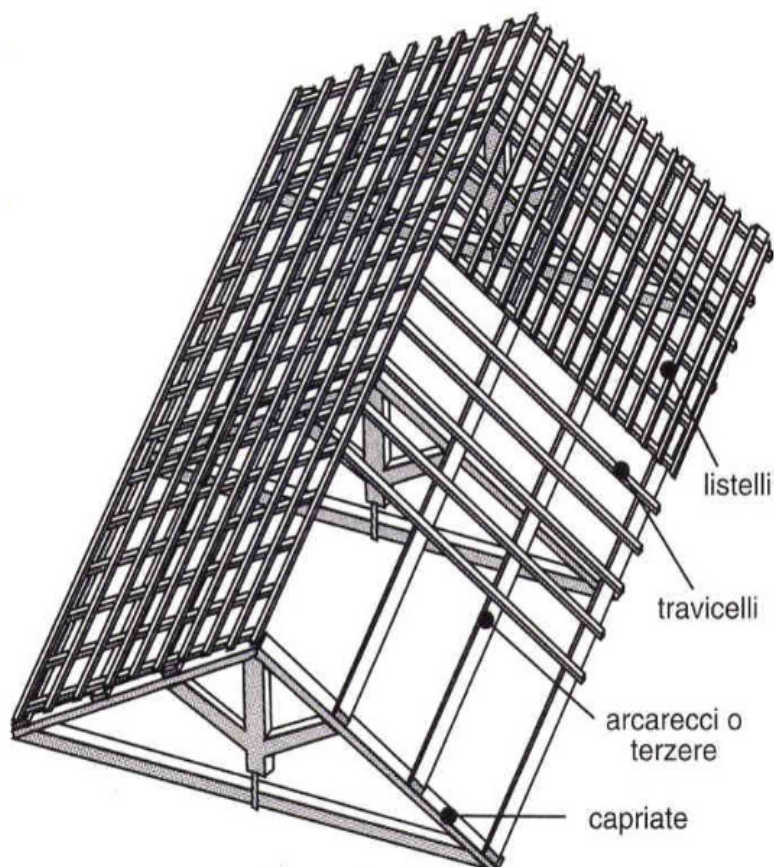


Figura 40 - Schema copertura con capriata

Le capriate, proprio come gli apparati murari a cui si sostituiscono, realizzano strutture non spingenti. La distanza fra le capriate, fino a luci di 20 m, è di circa 3,00 /4,50 m.

Nelle testate a padiglione le capriate possono costituire l'appoggio puntiforme per i cantonali (corrispondenti a linee di displuvio o di compluvio). Nei tetti a doppia

falda che si sviluppano con cambi di direzione del colmo e dei muri laterali, le capriate possono essere poste in diagonale per fornire da una parte la struttura portante per la linea di displuvio, da quell'altra per la linea di compluvio.

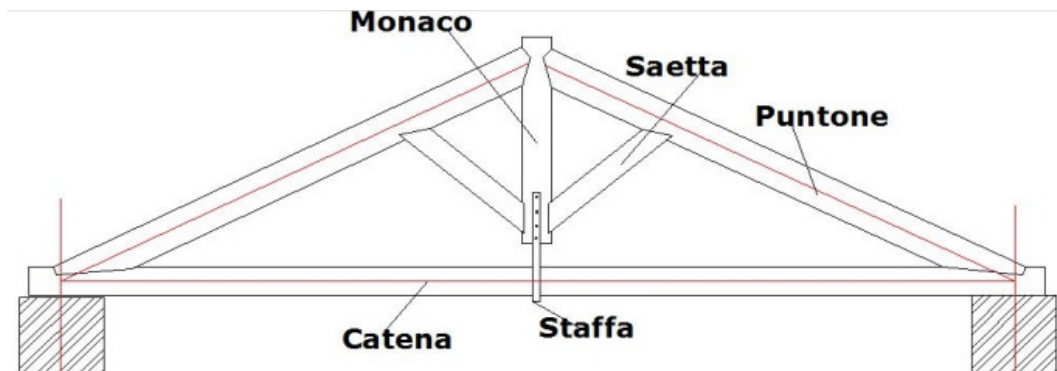


Figura 41 - Schema capriata tipo

La capriata più classica è costituita dai seguenti elementi:

Due puntoni: sono le travi inclinate che vanno verso l'esterno e determinano la pendenza del tetto. Soggetti principalmente a compressione e flessione.

Una catena inferiore: è l'elemento orizzontale che costituisce la base del triangolo e che supporta sforzi di trazione che altrimenti andrebbero a gravare, sotto forma di forza orizzontale sul punto di appoggio dei puntoni. Elemento di maggior lunghezza della capriata, era generalmente in un unico pezzo, ma a volte è stato realizzato da due elementi rettilinei connessi. E' soggetto a trazione.

Un monaco od ometto: è l'elemento verticale presente all'interno della capriata e ha il compito di irrigidire la struttura; soggetto a trazione.

Due saettoni: sono gli elementi con inclinazione opposta a quella dei puntoni che limitano l'inflessione dei puntoni stessi, scaricando sul monaco la forza di compressione a cui sono sottoposte.

3.5.3 Il plafone: la volta in camorcanna

Numerosi sono gli edifici storici in Italia che presentano volte leggere dette in camorcanna, realizzate con stuoiati di canne e intonaco appesi a centine lignee. Al loro intradosso presentano spesso cicli pittorici e decorazioni artistiche. Queste volte presentano caratteristiche spesso differenti relativamente ai materiali adottati e al tipo di connessioni tra gli elementi costituenti il sistema strutturale. Hanno il vantaggio di essere molto leggere, di veloce esecuzione e di avere una efficace capacità coibente. Il sistema costruttivo nasce dall'esigenza di tenere sospesa un intonaco per mascherare o abbellire le travi dei solai oppure per impreziosire i volumi interni.



Figura 42 - Estradosso volta in camorcanna

Già noto in epoca romana, utilizzato per intonacare pareti e soffitti dei bagni con malte prevalentemente di gesso, il sistema è escogitato per essere una cassaforma leggera ed economica, a perdere, costituita da una superficie corrugata su cui applicare la malta; una superficie in grado anche di impedire fessure di ritiro o il distacco di eventuali parti sconnesse.



Nei teatri all'italiana il soffitto a volta in camorcanna è denominato plafone ed è caratterizzato da un insieme di stucchi e affreschi che lo rafforzano artisticamente e architettonicamente.

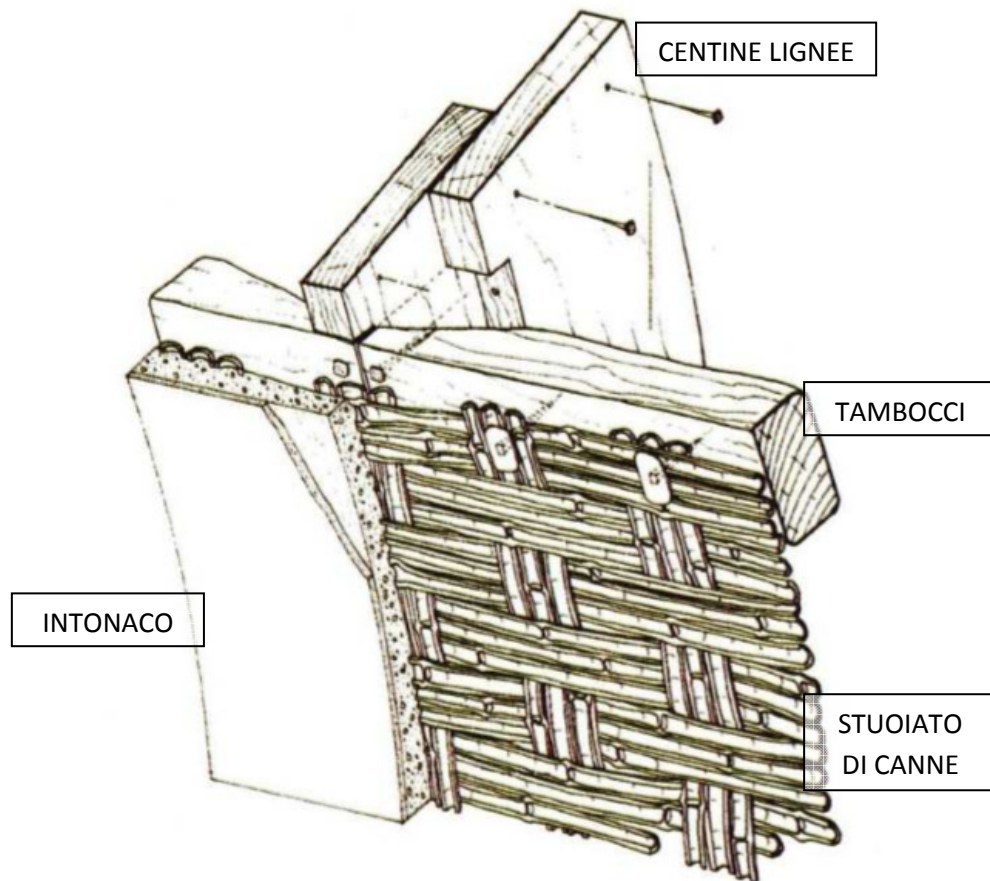


Figura 43 - Particolare volta in camorcanna

Il sostegno della camorcanna consiste in una struttura lignea principale, con l'orditura secondo il lato più corto dell'ambiente da coprire: è formata dall'assemblaggio di più tavole collegate mediante sovrapposizione chiodata che prendono il nome di centine. Esse poi appoggiano direttamente sulle murature perimetrali, fissate con zeppe di legno e malte alcuni centimetri sopra al livello dell'intradosso finito. Le centine sono poi controventate da tavole più piccole chiamate tambocci, che a volte si presentano di buona fattura con profili ben squadrati, altre volte sono ricavate da tavole irregolari fissate ad incastro forzato tra una centina e l'altra e fermate con chiodi infissi in obliquo. Spesso è presente

anche un'ulteriore orditura, formata da assi in legno di piccola dimensione, chiamate paconcelli, disposte parallelamente alle centine tra un tamboccio e l'altro, che serve ad aumentare la superficie di aggancio dello stuoio. Inoltre all'intradosso delle centine venivano chiodate le cantinelle, piccole assi di legno a cui veniva fissato lo stuoio.

Subito sotto la struttura lignea così creata si sistema la stuoia di canne su cui è applicato l'intonaco. Le canne, che possono essere spezzate a metà o in più parti secondo l'asse longitudinale, o solamente schiacciate, venivano intrecciate tra loro formando una maglia regolare oppure appoggiate direttamente alla parte lignea, senza essere schiacciate, legate da giunchi flessibili o filo di rame tra di loro e, tramite chiodi a testa larga, ai tambocchi e alle centine. Lo stuoio è così pronto per essere intonacato al suo intradosso, procedendo con gli strati del rinzaffo, dell'arriccio e della lisciatura con malta fine. Poteva essere intonacato anche all'estradosso, per fornire protezione.



Figura 44 - Esempio di intradosso affrescato

La superficie intradosale era quindi pronta per essere dipinta o decorata con stucchi di pregio. Questo sistema costruttivo, che vede il periodo di maggiore diffusione nel XIX secolo, era presente sia nelle chiese che negli edifici signorili e



date le qualità di leggerezza e di economicità, successivamente si prestò bene anche per controsoffittare i teatri, conformandosi in maniera da assumere la migliore curvatura per una buona acustica.

3.5.4 Il sipario

Il sipario di boccascena divide il palcoscenico di un teatro dalla sala e dagli spettatori. Quando si parla di sipario di un teatro si deve però distinguere tra il sipario in velluto e il sipario tagliafuoco di sicurezza.

- Sipario in velluto:

Il sipario in velluto è quel drappo scorrevole che chiude l'arco scenico dividendo il palcoscenico dalla sala. È in velluto, tessuto molto pesante, poiché una delle sue funzioni è quella di non lasciar passare i rumori e le luci del palcoscenico durante i cambi di scena fra un atto e l'altro. Ne esistono diversi tipi di questi sipari, che si differenziano tra loro nelle modalità di apertura e chiusura; i principali sono il sipario all'italiana, il sipario alla tedesca, il sipario alla greca, il sipario alla francese.



Figura 45 - Sipario del Teatro "San Carlo" di Napoli

- Sipario tagliafuoco di sicurezza

Per quanto riguarda il sipario tagliafuoco di sicurezza, questo è destinato a costituire una protezione per il pubblico nel caso in cui si sviluppi un incendio in palcoscenico. Consiste in un particolare dispositivo tagliafuoco, che viene installato tra la scena e la sala teatrale, a ridosso della parete di boccascena, nei teatri in cui la capienza supera i 1000 spettatori. Questo impedisce ad un eventuale incendio di propagarsi nelle zone destinate al pubblico.

È generalmente costituito da una parete metallica, che rimane nascosta nella torre scenica, azionabile dal medesimo punto dove esiste il comando del sipario, la cui discesa a ghigliottina chiude totalmente il foro del boccascena.



Figura 46 - Sipario di sicurezza tagliafuoco del Teatro "Nazionale" di Milano

Solitamente si avvale di un complesso meccanismo di sollevamento/discesa rappresentato da argani che movimentano e contrappesi di ausilio, il tutto manovrato da due punti, in prossimità del boccascena e nell'ingresso al palco, questo per garantire un controllo ed una sicurezza nel caso di movimentazioni fatte in emergenza.



Il sollevamento o la discesa possono avere velocità diverse e disporre di un sistema frenante.

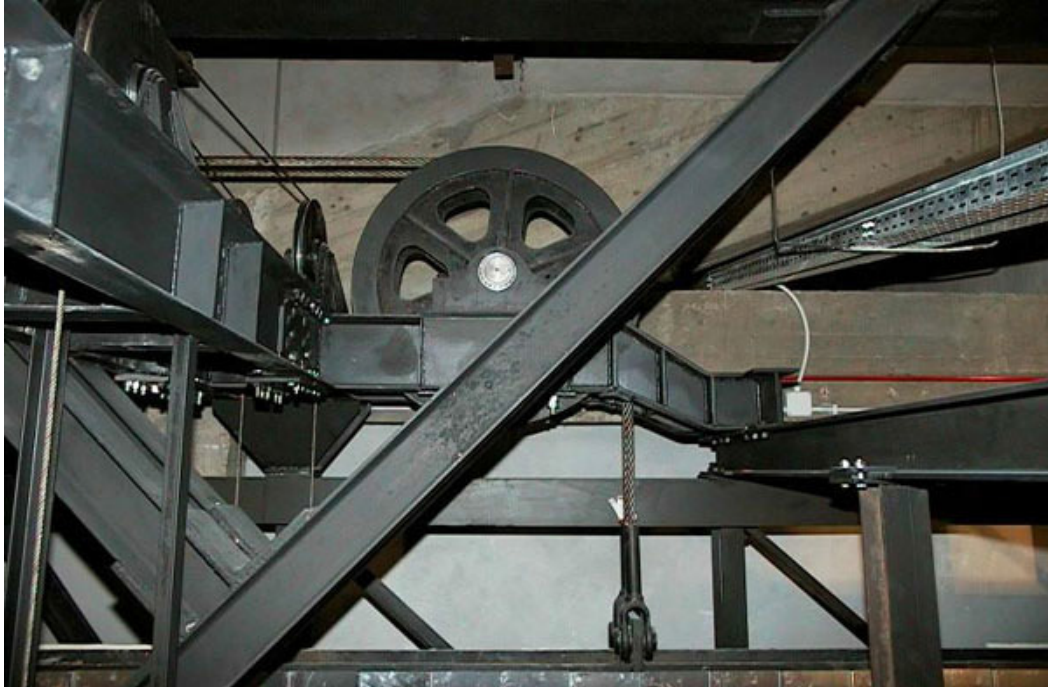


Figura 47 - Sistema di sollevamento/discesa del sipario tagliafuoco

3.5.4.1 L'introduzione del sipario tagliafuoco nei teatri

Con la fine dell' Ottocento, gli inizi del Novecento, e l' avvento dell' elettricità a teatro si iniziò a guardare con maggiore attenzione ai problemi di sicurezza negli spazi teatrali contro eventuali rischi di incendio che avevano distrutto, da Vienna a Nizza, diversi teatri d' Europa, causando numerose vittime.

Nel 1879 il Teatro di Monaco di Baviera si dotò di sipario tagliafuoco, e nel 1882 ci furono le prime proposte, da parte di più società, che si occupavano di questo settore, al fine di dotare il Teatro Regio di Torino di tale sipario metallico, ma tale accorgimento contro il rischio incendi, a Torino, al Teatro Regio, non fu adottato, mentre tutti i principali teatri d' Italia, a differenza del Teatro Regio, si dotarono negli anni tra Ottocento e Novecento del sipario tagliafuoco.

Il 28 novembre 1931 un terribile incendio distrusse il palcoscenico del Teatro Comunale di Bologna, ma grazie alla presenza del sipario tagliafuoco, providenzialmente calato, impedì che il fuoco divampasse nella sala dell'architetto Bibiena.



Figura 48 - Resti del palcoscenico del Teatro "Comunale" di Bologna dopo l'incendio del 1931

Nella notte tra l' 8 ed il 9 febbraio del 1936 un terribile incendio scoppiato sul palcoscenico del Teatro Regio di Torino distrusse completamente il teatro, dato che, nonostante tutte le proposte di attuazione che l'amministrazione aveva ricevuto, non si era mai consentito alla posa di un sipario tagliafuoco.



Figura 49 - Copertura del Teatro "Regio" di Torino dopo l'incendio del 1936



3.5.4.2 Aspetti normativi e procedurali

Il sipario di sicurezza tagliafuoco è uno strumento di protezione passiva dal fuoco e la sua progettazione e costruzione sono regolamentate da specifiche leggi italiane. In particolare, il Decreto del Ministero dell'Interno 19 Agosto 1996 prescrive che:

- riguardo l'obbligatorietà:

“Nei teatri con capienza superiore a 1000 spettatori, il boccascena deve essere munito di sipario metallico di sicurezza.

L'installazione del sipario di sicurezza non è obbligatorio nei luoghi di spettacolo, di capienza anche superiore a 1000 spettatori, nei quali solo saltuariamente vengono effettuate rappresentazioni teatrali, purché il palcoscenico abbia superficie inferiore a 150 m^2 ”.

- riguardo le caratteristiche:

“Il sipario di sicurezza deve costituire una separazione, incombustibile, resistente al fuoco REI 60, tra la sala e il palcoscenico.

Esso deve funzionare di regola a discesa verticale, deve chiudersi con velocità non minore a $0,25 \text{ m/s}$ e resistere ad una pressione di almeno 45 daN/m^2 , senza che si verifichino inflessioni che possano compromettere il suo funzionamento.

Il sipario di sicurezza in posizione abbassata deve fare battuta sul piano del palcoscenico in corrispondenza del muro tagliafuoco sottostante”.

- riguardo il comando del sipario di sicurezza:

“I comandi del sipario di sicurezza devono essere ubicati in posizione tale da consentire la facile e sicura manovra, assicurando la completa visibilità del sipario stesso durante la discesa.

Devono essere previsti due quadri di manovra, l'uno situato sul palcoscenico e l'altro fuori della scena”.

- riguardo la protezione del sipario di sicurezza:

“Il sipario di sicurezza deve essere protetto dal lato della scena mediante un impianto di raffreddamento a pioggia a comando manuale. Detto comando deve essere ubicato negli stessi punti dei quadri di manovra del sipario.

La portata dell'acqua di raffreddamento deve essere non inferiore a 2 l/min per metro quadrato del sipario ed essere distribuita in modo omogeneo su tutta l'area del sipario”.

Il D.M. 19 Agosto 1996 quindi fissa essenzialmente due requisiti fondamentali:

- strutturale: il sipario di sicurezza tagliafuoco dev'essere in grado di resistere ad una pressione di 450 Pa;
- di resistenza al fuoco: il sipario di sicurezza tagliafuoco deve costituire una separazione REI 60.

La procedura attraverso la quale viene verificata la rispondenza del progetto ai suddetti requisiti è prescritta invece attraverso la Lettera del Ministero dell'Interno 2 Luglio 2003.

In essa si stabilisce innanzitutto che la progettazione deve fare diretto riferimento ad una prova sperimentale eseguita su un campione che risulti classificato almeno REI 90 e di caratteristiche analoghe a quelle del sipario tagliafuoco che si intende costruire.

La progettazione del sipario di sicurezza tagliafuoco viene sviluppata quindi a partire dalle caratteristiche costruttive del campione preso a riferimento e sulla base dei relativi dati sperimentali, rispettando regole progettuali che consentono di fatto di estendere al sipario di sicurezza tagliafuoco il requisito REI testato sul campione.



La rispondenza del progetto ai requisiti di legge viene di volta in volta approvata dagli uffici competenti del Ministero dell'Interno il quale rilascia quindi per lo specifico progetto un Benestare alla Singola Installazione.

3.5.4.3 Caratteristiche costruttive e posa in opera

A seconda del rapporto tra l'altezza della torre scenica e quella del boccascena, si possono realizzare diverse tipologie di sipari tagliafuoco:

- Sipario di sicurezza tagliafuoco ad anta singola

È la soluzione che trova più ampia applicazione dato che, tipicamente, la torre scenica è alta almeno il doppio del boccascena. Un unico portone scorre verticalmente e, quando aperto, risale completamente fino a sparire alla vista del pubblico.



Figura 50 - Sipario di sicurezza tagliafuoco ad anta singola del Teatro "La Fenice" di Venezia

- Sipario di sicurezza tagliafuoco ad anta singola e timpano fisso

Nei casi in cui il rapporto tra l'altezza della torre scenica e quella del boccascena è di poco inferiore a 2, il boccascena può essere ribassato leggermente mediante l'installazione di un tamponamento fisso, consentendo così l'applicazione di un sipario ad anta singola.

- Sipario di sicurezza tagliafuoco a doppia anta

Nei casi in cui l'applicazione del timpano fisso risulti impraticabile in quanto implicherebbe un'eccessiva riduzione dell'altezza del boccascena, la chiusura viene realizzata suddividendo il sipario tagliafuoco in due ante scorrevoli verticalmente una a ridosso dell'altra.



Figura 51 - Sipario di sicurezza tagliafuoco a doppia anta del Teatro "Lorenzo da Ponte" di Vittorio Veneto



Costruttivamente, il sipario di sicurezza tagliafuoco si compone quindi di una o due ante, che costituiscono l'elemento di separazione vero e proprio. Queste scorrono verticalmente su due guide installate lungo i due fianchi verticali del boccascena, estendendosi per tutta la corsa del sipario. Il notevole peso del pannello mobile (indicativamente 100 kg/mq) viene quasi totalmente controbilanciato per mezzo di un sistema di contrappesi, lasciando lo squilibrio residuo a carico di un organo motorizzato. Questo è dotato di un giunto idraulico il quale, in assenza di energia elettrica, consente di chiudere il sipario di sicurezza tagliafuoco per gravità dissipando l'energia in eccesso e garantendo una chiusura a velocità costante. Inoltre il motore presenta solitamente un volantino, tramite il quale è possibile aprire il sipario, anche nel caso si verificasse un guasto, consentendo dunque l'effettuazione dello spettacolo programmato.

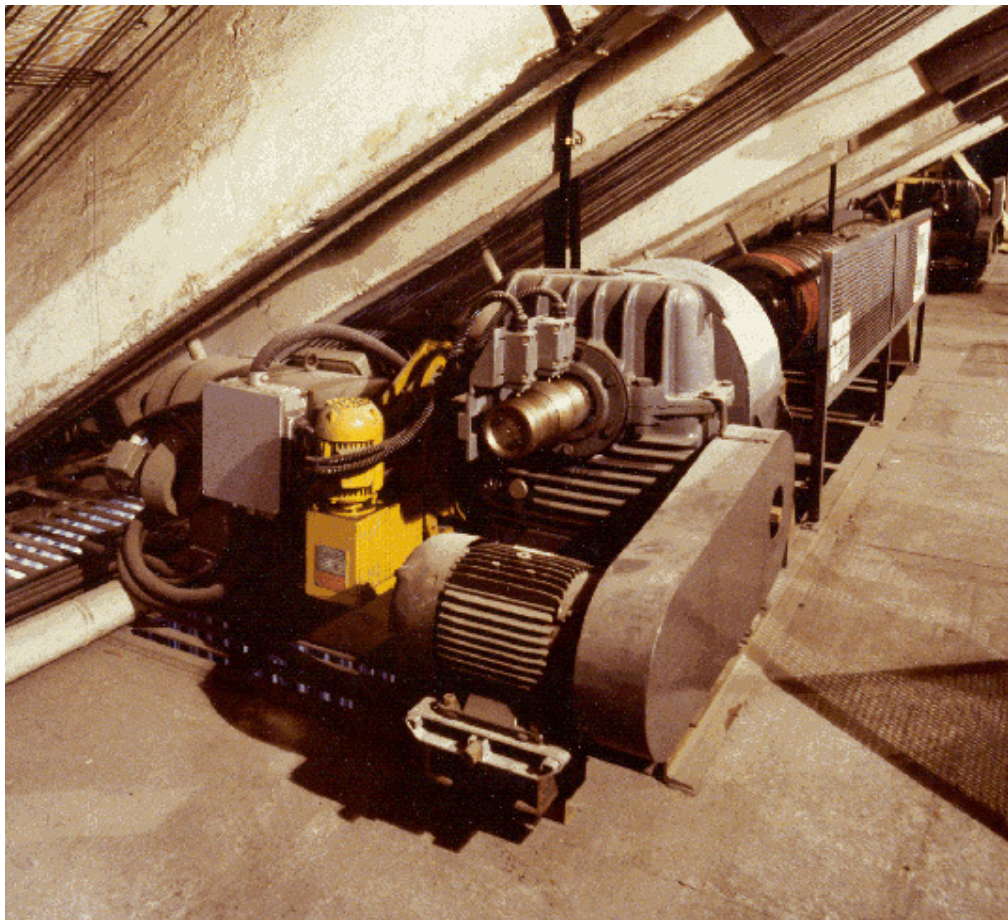


Figura 52 – Argani del Teatro “Alla Scala” di Milano

La chiusura tra il sipario mobile e la parte superiore fissa di boccascena deve essere garantita in modo da ostruire l'eventuale passaggio di fumi e del fuoco.

Questa può essere garantita da due profili metallici continui ad U, uno ancorato al muro contenente sabbia, l'altro fissato alla parte mobile con l'apertura verso il basso. Alla chiusura del sipario i due profili si incasseranno uno nell'altro e per la presenza della sabbia sarà ostruito l'eventuale passaggio di fumi e del fuoco.

Nella parte inferiore la chiusura avviene solitamente per contatto diretto tra la struttura metallica mobile e l'elemento metallico di battuta del piano di riscontro.

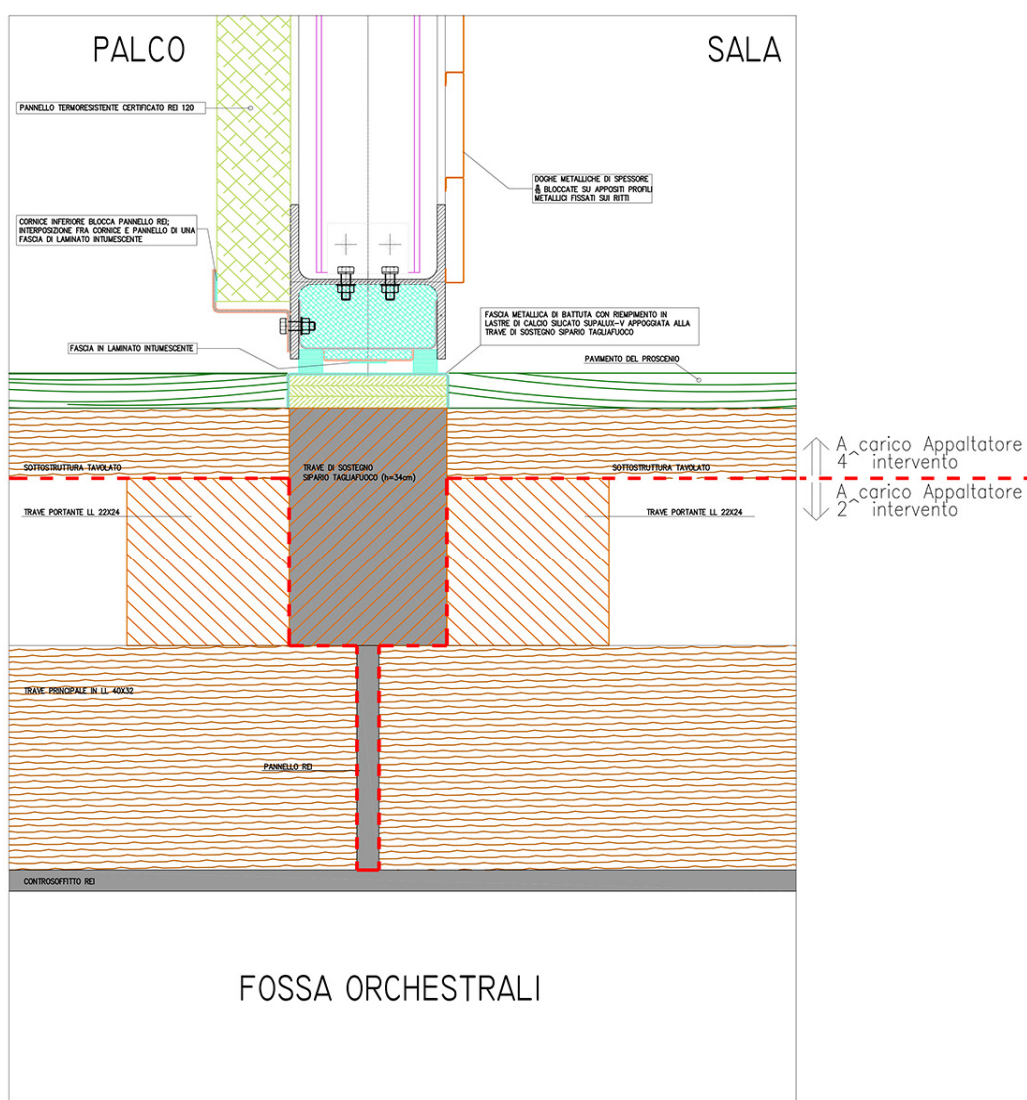


Figura 53 – Dettaglio battuta del sipario tagliafuoco del Teatro "Amintore Galli" di Rimini



4. TEATRI ALL'ITALIANA OGGETTO DI STUDIO

L'analisi dei rischi e della sicurezza al fuoco nei teatri all'italiana è stata effettuata su edifici medio-piccoli risalenti al periodo che va dall'inizio del 1800 fino ai primi anni del 1900.

Si è scelto di focalizzare l'attenzione su teatri di medie-piccole dimensioni, presenti in tutto il territorio italiano e soprattutto nei comuni di provincia, che si trovano maggiormente in difficoltà a intervenire in materia di sicurezza al fuoco, avendo una disponibilità economica limitata.

Sono state prodotte a riguardo delle schede su alcuni teatri oggetto di studio, in cui sono raccolte sia informazioni tecniche significative, che riguardano le sue caratteristiche architettoniche, sia informazioni storiche riguardo il periodo di realizzazione che aiutano a comprendere meglio il contesto per ciascun caso citato.

Lo scopo è quello di rilevare problematiche ricorrenti su cui intervenire per l'adeguamento antincendio.

In questo contesto è fondamentale capire l'effettiva applicabilità della normativa vigente e la fattibilità delle soluzioni alle problematiche presenti.

Si riportano di seguito le schede dettagliate dei teatri all'italiana oggetto di studio:

Teatro "De Micheli" – Copparo (FE)

Teatro "Municipale" - Casale Monferrato (AL)

Teatro "Ebe" – Imola (BO)

Teatro "dei Filarmonici" - Ascoli Piceno

Teatro "Ariosto" - Reggio Emilia

Teatro "Comunale" - Cagli (PU)

Teatro "Persio Flacco" – Volterra (PI)

Teatro "della Fortuna" - Fano (PU)

Teatro "Domenico Alaleona" – Montegiorgio (FM)

Teatro "Amintore Galli" - Rimini



4.1 TEATRO "DE MICHELI" – COPPARO (FE)

| | |
|-----------------------------|--|
| Anno di costruzione | 1908 |
| Capienza totale | 446 posti |
| Tipo di sala | Pianta a U con platea, balconate e gallerie |
| Palcoscenico | <ul style="list-style-type: none">• In legno d'abete• Larghezza: 11,60 m• Profondità: 8,00 m• Altezza: 7,50 m• Declivio: 4 % |
| Graticcio | <ul style="list-style-type: none">• In profilati di acciaio zincato• Rocchettiera: mobile |
| Sistema di copertura | Capriate in legno |
| Boccascena | <ul style="list-style-type: none">• Altezza: 7,00 m• Larghezza: 8,90 m |
| Sipario | Manuale, confezionato a due teli, in velluto ignifugo di classe 1 |

Il "politeama" De Micheli nacque per iniziativa privata all'inizio del Novecento. Nel 1908 Enrico De Micheli acquistò una porzione di suolo pubblico sulla piazza Vittorio Emanuele II del comune di Copparo, sulla quale edificò la propria abitazione con annessa sala teatrale, dotata di galleria sostenuta da colonne interamente di legno e platea libera, con panche sistemabili all'occorrenza.

La realizzazione della "piccola sala" veniva a colmare l'assenza, più volte lamentata sui giornali dell'epoca, di un ambiente idoneo a diversi generi di spettacolo, ponendosi fin dalle origini come istituzione privilegiata per esaudire la crescente domanda culturale e ricreativa tanto della comunità copparese quanto delle zone limitrofe, da sempre carenti di strutture teatrali. Nel 1923, a causa della seria precarietà della struttura, il proprietario intraprese con decisione un vero e proprio rifacimento, che portò il teatro alla configurazione attuale.



Figura 54 - Interno del teatro De Micheli – Copparo (FE)

Enrico De Micheli chiese all'Amministrazione Comunale la concessione di un'area di terreno per allargare il palcoscenico, concessione che avvenne senza esitazioni, considerando i vantaggi, "senza alcun aggravio economico per la pubblica Azienda", che la presenza di un teatro moderno significava per Copparo.



Dal punto di vista architettonico il De Micheli si pone come buon esempio di edilizia teatrale primonovecentesca, con una funzionale distribuzione degli spazi (un ampio palcoscenico lo rende adatto a tutti i tipi di spettacolo) e degli ambienti di servizio.

La sua originalità si ravvisa soprattutto nei due ordini di balconate con andamento ad U e nell'apparato decorativo degli stucchi che ornano la sala. La stagione del 1924, tesa a rilanciare il rinnovato teatro, fu davvero eccezionale per quantità di rappresentazioni.

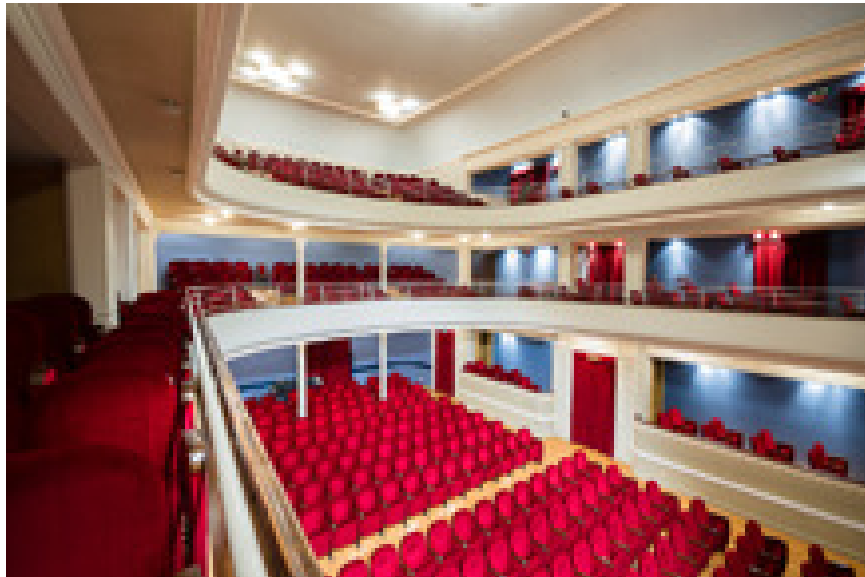


Figura 55 – Vista delle balconate con andamento a U del teatro De Micheli – Copparo (FE)

Dopo la chiusura nei primi anni Settanta, il teatro De Micheli viene acquistato nel 1989 dall'Amministrazione Comunale di Copparo e nel 2000 l'edificio è stato sottoposto ad ingenti lavori di ristrutturazione e restauro.

4.2 TEATRO "MUNICIPALE" – CASALE MONFERRATO (AL)

| | |
|-----------------------------|--|
| Anno di costruzione | 1785 |
| Capienza totale | 499 posti |
| Tipo di sala | Pianta a U con platea, 4 ordini di palchi e loggione |
| Palcoscenico | <ul style="list-style-type: none">• In legno• Larghezza: 13,00 m• Profondità: 11,50 m• Altezza: 13,50 m• Declivio: 5 % |
| Graticcio | <ul style="list-style-type: none">• In legno di conifera• Rocchettiera: mobile |
| Sistema di copertura | Capriate in legno |
| Boccascena | <ul style="list-style-type: none">• Altezza: 11,00 m• Larghezza: 9,50 m |
| Sipario | Manuale, in velluto |



Il Teatro Municipale di Casale Monferrato fu costruito a partire dal 1785, su disegno dell'abate spoletino Agostino Vitoli.

La costruzione, disposta su quattro ordini di palchi e loggioni, è un vero gioiello di stucchi, dorature e velluti. Inaugurato il 26 novembre 1791 con un'opera inedita di Vincenzo Fabrizio, intitolata *La moglie capricciosa*, il teatro fu chiuso durante l'epoca francese e poi sottoposto ad un radicale restauro interno durante il regno carloalbertino.



Figura 56 - Interno del teatro Municipale – Casale Monferrato (AL)

Tra gli artisti che operano in teatro sono ricordati il pittore e intagliatore Leone Brizi per le decorazioni e gli stucchi dei palchi, il pittore Angelo Moja per l'affresco delle Muse sul plafone e il più famoso Abbondio Sangiorgio (autore del monumento equestre di Carlo Alberto in Piazza Mazzini) per le Cariatidi del palco reale.

La riapertura avviene nel 1840 con *La Beatrice di Tenda* di Gaetano Donizetti (da ricordare che Beatrice era moglie del condottiero casalese Facino Cane).

Il 5 gennaio 1861 il teatro fu ceduto dalla Società dei Nobili al Comune di Casale diventando più fruibile alla cittadinanza, ma una serie crescente di difficoltà ne impongono la chiusura.

Durante l'ultimo conflitto è ridotto a magazzino, poi la chiusura definitiva fino al recente restauro.

Fu poi inaugurato con una performance di Vittorio Gassman "Brindisi per un teatro" domenica 4 marzo 1990.



Figura 57 – Vista del plafone del teatro Municipale – Casale Monferrato (AL)

Oggi gli spettacoli di teatro, musica e danza in cartellone sono un punto di riferimento importante del panorama culturale casalese.



4.3 TEATRO "EBE STIGNANI" – IMOLA (BO)

| | |
|-----------------------------|--|
| Anno di costruzione | 1810 |
| Capienza totale | 468 posti |
| Tipo di sala | Pianta a U con platea, 3 ordini di palchi e galleria |
| Palcoscenico | <ul style="list-style-type: none">• In legno• Larghezza: 14,50 m• Profondità: 10,50 m• Altezza: 11,50 m• Declivio: 4 % |
| Graticcio | In legno |
| Sistema di copertura | Capriate in legno |
| Boccascena | <ul style="list-style-type: none">• Altezza: 10,00 m• Larghezza: 10,00 m |
| Sipario | Manuale, in velluto |

Il Teatro Comunale è il teatro più importante di Imola. È intitolato alla cantante lirica Ebe Stignani (1903-1974). Il teatro ospita rassegne di prosa e di musica di livello nazionale.

Il Teatro "Ebe Stignani" nasce nel 1810 all'interno dell'antica chiesa di S. Francesco trasformata in teatro grazie ai lavori affidati all'ing. Giuseppe Magistretti e conclusi nel 1812.

Tre anni dopo l'inaugurazione, mutato il clima politico, un decreto pontificio ne provocò la chiusura per incompatibilità tra la preesistente struttura religiosa e la nuova destinazione a luogo di spettacoli.



Figura 58 - Interno del teatro Ebe Stignani – Imola (BO)

Riaprì nel 1831, a condizione che le autorità comunali ne riadattassero la facciata, cancellandone ogni richiamo alla preesistente chiesa: il portico ottocentesco, che costituisce l'entrata al Teatro, risulta così estraneo (quasi "appoggiato") al resto del fabbricato che ha mantenuto in gran parte linee e proporzioni medievali.



Figura 59 – Sala vista dalla galleria del teatro Ebe Stignani – Imola (BO)

Il teatro, divenuto "Comunale" nel 1846, ha appena subito un importante intervento di restauro e ristrutturazione che lo ha reso nuovamente disponibile alla città dal maggio 2010.

4.4 TEATRO "DEI FILARMONICI" – ASCOLI PICENO

| | |
|-----------------------------|--|
| Anno di costruzione | 1829-1831 |
| Capienza totale | 400 posti |
| Tipo di sala | Pianta a U con platea, 2 ordini di palchi e loggione a galleria |
| Palcoscenico | <ul style="list-style-type: none">• In legno• Larghezza: 16,00 m• Profondità: 12,00 m• Altezza: 10,00 m• Declivio: 4 % |
| Graticcio | In legno |
| Sistema di copertura | Capriate in legno |
| Boccascena | <ul style="list-style-type: none">• Altezza: 8,00 m• Larghezza: 12,00 m |
| Sipario | Manuale, in velluto |



Il teatro è stato costruito tra il 1829 ed il 1831, nelle vicinanze della sede dell'Accademia dei Filodrammatici di Ascoli, da cui prese la prima denominazione. La Società dei Filodrammatici era nata grazie all'iniziativa del conte Orazio Piccolomini, nobile proveniente di Siena animato da una vivace passione per l'arte teatrale che la presiedeva e che, in seguito, divenne anche governatore della città nel 1846. Fu inaugurato l'11 gennaio 1832 dai Filodrammatici, ma il suo spazio risultò avere una capienza modesta ed insufficiente, così, ben presto, si raccolsero i fondi necessari per il suo ampliamento, affidandone il progetto al professore Ignazio Cantalamessa e all'ingegnere Gabriele Gabrielli.



Figura 60 - Interno del teatro "Dei Filarmonici" – Ascoli Piceno

La Società dei Filodrammatici si sciolse nel 1860 ed il teatro fu gestito dall'Amministrazione comunale ascolana fino al 1897, anno in cui fu acquistato dalla Società Filarmonica Ascolana che lo ristrutturò completamente, cambiandogli il nome in Teatro dei Filarmonici. In seguito, nell'anno 1917, fu comprato dalla famiglia Marini che lo destinò a proiezioni cinematografiche e poi ne cedette la proprietà al Comune nel 1994. L'edificio è attualmente chiuso per restauro.



Figura 61 – Vista dei palchi del teatro “Dei Filarmonici” – Ascoli Piceno

Il teatro presenta la tipica forma a ferro di cavallo. Ha una capienza di circa 400 posti, distribuiti tra la platea, due ordini di palchi e un loggione. L'interno è stato decorato dallo scultore Giorgio Paci e presenta stucchi ornamentali, decorazioni a cassettoni e figure pittoriche. Otto medaglioni con cupidi ornano la fascia che circonda la volta dello scomparto centrale.

La facciata si presenta nella parte bassa a bugnato con tre porte d'ingresso che danno l'accesso all'atrio, mentre la parte più alta ha tre finestre archivoltate.



4.5 TEATRO "ARIOSTO" – REGGIO EMILIA

| | |
|-----------------------------|--|
| Anno di costruzione | 1878 |
| Capienza totale | 744 posti |
| Tipo di sala | Pianta a U con platea, 2 balconate e galleria |
| Palcoscenico | <ul style="list-style-type: none">• In legno• Larghezza: 15,90 m• Profondità: 15,40 m• Altezza: 15,00 m• Declivio: 3,5 % |
| Graticcio | <ul style="list-style-type: none">• In legno d'abete• Rocchettiera: fissa |
| Sistema di copertura | Capriate in legno |
| Boccascena | <ul style="list-style-type: none">• Altezza: 13,00 m• Larghezza: 11,30 m |
| Sipario | Manuale, in velluto |

Intitolato al poeta locale Ludovico Ariosto, venne eretto nel 1878 sulle ceneri del Teatro della Cittadella, costruito tra il 1740 e 1741 su progetto di Antonio Cugini e distrutto nel 1851 da un incendio. Tracce dello stabile settecentesco sono ancora visibili lungo il colonnato che delimita la parete sud del teatro, affacciata su Corso Cairoli.

Secondo la moda di fine XIX secolo e su richiesta della cittadinanza, l'Ariosto fu progettato come politeama, ovvero come spazio teatrale a destinazione plurima: esso era adibito sia alle rappresentazioni di prosa sia alle esibizioni delle compagnie equestri.



Figura 62 – Interno del Teatro Ariosto visto dal loggione

L'impianto architettonico seguì il modello dei politeama inglesi e francesi: la cavea prese forma semicircolare e la struttura a palchi, mantenuta per il secondo ordine, fu sostituita al primo ed al terzo da gallerie uniche.

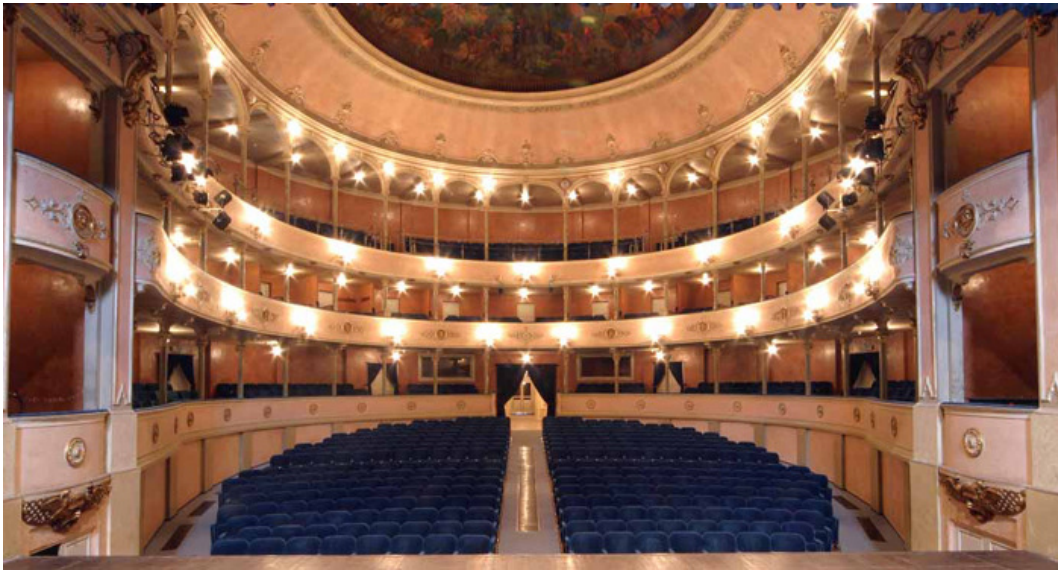


Figura 63 – Vista della sala del Teatro Ariosto – Reggio Emilia

Nel 1927 si pose mano ad una profonda revisione: venne aggiunto il golfo mistico per l'orchestra, furono eliminate le strutture necessarie agli spettacoli equestri ed esterno ed interno furono decorati ex novo da Anselmo Govi con motivi tardo-liberty; notevole il grande affresco della cupola, raffigurante episodi dell'Orlando furioso e cinto alla base da una fascia in cui sono riportati i versi di apertura del poema.

L'ultimo grande intervento di restauro del teatro avvenne nel 1981.

5.6 TEATRO "COMUNALE" – CAGLI (PU)

| | |
|-----------------------------|--|
| Anno di costruzione | 1870 - 1878 |
| Capienza totale | 500 posti |
| Tipo di sala | Pianta a U con platea, 3 ordini di palchi e loggione |
| Palcoscenico | <ul style="list-style-type: none">• In legno• Larghezza: 15,00 m• Profondità: 11,00 m• Altezza: 18,00 m• Declivio: 3 % |
| Graticcio | In legno |
| Sistema di copertura | Capriate in legno |
| Boccascena | <ul style="list-style-type: none">• Altezza: 11,50 m• Larghezza: 9,00 m |
| Sipario | Manuale, in velluto |



L'attuale teatro che sorge sulla piazza Nicolò IV, sorge su area totalmente autonoma ed è stato eretto fra il 1870 e il 1878 su disegno dell'architetto perugino Giovanni Santini con modifiche degli ingegneri Coriolano Monti e Lorenzo Priori.

È un edificio che segna il trionfo dello stile eclettico e il superamento di ogni nostalgia neoclassica. Interessante e tipologicamente nuova è soprattutto la facciata con tre grandi portali arcuati a bugnato, alternati ad analoghe finestre al piano terreno, balcone centrale e cinque finestre rettangolari con cornice a timpano spezzato al piano nobile.



Figura 64 – Vista della volta del teatro Comunale – Cagli (PU)

Palesamente di gusto eclettico è l'elegante atrio, scompartito in nove campate da altrettante volte a crociera sostenute al centro da quattro colonne doriche e sovrastato al piano superiore da un capace ridotto con volta lunettata a padiglione. Il proscenio, privo di palchi, è ad architrave piano cassettonato e arcuato sui due lati.

La decorazione, riccamente distribuita lungo i parapetti a fascia e sui pilastrini divisorii, è tutto un susseguirsi di stucchi dorati, mensole, volute, sfingi, cornici, fregi e intagli, disegnati e modellati dal perugino Alessandro Venanzi e dal bolognese Tito Azzolini.



Figura 65 - Interno del teatro Comunale – Cagli (PU)

Il palcoscenico, proporzionalmente adeguato alle dimensioni della sala, presenta ancora oggi i vecchi dispositivi di manovra come i carrelli per lo spostamento delle quinte, carrucole e tiri, una macchina per le luci a soluzione salina, un sipario-comodino con apertura per l'uscita degli artisti e ben nove scene complete di fondali e quinte costituenti il corredo originale dipinti da Gerolamo Magnani. Il teatro è stato riaperto al pubblico il 29 maggio 1999 dopo un profondo e attento restauro.



4.7 TEATRO "PERSIO FLACCO" – VOLTERRA (PI)

| | |
|-----------------------------|--|
| Anno di costruzione | 1816-1819 |
| Capienza totale | 499 posti |
| Tipo di sala | Pianta a U con platea, 4 ordini di palchi e loggione |
| Palcoscenico | <ul style="list-style-type: none">• In legno• Larghezza: 11,00 m• Profondità: 10,00 m• Altezza: 12,00 m• Declivio: 7 % |
| Graticcio | In legno |
| Sistema di copertura | Capriate in legno |
| Boccascena | <ul style="list-style-type: none">• Altezza: 12,00 m• Larghezza: 10,40 m |
| Sipario | Manuale, in velluto |

Agli inizi del XIX secolo l'esigenza da parte dei volterrani di poter disporre di un vero e proprio teatro era unanimemente avvertita. Nel 1816 un gruppo di cittadini sostenitori di questa necessità decise di dar corso alla costruzione di un nuovo teatro.

Fu incaricato della progettazione l'arch. Luigi Campani (già architetto del Granduca Ferdinando III di Toscana); i lavori ebbero inizio nell'anno 1816 e terminarono nel 1819 e il Teatro venne inaugurato un anno dopo, nel 1820.

Il luogo dove realizzare il teatro venne individuato in uno dei più bei palazzi di Volterra, palazzo Incontri; tale costruzione risale all'inizio del XVII secolo e la sua facciata è attribuita ad un disegno di Bartolommeo Ammannati. Il teatro ne occupa la parte terrena ed il retrostante giardino.



Figura 66 - Interno del teatro Persio Flacco – Volterra (PI)

Si tratta di un tipico teatro all'italiana con sala a ferro di cavallo, quattro ordini di palchi, volta acustica e palcoscenico con piano forato.



Il sipario principale venne fatto dipingere dal pittore Nicola Contestabili che vi rappresentò Aulo Persio Flacco, massimo poeta Volterrano al quale è stato intitolato il Teatro, sul Parnaso assieme alle Muse.



Figura 67 – Vista del teatro Persio Flacco – Volterra (PI)

Il Teatro è stato chiuso ed inattivo per 15 anni, dal 1984 al 1999, per l'adeguamento funzionale della struttura.

4.8 TEATRO "DELLA FORTUNA" – FANO (PU)

| | |
|-----------------------------|--|
| Anno di costruzione | 1845 - 1863 |
| Capienza totale | 650 posti |
| Tipo di sala | Pianta a U con platea, 3 ordini di palchi e galleria |
| Palcoscenico | <ul style="list-style-type: none">• In legno• Larghezza: 11,60 m• Profondità: 9,60 m• Altezza: 7,50 m• Declivio: 3 % |
| Graticcio | In legno |
| Sistema di copertura | Capriate in legno |
| Boccascena | <ul style="list-style-type: none">• Altezza: 7,00 m• Larghezza: 11,60 m |
| Sipario | Manuale, in velluto |



L'attuale teatro "della Fortuna" di Fano, a cui fa da facciata l'antico Palazzo del Podestà fondato nel 1299, fu eretto su progetto dell'architetto modenese Luigi Poletti tra il 1845 e il 1863 sostituendo l'antico celebre teatro omonimo eretto dal famoso scenografo e scenotecnico fanese Giacomo Torelli tra il 1665 e il 1677. Il teatro fu chiuso per dichiarata inagibilità nel 1839 e successivamente abbattuto.



Figura 68 – Vista dall'alto della sala del teatro "della Fortuna" – Fano (PU)

L'odierno teatro venne gravemente danneggiato nel corso della seconda guerra mondiale (estate del 1944) dal crollo dell'adiacente torre civica e da spezzoni incendiari caduti sul tetto della sala.



Figura 69 – Interno del teatro "della Fortuna" – Fano (PU)

Solo dopo cinquantaquattro anni dalla sua forzata chiusura, nella primavera del 1988, il teatro è stato riaperto al pubblico, dopo le lunghe e complesse operazioni di restauro e ristrutturazione che ne hanno preservato l'antico aspetto pur rinnovandone tutti gli impianti e le attrezzature tecniche.



4.9 TEATRO "DOMENICO ALALEONA" – MONTEGIORGIO (FM)

| | |
|-----------------------------|---|
| Anno di costruzione | 1870 - 1884 |
| Capienza totale | 388 posti |
| Tipo di sala | Pianta a U con platea, 3 ordini di palchi e loggione |
| Palcoscenico | <ul style="list-style-type: none">• In legno• Larghezza: 13,80 m• Profondità: 9,00 m• Altezza: 13,50 m• Declivio: 6 % |
| Graticcio | In legno |
| Sistema di copertura | Capriate in legno |
| Boccascena | <ul style="list-style-type: none">• Altezza: 9,00 m• Larghezza: 8,50 m |
| Sipario | Manuale, in velluto |

Il teatro di Montegiorgio, intitolato nel 1945 all'insigne musicista Domenico Alaleona, è annoverato fra i teatri storici delle Marche, quasi tutti realizzati secondo i canoni stilistici neoclassici, che ne caratterizzano la tipica e confortevole eleganza.

Fu nel 1770 che venne inaugurato un teatro, realizzato in un salone del primo piano del vecchio palazzo comunale, interamente costruito in legno, con tre ordini di palchi e quaranta posti per gli spettatori in platea. La struttura, rispondendo a un desiderio popolare, fu molto utilizzata. Non trascorsero molte decine d'anni che infatti andò in il deperimento.



Figura 70 – Esterno del teatro “Domenico Alaleona” – Montegiorgio (FM)

Il numero limitatissimo di posti e la difficoltà di eseguire opere di restauro, suggerirono nel 1869 un'idea risolutiva. L'architetto locale Giuseppe Sabbatini venne così incaricato di realizzare un progetto per un nuovo teatro, che doveva occupare l'intera superficie del vecchio palazzo comunale.



Nel 1884 i lavori in muratura, ad esclusione della facciata di nord-ovest che non fu mai completata, si potevano dire terminati. Le decorazioni, gli arredi e le pitture furono ultimati nel 1889, quando si procedette con il collaudo. Due anni più tardi, nel giorno inaugurale la struttura venne ufficialmente denominata Teatro dell'Aquila.

Il bisogno di alcuni lavori sussidiari, come il consolidamento delle murature e le misure antincendio, costrinsero ben presto a tenere chiuso il teatro fino al 1903 quando, completato l'impianto elettrico, venne nuovamente inaugurato con "La favorita", un'opera di Donizetti.



Figura 71 – Interno del teatro "Domenico Alaleona" – Montegiorgio (FM)

I lavori di adattamento della struttura sono stati tuttavia ininterrotti sino ai nostri giorni: dalla sostituzione delle poltrone all'intervento all'impianto di riscaldamento, all'uso del locale come sala cinematografica sino al rifacimento del tetto. I continui miglioramenti hanno definito il Teatro nella sua forma odierna. 50 i palchi oltre a ordini di loggione, 138 poltrone in platea per una capienza di 300 posti.

4.10 TEATRO "AMINTORE GALLI" – RIMINI

| | |
|-----------------------------|--|
| Anno di costruzione | 1843 |
| Capienza totale | 800 posti |
| Tipo di sala | Pianta a U con platea, 3 ordini di palchi e loggione |
| Palcoscenico | <ul style="list-style-type: none">• In legno• Larghezza: 22,20 m• Profondità: 20,90 m• Altezza: 19,50 m• Declivio: 4 % |
| Graticcio | In legno |
| Sistema di copertura | Capriate in legno |
| Boccascena | <ul style="list-style-type: none">• Altezza: 16,50 m• Larghezza: 12,50 m |
| Sipario | Tagliafuoco di sicurezza, REI 60 |



Il Teatro Comunale di Rimini, la cui costruzione iniziò nel 1843, fu inaugurato nel 1857 con l'"Aroldo" di Giuseppe Verdi.

Il Teatro si chiamava inizialmente Teatro Nuovo e dal 1859 Teatro Vittorio Emanuele II. Solo più tardi, nel 1947, è stato intitolato al compositore Amintore Galli (1845-1919).



Figura 72 – Esterno del teatro Amintore Galli – Rimini

Il progetto (1841-43) porta la firma di Luigi Poletti, architetto e ingegnere dello Stato Pontificio. Le sei tavole dello studio originale, da lui depositate a Rimini il 29 gennaio 1842, sono andate perdute quando il terremoto del 1916 danneggiò gli uffici comunali. Esistono però 6 fotografie (di Luigi Perilli) che risalgono al 1900 circa e cinque disegni acquerellati del progetto originale.

L'ultima stagione del Teatro risale al periodo di carnevale del 1943, poichè le bombe durante la seconda guerra mondiale distrussero gran parte della struttura.

L'abside e la copertura crollarono e circa il 90 per cento della sala e del palcoscenico andarono distrutti. L'unica parte che rimase pressoché integra è il foyer.

La sala teatrale con i palchi e i loggioni conteneva oltre mille posti a sedere.

Nel 2010 è stato previsto l'intervento di restauro, solo parzialmente eseguito negli anni tra il 1997 e il 2001, e la presentazione della ricostruzione integrale del teatro.



Figura 73 - Rendering dell'interno del teatro Amintore Galli dopo il restauro



5. IL RISCHIO INCENDIO NEI TEATRI

Una delle cause principali della chiusura dei teatri è storicamente l'incendio, provocato non sempre da cause accidentali. È quindi fondamentale, in fase di progettazione, conoscere le cause che possono portare ad un incendio.

Si riporta di seguito un'analisi condotta dal Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, in cui sono evidenziate le cause principali che hanno portato ad incendi nei teatri italiani dal 2000 a oggi.

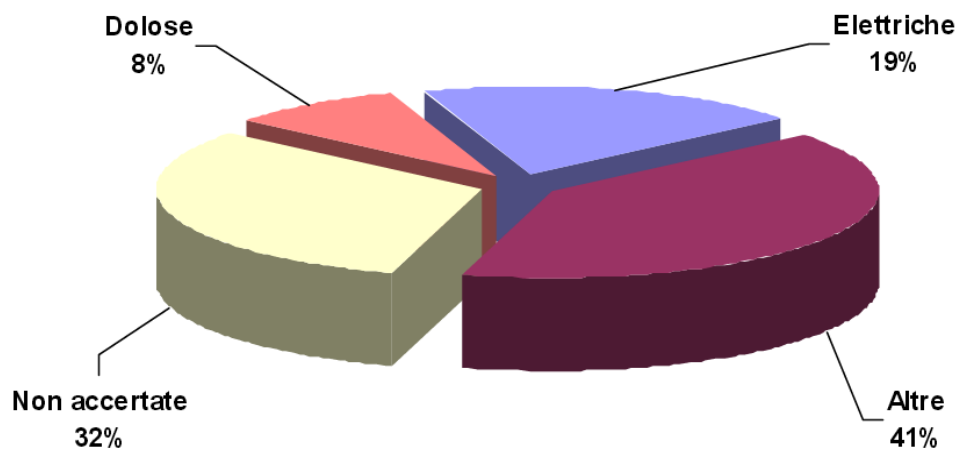


Figura 74 - Cause di incendio nei teatri italiani negli ultimi 12 anni

Può accadere che il teatro sia inserito in una struttura storica o comunque di pregio architettonico, storico o culturale.

In Europa ed in Italia in particolare, abbiamo un patrimonio di inestimabile valore che deve essere conservato, ed i Teatri sono spesso inseriti in strutture storiche o comunque nelle immediate vicinanze di queste.

Un loro eventuale deperimento causerebbe una perdita di valore storico inestimabile.

5.1 Obiettivi della sicurezza

Anche per i teatri, come in generale per tutte le attività, la sicurezza antincendio ha l'obiettivo principale di salvaguardare la vita umana (Sicurezza Primaria).

Nel caso in cui il teatro sia inserito in una struttura storica di pregio architettonico e culturale, si deve valutare attentamente la salvaguardia dei beni di valore esistenti, dove spesso, il valore intrinseco è proprio quello della struttura stessa (Sicurezza Secondaria).

Sebbene l'obiettivo di limitare i danni materiali sia indiscutibilmente di ordine inferiore rispetto a quello di proteggere la vita delle persone, risulta impossibile scindere i due obiettivi: infatti, per assicurare l'incolumità delle persone, va in primo luogo effettuata un'azione di controllo dello sviluppo del fuoco, per ridurre al minimo le aree coinvolte e quindi anche il numero delle persone in pericolo.

La sicurezza antincendio si articola in Prevenzione e Protezione procedendo parallelamente fin dalle fasi iniziali della progettazione. In particolare la Prevenzione Incendi propriamente detta, è l'insieme delle misure dirette ad evitare l'insorgere dell'incendio, con lo scopo del contenimento delle probabilità, mentre la Protezione Incendi, è l'insieme delle misure dirette a limitare la propagazione e le altre conseguenze una volta che l'incendio si è verificato, con lo scopo del contenimento dei danni.

5.2 Difficoltà progettuali

Gli edifici storici non rispondono nella maggior parte dei casi ai requisiti imposti dalle normative né a livello di resistenza al fuoco delle strutture, né a livello di reazione al fuoco dei materiali presenti. Le maggiori difficoltà si riscontrano nella realizzazione di opere edili come muri resistenti al fuoco, scale a prova di fumo e nuove uscite di sicurezza, previsti dalla normativa, in edifici che devono



mantenere inalterate le caratteristiche artistiche del periodo storico in cui sono stati progettati.

La normativa di sicurezza antincendio prevede per questa tipologia di edifici un lavoro congiunto, teso da un lato a superare le difficoltà derivanti dalla necessità di armonizzare le inderogabili esigenze della prevenzione e della sicurezza antincendio, e dall'altro a rispettare e tutelare il patrimonio artistico e storico nazionale.

Le problematiche tipiche di un locale di pubblico spettacolo sono generalmente:

Ubicazione e accesso all'area

Uscite di emergenza

Comunicazioni

Resistenza al fuoco delle strutture

Vie di esodo

Posti a sedere

Evacuazione fumi e calore

Compartimentazione

Impianti di estinzione

Palcoscenico

L'impatto critico emerge quando l'architettura, che per certi versi deve estremizzare i concetti spaziali e visivi, deve coniugarsi con la sicurezza. E' il caso dei foyer aperti o delle porte che immettono da questi alla sala vera e propria, così come dei rivestimenti e delle pannellature.

Un'attenta ricerca materica condotta prima dei lavori, è la soluzione più semplice, così come la certificazione di appositi materiali studiati "ad hoc" è certamente più costosa, ma lascia ai progettisti più libertà espressiva.

Un altro sistema che lascia ampia libertà ai designers sono i sezionamenti meccanici a scomparsa (tende taglia fumo) accoppiati ai sistemi di evacuazione naturale dei fumi, sistemi questi che possono assicurare quella continuità visiva e quella componente estetica tanto, giustamente, ricercata dai progettisti.

Un ultimo punto da sottolineare è quello relativo ai posizionamenti dei segnali di allarme, all'illuminazione di emergenze e ai dispositivi antincendio. E' pur vero che tali elementi non abbiano un aspetto sempre facilmente inseribile e che, ciononostante, siano fondamentali. Bisogna quindi trovare accorgimenti per far convivere architettura e sicurezza.

La norma non vieta di posizionare gli idranti e gli estintori in nicchie murarie o in cassette studiate "ad hoc" per coordinarsi con l'estetica del locale, ciò a patto di segnalarli adeguatamente.

L'elemento primario e prioritario da considerare è quindi la conoscenza delle problematiche tipiche dell'argomento della progettazione, delle norme, ma anche delle tipicità dei mezzi a disposizione per garantire la sicurezza, in generale.

5.3 Regola tecnica di sicurezza antincendio

5.3.1 Il quadro normativo italiano

In Italia la sicurezza antincendio è regolamentata da molteplici leggi, decreti, circolari dei vari ministeri.

Di seguito sono riportate le disposizioni normative più recenti riguardanti la prevenzione incendi.



- D.M. 19 Agosto 1996: Approvazione della regola tecnica per la progettazione, costruzione ed esercizio dei locali di intrattenimento e di pubblico spettacolo.
- D.M. 10 Marzo 2005: Classi di reazione al fuoco per i prodotti da costruzione da impiegarsi nelle opere per le quali e' prescritto il requisito della sicurezza in caso d'incendio.
- D.M. 15 Marzo 2005: Requisiti di reazione al fuoco dei prodotti da costruzione installati in attività disciplinate da specifiche disposizioni tecniche di prevenzione incendi in base al sistema di classificazione europeo.
- D.M. 16 Febbraio 2007: Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione.
- D.M. 9 Marzo 2007: Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei vigili del fuoco.

5.3.2 I locali di intrattenimento e di pubblico spettacolo

Ciò che interessa in questa sede è quella parte di legislazione che riguarda i locali di pubblico spettacolo, in particolare la sicurezza antincendio negli edifici di interesse storico e artistico.

Nella normativa italiana la denominazione “Locali di Pubblico Spettacolo” indica tutti i luoghi pubblici, aperti o esposti al pubblico, dove si svolgono attività teatrali, sportive o circensi che radunano un elevato numero di persone. L’Autorità di Pubblica Sicurezza non può concedere l’apertura di un locale di pubblico spettacolo (teatri o altri luoghi di spettacolo) prima di aver verificato attraverso una commissione tecnica la solidità e la sicurezza dell’edificio e l’esistenza di uscite per lo sgombero in caso d’incendio.

I locali di pubblico spettacolo sono infatti degli ambienti ad alto rischio di incendio a causa del tipo di attività che ospitano e alla presenza contemporanea di numerose sorgenti di innesco, di materiali combustibili e di un elevato numero di spettatori.

Particolarmente esposti al pericolo d'incendio sono gli edifici teatrali: in primo luogo l'attività teatrale propriamente detta, quella che si svolge sul palcoscenico, necessita di vari elementi per caratterizzare l'ambiente in cui ha luogo la rappresentazione. I materiali scenografici sono costituiti per lo più da fondali dipinti su stoffa o carta, pannelli di legno, tende, mobili e suppellettili varie: tutti materiali facilmente incendiabili e a contatto costante con possibili sorgenti d'innesco come cavi elettrici, luci e trucchi scenici. In secondo luogo durante la rappresentazione teatrale è presente un elevato numero di spettatori la cui incolumità, in caso d'incendio, va garantita attraverso la predisposizione di veloci e sicure vie di fuga. Questa peculiarità dell'attività teatrale richiede quindi una particolare attenzione nella sicurezza antincendio sia nel caso di teatri di nuova edificazione, sia nel caso di "storici" dove alla tutela della sicurezza degli spettatori, si aggiunge la necessità di salvaguardare il valore storico, artistico e culturale dell'edificio.

Per i locali di pubblico spettacolo le leggi e i decreti da prendere in considerazione sono numerosi; prima fra tutte la Circolare emanata il 15 Febbraio 1951 n°16, riguardante le "Norme di sicurezza per la costruzione e l'esercizio e la vigilanza nei teatri, nei cinematografi e in altri locali di pubblico spettacolo in genere", superata poi dal D.M. del 19 Agosto 1996 "Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio dei locali di intrattenimento e di pubblico spettacolo", che verrà trattato più approfonditamente in seguito.

In secondo luogo bisogna considerare il D.P.R. n°689 del 26 Maggio 1959 inerente "La determinazione delle aziende e lavorazioni soggette, ai fini della prevenzione



degli incendi, al preventivo esame ed al collaudo del Comando dei Vigili del Fuoco”.

Dopo questo decreto è stato emanato il Decreto Ministeriale del 16 Febbraio 1982 in cui vengono individuate 97 attività soggette alle visite di prevenzione incendi e quindi obbligate a richiedere il Certificato di Prevenzione Incendi (C.P.I.).

In seguito, attraverso il Decreto Ministeriale del 30 Novembre 1983 “I termini, le definizioni generali e i simboli grafici di prevenzione incendi”, viene definito il linguaggio comune da utilizzare quando si parla di prevenzione incendi.

Il Certificato di Prevenzione Incendi, nel linguaggio comune conosciuto come C.P.I., è necessario per ciascuna delle 97 attività soggette al controllo dei Vigili del Fuoco. Il rilascio del C.P.I. avviene da parte del Comando competente di zona, previo accertamento. Per accertamento si intende l’esame preventivo del progetto e la visita tecnica di sopralluogo, entrambe effettuate dai tecnici competenti del Comando dei Vigili del Fuoco.

Il C.P.I. rappresenta la condizione essenziale per ottenere, dalle autorità competenti, il rilascio o il rinnovo della licenza di esercizio.

Per quanto riguarda l’attività dei teatri storici, questa è individuata al punto n°83 del D.M. 16 Febbraio 1982 (locali di pubblico spettacolo e di intrattenimento in genere con capienza superiore ai 100 posti), sostituito poi dal D.P.R. 1 Agosto 2011 n°151 (attività n°65)

Per il rilascio del C.P.I. si deve consultare la Circolare Ministeriale n°46 MI.SA. (82) n° 15 del 7 ottobre 1982.

Per i mezzi antincendio ed in particolare per gli estintori si deve tenere conto del D.M. 20 Settembre 1982, del D.M. 7 Novembre 1985, del D.M. 16 Gennaio 1987, del D.M. 15 Luglio 1987 ed infine del D.M. 1 Febbraio 1989.

Per le strutture, riferimento necessario è la Circolare del Ministero degli Interni n°91 del 14 Settembre 1961 “Norme di sicurezza per la protezione contro il fuoco dei fabbricati a struttura in acciaio destinati ad uso civile”. Un ulteriore riferimento normativo è dato dal D.P.R. n°246 del 21 Aprile 1993 che riguarda il “Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione”.

Per quanto riguarda gli impianti, i riferimenti normativi si distinguono in base al combustibile utilizzato.

Per gli impianti di riscaldamento a metano bisogna considerare il D.M. 12 Aprile 1996, la Circolare n°1143/4134 ed il D.M. 19 Febbraio 1997.

Per gli impianti di riscaldamento a gasolio bisogna considerare la Circolare n°73 del 1971.

Per gli impianti di riscaldamento a gas petrolio liquefatto bisogna tenere in considerazione il D.M. 19 Febbraio 1997 che riguarda le “Modificazioni al D.M. 12 Aprile 1996. Approvazione della regola tecnica di Prevenzione Incendi per la progettazione, la costruzione e l’esercizio degli impianti termici alimentati da combustibili gassosi”.

Per quanto riguarda la segnaletica di sicurezza, riferimento obbligatorio è il Decreto Legislativo 493 del 14 Agosto 1996.

I materiali di arredo da impiegarsi all’interno dei teatri, sono stati regolati dalla Normativa Tecnica emanata dopo l’incendio del Cinema Statuto di Torino, nel quale persero la vita 64 persone, e devono essere conformi alla Circolare del Ministero dell’Interno n°25 del 1 Agosto 1983 riguardante le “Norme sul comportamento al fuoco delle strutture e dei materiali da impiegarsi nella costruzione di teatri, cinematografi ed altri locali di pubblico spettacolo in genere”. Devono inoltre rispettare il D.M. 26 Giugno 1984 “Classificazione di reazione al fuoco ed omologazione dei materiali ai fini della Prevenzione Incendi”.



Tale decreto è stato in seguito completato dal D.M. 14 Gennaio 1985 e dalla Lettera Circolare n°7949/4122 del 09 Maggio 1989.

5.3.3 Decreto ministeriale 19 Agosto 1996

Il quadro normativo odierno non prevede delle norme particolari per gli edifici di particolare interesse storico e quindi vincolati da altre norme molto restrittive. Bisogna perciò fare riferimento al D.M. del 19 Agosto 1996 “Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio dei locali di intrattenimento e di pubblico spettacolo”, nonostante questa normativa non analizzi da vicino le problematiche degli edifici di pubblico spettacolo storici.

Secondo la legge, per locale di pubblico spettacolo si intende un luogo di riunione con una capienza superiore alle 100 persone. I teatri dell’opera, in genere, appartengono tutti a questa categoria; infatti la capienza media dei teatri italiani è sulle 1300-1500 persone per teatro, tenendo quindi in considerazione il fatto che esistono teatri da 800 persone, così come esistono teatri da più di 2000 persone di capienza.

La normativa descrive minuziosamente ogni aspetto del teatro, tra cui:

- le disposizioni generali per la costruzione dei locali (l’ubicazione, le separazioni, le comunicazioni, le strutture, i materiali),
- la distribuzione e sistemazione dei posti nella sala (posti a sedere, posti fissi a sedere, posti in piedi),
- le misure per l’esodo del pubblico dalla sala (l’affollamento, la capacità di deflusso, il sistema delle vie d’uscita, le porte, le scale, gli ascensori, le scale mobili),
- le disposizioni particolari per la scena,

- gli impianti elettrici
- l'impianto di rivelazione e segnalazione automatica degli incendi,
- la segnaletica di sicurezza,
- la gestione della sicurezza

Gli obiettivi principali di questa regola tecnica vengono riportati chiaramente nell'articolo 2 della normativa:

“Ai fini della prevenzione degli incendi ed allo scopo di raggiungere i primari obiettivi di sicurezza relativi alla salvaguardia delle persone e alla tutela dei beni, i locali di trattenimento e di pubblico spettacolo devono essere realizzati e gestiti in modo da:

- a) minimizzare le cause di incendio;*
- b) garantire la stabilità delle strutture portanti al fine di assicurare il soccorso agli occupanti;*
- c) limitare la produzione e la propagazione di un incendio all'interno del locale;*
- d) limitare la propagazione di un incendio ad edifici e/o locali contigui;*
- e) assicurare la possibilità che gli occupanti lascino il locale indenni o che gli stessi siano soccorsi in altro modo;*
- f) garantire la possibilità per le squadre di soccorso di operare in condizioni di sicurezza”.*



5.4 Norme di progettazione strutturale

5.4.1 EUROCODICI

La resistenza al fuoco delle strutture viene affrontata nelle parti 1-2 degli Eurocodici. In particolare: Eurocodice 1 per la definizione dell'azione incendio, Eurocodice 2 per le strutture in cemento armato, Eurocodice 3 per le strutture in acciaio, Eurocodice 4 per le strutture composte acciaio-calcestruzzo, Eurocodice 5 per le strutture in legno, Eurocodice 6 per le strutture in muratura, Eurocodice 9 per le strutture in alluminio. In ciascuna di queste parti vengono date indicazioni per il progetto e la verifica degli elementi strutturali in caso d'incendio, oltre alla descrizione delle proprietà termiche e meccaniche dei materiali. In più sono riportati i metodi per la determinazione del carico d'incendio e delle curve d'incendio.

5.4.2 NTC 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)

Nei casi che si stanno trattando, il progettista, si trova ad adattare un edificio già esistente alle norme, con tutte le difficoltà del caso, come ad esempio conoscenze tecnologiche vecchie di molti anni, stati di degrado che non garantiscono la resistenza teorica al materiale e tutti i problemi legati alla fruibilità e ai requisiti minimi prestazionali.

Per far fronte a questi problemi e aiutare il progettista, all'interno delle norme sono stati predisposti dei capitoli appositi per gli edifici esistenti; tendenzialmente i vincoli risultano meno restrittivi per questi ultimi.

Nelle norme tecniche per le costruzioni, già nel capitolo 2, si trova un concetto molto importante quando si parla di principi fondamentali da seguire per la progettazione e di stati limite di esercizio e ultimi, che evidenzia la complessità di lavoro sugli edifici esistenti: *“Per le opere esistenti è possibile fare riferimento a livelli di sicurezza diversi da quelli delle nuove opere ed è anche possibile considerare solo gli stati limite ultimi.”*

La prima definizione, fondamentale per dirigere la progettazione e che si trova al capitolo 8, è la seguente: *“È definita costruzione esistente quella che abbia, alla data della redazione della valutazione di sicurezza e/o del progetto di intervento, la struttura completamente realizzata.”*

Le disposizioni di carattere generale sono da ritenersi valide anche per gli interventi su costruzioni esistenti, ponendo attenzione a tutti i tipi di interventi anche non strutturali, in quanto potrebbero avere interazione con gli SLU e SLE della struttura o parte di essa.

La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi su costruzioni esistenti devono tenere conto dei seguenti aspetti:

- la costruzione riflette lo stato delle conoscenze al tempo della sua realizzazione;
- possono essere insiti e non palesi difetti di impostazione e di realizzazione;
- la costruzione può essere stata soggetta ad azioni, anche eccezionali, i cui effetti non siano completamente manifesti;
- le strutture possono presentare degrado e/o modificazioni significative rispetto alla situazione originaria.

Nella definizione dei modelli strutturali, si dovrà, inoltre, tenere conto che:

- la geometria e i dettagli costruttivi sono definiti e la loro conoscenza dipende solo dalla documentazione disponibile e dal livello di approfondimento delle indagini conoscitive;
- la conoscenza delle proprietà meccaniche dei materiali non risente delle incertezze legate alla produzione e posa in opera, ma solo dell'omogeneità dei materiali stessi all'interno della costruzione, del livello di approfondimento delle indagini conoscitive e dell'affidabilità delle stesse;
- i carichi permanenti sono definiti e la loro conoscenza dipende dal livello di approfondimento delle indagini conoscitive.

Si dovrà prevedere l'impiego di metodi di analisi e di verifica dipendenti dalla completezza e dall'affidabilità dell'informazione disponibile e l'uso, nelle verifiche di sicurezza, di adeguati “fattori di confidenza” che modificano i parametri di



capacità in funzione del livello di conoscenza relativo a geometria, dettagli costruttivi e materiali.

5.5 Criteri di intervento

Il metodo di approccio della sicurezza antincendio non deve essere meramente accademico o unicamente normativo, ma deve perseguire la ricerca attiva di informazioni, la condivisione di obiettivi (sia con il titolare dell'attività che con i Vigili del Fuoco) e , successivamente, l'osservanza attiva e propositiva delle regole così individuate e concordate.

Lo studio e la conoscenza storica sono caratteristiche che contraddistinguono una progettazione raffinata da una troppo accademica. Inoltre dallo studio degli errori e dall'esperienza maturata si possono ricercare nuove forme di sicurezza e di cultura della stessa.

Oggi la ricerca della qualità deve andare di pari passo con la sicurezza intrinseca del prodotto che si confeziona, con l'obiettivo principale di offrire sicurezza ai fruitore della struttura. Nell'approccio allo studio della sicurezza antincendio e alla progettazione in generale, il professionista deve avere ben in mente le linee guida e le normative, ma deve anche relazionarsi al contesto, sia esso architettonico, che relativo alle esigenze e alle aspettative del gestore o titolare dell'attività. Fondamentale è il dialogo tra il professionista e i Vigili del Fuoco. Solo così si otterrà il miglior risultato per il raggiungimento degli obiettivi della sicurezza antincendio.

Conoscere le caratteristiche dei mezzi di protezione (attiva e passiva), la tipologia del progetto in termini architettonici e di dotazioni impiantistiche e tecnologiche (materiali di rivestimento, apparati luci, elementi scenici), costruire un dialogo efficace e proficuo con l'autorità di vigilanza, contribuisce a creare un progetto idoneo alla sicurezza delle persone e delle cose e non solo un "progetto approvato".

Un altro aspetto fondamentale, relativo al metodo di approccio, è la flessibilità nell'adattare situazioni ai diversi contesti, cercando di interpretare il progetto e non farsi condizionare dal contesto o dalla rigida lettura e interpretazione delle norme, che consente, a fronte di una pari se non maggiore sicurezza antincendio, un più adeguato e corretto impatto architettonico, che così contribuisce a far percepire il lavoro di sicurezza al fuoco come qualcosa di effettivamente utile.

Ancor prima della sicurezza antincendio, deve in ogni caso essere garantita la sicurezza statica degli edifici, che è un aspetto scontato, ma che è sempre meglio sottolineare, a maggior ragione se si ha a che fare con edifici risalenti a più di un secolo fa. La sicurezza statica degli edifici è garantita dalla capacità di tutti gli elementi della costruzione aventi funzione strutturale di sopportare le azioni che possono, per qualsiasi motivo, agire sulla costruzione.

5.6 Sicurezza statica

Per un'analisi più dettagliata delle problematiche nei teatri storici, si prendono alcuni casi significativi su cui sarà effettuata un'analisi secondo i seguenti punti:

1. Identificazione: storia del fabbricato, periodo di realizzazione, fattore di confidenza, stato di fatto, geometria, materiali impiegati
2. Verifica e valutazione dei rischi: resistenza meccanica e al fuoco
3. Intervento di adeguamento: riqualificazione e messa a norma

Per l'analisi sono stati scelti teatri risalenti tutti al periodo 1800-1910.

Vediamo in dettaglio alcuni aspetti dell'analisi di un edificio storico, prima di trattare i singoli casi di studio.



5.6.1 Fattore di confidenza

Prima di affrontare i calcoli analitici, bisogna stabilire il fattore di confidenza. Esso definisce, in base ai dati disponibili e alle indagini affrontate, la familiarità che si ha con l'edificio e abbatte di un fattore FC la resistenza alle sollecitazioni della sezione in esame, per poter avere un margine superiore di sicurezza.

Il fattore di confidenza dipende da:

- grado di definizione della geometria e dei dettagli costruttivi, ovvero se sono disponibili i disegni esecutivi originali oltre al rilievo eseguito in data recente;
- livello di conoscenza delle proprietà meccaniche dei materiali utilizzati
- definizione dei carichi permanenti

Nella circolare 617 del 2009, si specifica con maggior chiarezza quanto detto nell'ultimo punto; ovviamente, maggiore è il livello di conoscenza della costruzione, minore sarà il corrispondente fattore di confidenza. Si definisce resistenza ridotta con fattore di confidenza la formula:

$$f_d = \frac{f_m}{FC \cdot \gamma_m}$$

Dove FC è definito secondo i livelli di conoscenza dell'edificio:

| Livello di Conoscenza | Geometria (carpenterie) | Dettagli strutturali | Proprietà dei materiali | Metodi di analisi | FC |
|-----------------------|---|--|---|------------------------------------|------|
| LC1 | | Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e limitate verifiche in situ | Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e limitate prove in-situ | Analisi lineare statica o dinamica | 1,35 |
| LC2 | Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo | Disegni costruttivi incompleti con limitate verifiche in situ oppure estese verifiche in situ | Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con limitate prove in-situ oppure estese prove in-situ | Tutti | 1,20 |
| LC3 | | Disegni costruttivi completi con limitate verifiche in situ oppure esaustive verifiche in-situ | Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con estese prove in situ oppure esaustive prove in-situ | Tutti | 1,00 |

Per identificare in modo soddisfacente un edificio, dopo aver raccolto più informazioni storiche possibili, si procede con il rilievo geometrico. In prima analisi bisogna capire tutte le tecnologie impiegate per la realizzazione e approfondire il più possibile la conoscenza delle caratteristiche geometriche e fisiche di ogni elemento, nonché il suo comportamento in caso di incendio. Oltre agli studi diretti, si possono ricavare informazioni importanti se si risale alle normative applicate e ai materiali utilizzati all'epoca dell'edificazione. Avendo a disposizione pochi disegni dei dettagli originali, ed essendo le conoscenze degli edifici limitate ai rilievi fotografici, il livello di conoscenza verrà fissato a LC2.

5.6.2 Analisi dello stato di fatto

Per poter avere un'analisi completa dello stato di fatto e pianificare correttamente gli step successivi della progettazione, è necessaria un'indagine tecnologica completa di tutti gli elementi costruttivi, sia strutturali che architettonici. Oltre ad intervenire sull'edificio, bisogna anche avere una conoscenza completa dei materiali, per sapere la loro risposta ai carichi.

La prima indagine da effettuare sull'edificio è di tipo visivo, utile a inquadrare l'area dove è situato l'edificio lo stato di conservazione attuale. Bisogna tenere in considerazione che, quando si interviene su un edificio esistente da molti anni, esso riflette conoscenze tecniche acquisite al tempo della realizzazione e possono quindi essere presenti difetti di costruzione o stati dell'arte che al giorno d'oggi risultano inadatti o superati. Durante gli anni la struttura può essere andata incontro ad azioni, anche di tipo eccezionale, che hanno lasciato segni indelebili su di essa, anche se non sono palesemente manifesti. Oltre alle azioni, negli anni potrebbero essere state apportate modificazioni significative che non rispecchiano più la situazione originaria di progetto.



5.6.3 Definizione della geometria e dei dettagli costruttivi

I teatri in esame sono costruzioni di più di 100 anni fa di cui non è stato possibile reperire una documentazione completa. E' necessario eseguire un rilievo geometrico e fotografico per avere le misure e la collocazione degli elementi in esame.

5.6.4 Proprietà meccaniche dei materiali

Dopo avere acquisito i dati geometrici del fabbricato, è necessario conoscere le proprietà meccaniche dei materiali. Queste se non sono scritte su precedenti relazioni, o comunque non sono in alcun modo note, andranno ricavate. Nel nostro caso sono state eseguite delle indagini che hanno portato a rilevare le caratteristiche e la tecnologia con cui sono stati realizzate le strutture, le volte e gli altri elementi in esame. Successivamente sono state definite le caratteristiche fisiche degli elementi strutturali in legno e in acciaio, necessarie per le verifiche di progetto.

5.6.5 Verifica e Adeguamento

Note le caratteristiche meccaniche e le geometrie, si possono effettuare le verifiche strutturali e di resistenza al fuoco sulle strutture.

Le strutture verranno sottoposti a rilievo per apprendere le caratteristiche geometriche, poi verranno effettuate le verifiche statiche e di resistenza al fuoco. Nel caso in cui le verifiche non siano rispettate, si proporrà un intervento di recupero che sia il più possibile fedele all'architettura originaria.

Quando si interviene sulla struttura per adeguarla a livello statico, il fatto che resista anche all'incendio non è automatico, ma bisogna progettare delle soluzioni efficaci e mirate al singolo intervento. Le scelte progettuali vanno quindi orientate

pensando alla resistenza al fuoco fin dalle prime fasi della progettazione, e non bisogna lasciarla come elemento marginale destinato unicamente alle verifiche strutturali.

La seconda fase di analisi si svilupperà quindi in verifica, valutazione e compensazione, seguendo i seguenti punti:

1. Ispezione visiva dello stato di conservazione dell'elemento strutturale e rilievo geometrico
2. Verifica strutturale dell'elemento: resistenza meccanica e al fuoco
3. Proposta di riqualificazione statica
4. Proposta di riqualificazione e messa a norma per la protezione dal fuoco

Le combinazioni di calcolo utilizzate sono quelle dettate dall'articolo 2.5.3 del NTC2008, nello specifico:

1. Combinazione Fondamentale, SLU

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

2. Combinazione Frequente, SLE

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{12} \cdot Q_{k2} + \psi_{13} \cdot Q_{k3} + \dots$$

3. Combinazione Eccezionale

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Come coefficienti parziali di sicurezza sono stati assunti i valori più sfavorevoli per gli stati limite ultimi strutturali:

$$\gamma_{Gi} = 1,3 ; \quad \gamma_{Qj} = 1,5$$



Si riportano i valori di coefficienti, classe di durata del carico e classe di servizio in base al DM 2008.

| Categoria/Azione variabile | Ψ_{0j} | Ψ_{1j} | Ψ_{2j} |
|---|-------------|-------------|-------------|
| Categoria A Ambienti ad uso residenziale | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Categoria B Uffici | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Categoria D Ambienti ad uso commerciale | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale | 1,0 | 0,9 | 0,8 |
| Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN) | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN) | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Categoria H Coperture | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Vento | 0,6 | 0,2 | 0,0 |
| Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.) | 0,5 | 0,2 | 0,0 |
| Neve (a quota > 1000 m s.l.m.) | 0,7 | 0,5 | 0,2 |
| Variazioni termiche | 0,6 | 0,5 | 0,0 |

Figura 75 - Valori dei coefficienti di combinazione

| | | Coefficiente γ_F | EQU | A1 STR | A2 GEO |
|---|-------------|-------------------------|-----|--------|--------|
| Carichi permanenti | favorevoli | γ_{G1} | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
| | sfavorevoli | | 1,1 | 1,3 | 1,0 |
| Carichi permanenti non strutturali ⁽¹⁾ | favorevoli | γ_{G2} | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | sfavorevoli | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |
| Carichi variabili | favorevoli | γ_{Qi} | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | sfavorevoli | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |

⁽¹⁾Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Figura 76 - Coefficienti parziali per le azioni nelle verifiche SLU

| | |
|----------------------|---|
| Classe di servizio 1 | È caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20°C e un'umidità relativa dell'aria circostante che non superi il 65%, se non per poche settimane all'anno. |
| Classe di servizio 2 | È caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20°C e un'umidità relativa dell'aria circostante che superi l'85% solo per poche settimane all'anno. |
| Classe di servizio 3 | È caratterizzata da umidità più elevata di quella della classe di servizio 2. |

Figura 77 - Classi di servizio

LA SICUREZZA AL FUOCO NEI TEATRI STORICI
Adeguamento delle opere strutturali alla normativa antincendio

| Materiale | Riferimento | Classe di servizio | Classe di durata del carico | | | | | |
|--|------------------------|---------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|------------|------|
| | | | Permanente | Lunga | Media | Breve | Istantanea | |
| Legno massiccio Legno lamellare incollato | EN 14081-1 EN 14080 | 1 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 1,00 | |
| | | 2 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 1,00 | |
| | | 3 | 0,50 | 0,55 | 0,65 | 0,70 | 0,90 | |
| Compensato | EN 636 | Parti 1, 2, 3 | 1 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 1,00 |
| | | Parti 2, 3 | 2 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 1,00 |
| | | Parte 3 | 3 | 0,50 | 0,55 | 0,65 | 0,70 | 0,90 |
| Pannello di scaglie orientate (OSB) | EN 300 | OSB/2 | 1 | 0,30 | 0,45 | 0,65 | 0,85 | 1,00 |
| | | OSB/3 - OSB/4 | 1 | 0,40 | 0,50 | 0,70 | 0,90 | 1,00 |
| | | | 2 | 0,30 | 0,40 | 0,55 | 0,70 | 0,90 |
| Pannello di particelle (truciolare) | EN 312 | Parti 4, 5 | 1 | 0,30 | 0,45 | 0,65 | 0,85 | 1,00 |
| | | Parte 5 | 2 | 0,20 | 0,30 | 0,45 | 0,60 | 0,80 |
| | | Parti 6, 7 | 1 | 0,40 | 0,50 | 0,70 | 0,90 | 1,00 |
| | | Parte 7 | 2 | 0,30 | 0,40 | 0,55 | 0,70 | 0,90 |
| Pannello di fibre, alta densità | EN 622-2 | HB.LA, HB.HLA 1 o 2 | 1 | 0,30 | 0,45 | 0,65 | 0,85 | 1,00 |
| | | HB.HLA 1 o 2 | 2 | 0,20 | 0,30 | 0,45 | 0,60 | 0,80 |

Figura 78 - Valori di K_{mod} per legno e prodotti strutturali a base di legno

| Materiale | Riferimento | Classe di servizio | | | |
|--|-------------|--------------------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| Legno massiccio | EN 14081-1 | 0,60 | 0,80 | 2,00 | |
| Legno lamellare incollato | EN 14080 | 0,60 | 0,80 | 2,00 | |
| Compensato | EN 636 | Parte 1 | 0,80 | - | - |
| | | Parte 2 | 0,80 | 1,00 | - |
| | | Parte 3 | 0,80 | 1,00 | 2,50 |
| Pannelli di scaglie orientate (OSB) | EN 300 | OSB/2 | 2,25 | - | - |
| | | OSB/3 OSB/4 | 1,50 | 2,25 | - |
| Pannello di particelle (truciolare) | EN 312 | Parte 4 | 2,25 | - | - |
| | | Parte 5 | 2,25 | 3,00 | - |
| | | Parte 6 | 1,50 | - | - |
| | | Parte 7 | 1,50 | 2,25 | - |
| Pannelli di fibre, alta densità | EN 622-2 | HB.LA | 2,25 | - | - |
| | | HB.HLA1, HB.HLA2 | 2,25 | 3,00 | - |
| Pannelli di fibre, media densità (MDF) | EN 622-3 | MBH.LA1, MBH.LA2 | 3,00 | - | - |
| | | MBH.HLS1, MBH.HLS2 | 3,00 | 4,00 | - |
| | EN 622-5 | MDF.LA | 2,25 | - | - |
| | | MDF.HLS | 2,25 | 3,00 | - |

Figura 79 - Valori di K_{def} per legno e prodotti strutturali a base di legno

5.7 Sicurezza al fuoco

Per quanto riguarda la valutazione della resistenza al fuoco degli elementi strutturali in legno è stato applicato il metodo della sezione efficace secondo cui la capacità portante viene calcolata per la sezione efficace sotto l'ipotesi che le proprietà di resistenza e rigidezza non vengano ridotte dall'incendio. Invece, la perdita di resistenza e rigidezza viene compensata adottando una profondità di carbonizzazione maggiorata d_{eff} .

Pertanto si calcola la d_{eff} in modo da determinare la sezione efficace:

$$d_{eff} = d_{char} + k_0 \times d_0$$

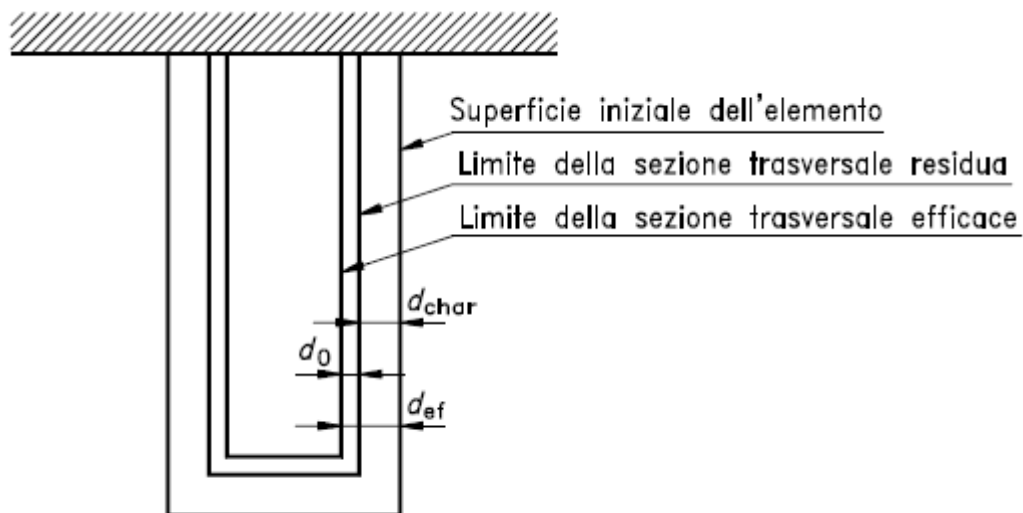


Figura 80 – Definizione della sezione trasversale residua e di quella efficace

Con:

- $d_0 = 7 \text{ mm}$;
- $d_{char} = \beta_0 \times t$ (t: tempo espresso in minuti; β_0 : velocità di carbonizzazione e vale 1,0 mm/min per il compensato e 0,9 mm/min per i pannelli a base di legno per massa volumica di 450 kg/mc e spessore di 20 mm, invece per il legname lamellare o massiccio consultare prospetto 3.1 eurocodice 5 1-2);

| | β_0 mm/min. |
|--|----------------------|
| a) Conifere | |
| Legno massiccio con una massa volumica caratteristica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$ ed una dimensione minima di 35 mm | 0,8 |
| Legno lamellare incollato con massa volumica caratteristica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$ | 0,7 |
| Pannelli di legno con massa volumica caratteristica di 450 kg/m^3 ed una dimensione di 20 mm | 0,9 |
| b) Latifoglie, legno massiccio o legno lamellare incollato con massa volumica caratteristica $\geq 450 \text{ kg/m}^3$ e quercia | 0,5 |
| c) Latifoglie, legno massiccio o legno lamellare incollato con massa volumica caratteristica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$ | 0,7 |

Figura 81 - Prospetto 3.1 eurocodice 5 parte 1-2

- $k_0 \leq 1,0$ secondo il prospetto 4.1

| | | |
|--|---|--|
| Superfici non protette | $t_{fi,req} < 20 \text{ min}$ | $k_0 = \frac{t_{fi,req}}{20}$ |
| | $t_{fi,req} \geq 20 \text{ min}$ | $k_0 = 1,0$ |
| Superfici protette da pannelli a base di legno | $t_{fi,req} - t_{pr} < 20 \text{ min}$ | $k_0 = \frac{t_{fi,req} - t_{pr}}{20}$ |
| | $t_{fi,req} - t_{pr} \geq 20 \text{ min}$ | $k_0 = 1,0$ |
| Superfici protette da pannelli di gesso (strato interno) | $t_{fi,req} - t_{pr} < 10 \text{ min}$ | $k_0 = \frac{t_{fi,req} - t_{pr}}{10}$ |
| | $t_{fi,req} - t_{pr} \geq 10 \text{ min}$ | $k_0 = 1,0$ |

Figura 82 - Prospetto 4.1 eurocodice 5 parte 1-2

con:

$t_{fi,req}$ è il tempo di resistenza al fuoco richiesto per l'esposizione all'incendio normalizzato

t_{pr} è il tempo di rottura del rivestimento protettivo usato



Per quanto riguarda la valutazione della resistenza al fuoco degli elementi strutturali in acciaio è stato applicato il modello di calcolo semplificato della UNI EN 1993-1-2, secondo l'Eurocodice 3. Questo metodo di verifica permette di effettuare una previsione di quanto tempo l'elemento strutturale in acciaio garantisca il requisito R, cioè la sua stabilità.

Il modello di calcolo semplificato per strutture in acciaio si articola nei seguenti punti:

- classificazione di duttilità della sezione:

$$\varepsilon = 0,85 [235 / f_y]^{0,5}$$

dove f_y è la resistenza di snervamento a 20 °C

- determinazione del fattore di adattamento:

$$K = k_1 * k_2$$

dove:

k_1 dipende dalla distribuzione di temperature non uniforme lungo la sezione trasversale

k_2 dipende dalla distribuzione di temperature non uniforme lungo la trave

- determinazione del fattore di utilizzo μ_0
- determinazione della temperatura critica θ_{cr} tramite nomogramma
- calcolo del fattore di sezione non protetta A_m/V
- determinazione del tempo di resistenza al fuoco tramite nomogramma

LA SICUREZZA AL FUOCO NEI TEATRI STORICI
Adeguamento delle opere strutturali alla normativa antincendio

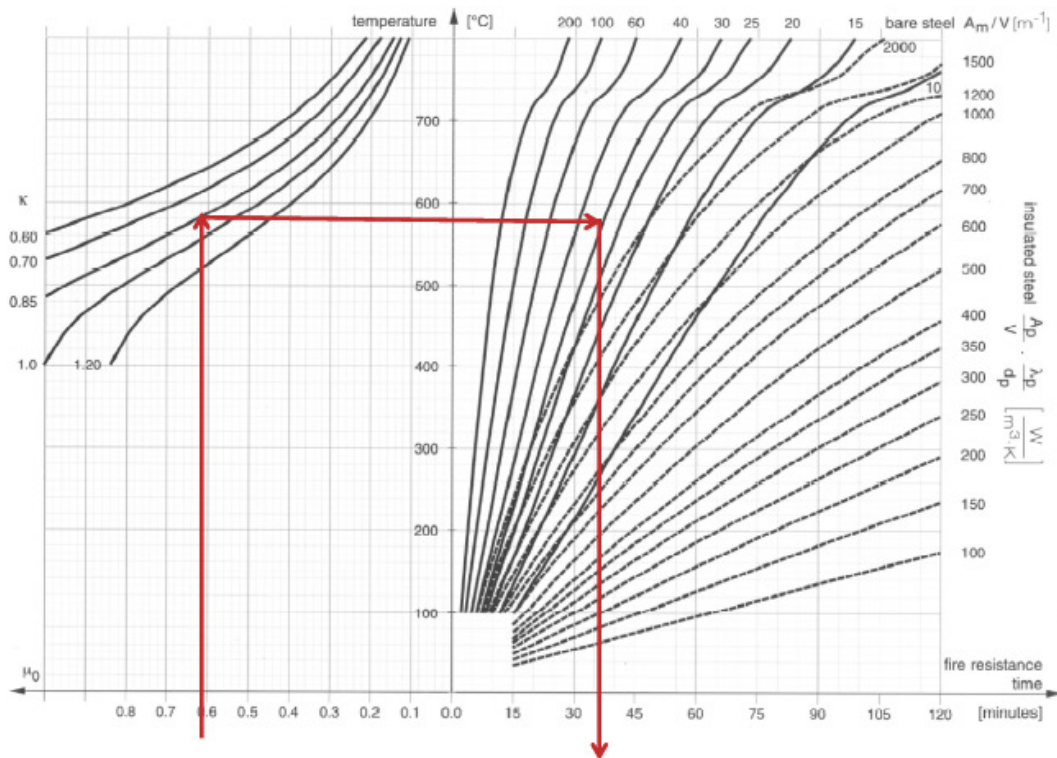


Figura 83 - Nomogramma

Nel caso in cui il tempo di resistenza al fuoco risultante non sia sufficiente a soddisfare le richieste della normativa, questo metodo permette di effettuare un predimensionamento delle possibili soluzioni applicative per ottenere il requisito R per un determinato periodo di tempo.



6. RICHIESTE PRESTAZIONALI PER LA SICUREZZA ANTINCENDIO NEI TEATRI

Facendo una sintesi dai casi presi in esame, si possono individuare quelle che sono le problematiche ricorrenti in strutture come i teatri, a maggior ragione se questi sono edifici di cui bisogna salvaguardare il valore storico-artistico.

Le problematiche tipiche riscontrate sono:

Vie di esodo

Posti a sedere

Evacuazione fumi e calore

Compartimentazione

Impianti di estinzione

Palcoscenico

Resistenza al fuoco delle strutture

Si analizzano di seguito, più nel dettaglio, le problematiche sopra citate.

Successivamente, all'interno dei casi di studio, non verranno trattate tutte le problematiche sopra citate, ma ci si soffermerà in particolare sulla problematica della resistenza al fuoco delle strutture, che rappresenta un aspetto fondamentale ai fini della sicurezza antincendio nei teatri.

6.1 Vie di esodo

6.1.1 Regola tecnica

Riguardo al sistema di vie di uscita la norma prevede che:

“Ogni locale deve essere provvisto di un sistema organizzato di vie di uscita dimensionato in base al massimo affollamento previsto ed alle capacità di deflusso sopra stabilite, che, attraverso percorsi indipendenti, adduca in luogo sicuro all'esterno.”

I percorsi del sistema di vie di uscita comprendono corridoi, vani di accesso alle scale e di uscita all'esterno, scale, rampe e passaggi in genere.

Riguardo alle uscite di emergenza:

Il numero delle uscite, che dal locale adducono in luogo sicuro all'esterno, deve essere non inferiore a tre. Dette uscite vanno ubicate in posizioni ragionevolmente contrapposte.

Per i locali di capienza non superiore a 150 persone possono essere previste due sole uscite.

Le uscite devono essere dotate di porte apribili nel verso dell'esodo con un sistema a semplice spinta.”

Riguardo alla lunghezza delle vie di uscita la norma prevede che:

“Per i locali al chiuso, la lunghezza massima del percorso di uscita, misurata a partire dall'interno della sala, fino a luogo sicuro, o scala di sicurezza esterna rispondente ai requisiti di cui al punto 4.6.4, non deve essere superiore a 50 m, oppure 70 m se in presenza di efficaci impianti di smaltimento dei fumi asserviti ad impianti di rivelazione automatica degli incendi.”

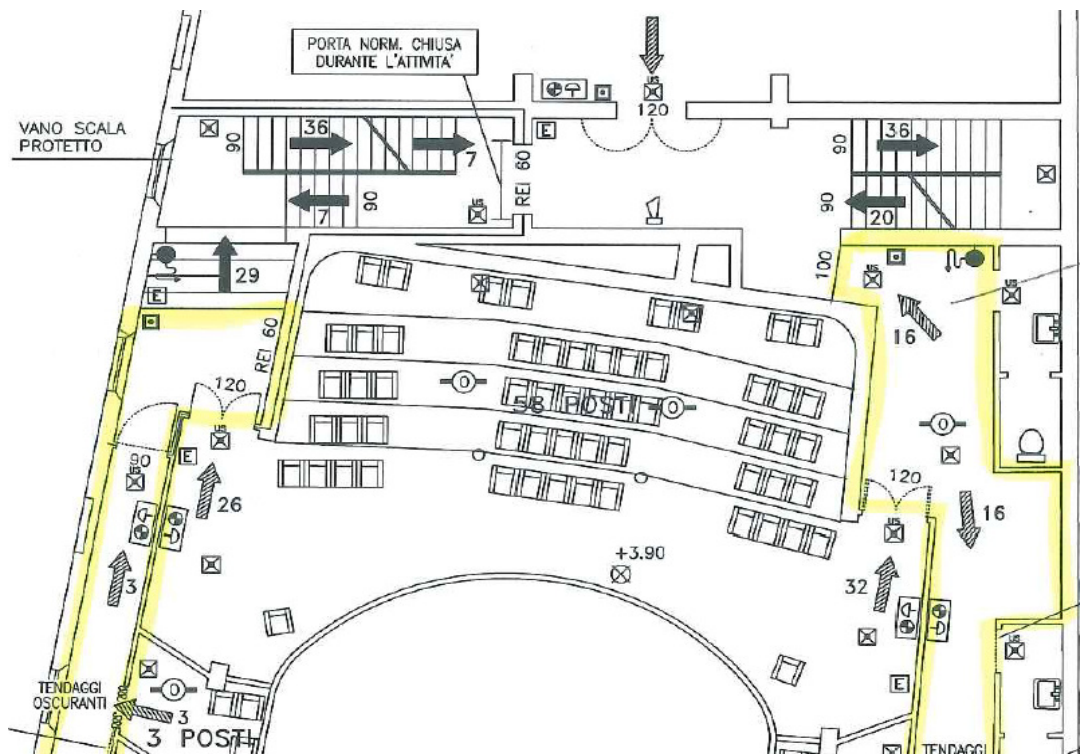


Figura 84 - Indicazione vie di esodo del Teatro "De Micheli" di Copparo (FE)

6.1.2 Applicabilità della regola tecnica e criteri di intervento

Quelle dettate dalla normativa, sono prescrizioni impegnative, specialmente laddove gli spazi sono obbligati e ciò si presenta comunemente in edifici storici. Infatti la creazione di diverse vie di esodo non è sempre possibile e spesso si deve giocoforza limitare il numero dei locali o ridurne la capienza.

Una possibilità viene fornita dalla divisione fisica all'interno della stessa via di esodo, creando, dove possibile, una separazione reale, ad esempio con l'apposizione di un vetro, consentendo quindi la movimentazione indipendente dei flussi e mantenendo inalterata la struttura della scala.

Un'altra possibilità, laddove gli spazi sono ridotti e le scale da realizzare ex novo magari all'esterno, consiste nel creare flussi alternati.

Per quanto riguarda la lunghezza delle vie di uscita non devono quindi essere superiori a 50 m. Si possono però avere lunghezze di esodo fino a 70 m., se in presenza di efficaci impianti di smaltimento dei fumi asserviti ad impianti di rivelazione automatica degli incendi.

6.2 Posti a sedere

Un ruolo fondamentale appartiene alla distribuzione e sistemazione dei posti nella sala, nel momento in cui questi semplifichino e facilitino l'esodo. Inoltre questi non devono costituire l'elemento primario di propagazione dell'incendio (materiali di rivestimento e di imbottitura) e per questo devono appartenere ad un'adeguata classe di reazione al fuoco.

Per classe di reazione al fuoco si intende *“il grado di partecipazione di un materiale combustibile al fuoco al quale è sottoposto. In relazione a ciò i materiali sono assegnati alle euroclassi A1, A2, B, C, D, E (ex 0, 1, 2, 3, 4, 5) con l'aumentare della loro partecipazione alla combustione; quelli di classe 0 sono non combustibili, come l'acciaio ed il calcestruzzo. Il legno ed i prodotti a base di legno hanno reazione al fuoco 3 o 4”* (UNI EN 13501-1).

Il grado di reazione al fuoco è una proprietà del materiale che dipende dalla sua stessa natura e dal trattamento superficiale.

I parametri principali da cui dipende sono:

- infiammabilità: intesa come capacità di un materiale di entrare e permanere in stato di combustione, con emissione di fiamme e/o durante l'esposizione ad una sorgente di calore
- velocità di propagazione delle fiamme: intesa come la velocità con la quale il fronte di fiamma si propaga in un materiale
- gocciolamento: inteso come la capacità di un materiale di emettere gocce di materiale fuso dopo e/o durante l'esposizione a una sorgente di calore



- post-incandescenza: presenza di zone incandescenti dopo lo spegnimento della fiamma (es. bruce) che potrebbero innescare nuovamente il fuoco
- sviluppo di calore nell'unità di tempo: inteso come la quantità di calore emessa nell'unità di tempo da un materiale in stato di combustione
- produzione di fumo: intesa come la capacità di un materiale di emettere un insieme visibile di particelle solide e/o liquide in sospensione nell'aria risultanti da una combustione incompleta in condizioni definite
- produzione di sostanze nocive: intesa come capacità di un materiale di emettere gas e/o vapori in condizioni definite di combustione

La norma europea UNI EN 13501-1 regola la classificazione di reazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione. Anche in presenza di una classificazione europea, in Italia è necessaria tuttora l'omologazione nazionale, tranne per prodotti per i quali esiste una norma di prodotto europea, quindi con l'obbligo di marcatura CE. In questo caso i materiali vengono classificati secondo le Euroclassi A1, A2, B, ..., F. I materiali classificati A1 e A2 sono incombustibili e quelli certificati da B a F bruciano in ordine crescente. Una comparazione tra le classi italiane e europee non è possibile, dato che i metodi e i criteri di valutazione sono completamente diversi. Il D.M. 15 marzo 2005 introduce però una tabella che compara le classi italiane con quelle europee, al fine di poter applicare le leggi che richiedono una determinata reazione al fuoco. Inoltre la classificazione europea prevede anche la classificazione dei fumi e del gocciolamento.

I metodi di prova per la valutazione della reazione al fuoco dei materiali sono diversi e complessi, vengono contraddistinti da delle sigle.

6.2.1 Regola tecnica

Per quanto riguarda la distribuzione e la sistemazione dei posti a sedere la norma prevede numerose prescrizioni. Si riportano a titolo di esempio alcune di queste:

“I settori devono essere separati l’uno dall’altro mediante passaggi longitudinali e trasversali di larghezza non inferiore a 1,2 m.

Tra i posti a sedere e le pareti della sala deve essere lasciato un passaggio di larghezza non inferiore a 1,2 m.”

Per quanto riguarda la classe di reazione al fuoco dei materiali di rivestimento e imbottitura, la norma prevede che:

“le poltrone ed i mobili imbottiti devono essere di classe 1 IM;

i sedili non imbottiti costituiti da materiali combustibili devono essere di classe non superiore a 2.”

6.2.2 Applicabilità della regola tecnica e criteri di intervento

La normativa prevede che tutti i materiali di arredo presenti nei locali di pubblico spettacolo, siano omologati classe 0 per gli elementi presenti nelle vie di fuga, e al limite classe 1 e 1 IM per tutti gli altri arredi. Per quanto riguarda quindi le poltrone e i tendaggi, non vi sono dubbi o incertezze, questi infatti vanno sostituiti in blocco con nuovi elementi di materiali resistenti al fuoco.



Figura 85 - Nuove poltroncine del Teatro “La Fenice” a Venezia



6.3 Evacuazione di fumi e calore

6.3.1 Regola tecnica

Altro problema fondamentale è l'evacuazione di fumo e calore.

La norma richiede che:

“La scena deve essere dotata di un efficace sistema di evacuazione fumi e calore, realizzato a regola d’arte”.

I dispositivi di comando manuale del sistema devono essere ubicati in posizione segnalata e protetta in caso di incendio.

I vani scala devono essere provvisti superiormente di aperture di aerazione con superficie non inferiore a 1 m², con sistema di apertura degli infissi comandato automaticamente da rivelatori di incendio o manualmente in prossimità dell'entrata alle scale, in posizione segnalata.”

6.3.2 Applicabilità della regola tecnica e criteri di intervento

Secondo la norma bisogna quindi prevedere un efficace sistema di evacuazione fumo e calore.

Locali privi di fumo infatti, evitano il disorientamento e semplificano ed accelerano l'esodo. I fumi oltre ad essere tossici, sono infatti la causa della maggioranza dei decessi; ne è un esempio l'incendio del Cinema Statuto di Torino, dove tutti i decessi sono stati causati dall'inalazione dei fumi.

Con l'allontanamento dei fumi infatti si rimuove circa il 65% della potenza termica in gioco, pertanto anche la parte strutturale ne trae vantaggio.

Una possibile soluzione che tenga conto della necessità di questa prescrizione, ma anche della necessità di conservazione del patrimonio artistico esistente, potrebbe essere l'utilizzo dei lucernari presenti nelle scale già esistenti. Queste

infatti, nella maggior parte dei casi, hanno dei lucernari alla sommità da cui dovevano scendere i lampadari alimentati a gas acetilene. Queste aperture oggi possono essere utilizzate per posizionare evacuatori di fumo e calore o impianti di aspirazione forzata, senza togliere nulla all'antica struttura.

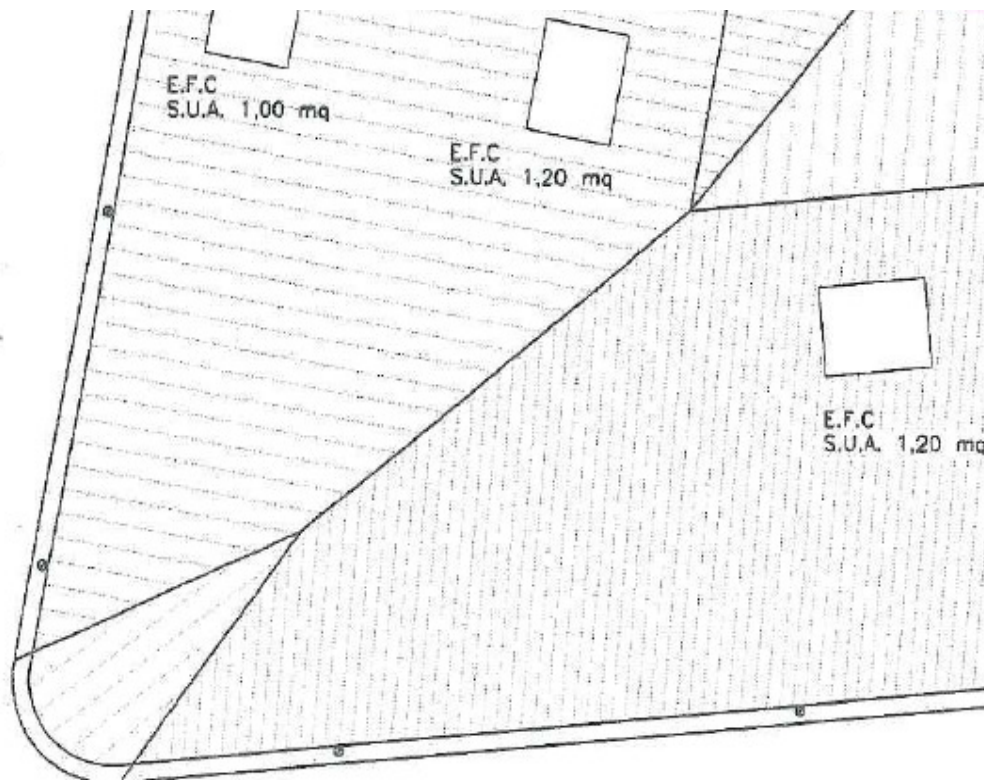


Figura 86 - E.F.C. presenti sulla copertura del Teatro "De Micheli" di Copparo (FE)

6.4 Compartimentazione

Una delle più importanti misure per ridurre la propagazione dell'incendio è rappresentata dalla compartimentazione degli edifici.

Questa permette di confinare un eventuale incendio in una determinata zona, evitando o ritardando un incendio generalizzato.

Il concetto principale della compartimentazione è quello del frazionamento del rischio: è evidente che parti più piccole (e quindi frazionamenti maggiori)



aumentano il grado di sicurezza rispetto ad altri più grandi, anche se protetti da impianti automatici di rivelazione e spegnimento.

Il compartimento, definito come *“parte di edificio delimitata da elementi costruttivi di resistenza al fuoco predeterminata e organizzato per rispondere alle esigenze della prevenzione incendi”* (D.M. 30 Novembre 1983), ha quindi lo scopo di impedire ,almeno per un determinato tempo, la propagazione di un incendio e quindi i suoi effetti (fumo, fiamme, calore, ecc.) al resto dell’edificio.

La compartimentazione si distingue in:

- verticale (muri tagliafuoco, porte antincendio)
- orizzontale (solai antincendio)

6.4.1 Regola tecnica

La normativa prevede l’utilizzo di porte tagliafuoco:

“Le comunicazioni tra la scena e i corridoi di disimpegno devono essere munite di porte resistenti al fuoco almeno REI 60, dotate di dispositivo di auto chiusura.”

6.4.2 Applicabilità della regola tecnica e criteri di intervento

Questi prodotti inerenti la progettazione antincendio hanno però una ridotta validità estetica, che andrebbe a contrastare con l’aspetto artistico del teatro.

Questo scoglio può essere superato utilizzando prodotti innovativi. Infatti, esistono oggi in commercio porte REI con pannellature esteticamente molto apprezzabili, addirittura trasparenti, che consentono un uso degli spazi gestionalmente valido e forniscono un contributo importante alla sicurezza. È possibile inoltre, previo test e successiva certificazione, far pannellare le porte tagliafuoco con lo stesso materiale (dopo la verifica della classe di reazione al

fuoco del rivestimento) della sala, consentendo così una continuità visiva generale.



Figura 87 - Porta REI dotata di dispositivo di autochiusura

6.5 Impianti di estinzione incendi

6.5.1 Regola tecnica

L'uso degli impianti sprinkler può, dove correttamente posato, limitare i danni dell'incendio grazie alla sua indubbia efficacia.

La norma prescrive che:

".. deve essere installato un impianto di spegnimento automatico a pioggia (impianto sprinkler) a protezione degli ambienti con carico d'incendio superiore a 50 kg/m² di legna standard."



In locali con capienza inferiore a 600 persone, è anche consentito l'uso dei Naspi, cioè idranti antincendio UNI 25, nella seguente modalità:

“Il numero e la posizione dei naspi devono essere prescelti in modo da consentire il raggiungimento, con il getto, di ogni punto dell'area protetta.”

In locali con capienza superiore a 600 persone invece, devono essere installati impianti idrici antincendio con idranti DN 45, nella seguente modalità:

“Gli impianti devono essere costituiti da una rete di tubazioni preferibilmente ad anello, con montanti disposti nelle gabbie delle scale o comunque in posizione protetta; dai montanti devono essere derivati gli idranti DN 46.”

Tutti i locali devono essere dotati di un adeguato numero di estintori portatili:

“Gli estintori devono essere distribuiti in modo uniforme nell'area da proteggere, è comunque necessario che almeno alcuni si trovino:

- in prossimità degli accessi;*
- in vicinanza di aree di maggior pericolo.*

Gli estintori devono essere ubicati in posizione facilmente accessibile e visibile; appositi cartelli segnalatori devono facilitarne l'individuazione, anche a distanza. Gli estintori portatili devono essere installati in ragione di uno ogni 200 m² di pavimento, o frazione, con un minimo di due estintori per piano.”

6.5.2 Applicabilità della regola tecnica e criteri di intervento

Si deve prestare molta attenzione al posizionamento degli sprinkler, poiché bisogna essere certi che il suo funzionamento sia efficace. Tipico è il caso dell'impianto a soffitto, dove si deve tenere conto degli impianti di scena o della scenografia, così come se sono presenti dei pannelli fonoassorbenti che interrompendone il flusso potrebbero vanificarne l'effetto.

Per quanto riguarda i Naspi (per locali con capienza inferiore a 600 persone), sono strumenti particolarmente agili e semplici da usare e in certi casi quindi risultano più efficaci di altri e più potenti mezzi di estinzione.

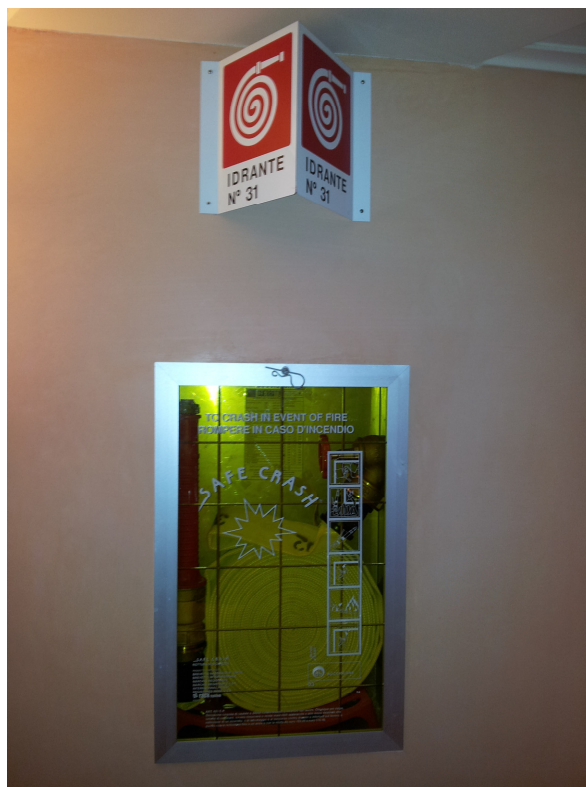


Figura 88 - Posizionamento di un idrante del Teatro “La Fenice” a Venezia

L'utilizzo dei Naspi però non è consentito nei locali con capienza superiore a 600 persone. Questo limite si può in parte superare dotando il teatro di idranti DN 45, in accordo alla norma, ma anche di attacchi per Naspi, come misura integrativa.

L'applicazione della norma è comunque, nella maggior parte dei casi, di difficile attuazione poiché l'inserimento di questi impianti risulta particolarmente difficile in contesti storici dove la Soprintendenza giustamente tende a preservarne l'originalità.

Una buona soluzione può essere quella di nascondere completamente l'impiantistica di rivelazione degli incendi e quella di spegnimento, attraverso controsoffitti ed elementi a scomparsa, anche se in questo modo non sempre è possibile rispettare il parere della Soprintendenza dei beni culturali ed ambientali.



6.6 Palcoscenico

6.6.1 Regola tecnica

Si riportano di seguito le principali prescrizioni normative riguardo al palcoscenico.

Per quanto riguarda le caratteristiche della separazione tra scena e sala:

“Nei teatri con scena di tipo separato, la parte di edificio contenente la scena deve essere separata dai locali di servizio annessi e dalla sala tramite strutture resistenti al fuoco almeno REI 90.

L'unica apertura ammessa nella struttura di separazione con la sala è il boccascena.

La separazione rispetto alla sala, con le caratteristiche sopra riportate, deve essere prevista qualora il teatro abbia capienza superiore a 1000 spettatori o il palcoscenico abbia superficie superiore a 150 m²; la scena deve essere in ogni caso separata dai locali attigui di servizio con strutture almeno REI 90.”

Riguardo l'altezza della scena:

“Al fine di impedire che i prodotti della combustione di un eventuale incendio, sviluppatosi nell'area della scena, possano invadere la sala, la copertura della scena deve essere sopraelevata, rispetto al punto più alto della copertura della sala.

In ogni caso la copertura della scena, avente superficie di palcoscenico superiore a 150 m², deve essere sopraelevata, rispetto al punto più alto della copertura della sala, di almeno 2 m.

In presenza di scene, con superficie di palcoscenico inferiore a 150 m², è consentito che la copertura della scena sia allo stesso livello della copertura della sala purché a soffitto, tra palcoscenico ed area riservata al pubblico, sia installato un setto di altezza non inferiore a 1,5 m, incombustibile e con caratteristiche di resistenza al fuoco almeno REI 30.”

Riguardo il sipario tagliafuoco di sicurezza:

“Il sipario di sicurezza deve costituire una separazione, incombustibile, resistente al fuoco REI 60, tra la sala e il palcoscenico.”

Riguardo i mezzi ed impianti di estinzione degli incendi:

“Le scene con palcoscenico di superficie superiore a 150 m², oltre alle attrezzature mobili e fisse di estinzione previste al titolo XV, devono essere protette con impianto di spegnimento automatico a pioggia (impianto sprinkler).”

Riguardo i sistemi di evacuazione fumi:

“Nell'impossibilità di realizzare un efficace sistema di evacuazione fumi, si deve proteggere il palcoscenico, ed i camerini, se ubicati all'interno del tendone, con un impianto di spegnimento ad acqua frazionata a comando manuale.”



Figura 89 - Palcoscenico del Teatro “Stabile” di Napoli



6.6.2 Applicabilità della regola tecnica e criteri di intervento

Il palcoscenico è uno spazio particolare dove, per la realizzazione di uno spettacolo, si creano spesso situazioni di potenziale pericolo dovute ad esigenze artistiche e di regia, che espongono tutto il personale tecnico e artistico (e di conseguenza il pubblico) ad un rischio.

Per questo motivo sul palcoscenico spesso si “deroga”, inevitabilmente, alla normativa sulla sicurezza sui luoghi di lavoro (poiché tuttora oggi non esiste una normativa specifica per i palcoscenici dei teatri italiani).

Tuttavia non si può derogare (se non per particolari esigenze e a fronte di accorgimenti aggiuntivi) alle norme di sicurezza antincendio.

Il palco, essendo un luogo di lavoro, dovrebbe essere dotato di un’adeguata illuminazione. È pertanto il luogo a maggior rischio d’incendio dopo i depositi.

E’ qui infatti che si devono concentrare, laddove possibile, gran parte degli accorgimenti per la sicurezza antincendio, come gli SNEFC (sistemi naturali di evacuazione di fumi e calore), i sipari antincendio (fire safety curtain), gli sprinkler e i sistemi a pioggia in generale, i rilevatori di fumo e calore ecc.

6.7 Resistenza al fuoco delle strutture

In edifici di interesse storico, la resistenza al fuoco delle strutture è un aspetto problematico e tipico.

Per resistenza al fuoco si intende *“la capacità portante in caso di incendio, per una struttura, per una parte di struttura o per un elemento strutturale nonché la capacità di compartimentazione rispetto all’incendio per gli elementi di separazione sia strutturali, come muri e solai, che non strutturali, come porte e tramezzi”* (D.M.Int. 09/03/2007):

- R stabilità: attitudine di un elemento da costruzione a conservare la resistenza meccanica sotto l'azione del fuoco;
- E tenuta: attitudine di un elemento da costruzione a non lasciar passare né produrre – se sottoposto all'azione del fuoco su un lato - fiamme, vapori o gas caldi sul lato non esposto;
- I isolamento termico: attitudine di un elemento da costruzione a ridurre, entro un dato limite, la trasmissione del calore.

Pertanto:

- con il simbolo "REI" si identifica un elemento costruttivo che deve conservare, per un tempo determinato, la stabilità, la tenuta e l'isolamento termico;
- con il simbolo "RE" si identifica un elemento costruttivo che deve conservare, per un tempo determinato, la stabilità e la tenuta;
- con il simbolo "R" si identifica un elemento costruttivo che deve conservare, per un tempo determinato, la stabilità.

Alle strutture a sviluppo lineare (travi e pilastri) generalmente è richiesto il solo requisito R; alle strutture a sviluppo superficiale (solai e pareti), quando queste delimitano un compartimento, sono richiesti anche i requisiti E ed I.

La resistenza al fuoco è una proprietà della struttura e non del materiale che la compone; dipende dalla geometria, dai carichi agenti e dalle condizioni di esposizione, pertanto è una caratteristica che va valutata caso per caso con opportuni procedimenti di seguito esposti.

In relazione ai requisiti dimostrati gli elementi strutturali vengono classificati da un numero che esprime i minuti primi, tempo in cui la resistenza al fuoco deve essere garantita; le classi di resistenza dei materiali costruttivi sono quindi: 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240, 360.



Per la classificazione degli elementi non portanti il criterio “R” è automaticamente soddisfatto qualora siano soddisfatti i criteri “E” ed “I”.

È con la Circolare n°91 del 1961 che si è resa obbligatoria la determinazione della resistenza al fuoco in base alle classi degli edifici, ma essa valeva solo per fabbricati e strutture in acciaio destinati a uso civile. Tuttavia, con l’introduzione del D.M. del 6 Luglio 1983 relativo alle “Norme sul comportamento al fuoco delle strutture e dei materiali da impiegarsi nella costruzione di teatri, cinematografi ed altri locali di pubblico spettacolo in genere”, la validità dei concetti espressi nella Circolare 91 viene notevolmente ampliata. Di fatto le disposizioni della 91, essendo le uniche in proposito, sono applicate a quasi tutti i tipi di edifici.

6.7.1 Regola tecnica

La norma prevede tre categorie di resistenza, a seconda dell’altezza del fabbricato:

Le strutture portanti e quelle separanti dei locali inseriti in edifici pluripiano devono comunque possedere caratteristiche di resistenza al fuoco, rispettivamente R e REI, non inferiori ai seguenti valori:

| <i>ALTEZZA ANTINCENDIO DELL’EDIFICIO</i> | <i>R</i> | <i>REI</i> |
|--|------------|------------|
| <i>fino a 12 m</i> | <i>60</i> | <i>60</i> |
| <i>Superiore a 12 m e fino a 24 m</i> | <i>90</i> | <i>90</i> |
| <i>Superiore a 24 m</i> | <i>120</i> | <i>90</i> |

6.7.2 Applicabilità della norma e criteri di intervento

Queste prescrizioni possono essere derogate qualora si dimostri, attraverso calcoli tipici dell'ingegneria antincendio (Fire Safety Engineering), che le strutture, nonostante non soddisfino i requisiti della norma, possono consentire il mantenimento delle caratteristiche per un tempo sufficiente all'evacuazione sia degli occupanti sia delle squadre di soccorso.

I fattori che si utilizzano per questo tipo di approccio sono ad esempio la velocità delle persone, il numero e la larghezza delle vie di esodo, l'evacuazione di fumo e calore, la posizione delle strutture rispetto al fronte di fuoco, gli impianti di spegnimento adottati ecc.

Se invece non si vuole far ricorso all'approccio dell'FSE, bisogna cercare altre vie affinché le strutture rispondano ai requisiti richiesti.

La soluzione più semplice che viene in mente in un primo momento è quella di fare in modo che le strutture lignee vengano ignifugate con particolari vernici intumescenti, che fanno in modo di aumentare la resistenza al fuoco delle stesse. Il procedimento purtroppo è molto lungo e costoso, e non sempre le Sovrintendenze hanno i fondi necessari per realizzarlo.

Un'altra soluzione può essere quella di aumentare la sezione degli elementi lignei, in particolare quelli di copertura, poiché nella maggior parte dei casi, trattandosi di edifici storici, le dimensioni risultano insufficienti a garantire la resistenza al fuoco per un determinato tempo.

7. CASI DI STUDIO: ANALISI E CONFRONTO

Attraverso l'analisi dei rischi e della resistenza al fuoco nei teatri all'italiana, sono state riscontrate problematiche ricorrenti che riguardano le diverse zone del teatro.

Come già espresso nei capitoli precedenti, è possibile suddividere il teatro in due parti, ognuna caratterizzata da specifici elementi e caratteristiche costruttive:

1. L'edificio, ovvero la struttura costituita da una muratura perimetrale come involucro e da una capriata in legno come copertura.
2. Il Teatro, cioè l'insieme dei sistemi che danno origine ai "luoghi" interni, quindi il graticcio, necessario per gli allestimenti e la movimentazione delle scene e la volta in camorcanna (plafone), elemento di decorazione e chiusura superiore della sala.

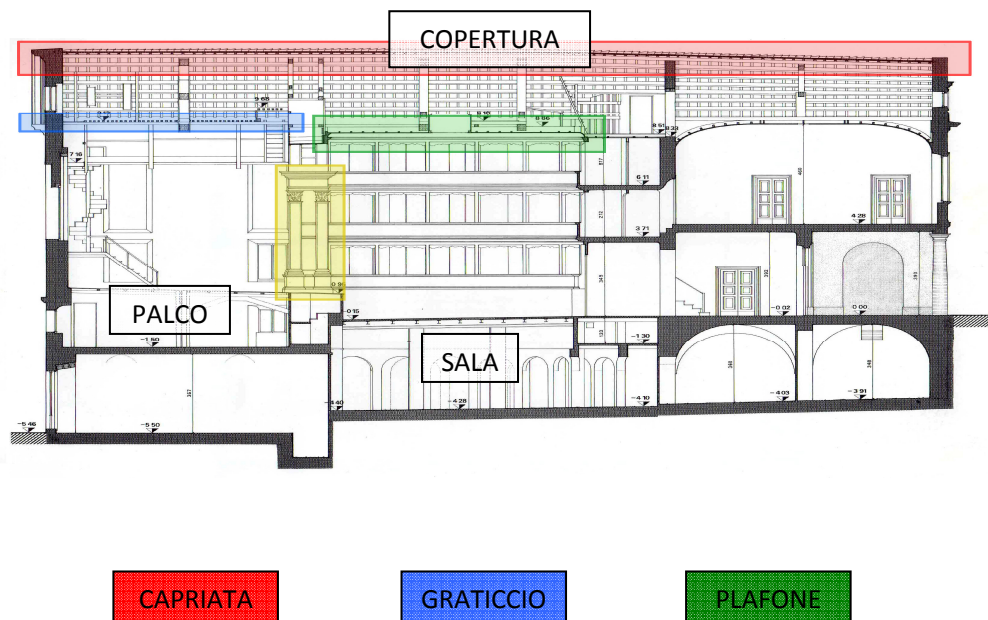


Figura 90 - I "luoghi" del teatro all'Italiana soggetti a problematiche ricorrenti

Per uno studio più dettagliato si prendono sei teatri all'italiana risalenti al periodo 1800-1910 in cui sono stati ben evidenziate le seguenti problematiche di comportamento al fuoco:

- Resistenza meccanica e al fuoco della capriata in legno e del suo sistema di ancoraggi e giunzioni: Teatro "De Micheli" di Copparo, Teatro "Ebe Stignani" di Imola.
- Resistenza meccanica e al fuoco del graticcio in legno e in acciaio: Teatro Municipale di Casale Monferrato, Teatro "De Micheli" di Copparo.
- Usura e resistenza al fuoco della volta in camorcanna: Teatro "dei Filarmonici" di Ascoli Piceno.

Per le problematiche rilevate, e i relativi teatri, sarà effettuata un'analisi secondo i seguenti punti:

1. Identificazione: stato di fatto, geometria, materiali impiegati
2. Verifica e valutazione dei rischi: resistenza meccanica e al fuoco
3. Intervento di adeguamento: riqualificazione e messa a norma



8. IL GRATICCIO

Il piano graticciato, o graticcio, è un elemento molto importante per la movimentazione delle scene e delle luci sul palcoscenico. Il primo problema con cui ci si scontra è definire il graticcio in modo da poter fare riferimento a una normativa per la sua sicurezza al fuoco.

Il graticcio è una struttura soggetta a carichi con funzione di macchina scenica che può essere considerata come parte del sistema strutturale dell'edificio oppure come struttura indipendente, poggiante sul sistema strutturale dell'edificio.

Si decide di considerare il sistema graticcio come una struttura indipendente la cui funzione primaria è quella di sopportare i carichi appesi. La solidità è una caratteristica primaria che deve presentare il graticcio in quanto soggetto a sollecitazioni che raggiungono intensità anche davvero notevoli.

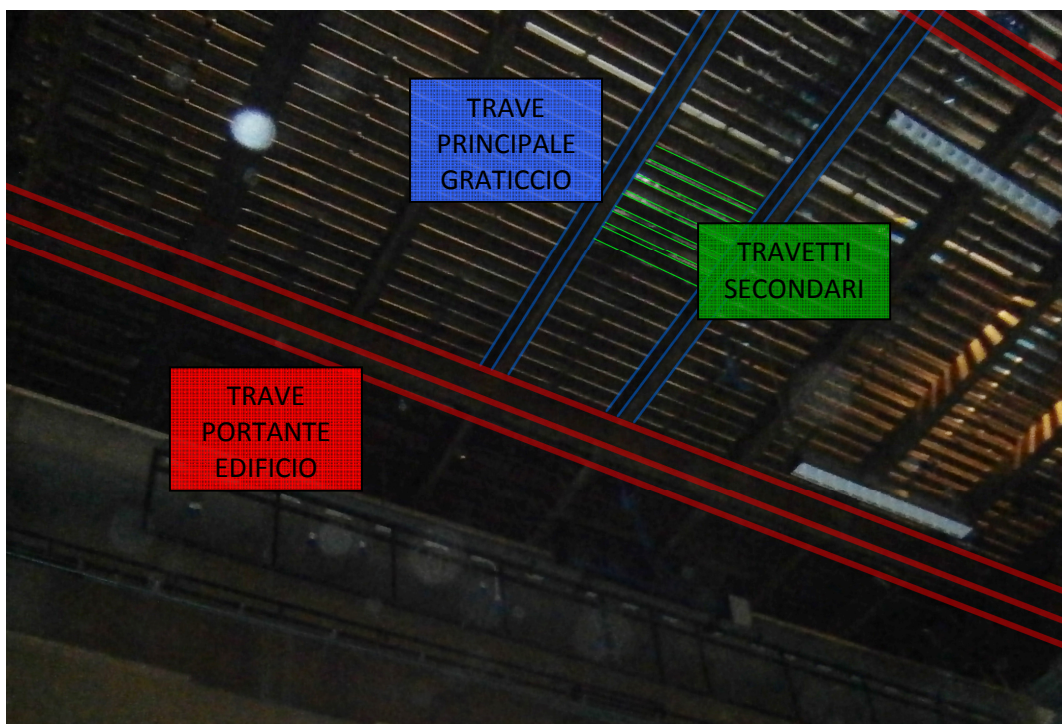


Figura 91 - graticcio in legno del teatro Municipale di Casale visto dal palco

La normativa vigente richiede per le strutture la resistenza meccanica per il tempo necessario a evacuare il teatro. Non è però specificata la richiesta prestazionale

per le strutture indipendenti dal sistema portante dell'edificio, come nel caso del graticcio. Si decide quindi di intervenire con metodi di protezione passiva quali vernice ignifuga in modo da garantire la reazione al fuoco dei travetti secondari del graticcio e vernici o intonaci intumescenti per garantire la resistenza al fuoco delle travi principali del sistema graticcio.

Bisogna però tenere conto del reale utilizzo del graticcio, ovvero di non semplice struttura piana calpestabile, ma di macchina scenica adibita all'organizzazione delle manovre e movimentazioni necessarie per gli effetti scenici.

Questo piano è infatti strutturato in modo da permettere il posizionamento e fissaggio delle funi di sospensione delle scene e delle attrezzature tecniche sospese sul palcoscenico. Deve quindi consentire il posizionamento delle pulegge singole o in gruppi per lo scorrimento delle funi metalliche, dei rocchetti per le funi di canapa (o acciaio), dei motori elettrici e delle apparecchiature di volta in volta necessarie per l'allestimento degli effetti scenici.

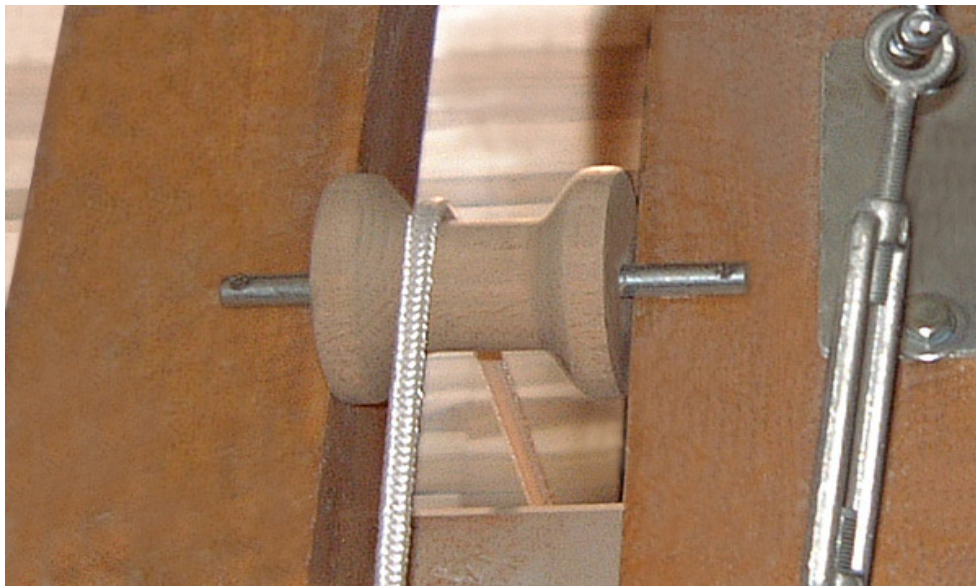


Figura 92 - Particolare del ronchetto in legno incastrato su doghe in legno

E' chiaro che tutte queste continue operazioni di posizionamento pulegge per lo scorrimento delle funi potrebbero portare a un'eccessiva sollecitazione e usura dello strato protettivo, rendendo in parte inutile ogni applicazione di vernici o



intonaci antincendio sui travetti secondari. Si decide quindi di intervenire sulle sole travi principali del graticcio per garantire la resistenza al fuoco, essendo queste più sollecitate ma non soggette a movimentazione di pulegge e quindi usura.

Si ricorda che il legno costituente graticci di teatri risalenti a molti anni fa, se non al secolo precedente, potrebbe aver subito fenomeni di usura dovuti appunto al tempo, perdendo così le iniziali caratteristiche meccaniche. Bisogna quindi valutare l'eventuale sostituzione del piano graticcio o un trattamento di consolidamento. La sua costruzione deve inoltre integrarsi con l'installazione di impianti elettrici e meccanici.



Figura 93 - Particolare del graticcio in acciaio del teatro "De Micheli" di Copparo

Infine, è necessario valutare la presenza di un valido sistema di ancoraggi e giunzioni, in modo da evitare il collasso prematuro del graticcio in caso di incendio.

Si analizzano nel dettaglio i due casi di studio:

1. Teatro Municipale di Casale: verifica e adeguamento del graticcio in legno e del suo sistema di ancoraggio;
2. Teatro "De Micheli" di Copparo: verifica e adeguamento del graticcio in acciaio.

8.1 CASO DI STUDIO N.1: TEATRO MUNICIPALE - CASALE MONFERRATO

Per analizzare l'adeguamento antincendio del sistema graticcio, si studia nel dettaglio il caso del Teatro Municipale di Casale Monferrato, al cui interno è presente un graticcio in legno.

8.1.1 Stato di fatto e definizione della geometria

Il graticcio del teatro di Casale si presenta in buone condizioni di conservazione, ma è necessario prevedere un intervento di adeguamento per proteggerlo al fuoco.

Si riporta la pianta del graticcio con le dimensioni delle travi che lo sorreggono.

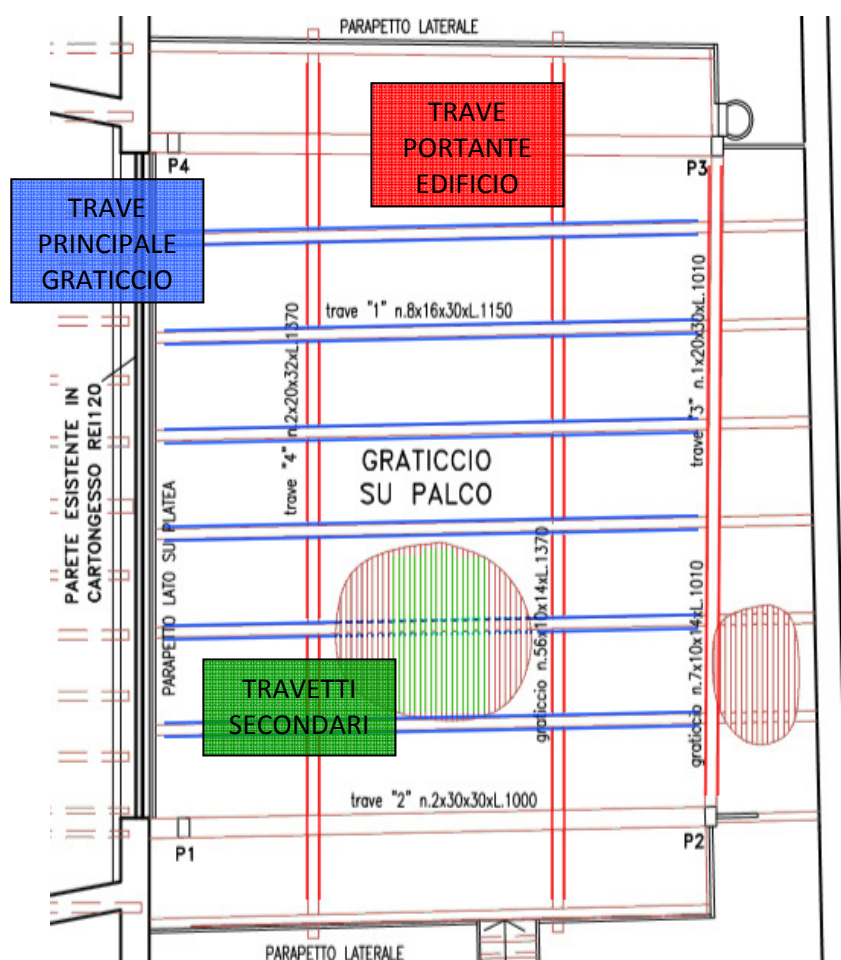


Figura 94 - Pianta graticcio - Teatro Municipale di Casale Monferrato



Sistema graticcio realizzato con elementi in legno di conifera.

Dimensioni graticcio: sezione 10x14 cm, luce 1370 cm.

Dimensioni travi principali: sezione 16x30 cm, luce 1150 cm.

Dimensioni travi portanti: sezione 20x32 cm, luce 1370 cm.



Figura 95 - Graticcio visto dal palco



Figura 96 - Sistema di funi appese al graticcio in legno

8.1.2 Verifica resistenza meccanica e al fuoco

Il sistema graticcio è un piano la cui funzione primaria è di sopportare i carichi appesi. Per le verifiche si decide quindi di considerarlo come un solaio costituito da travi principali e secondarie in legno di conifera C24 e soggetto a un carico di esercizio uniformemente distribuito. Lo schema strutturale sarà quindi un piano su due appoggi costituiti dalle travi portanti dell'edificio.

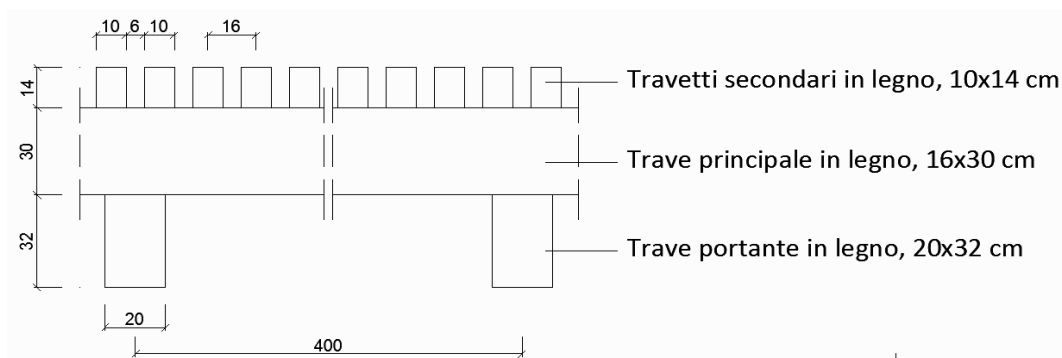


Figura 97 - Schema piano graticcio esistente

Per le verifiche di resistenza statica e resistenza al fuoco si applica il metodo di calcolo della NTC 2008.

| | | | |
|---|--|------|-------------------|
| Schema Strutturale | Piano su due appoggi soggetto a carico di esercizio uniformemente distribuito. | | |
| | | | |
| Carichi Agenti | Peso Proprio G1 | 0,62 | kN/m ² |
| | Carico di Esercizio Q | 3,40 | kN/m ² |
| | Non essendo presenti divisori o altri elementi che poggiano sul graticcio, il Carico Distribuito G2 è pari a zero. | | |
| Per il calcolo del carico agente sul piano graticcio si considera la combinazione allo stato limite ultimo. | | | |



| | | | |
|-----------------------------------|---|----------|-------------|
| | $F_d = \gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot \left[Q_{1k} + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{0i} \cdot Q_{ik}) \right]$ <p>Come coefficienti parziali di sicurezza sono stati assunti i valori più sfavorevoli per gli stati limite ultimi strutturali:</p> $\gamma_{Gi} = 1,3 ; \gamma_{Qj} = 1,5$ | | |
| | Carico Agente SLU | 7,68 | kN/m |
| Azioni Agenti | Calcolo del momento flettente agente sul piano graticcio | | |
| | Momento flettente agente | 15,36 | kN*m |
| Verifica a flessione (SLU) | Calcolo della resistenza a flessione e del modulo di rigidezza flessionale per sezioni rettangolari, necessari alla verifica statica $f_{m,y,d} = \frac{M_{ad}}{W} \quad W = \frac{b \cdot h^2}{6}$ | | |
| | Si esegue la verifica di resistenza a flessione confrontando la tensione di calcolo massima per flessione con la resistenza di calcolo a flessione $\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} ; \quad \sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W}$ | | |
| | Per il graticcio del teatro di Casale la resistenza ultima a flessione risulta verificata. | 6,40 MPa | < 14,77 MPa |

- Verifica al fuoco:

Una volta verificata la resistenza statica del graticcio, si esegue la verifica di resistenza al fuoco, utilizzando il metodo della sezione efficace che permette di determinare lo spessore di materiale non carbonizzato e che quindi mantiene le proprietà di resistenza e rigidezza.

La verifica viene effettuata per un tempo di resistenza al fuoco di 60 minuti, così da soddisfare la richiesta normativa R60. Una volta calcolato il nuovo spessore

della trave principale, ovvero dedotto quello carbonizzato, si esegue la verifica a flessione con la nuova geometria.

| | | | | |
|-------------------------------------|---|-------------|---|-----------|
| Spessore carbonizzato | Velocità di carbonizzazione β_n | 0,80 mm/min | | |
| | Spessore intermedio d_0 | 7,00 mm | | |
| | Tempo di resistenza al fuoco t | 60,00 min | | |
| | Coefficiente k_0 | 1,00 | | |
| | Spessore carbonizzato $d_{chair,n}$ | 48,00 mm | | |
| | Spessore d_{ef} | 55,00 mm | | |
| Nuova geometria | Si determinano le nuove dimensioni delle travi principali, deducendo lo spessore d_{ef} | | | |
| | Base' | 50,00 mm | | |
| | Altezza' | 250,00 mm | | |
| Verifica a flessione (FUOCO) | Calcolo della nuova resistenza a flessione ($f_{fi,d}$) e del nuovo modulo di rigidezza flessionale per sezioni rettangolari, utilizzando la nuova geometria e i coefficienti per la verifica al fuoco: | | | |
| | $k_{fi} = 1,25$; $\gamma_{fi} = 1,0$ | | | |
| | Si esegue la verifica di resistenza a flessione confrontando la nuova tensione di calcolo massima per flessione con la nuova resistenza di calcolo a flessione: | | | |
| | $\sigma_{m,xd} < f_{fi,d}$ | | | |
| | Per il graticcio del teatro di Casale la resistenza ultima a flessione in caso di incendio non risulta verificata. | 30,80 MPa | > | 30,00 MPa |

L'attuale sezione della trave principale del graticcio è quindi insufficiente per soddisfare le verifiche di resistenza ultima a flessione in caso d'incendio. Una soluzione a questo problema è la sostituzione delle travi principali con travi di dimensioni maggiori, che determina però un intervento impegnativo e costoso. Inoltre è necessario considerare che l'aumento della sezione determinerebbe di



conseguenza un aumento del peso sulle travi portanti del teatro. E' quindi consigliabile mantenere il sistema di travi originario e proteggerlo con sistemi di protezione passiva che rallentino la carbonizzazione della loro sezione.

8.1.3 Possibile intervento di adeguamento

La messa a norma del sistema graticcio del teatro di Casale Monferrato deve prevedere due interventi:

- protezione degli elementi in legno;
- protezione del sistema di ancoraggi e giunzioni.

8.1.3.1 Protezione al fuoco degli elementi in legno

La normativa vigente in materia di sicurezza e prevenzione incendi richiede una resistenza al fuoco per 60 minuti per gli elementi strutturali. Come visto precedentemente le travi principali del graticcio del Teatro di Casale non soddisfano questa verifica di resistenza in caso di incendio. Si propone quindi un intervento di adeguamento tramite l'applicazione di vernice ignifuga intumescente su questi elementi in legno.

La vernice intumescente per legno, utilizzabile per elementi strutturali e non, è un sistema costituito da un prodotto trasparente in soluzione acquosa monocomponente, in grado di generare una schiuma isolante e protettiva del legno su cui è applicato, e da un prodotto di finitura trasparente a base solvente. Lo scopo è di ritardare l'azione di carbonizzazione del legno in caso di incendio. organici ed inorganici.

Questa soluzione permette quindi di proteggere dalle fiamme le travi principali senza interventi invasivi e costosi e senza aumentare il peso della struttura.

La vernice intumescente deve essere applicata in tre mani da 250 g/m² ciascuna e distanziate almeno di 8 ore. Questo intervento porta la velocità di carbonizzazione a 0,45 mm/min soddisfacendo le verifiche di resistenza ultima a flessione in caso di incendio.

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 14,16 Mpa | < | 30,00 Mpa |
|-----------|---|-----------|

La nuova tensione di calcolo a flessione risulta minore della resistenza a flessione della trave principale, rendendo di fatto verificata la resistenza al fuoco R60 richiesta dalla normativa.

Come si può vedere dal grafico seguente, nel caso di resistenza richiesta R60, la vernice intumescente, come altre soluzioni spray, può abbassare la velocità di carbonizzazione del legno fino a 0,45 mm/min.

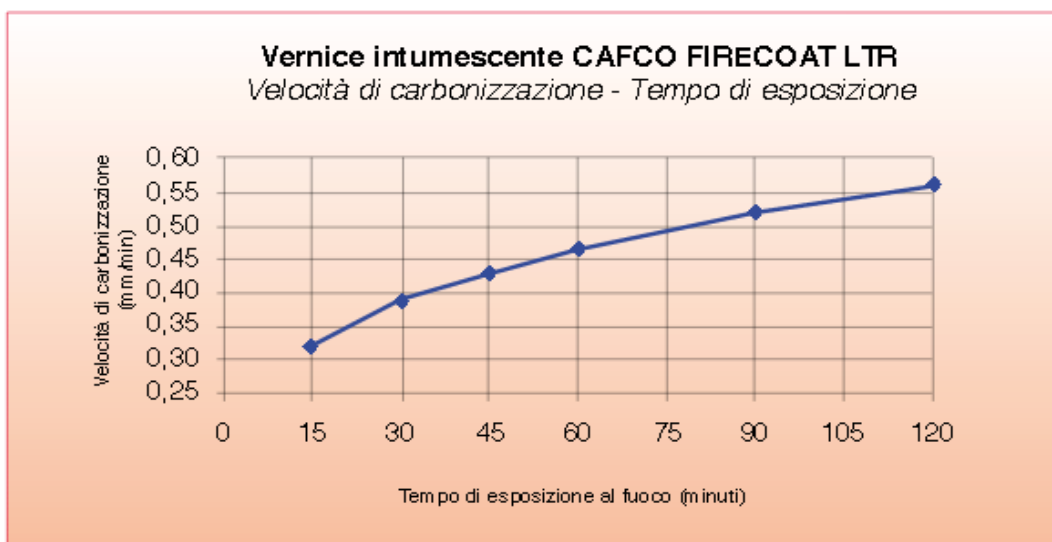


Figura 98 - Grafico velocità di carbonizzazione utilizzando vernice intumescente

La vernice intumescente è applicata direttamente su superfici in legno e può avvenire a spruzzo oppure a pennello o rullo. La superficie da trattare dovrà essere carteggiata, depolverata ed asciutta. Vecchie pitture o finiture dovranno essere rimosse poiché potrebbe pregiudicare il risultato finale del trattamento in mancanza di compatibilità.



Per una maggiore protezione della vernice, è necessario utilizzare una soluzione di finitura da applicare in una sola mano e senza riprese, entro 48 ore dall'essiccamento completo dell'ultima mano di vernice.



Figura 99 - Applicazione di vernice intumescente su trave principale del piano graticcio

Un ulteriore intervento di adeguamento è l'applicazione di una vernice ignifuga sui travetti secondari del graticcio in modo da migliorare il loro comportamento in caso di incendio. L'obiettivo è di garantire la classe di reazione al fuoco 1.

La superficie da trattare dovrà essere carteggiata, depolverata ed asciutta. Vecchie pitture o finiture dovranno essere rimosse mediante lamatura, sabbatura o carteggiatura.

La posa in opera del prodotto può avvenire a spruzzo oppure a pennello o rullo in funzione della superficie da trattare, in due mani da 150 g/m² ciascuna e distanziate almeno di 8 ore. L'applicazione della finitura deve avvenire ad essiccamento completo della seconda mano, in ragione di 50 g/m², in una sola mano e senza riprese.

Un esempio di prodotto utilizzabile per questo intervento è la vernice ignifuga Promapaint WOOD, che permette di certificare gli elementi lignei protetti in classe di reazione al fuoco: Euroclasse B-s1, d0 (equivalente alla classe 1 Italiana).

Come già anticipato, i travetti secondari sono soggetti a continue movimentazioni e sollecitazioni che potrebbero in parte rendere inefficace o difficile l'applicazione di vernici o intonaci. Si lascia quindi al progettista la scelta di intervenire o meno su questi elementi con la soluzione proposta per garantire la classe di reazione al fuoco 1.

Per una completa descrizione dei prodotti, le modalità di applicazione, la compatibilità e la preparazione dei supporti si rimanda alla relativa documentazione in appendice.

Si riporta infine lo schema per la protezione al fuoco del sistema graticcio e delle travi portanti del teatro di Casale Monferrato.

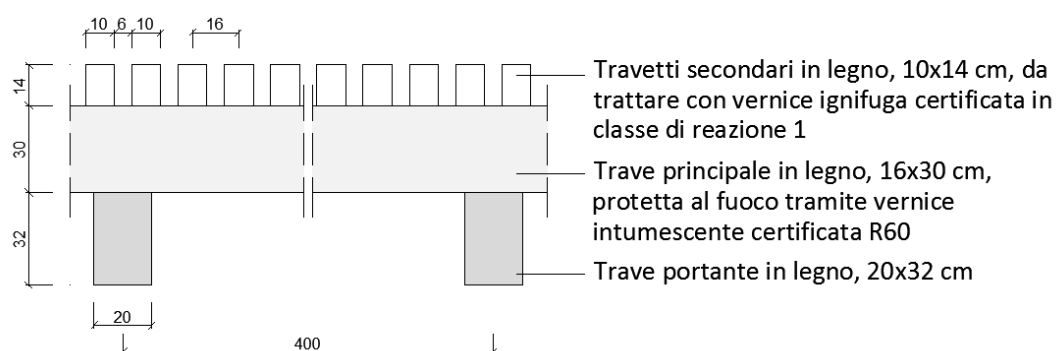


Figura 100 - Schema protezione graticcio in legno e travi portanti

8.1.3.2 Protezione del sistema di ancoraggi e giunzioni

Il graticcio originario del teatro di Casale è provvisto di un sistema di ancoraggi e giunzioni non protetto al fuoco, quindi maggiormente esposto al rischio di collasso prematuro in caso di eventi straordinari come un incendio.

E' quindi necessario prevedere un sistema di rinforzo che collega gli elementi del graticcio alla struttura portante del teatro, progettato per garantire una maggior solidità e resistenza del graticcio, ma è necessario proteggerlo dall'azione del fuoco.



Figura 101 - Tirante in acciaio per collegamento graticcio-trave di copertura

- Protezione al fuoco tiranti:

Nel sottotetto del teatro sono presenti 4 tiranti in acciaio per il collegamento del graticcio alla struttura portante della copertura. Sarà necessario proteggere al fuoco questi tiranti con coppelle isolanti certificate R90, classe 0 incombustibili, e verniciare le parti non rivestibili.

Si riporta di seguito il dettaglio della protezione al fuoco di un tirante di acciaio tramite coppelle in silicato di calcio incombustibili. Tale rivestimento può avere spessore variabile da 30 a 60 mm in base alla resistenza al fuoco necessaria.

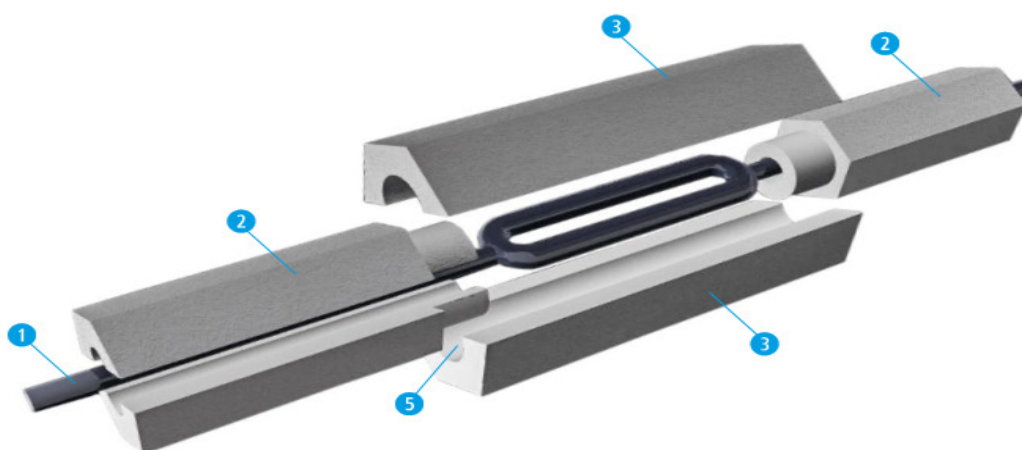


Figura 102 - Schema protezione tirante in acciaio tramite coppella

Legenda Tecnica:

1. Tirante in acciaio
2. Coppella in silicato di calcio
3. Copritenditore
5. Collante

I tiranti in acciaio del teatro di Casale hanno diametro di 2,8 cm. Per soddisfare la richiesta R90 è necessaria una protezione con coppelle di silicato di calcio dello spessore di almeno 38 mm così da resistere fino a temperature critiche di 550 °C con un allungamento dell'elemento protetto di circa 7,5 mm/min.

Si riporta una tabella riassuntiva dei risultati ottenuti dalle coppelle isolanti *Promat*, organizzata per spessore di protettivo, temperatura critica e allungamento dell'elemento protetto.

| Temperatura critica [°C] | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Allungamento [mm/m] | 2,32 | 3,01 | 3,72 | 4,45 | 5,20 | 5,97 | 6,76 | 7,57 |
| PROMATUBE *A spessore 30 mm | R60 | R60 | R60 | R60 | R60 | R90 | R90 | R90 |
| PROMATUBE *A spessore 38 mm | R90 | R90 | R90 | R90 | R90 | R90 | R120 | R120 |
| PROMATUBE *A spessore 58 mm | R120 | R120 | R120 | R120 | R120 | R120 | R120 | R120 |



Le coppelle protettive vanno assemblate tramite incollaggio sulle giunzioni, utilizzando preferibilmente collante ceramico.

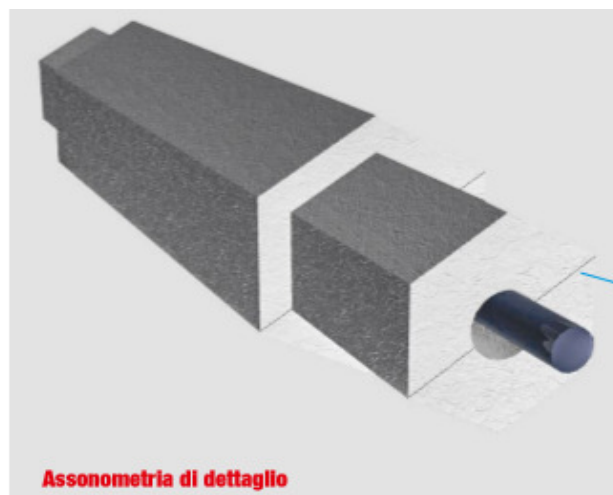
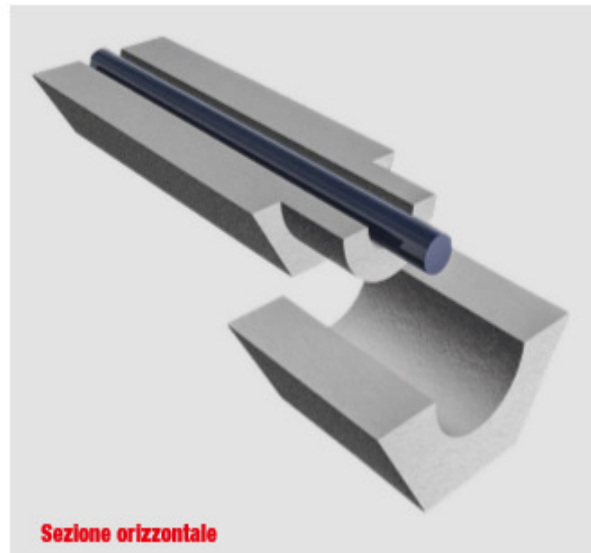


Figura 103 - Schema di assemblaggio delle coppelle protettive

Il tirante non presenta sempre la stessa forma e geometria, bisognerà quindi intervenire appositamente per proteggere le parti non regolari e non rivestibili.

1. Il tenditore dovrà essere protetto tramite un pezzo speciale, a sezione esagonale, fissato sul sormonto di 50 mm minimo sulle coppelle standard. E' necessario posizionare le coppelle "maschio" sui due lati del tenditore e sormontarle con il pezzo speciale copri tenditore.

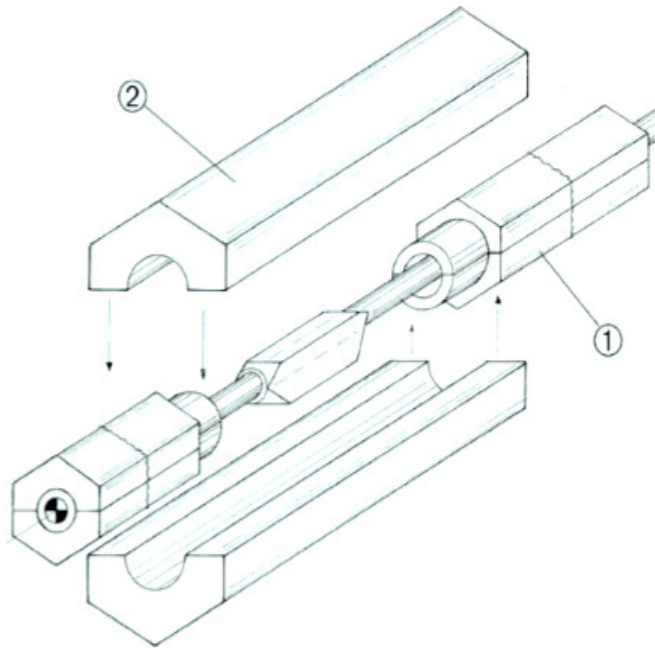


Figura 104 - Dettaglio di montaggio copritenditore (2) su coppelle maschio (1)

2. La parti non rivestibile, ovvero la staffa metallica di spessore 0,8 cm che gira intorno alle travi portanti, dovrà essere protetta al fuoco con vernice intumescente di tipo certificato REI90, applicata a pennello o a spruzzo, sul supporto preventivamente trattato, a tre o più riprese e in misura non inferiore a 2Kg/m^2 .



Figura 105 - Parti non rivestibili da trattare con vernice intumescente



Si riporta lo schema per la protezione al fuoco del tirante in acciaio nel caso del teatro Municipale di Casale Monferrato.

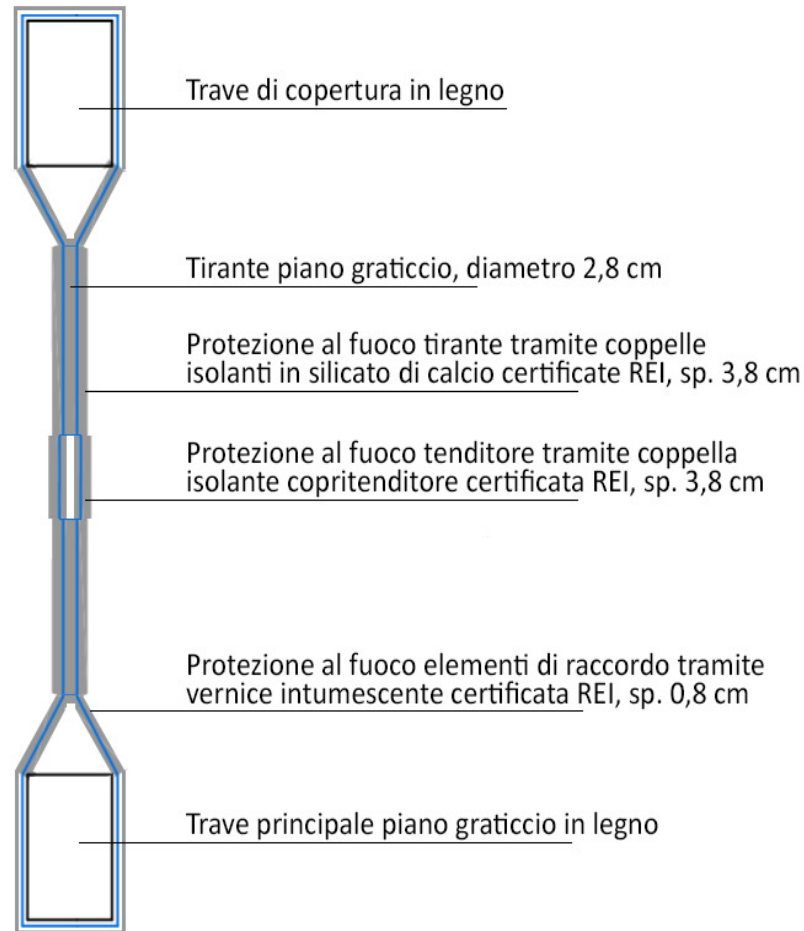


Figura 106 - Schema protezione al fuoco tirante in acciaio

- Protezione al fuoco elemento a "L":

Un altro rinforzo del sistema graticcio è l'utilizzo di un elemento a "L" in acciaio per il collegamento della trave principale del graticcio alla trave portante sopra il palco. E' necessario proteggere al fuoco questo elemento con vernice intumescente di tipo certificato R90, classe 0 incombustibili, applicata a pennello o a spruzzo, sul supporto preventivamente trattato, a tre o più riprese e in misura non inferiore a 2Kg/m^2 .



Figura 107 - Elemento di rinforzo a "L"

Si riporta lo schema per la protezione al fuoco dell'elemento a "L" nel caso del teatro Municipale di Casale Monferrato.

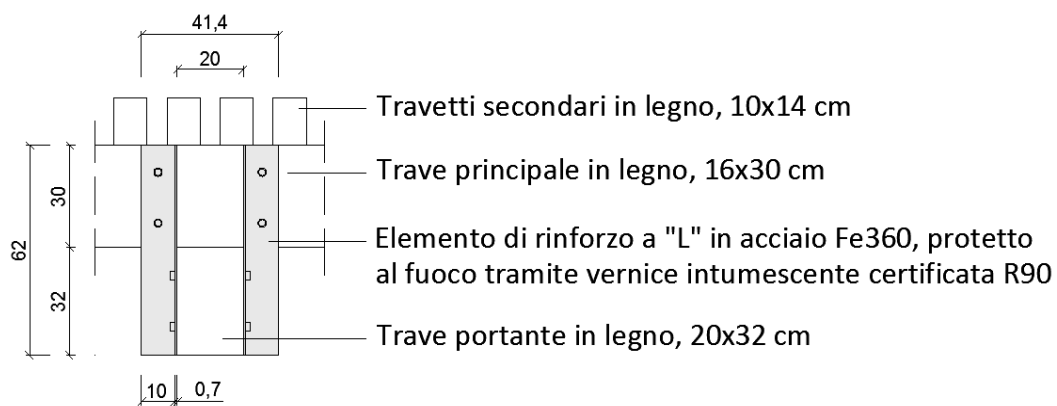


Figura 108 - Schema protezione elemento di rinforzo a "L"



8.1.4 Stima del costo di intervento

Per una stima del costo di questo intervento di adeguamento del graticcio del Teatro di Casale, è stato eseguito un computo metrico estimativo secondo le seguenti voci di lavoro:

| INDICAZIONE DEI LAVORI E DELLE PROVVISI | U.M. | QUANTITA' | PREZZO | IMPORTO |
|--|----------------|-----------|--------|----------|
| OPERE DA IGNIFUGATORE E DECORATORE Lavatura con detersivo, revisione stuccatura, scartavetratura, coloritura di fondo sulle parti stuccate o scoperte, su manufatti in legno già precedentemente coloriti | m ² | 554,92 | 5,99 | 3.323,97 |
| OPERE DA IGNIFUGATORE E DECORATORE Protezione di manufatti in legno di qualsiasi genere mediante applicazione di un fondo a base di resine sintetiche ad azione consolidante, fungicida, antitarlo ed insetto repellente, non filmogeno e ad elevata capacità penetrante nel supporto, applicato a spruzzo o a pennello, compresa ogni opera accessoria per la pulizia preventiva dei manufatti | m ² | 31,30 | 13,20 | 413,16 |
| OPERE DA IGNIFUGATORE E DECORATORE Protezione passiva antincendio delle strutture in legno mediante la fornitura e la stesa di prodotto verniciante trasparente ignifugo di tipo approvato applicato a rullo e pennello. Compresi la pulizia delle aree di lavoro a fine trattamento ed il conferimento in discariche autorizzate dei materiali di risulta. | m ² | 62,60 | 28,00 | 1.752,80 |

LA SICUREZZA AL FUOCO NEI TEATRI STORICI
Adeguamento delle opere strutturali alla normativa antincendio

| | | | | |
|---|----------------|--------|-------|----------|
| <p>OPERE DA IGNIFUGATORE E DECORATORE</p> <p>Ignifugazione di manufatti in legno e suoi derivati (pavimenti e strutture di qualunque genere) realizzata mediante trattamenti ripetuti a base di vernici impregnanti ignifughe, trasparenti, di tipo approvato, applicate a pennello od a spruzzo sul supporto sverniciato, tale da garantire una reazione al fuoco del manufatto corrispondente alla classe 1, compresa ogni opera accessoria</p> | m ² | 486,84 | 13,92 | 6.776,81 |
| <p>OPERE DA IGNIFUGATORE E DECORATORE</p> <p>Spazzolatura con spazzole metalliche e spolveratura su superfici metalliche grezze</p> | m ² | 19,08 | 7,21 | 137,57 |
| <p>OPERE DA IGNIFUGATORE E DECORATORE</p> <p>Protezione di manufatti metallici e similari realizzata mediante trattamenti ripetuti a base di vernici intumescenti di tipo approvato e certificato per la classe REI 90, applicate a pennello od a spruzzo sul supporto preventivamente trattato con primer, compresa ogni opera accessoria</p> | m ² | 19,08 | 23,76 | 453,34 |
| <p>ISOLAMENTI ANTINCENDIO</p> <p>Provvista e posa di coppelle isolanti resistenti al fuoco certificate rei a norma di legge con lamierino di finitura, compreso curve e pezzi speciali e raccordi a t diametro fino a 1" 1/2</p> | m ² | 18,32 | 41,60 | 762,11 |
| <p>APPRESTAMENTI PREVISTI NEL PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO</p> | m ² | 225,00 | 2,50 | 562,50 |



| | | | | |
|-------------------------------|----------------|--------|-------|------------------|
| NOLOATTREZZATURE (primo mese) | m ² | 240,00 | 50,28 | 12.057,20 |
| NOLOATTREZZATURE (successivi) | m ² | 480,00 | 6,55 | 3.144,00 |
| TOTALE GRATICCIO Euro | | | | 29.393,46 |

Si confronta il costo d'intervento sul graticcio con l'importo totale degli interventi di adeguamento delle diverse parti del teatro.

| INDICAZIONE DEI LAVORI E DELLE PROVVISI | IMPORTO PARZIALE | IMPORTO TOTALE |
|---|------------------|-------------------|
| SOTTOTETTO SU GRATICCIO | 18.354,95 | |
| GRATICCIO | 29.393,46 | |
| BALLATOI | 8.317,37 | |
| SOTTOTETTO CAMERINI | 5.229,18 | |
| PALCOSCENICO | 31.398,08 | |
| PLATEA | 8.286,14 | |
| LOGGIONE | 6.667,20 | |
| IMPORTO LAVORI Euro | | 105.646,38 |

L'intervento di adeguamento del graticcio incide sensibilmente sull'importo totale dei lavori. Questo mostra quando sia importante trattare questa zona del teatro in fase di adeguamento alla normativa antincendio. Le opere di protezione passiva degli elementi in legno del graticcio sono quelle che contribuiscono maggiormente all'elevato costo di intervento.

8.2 CASO DI STUDIO N.2: TEATRO "DE MICHELI" - COPPARO

Si analizza il caso del Teatro De Micheli di Copparo - Ferrara, un teatro all'italiana risalente ai primi del '900 e che non ha subito interventi negli ultimi 15 anni. Al suo interno è presente un graticcio in acciaio.

8.2.1 Stato di fatto e definizione della geometria

Il fabbricato in esame risale al 1909 e successivamente ha subito diverse modifiche di cui non è stato possibile reperire una documentazione completa. E' stato necessario eseguire un rilievo geometrico e fotografico per avere le misure e la collocazione degli elementi in esame.

Il Teatro presenta un graticcio in acciaio che sovrasta il palco, dovuto a interventi recenti che hanno portato a sostituire alcuni elementi in legno con elementi in acciaio. Questo si presenta in buone condizioni di conservazione, ma è necessario prevedere un intervento di adeguamento per proteggerlo al fuoco.

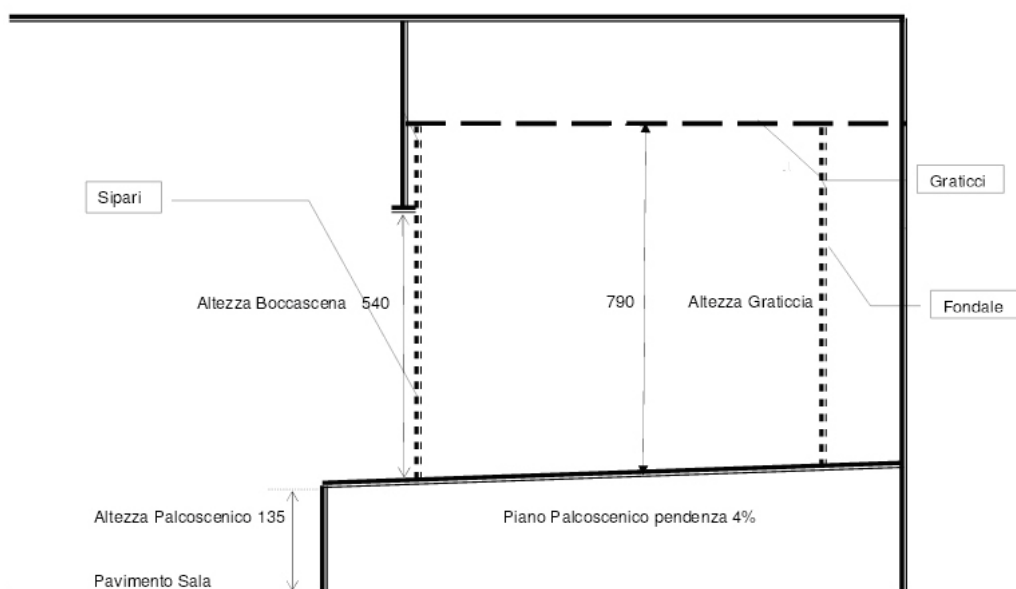


Figura 109 - Sezione palcoscenico Teatro "De Micheli" di Copparo



Graticcio in acciaio: realizzato con profili a "U" in acciaio zincato; ogni profilato ha dimensioni 100x40 mm, spessore 4 mm e interdistanza fissa di posa 60 mm. Al piano graticcio si accede da un ballatoio, posto in corrispondenza della galleria di 2°ordine.

Le travi principali in acciaio che sostengono i travetti secondari sono IPE360 con luce pari a 10 m e interasse 2,40 m. Queste poggiano direttamente sulla struttura portante perimetrale del teatro.

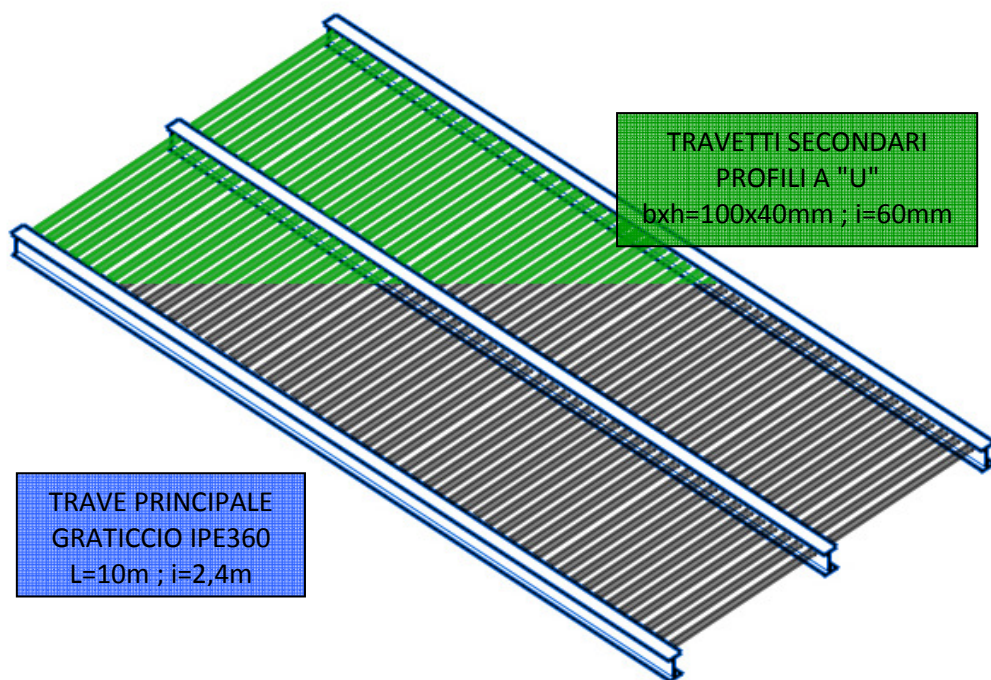


Figura 110 - Graticcio in acciaio

Il piano graticcio è caratterizzato dalla presenza di pulegge singole o in gruppi installate sui travetti per lo scorrimento delle funi metalliche, dei rocchetti per le funi di canapa, dei motori elettrici e delle apparecchiature di volta in volta necessarie per l'allestimento degli effetti scenici. Per questo motivo si concentra l'attenzione sulla resistenza al fuoco delle travi principali.

8.2.2 Verifica resistenza meccanica e al fuoco

Il graticcio in acciaio del teatro di Copparo ha la funzione primaria di sopportare i carichi appesi. Per le verifiche si decide quindi di considerarlo come un solaio costituito da travi principali e secondarie, nello specifico IPE360 su cui poggiano doghe in acciaio, soggetto a un carico di esercizio uniformemente distribuito. Lo schema strutturale sarà quindi un piano su due appoggi costituiti dalla struttura perimetrale dell'edificio.

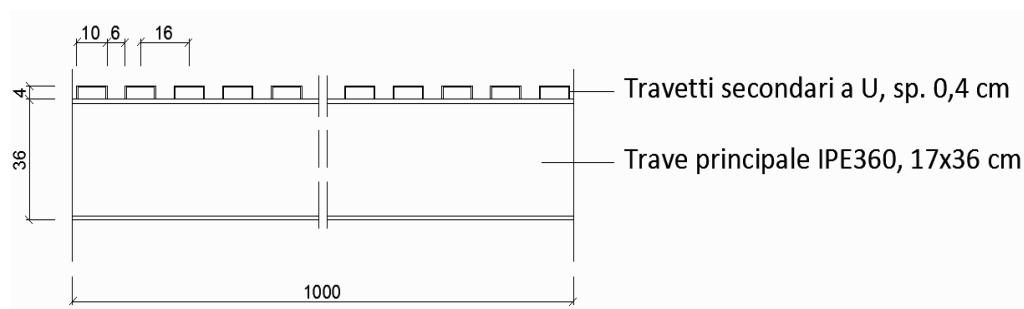


Figura 111 - Schema piano graticcio esistente

Per le verifiche di resistenza statica e resistenza al fuoco si applica il metodo di calcolo della NTC 2008 e si utilizzano i valori come da scheda tecnica IPE360.

| | | | |
|---|--|------|-------------------|
| Schema Strutturale | Piano su due appoggi soggetto a carico di esercizio uniformemente distribuito. | | |
| | | | |
| Carichi Agenti | Peso Proprio G1 | 0,26 | kN/m ² |
| | Carico di Esercizio Q | 3,40 | kN/m ² |
| | Non essendo presenti divisori o altri elementi che poggiano sul graticcio, il Carico Distribuito G2 è pari a zero. | | |
| Per il calcolo del carico agente sul piano graticcio si considera la combinazione allo stato limite ultimo. | | | |



| | $F_d = \gamma_g \cdot G_k + \gamma_q \cdot \left[Q_{1k} + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{0i} \cdot Q_{ik}) \right]$ <p>Come coefficienti parziali di sicurezza sono stati assunti i valori più sfavorevoli per gli stati limite ultimi strutturali:</p> $\gamma_{Gi} = 1,3 ; \gamma_{Qi} = 1,5$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---------------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------------------|---|--------------------------|-------------|--------------------------|--------------------------|-------|--|--|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|-----------|--------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------|-------------|--------------------------|--------------------------|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--|-------------------|-------------------|---------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| | Carico Agente SLU | 13,05 | kN/m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Azioni Agenti | Calcolo del momento flettente agente sul piano graticcio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Momento flettente agente | 163 | kN*m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Verifica a flessione (SLU) | <p>Si ricava il modulo di rigidezza flessionale W_x e $W_{pl,x}$ da scheda tecnica per trave in acciaio IPE360, necessari alla verifica statica.</p> <table border="1" data-bbox="539 891 1374 1142"> <thead> <tr> <th rowspan="2">DENOMINAZIONE</th> <th colspan="12">PROPRIETÀ DEL PROFILATO</th> </tr> <tr> <th colspan="6">eje fuerte y-y strong axis y-y asse forte y-y</th> <th colspan="6">eje débil z-z weak axis z-z asse debole z-z</th> </tr> <tr> <th>G kg/m</th> <th>I_y mm⁴</th> <th>$W_{el,y}$ mm³</th> <th>$W_{pl,y}^*$ mm³</th> <th>I_y mm⁴</th> <th>A_{vz} mm²</th> <th>I_z mm⁴</th> <th>$W_{el,z}$ mm³</th> <th>$W_{pl,z}^*$ mm³</th> <th>I_z mm⁴</th> <th>s_s mm</th> <th>I_t mm⁴</th> <th>I_w mm⁶</th> </tr> <tr> <th></th> <th>x 10⁶</th> <th>x 10³</th> <th>x 10³</th> <th>x 10⁶</th> <th>x 10²</th> <th>x 10⁶</th> <th>x 10³</th> <th>x 10³</th> <th>x 10⁶</th> <th></th> <th>x 10⁶</th> <th>x 10⁹</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IPE 360</td> <td>57,1</td> <td>16270</td> <td>903,6</td> <td>1019</td> <td>14,95</td> <td>35,14</td> <td>1043</td> <td>122,8</td> <td>191,1</td> <td>3,79</td> <td>54,49</td> <td>37,32</td> <td>313,6</td> </tr> </tbody> </table> | | | DENOMINAZIONE | PROPRIETÀ DEL PROFILATO | | | | | | | | | | | | eje fuerte y-y strong axis y-y asse forte y-y | | | | | | eje débil z-z weak axis z-z asse debole z-z | | | | | | G kg/m | I_y mm ⁴ | $W_{el,y}$ mm ³ | $W_{pl,y}^*$ mm ³ | I_y mm ⁴ | A_{vz} mm ² | I_z mm ⁴ | $W_{el,z}$ mm ³ | $W_{pl,z}^*$ mm ³ | I_z mm ⁴ | s_s mm | I_t mm ⁴ | I_w mm ⁶ | | x 10 ⁶ | x 10 ³ | x 10 ³ | x 10 ⁶ | x 10 ² | x 10 ⁶ | x 10 ³ | x 10 ³ | x 10 ⁶ | | x 10 ⁶ | x 10 ⁹ | IPE 360 | 57,1 | 16270 | 903,6 | 1019 | 14,95 | 35,14 | 1043 | 122,8 | 191,1 | 3,79 | 54,49 | 37,32 | 313,6 |
| | DENOMINAZIONE | PROPRIETÀ DEL PROFILATO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | eje fuerte y-y strong axis y-y asse forte y-y | | | | | | eje débil z-z weak axis z-z asse debole z-z | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G kg/m | I_y mm ⁴ | $W_{el,y}$ mm ³ | $W_{pl,y}^*$ mm ³ | I_y mm ⁴ | A_{vz} mm ² | I_z mm ⁴ | $W_{el,z}$ mm ³ | $W_{pl,z}^*$ mm ³ | I_z mm ⁴ | s_s mm | I_t mm ⁴ | I_w mm ⁶ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | x 10 ⁶ | x 10 ³ | x 10 ³ | x 10 ⁶ | x 10 ² | x 10 ⁶ | x 10 ³ | x 10 ³ | x 10 ⁶ | | x 10 ⁶ | x 10 ⁹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| IPE 360 | 57,1 | 16270 | 903,6 | 1019 | 14,95 | 35,14 | 1043 | 122,8 | 191,1 | 3,79 | 54,49 | 37,32 | 313,6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Si esegue la verifica di resistenza a flessione confrontando il momento flettente di calcolo e la resistenza di calcolo a flessione</p> $\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Per il graticcio del teatro di Copparo la resistenza ultima a flessione risulta verificata, poiché il rapporto tra momento flettente e momento resistente è minore di 1. | 0,72 | < | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Una volta verificata la resistenza statica del graticcio, si esegue la verifica di resistenza al fuoco.

- Verifica al fuoco:

Alle alte temperature che si raggiungono in caso di esposizione al fuoco, l'acciaio manifesta una progressiva riduzione della resistenza meccanica.

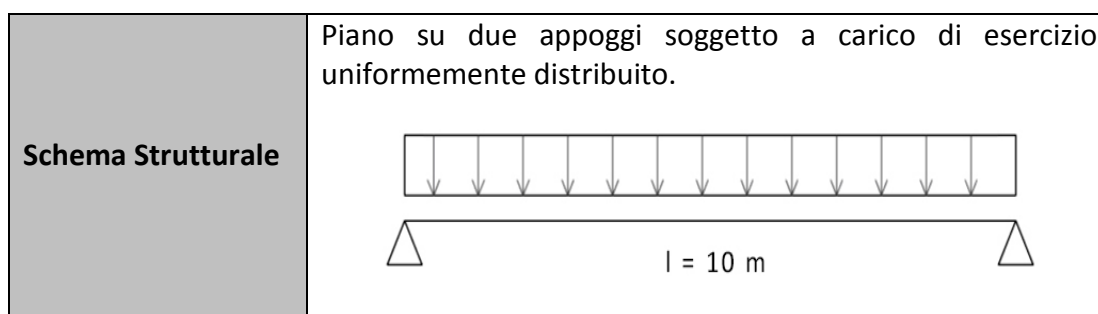
I criteri attuali in materia di sicurezza antincendio impongono che la struttura di acciaio di una costruzione debba resistere per un tempo sufficiente a rendere possibile l'evacuazione degli occupanti e l'intervento efficace delle squadre di soccorso.

Oltre alle misure di prevenzione attive, quali la sistemazione di idranti o estintori, il progettista dovrà considerare le misure atte a garantire la necessaria capacità portante dell'edificio. Per questo scopo si possono adottare soluzioni planimetriche (ad esempio la compartimentazione) e, in alternativa o in aggiunta, si può rallentare il surriscaldamento degli elementi strutturali utilizzando coibentazioni e schermature degli elementi portanti.

La verifica viene fatta secondo l'Eurocodice 3, utilizzando il modello di calcolo semplificato della UNI EN 1993-1-2. Con questo metodo di verifica, si va ad effettuare una previsione di quanto tempo il graticcio in acciaio garantisca il requisito R, cioè la sua stabilità.

In questo caso la verifica viene effettuata per un tempo di resistenza al fuoco di 60 minuti, così da soddisfare la richiesta normativa R60.

Nel caso il cui il tempo risultante sia inferiore ai 60 minuti richiesti dalla normativa, bisognerà intervenire con una o più soluzioni opportune.





| | | | |
|---|---|--|----------|
| Carichi Agenti | $q = 13,05 \text{ kN/m}$ | | |
| Azioni Agenti | $M_{fi,Ed} = 163 \text{ kN}\cdot\text{m}$ | | |
| Classificazione Sezioni Trasversali | $\epsilon = 0,85 \cdot (235/f_y)^{0,5}$ | | |
| Determinazione Classe Duttibilità | Classe Ala : c/t | $4,96 < 7,65$ | Classe 1 |
| | Classe Anima | $37,33 < 61,20$ | Classe 1 |
| Determinazione θ critica da nomogramma | Fattore di adattamento (sezione esposta su tre lati): $K = k_1 \cdot k_2 = 0,70$ | $\theta_{crit} = 780 \text{ }^\circ\text{C}$ | |
| | $\mu_0 = M_{fi,Ed} / (W_{pl} \cdot f_y) = 0,16$ | | |
| Calcolo fattore di sezione non protetta | $A_m/V \text{ (Sup. esposta/Area sez. trasversale)} = 122 \text{ m}^{-1}$ | | |
| Determinazione del Fire Resistance Time da nomogramma | $t = 33 \text{ min}$ | NON VERIFICA R 60 | |

La verifica effettuata sul graticcio in acciaio del teatro di Copparo mostra come il tempo di resistenza al fuoco sia di molto inferiore a quanto richiesto dalla normativa, non soddisfacendo il requisito R60.

È quindi necessario un intervento di adeguamento per proteggere le travi principali del graticcio in acciaio nel caso in cui si sviluppi un incendio.

8.2.3 Possibile intervento di adeguamento

La normativa vigente in materia di sicurezza e prevenzione incendi richiede, per le strutture di edifici con altezza antincendio fino a 12 m, il requisito di R60.

Come nel caso del graticcio in legno, anche quello in acciaio è una macchina scenica adibita all'organizzazione delle manovre e movimentazioni necessarie per gli effetti scenici e non una semplice struttura piana.



Figura 112 - Particolare del ronchetto in legno incastrato su doghe in acciaio

E' chiaro che tutte queste continue operazioni di posizionamento pulegge per lo scorrimento delle funi porterebbero a un'eccessiva sollecitazione e usura dello strato protettivo, rendendo di fatto inutile ogni applicazione di vernice intumescente o intonaco sui travetti, o l'applicazione di lastre di protezione (gesso o calcio silicato ad esempio) sui travetti.

Si decide quindi di proteggere le sole travi principali.

Come prima ipotesi di intervento si utilizza un intonaco premiscelato a base di vermiculite, leganti idraulici e additivi speciali, sulle sole travi principali in acciaio,



non soggette a movimentazione di pulegge e quindi usura, formando così uno rivestimento aderente di spessore uniforme esposto all'incendio da tre lati.

L'intonaco premiscelato per elementi metallici è una miscela leggera di colore grigio/beige che può offrire un contributo alla resistenza al fuoco fino a 240 minuti a seconda della tipologia di struttura. Questo può rallentare l'azione del fuoco, permettendo l'evacuazione della zona sottostante.

Si applica mediante spruzzatura uniforme sulle superfici da proteggere, ottenendo un rivestimento di buona qualità, senza giunti né fessurazioni.

| | | |
|---|--|----------------------------------|
| Applicazione di un rivestimento aderente | Intonaco premiscelato a base di vermiculite $\lambda_p = 0,080 \text{ W/mK}$ | |
| Determinazione θ critica da nomogramma | Fattore di adattamento (sezione protetta esposta su tre lati): $K = k_1 * k_2 = 0,85$ | $\Theta_{crit} = 750 \text{ °C}$ |
| | $\mu_0 = M_{fi,Ed} / (W_{pl} * f_y) = 0,16$ | |
| Calcolo fattore di sezione protetta | A_m/V (Sup. esposta/Area sez. trasversale) = 167 m^{-1} | |
| Per ottenere un R60: Insulated Steel | $(A_p/V) * (\lambda_p * d_p) = 2000 \text{ W/m}^3\text{K}$ | |
| Determinazione spessore protettivo | Lo spessore di intonaco di vermiculite da applicare sarà: $d_p = 0,007 \text{ m}$ | |

Per rendere la trave R60 occorrerà quindi utilizzare un rivestimento aderente di intonaco a base di vermiculite dello spessore di 7 mm.

Questa soluzione permette quindi di proteggere dal fuoco le travi principali senza interventi invasivi e costosi e senza aumentare il peso del sistema graticcio.



Figura 113 - Applicazione intonaco protettivo su trave principale del piano graticcio

Una soluzione simile all'applicazione di un intonaco premiscelato è l'utilizzo di vernice intumescente per acciaio, che permette di mantenere colori e profili identici all'originale.

Un'altra ipotesi di intervento, diversa dalle soluzioni "spray", consiste nell'utilizzo di lastre (in gesso o in calcio silicato), a protezione delle sole travi principali del graticcio in acciaio, formando un rivestimento scatolare di spessore uniforme esposto all'incendio da tre lati.

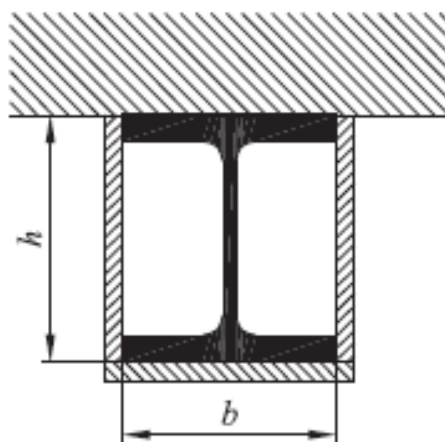


Figura 114 - Schema applicazione lastre su trave in acciaio



| | | |
|---|--|----------------------------------|
| Applicazione di un rivestimento scatolare | Rivestimento scatolare con lastre in gesso $\lambda_p = 0,20 \text{ W/mK}$ | |
| Determinazione θ critica da nomogramma | Fattore di adattamento (sezione protetta esposta su tre lati): $K = k_1 * k_2 = 0,85$ | $\Theta_{crit} = 750 \text{ °C}$ |
| | $\mu_0 = M_{fi,Ed} / (W_{pl} * f_y) = 0,16$ | |
| Calcolo fattore di sezione protetta: | A_m/V (Sup. esposta/Area sez. trasversale) = 122 m^{-1} | |
| Per ottenere un R60: Insulated Steel | $(A_p/V) * (\lambda_p * d_p) = 2000 \text{ W/m}^3\text{K}$ | |
| Determinazione spessore protettivo | Spessore lastra in gesso da applicare: $d_p = 0,012 \text{ m}$ | |

Per rendere la trave R60 occorrerà quindi utilizzare un rivestimento scatolare di lastre in gesso dello spessore di 12 mm.

Questa soluzione permette quindi di proteggere dal fuoco le travi principali, anche se i tempi di messa in opera risultano più lunghi rispetto all'applicazione di una vernice o di un intonaco.

Per una completa descrizione dei prodotti, le modalità di applicazione, la compatibilità e la preparazione dei supporti si rimanda alla relativa documentazione in appendice.



9. LA CAPRIATA

La capriata è l'elemento strutturale che costituisce la copertura a falde inclinate. La sua funzione primaria è quella di sopportare i carichi sovrastanti, ovvero pacchetto di copertura e carichi accidentali come neve e vento. Essendo soggetta a sollecitazioni elevate deve mantenere la resistenza meccanica e al fuoco per il tempo necessario ad evacuare l'edificio.

Come già analizzato nei primi capitoli, nella storia dei teatri sono numerosi i casi di incendi che hanno provocato il collasso della capriata e quindi della copertura, causando anche numerose vittime. La solidità è quindi una caratteristica primaria che deve presentare la capriata.

La normativa vigente richiede una resistenza al fuoco R60/90/120 in funzione dell'altezza antincendio dell'edificio. Si decide quindi di intervenire con metodi di protezione passiva quali vernice intumescente e intonaco a base di gesso in modo da garantire la resistenza al fuoco della capriata in legno.



Figura 115 - Capriata in legno del teatro "De Micheli" di Copparo

Un aspetto importante è la verifica delle giunzioni e degli ancoraggi delle capriate di teatri risalenti a molti anni fa, se non al secolo precedente, in quanto

potrebbero essere totalmente assenti o potrebbero aver subito fenomeni di usura dovuti al tempo, perdendo così le iniziali caratteristiche meccaniche. Un valido sistema di ancoraggi e giunzioni è fondamentale per evitare il collasso prematuro del capriata in caso di incendio.



Figura 116 - Capriata in legno del teatro Municipale di Casale Monferrato

Per un'analisi più dettagliata del problema della capriata nei teatri storici, si prendono due casi significativi su cui sarà effettuata un'analisi di verifica e messa a norma. In particolare si esamina:

1. Teatro "De Micheli" di Copparo: verifica e adeguamento della capriata in legno.
2. Teatro "Ebe Stignani" di Imola: verifica e adeguamento capriata in legno e sistema di ancoraggi e giunzioni.



9.1 CASO DI STUDIO N.1: TEATRO "DE MICHELI" - COPPARO

Come primo esempio si analizza il caso del Teatro De Micheli di Copparo - Ferrara, al cui interno è presente una capriata in legno a sorreggere la copertura in coppi.

9.1.1 Stato di fatto e definizione della geometria

Il fabbricato in esame risale al 1909 e successivamente ha subito diverse modifiche di cui non è stato possibile reperire una documentazione completa. È stato necessario eseguire un rilievo geometrico e fotografico per avere le misure e la collocazione degli elementi in esame.

Come è stato già riportato, il Teatro presenta una capriata in legno risalente al periodo originario dell'opera.

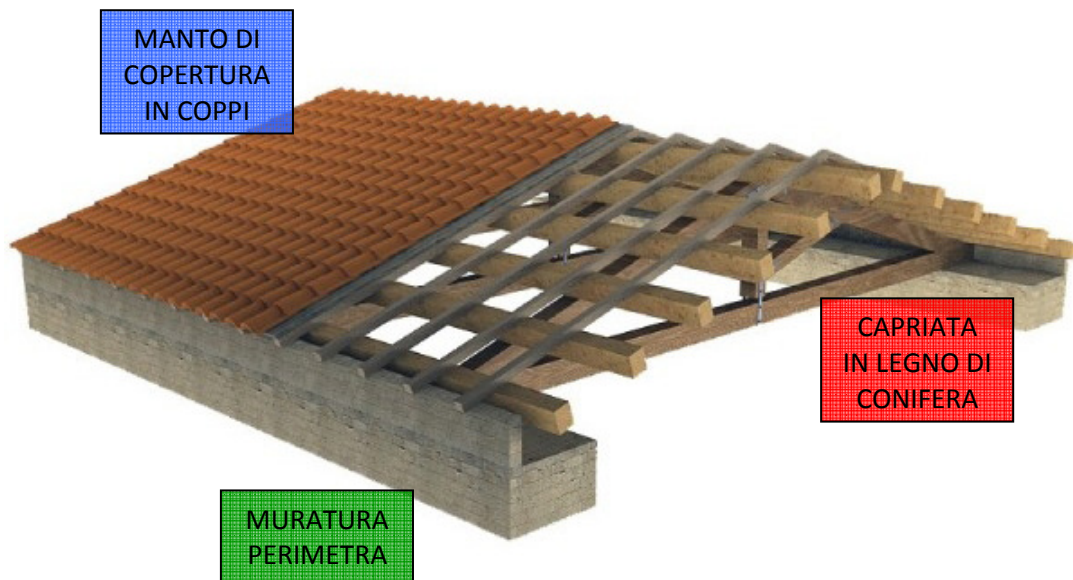


Figura 117 - Rappresentazione tridimensionale della capriata del teatro di Copparo

Capriata originaria realizzata con elementi in legno di conifera.

Dimensioni catena: sezione 24x24 cm, luce 1050 cm e interdistanza 500 cm.

Dimensione puntone: sezione 22x26 cm.

Dimensione monaco: sezione 24x26 cm.

Dimensione saetta: sezione 10x10 cm.

Dimensione arcareccio: sezione 14x20 cm.

9.1.2 Proprietà meccaniche dei materiali

Si riportano le caratteristiche fisiche degli elementi strutturali in legno, necessarie per le verifiche di progetto.

LEGNO DI CONIFERA

| C24 | Resistenza (MPa) | |
|---------------------------|------------------|-------------------|
| fm,k | 24,00 | |
| ft,0,k | 14,00 | |
| ft,90,k | 0,40 | |
| fc,0,k | 21,00 | |
| fc,90,k | 2,70 | |
| fv,k | 2,50 | |
| E0,m | 11000,00 | |
| E90,m | 390,00 | |
| E0,05 | 7400,00 | |
| G0,n | 78,00 | |
| G05 | 583,00 | |
| | | |
| ρk | 380,00 | kg/m ³ |
| | | |
| Kcr (coeff. fessurazione) | 0,67 | |

9.1.3 Verifica resistenza meccanica e al fuoco

Per la verifica a flessione e taglio della capriata in legno è stato utilizzato il software agli elementi finiti SAP che permette la schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. Le incognite del problema sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z). La soluzione del problema si ottiene con un sistema di equazioni algebriche lineari i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati ai nodi.

Dagli spostamenti ottenuti con la risoluzione del sistema vengono quindi dedotte le sollecitazioni e/o le tensioni di ogni elemento, riferite generalmente ad una terna locale all'elemento stesso.

Il sistema di riferimento utilizzato è costituito da una terna cartesiana destrorsa XYZ. Si assume l'asse Z verticale ed orientato verso l'alto.

Prima di procedere alla verifica a taglio e flessione della capriata, e alla conseguente verifica di resistenza al fuoco, è necessario definire il carico agente.

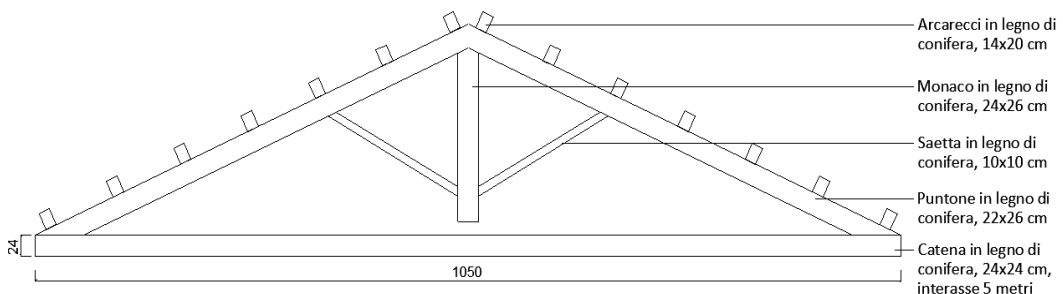


Figura 118 - Schema capriata esistente

| CARICO SLU (tempi brevi) | | |
|--|--------------|------|
| Kmod | 0,90 | |
| γ_m | 1,45 | |
| Carico Strutturale (gs) | 0,35 | kN/m |
| Carico Non Strutturale (gns) | 0,91 | kN/m |
| Carichi accidentali (q) | 1,20 | kN/m |
| γ_g | 1,30 | |
| γ_{ns} | 1,50 | |
| γ_q | 1,50 | |
| $p = g_s \cdot \gamma_g + g_{ns} \cdot \gamma_{ns} + q \cdot \gamma_q =$ | 26,72 | kN/m |

Si esegue la verifica di resistenza a flessione e taglio, confrontando la tensione di calcolo massima per flessione (o taglio) con la resistenza di calcolo a flessione (o taglio). Il rapporto tra queste due dovrà essere minore di 1.

Si riportano i risultati delle verifiche effettuate a tensoflessione, pressoflessione e taglio sulla capriata in legno.

| | | | |
|------------------------------------|------|---|---|
| Verifica tensoflessione (catena) | 0,29 | < | 1 |
| Verifica pressoflessione (puntone) | 0,49 | < | 1 |
| Verifica taglio (puntone) | 0,11 | < | 1 |
| Verifica instabilità (saetta) | 0,97 | < | 1 |

I risultati in tabella mostrano che le sezioni della capriata sono sufficienti per la verifica allo stato limite ultimo. E' possibile procedere con la verifica di resistenza al fuoco, utilizzando il metodo della sezione efficace che permette di determinare lo spessore di materiale non carbonizzato e che quindi mantiene le proprietà di resistenza e rigidezza.

La verifica della capriata viene effettuata per un tempo di resistenza al fuoco di 60 minuti, così da soddisfare la richiesta normativa R60. Una volta calcolato il nuovo



spessore della trave principale, ovvero dedotto quello carbonizzato, si esegue la verifica a flessione con la nuova geometria.

Il rapporto tra la nuova tensione di calcolo e la resistenza, a taglio o flessione, dovrà essere minore di 1.

Nel caso della capriata in legno del teatro di Copparo, la resistenza al fuoco viene verificata per catena e puntone in quanto la nuova tensione di calcolo a flessione è minore della resistenza a flessione. Non è però verificata la resistenza a taglio dell'arcareccio e a pressoflessione della saetta.

| | | | |
|--|-------|---|---|
| Verifica tensoflessione - fuoco (catena) | 0,27 | < | 1 |
| Verifica pressoflessione - fuoco (puntone) | 0,91 | < | 1 |
| Verifica taglio - fuoco (arcareccio) | 5,95 | > | 1 |
| Verifica pressoflessione - fuoco (saetta) | 10,45 | > | 1 |

Come mostrano i risultati riportati in tabella non risulta del tutto verificata la resistenza al fuoco della capriata del teatro di Copparo. E' quindi necessario agire sui suoi elementi critici con un aumento non eccessivo della sezione degli arcarecci e delle saette o con metodi di protezione passiva.

9.1.4 Possibile intervento di adeguamento

Il requisito di resistenza al fuoco della capriata in legno può avvenire con sistemi di protezione passiva, con l'aumento della sezione o combinando assieme le due possibilità.

Per orientare la scelta bisognerà tener conto del fatto che, se la verifica di resistenza al fuoco è molto lontana dall'essere verificata, la sezione senza protettivi dovrà essere aumentata notevolmente, aumentando di conseguenza il peso della struttura, perciò può essere meglio aumentare di poco la sezione e

proteggerla con una vernice di tipo intumescente che rallenti la sua carbonizzazione o lasciare inalterate le dimensioni degli elementi critici agendo soltanto con un sistema di protezione passiva.

La normativa vigente in materia di sicurezza e prevenzione incendi richiede una resistenza al fuoco per 60 minuti per gli elementi strutturali, si propone quindi un intervento di adeguamento tramite l'applicazione di vernice ignifuga intumescente sulla capriata in legno.

Essendo un unico sistema portante composto da diversi elementi, si decide di applicare la vernice intumescente su tutta la capriata, senza fare distinzioni tra elementi verificati e non verificati.

Come si può vedere dal grafico sottostante, nel caso di resistenza richiesta R60, la vernice intumescente, come altre soluzioni spray, può abbassare la velocità di carbonizzazione del legno fino a 0,45 mm/min.

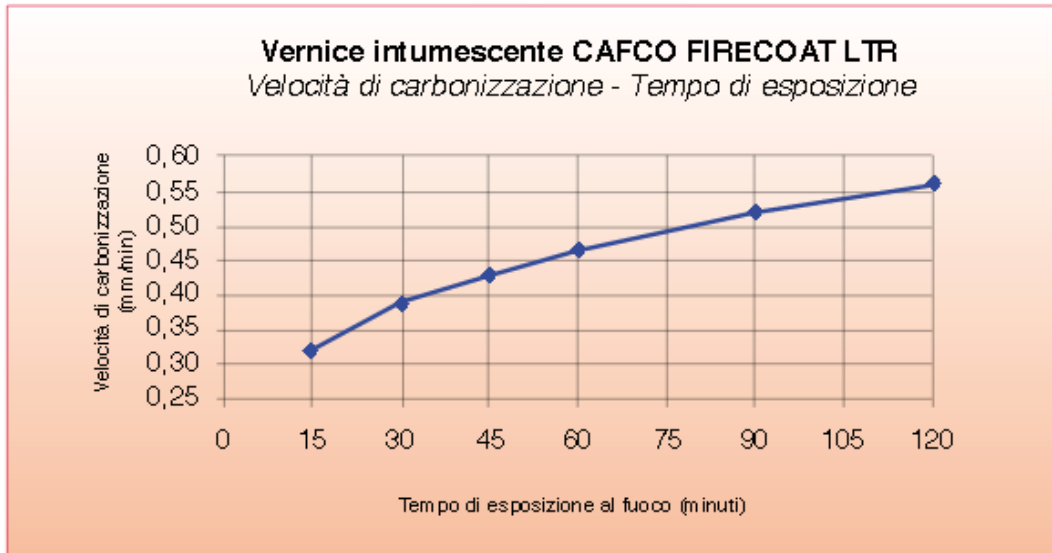


Figura 119 - Grafico velocità di carbonizzazione utilizzando vernice intumescente

La vernice intumescente per legno, utilizzabile per elementi strutturali, è un sistema costituito da un prodotto trasparente in soluzione acquosa monocomponente, in grado di generare una schiuma isolante e protettiva del



legno su cui è applicato, e da un prodotto di finitura trasparente a base solvente. Lo scopo è di ritardare l'azione di carbonizzazione del legno in caso di incendio.



Figura 120 - Applicazione vernice intumescente sulla capriata in legno

Questa soluzione permette quindi di proteggere dalle fiamme la capriata in legno senza interventi invasivi e costosi e senza aumentare il peso della struttura.

La posa in opera del prodotto può avvenire a spruzzo oppure a pennello, in tre mani da 250 g/m^2 ciascuna e distanziate almeno di 8 ore. Questo intervento porta la velocità di carbonizzazione a $0,45 \text{ mm/min}$ soddisfacendo le verifiche di resistenza di arcareccio e saetta in caso di incendio.

La nuova tensione di calcolo risulta infatti minore della tensione di resistenza, rendendo di fatto verificato la resistenza al fuoco R60 richiesta dalla normativa.

La vernice intumescente è applicata direttamente sulla capriata in legno precedentemente carteggiata, depolverata ed asciutta. Vecchie pitture o finiture dovranno essere rimosse poiché potrebbe pregiudicare il risultato finale del trattamento in mancanza di compatibilità.

Per una maggiore protezione della vernice intumescente, è necessario utilizzare una soluzione di finitura da applicare in una sola mano e senza riprese, entro 48 ore dall'essiccamento completo dell'ultima mano di vernice.

Per una completa descrizione dei prodotti, le modalità di applicazione, la compatibilità e la preparazione dei supporti si rimanda alla relativa documentazione in appendice.

Si riporta infine lo schema per la protezione al fuoco della capriata in legno del teatro di Copparo.

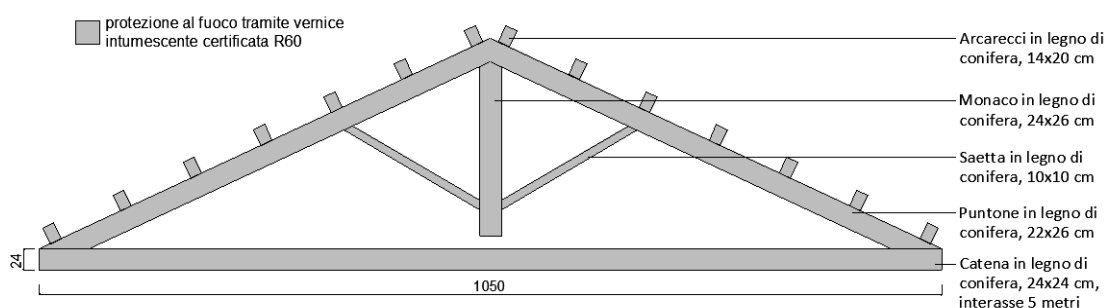


Figura 121 - Schema protezione capriata in legno

Un'alternativa alla vernice intumescente è l'utilizzo di un intonaco premiscelato leggero a base di gesso o a base di lana minerale per la protezione al fuoco di elementi in legno. Il gesso ha un ottimo comportamento al fuoco e questo tipo di intonaco può offrire un contributo alla resistenza R60 come richiesto dalla normativa vigente.

L'intonaco si presenta sotto forma di miscela leggera, di colore grigio chiaro, è quindi da evidenziare un possibile svantaggio per questa soluzione in quanto non permette di mantenere l'aspetto, il colore e le finiture originarie della struttura. Una soluzione a questo problema può essere la verniciatura dell'intonaco con pitture decorative di tipo acrilico e/o vinilico.

Si applica mediante spruzzatura uniforme sulle superfici da proteggere, ottenendo un rivestimento di buona qualità, senza giunti né fessurazioni.



Per una completa descrizione degli intonaci premiscelati a base di gesso e lana minerale e alle loro modalità di applicazione si rimanda alla relativa documentazione in appendice.

9.1.5 Ancoraggi e Giunzioni

Un aspetto importante nella verifica di solidità del sistema di copertura a capriata è l'ancoraggio di quest'ultima alla struttura perimetrale dell'edificio. Come già visto nei primi capitoli, sono stati numerosi i casi di incendi in teatri storici che hanno visto il collasso della copertura dovuto al distacco della capriata dalle pareti. La causa di tale evento è da ricercarsi nel modo in cui sono fissati tra loro gli elementi costituenti la capriata e il suo ancoraggio alla struttura portante del teatro.

La capriata del Teatro De Micheli di Copparo presenta un'evidente mancanza di un adeguato sistema di giunzioni e ancoraggi, aumentando di conseguenza il rischio di collasso prematuro della copertura in caso di eventi straordinari.



Figura 122 - Capriata esistente, da notare la mancanza di giunzioni tra gli elementi in legno

Le poche giunzioni presenti presentano un elevato stato di degrado, così da non poter più svolgere la loro funzione. E' necessario prevedere un nuovo sistema di piastre in acciaio, bulloni e tirafondi per il fissaggio della capriata. Per un'analisi più approfondita su questo problema, si studia il caso del Teatro "Stignani" di Imola.



Figura 123 - Particolare della giunzione tra due elementi in legno della copertura



9.2 CASO DI STUDIO N.2: TEATRO "EBE STIGNANI" - IMOLA

Come secondo esempio si analizza il caso del Teatro Ebe Stignani di Imola - Bologna, al cui interno è presente una capriata in legno a sorreggere la copertura.

9.2.1 Definizione della geometria e dei dettagli costruttivi

Il fabbricato in esame risale al 1855 ed è stato soggetto a ingenti lavori di ristrutturazione e messa a norma nel 2008 che hanno portato al rifacimento delle capriate e del loro sistema di ancoraggi.

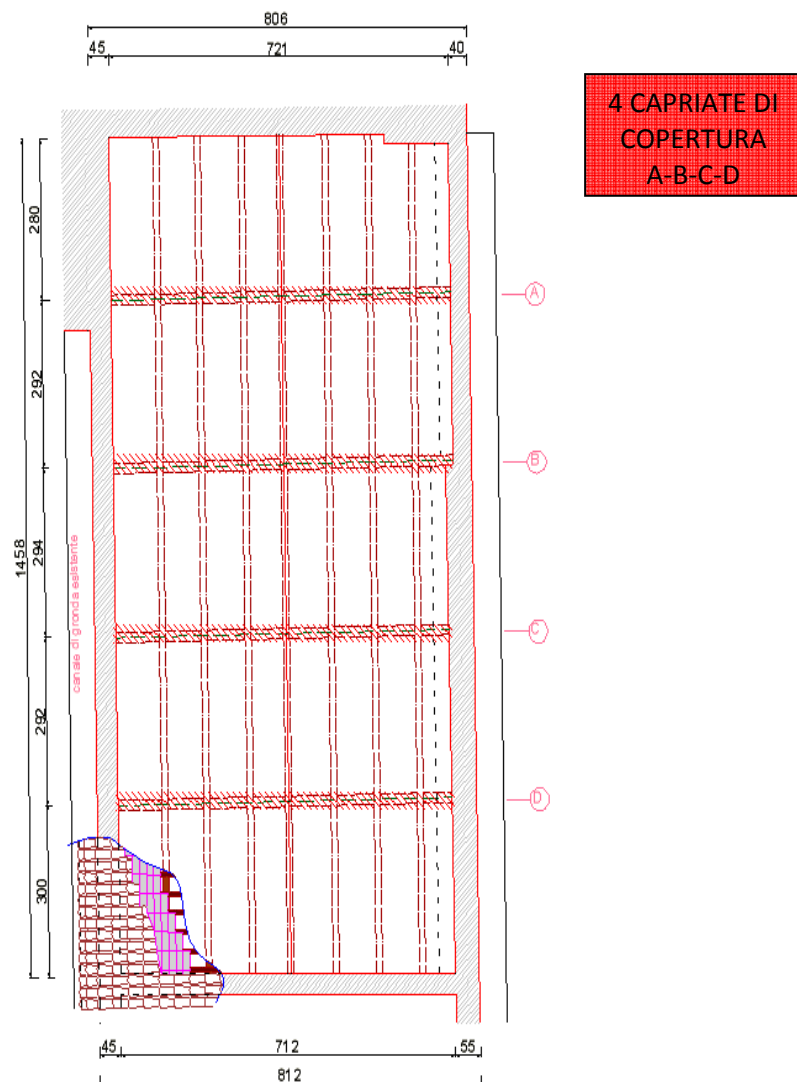


Figura 124 - Pianta copertura originaria - Teatro "Ebe Stignani" di Imola

Si riportano prospetto e dimensioni della capriata originaria e della sua copertura.

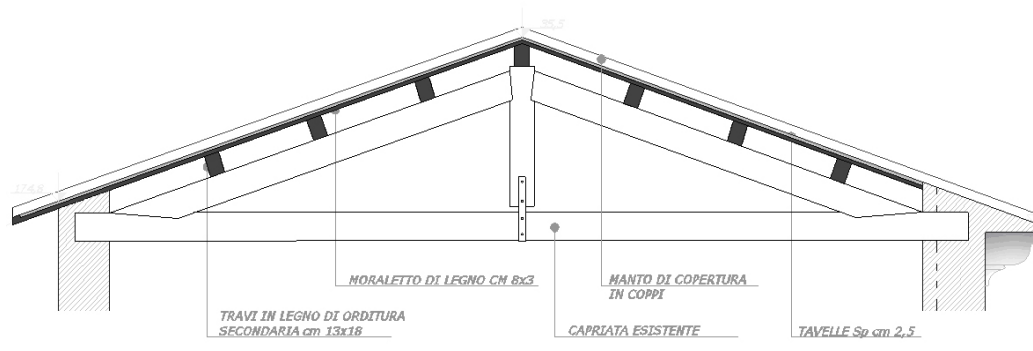


Figura 125 - Prospetto capriata esistente

Capriata originaria realizzata con elementi in legno di conifera.

Dimensioni catena: sezione 18x24 cm, luce 750 cm e interdistanza 294 cm.

Dimensione puntone: sezione 18x22 cm.

Dimensione monaco: sezione 18x24 cm.

Dimensione arcareccio: sezione 13x18 cm.

Il manto di copertura originario è realizzato in coppi poggianti su tavelle di spessore 2,5 cm.

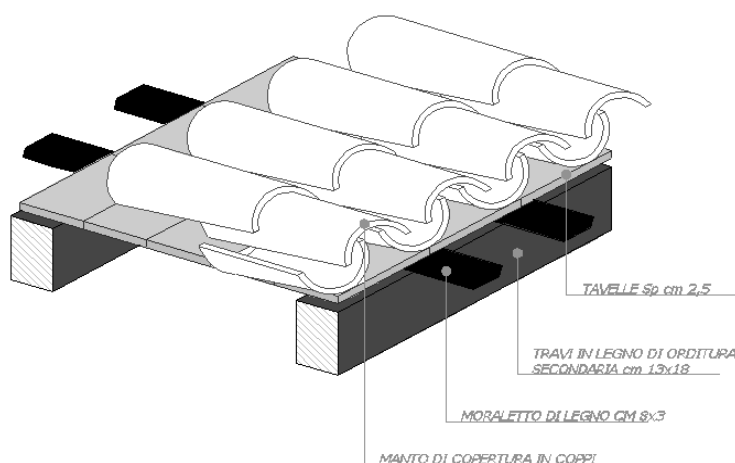


Figura 126 - Manto di copertura originario

9.2.2 Possibile intervento di adeguamento

L'intervento di consolidamento e messa norma ha portato al rifacimento completo del sistema di capriate e del manto di copertura. E' stata aumentata la sezione di tutti gli elementi in legno che compongono la capriata, così da avere una migliore resistenza meccanica. Il manto di copertura è stato invece modificato con l'aggiunta di una barriera al vapore, un isolante e una guaina impermeabile così da migliorare le prestazioni di isolamento.

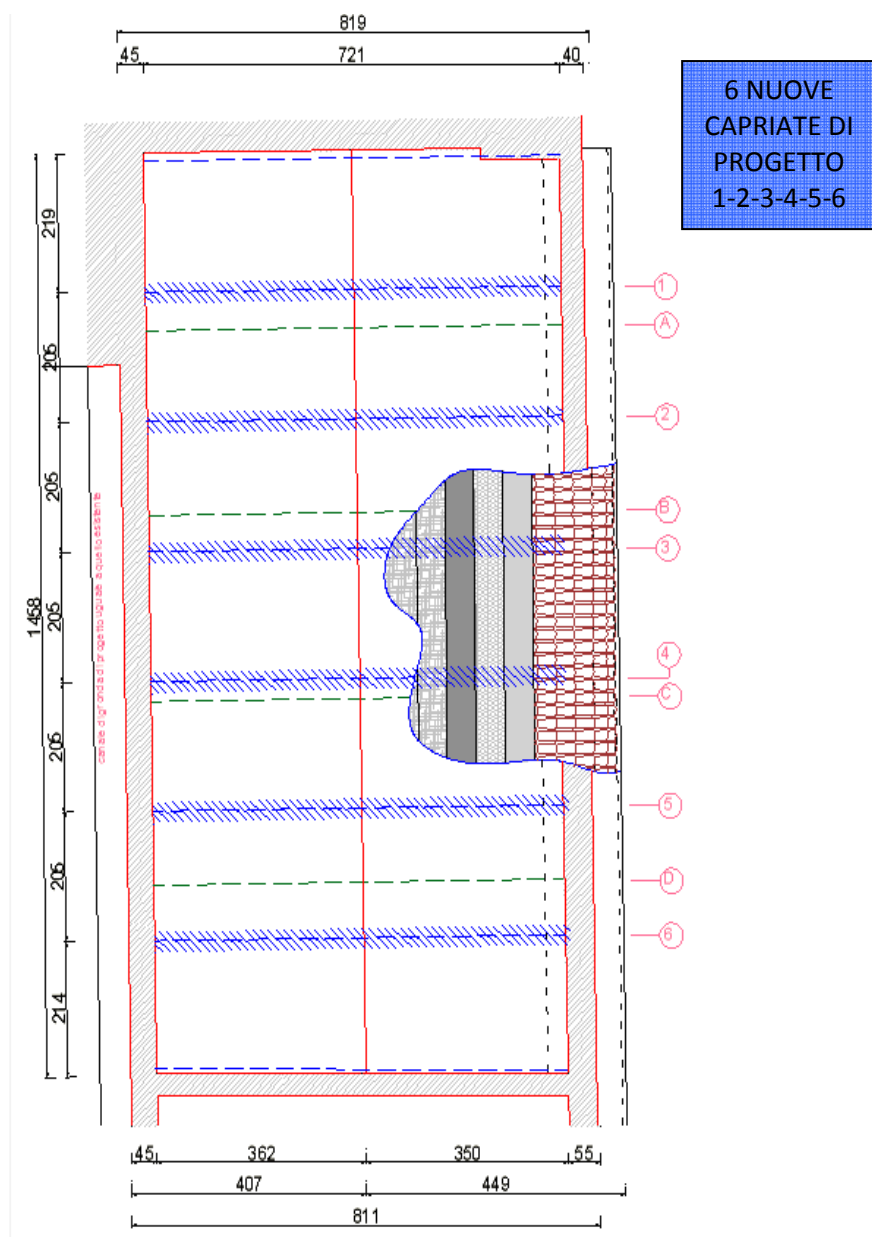


Figura 127 - Pianta copertura di progetto - Teatro "Ebe Stignani" di Imola

LA SICUREZZA AL FUOCO NEI TEATRI STORICI
Adeguamento delle opere strutturali alla normativa antincendio

Si riportano prospetto e dimensioni della nuova capriata e della sua copertura.

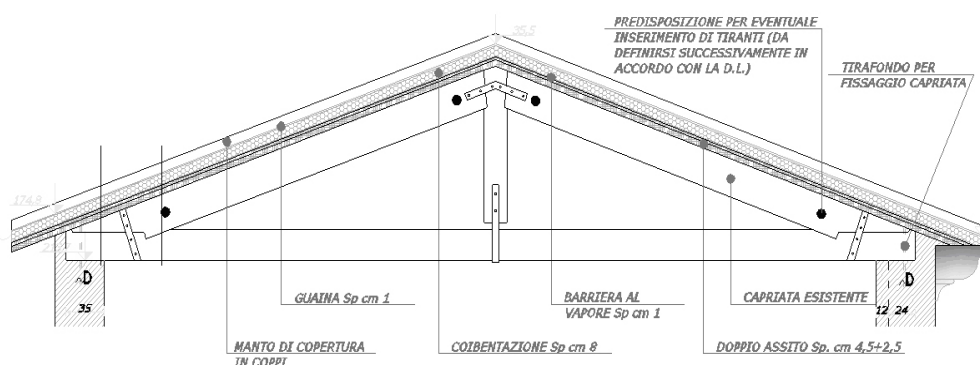


Figura 128 - Prospetto nuova capriata di progetto

Dimensioni nuova catena: sezione 24x26 cm, luce 750 cm e interdistanza 205 cm.

Dimensione nuovo puntone: sezione 24x30 cm.

Dimensione nuovo monaco: sezione 24x22 cm.

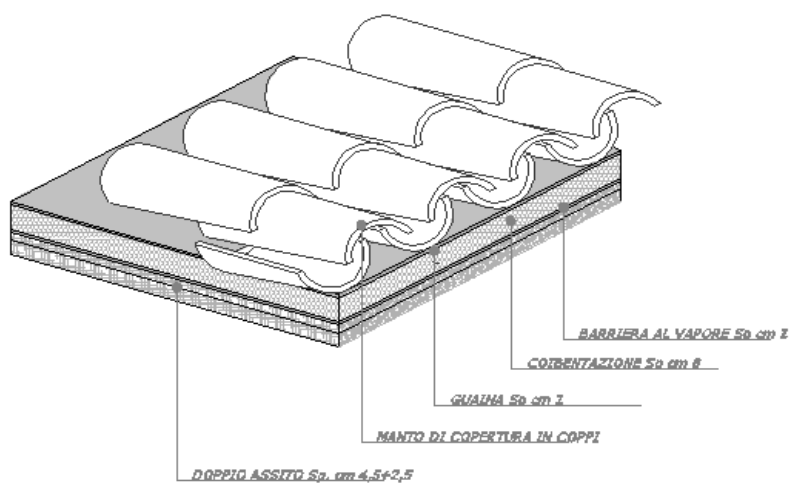


Figura 129 - Manto di copertura di progetto

La normativa vigente prevede una resistenza al fuoco R90 per edifici con altezza antincendio maggiore di 12 metri come nel caso del teatro di Imola. La richiesta è soddisfatta con i nuovi spessori della capriata e con l'applicazione di vernice intumescente sulla sua superficie.

9.2.3 Ancoraggi e Giunzioni

Il sistema di copertura originario era sprovvisto di ancoraggi e giunzioni, quindi maggiormente esposto al rischio di collasso prematuro della capriata in caso di eventi straordinari come un incendio.

Per garantire una maggior solidità e resistenza della copertura è stato quindi progettato un sistema di giunzioni tra gli elementi della capriata e tra la capriata stessa e la struttura perimetrale del teatro.

L'ancoraggio della capriata alla muratura avviene tramite tirafondo con bolzone ammarato nella muratura per 80 cm con legante idraulico e avvitato sopra con dado a rondella.

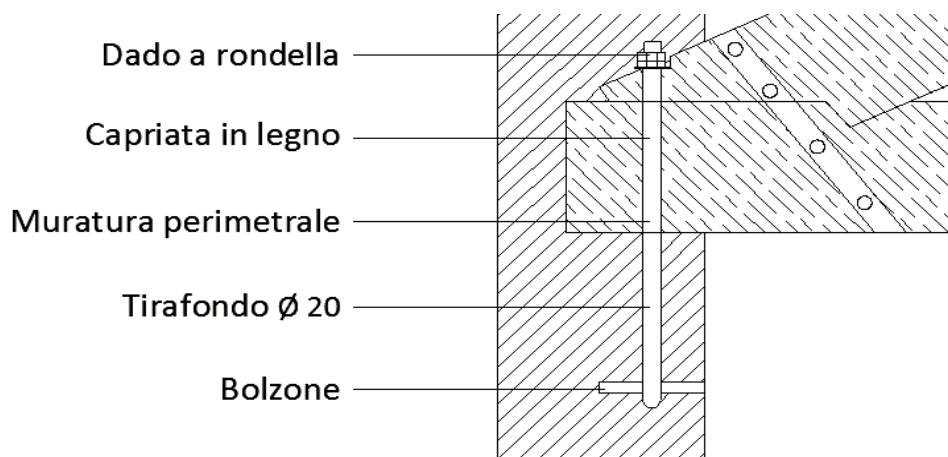
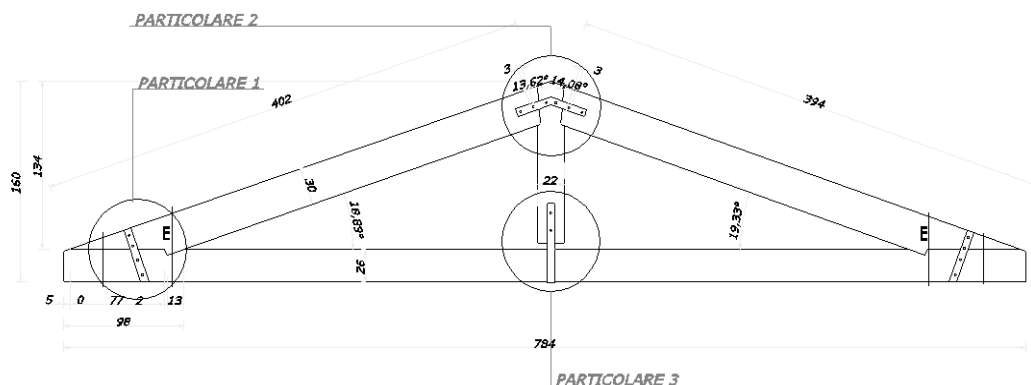


Figura 130 - Ancoraggio capriata alla muratura perimetrale

Si analizzano nel dettaglio le soluzioni adottate per i tre diversi collegamenti.



- Collegamento 1: Catena - Puntone

Il rinforzo del collegamento tra catena e puntone è avvenuto tramite l'utilizzo di una piastra in acciaio Fe360, spessa 60x8 mm, che va ad avvolgere i due elementi. Il fissaggio della piastra è avvenuto tramite barre filettate DN 16mm.

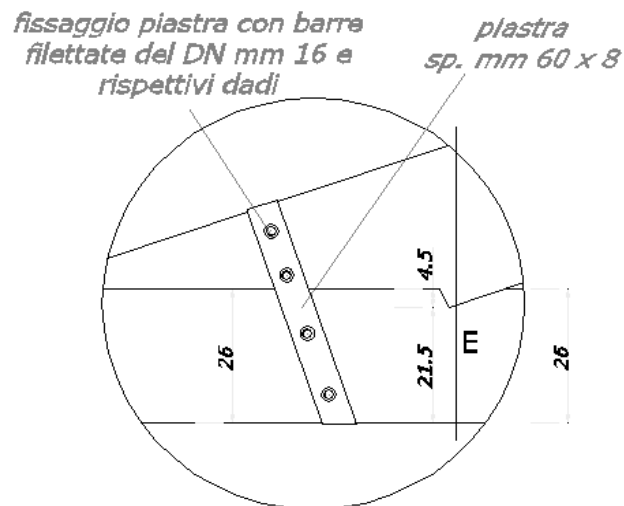


Figura 131 - Particolare 1, collegamento Catena-Puntone

Per la protezione al fuoco del collegamento Catena-Puntone bisogna prevedere un trattamento con vernice intumescente di tipo certificato REI90. Questa va applicata sulla piastra in acciaio, a pennello o a spruzzo, a tre o più riprese distanziate nel tempo.



Figura 132 - Esempio collegamento Catena-Puntone tramite piastra in acciaio



- Collegamento 2: Monaco - Puntone

Il rinforzo del collegamento tra monaco e i due puntone è avvenuto tramite l'utilizzo di una piastra in acciaio Fe360, spessa 60x6 mm. Il fissaggio della piastra è avvenuto tramite barre filettate DN 16mm.

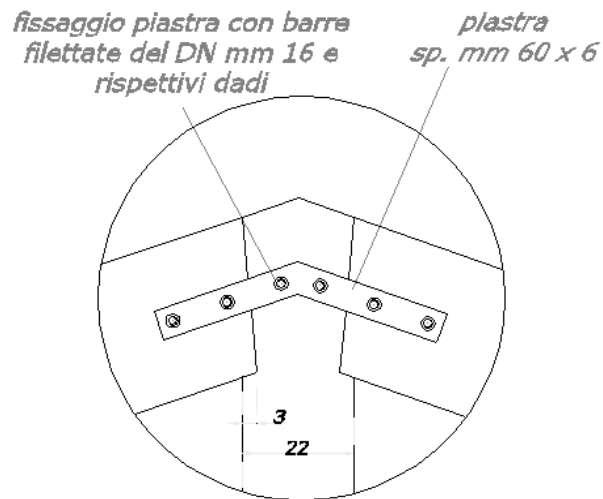


Figura 133 - Particolare 2, collegamento Monaco-Puntone

Per la protezione al fuoco del collegamento Monaco-Puntone bisogna prevedere un trattamento con vernice intumescente di tipo certificato REI90. Questa va applicata sulla superficie della piastra, a pennello o a spruzzo, a tre o più riprese distanziate nel tempo.



Figura 134 - Esempio collegamento Monaco-Puntone tramite piastra in acciaio

- Collegamento 3: Catena - Monaco

Il collegamento tra catena e monaco è avvenuto tramite l'utilizzo di una piastra a U in acciaio Fe360, spessa 60x8 mm, che viene imbullonata alle due facce del monaco girando intorno alla catena. Il fissaggio della piastra è avvenuto tramite barre filettate DN 16mm.

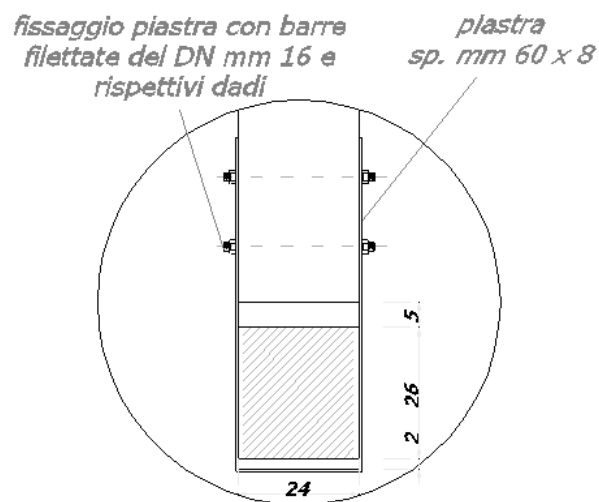


Figura 135 - Particolare 3, collegamento Catena-Monaco

Per la protezione al fuoco del collegamento Catena-Monaco bisogna prevedere un trattamento con vernice intumescente di tipo certificato REI90. Questa va applicata direttamente sulla superficie della piastra in acciaio, a pennello o a spruzzo, a tre o più riprese distanziate nel tempo.



10. VOLTA IN CAMORCANNA

La volta in camorcanna, più comunemente detta plafone, costituisce la sommità dell'involucro interno del teatro e ha la funzione primaria di separare la sala dal sottotetto.

Nello specifico si decide di considerare la volta in camorcanna non come un normale solaio ma come un controsoffitto a membrana, per cui sarà necessario garantire la tenuta alle fiamme, ai gas caldi e l'isolamento termico per il tempo necessario a evacuare il teatro. La normativa vigente richiede infatti una resistenza al fuoco EI da 60 a 120 minuti in base all'altezza antincendio dell'edificio.



Figura 136 - Il plafone del teatro "dei Filarmonici" di Ascoli Piceno

Prima ancora del comportamento al fuoco della volta, è necessario verificare la sua situazione statica. Molte volte in camorcanna si trovano oggi in precarie condizioni di conservazione, sia per fattori di degrado dei materiali con cui sono costituiti, sia per l'insorgere di fenomeni di dissesto connessi ad eventi particolari come sismi, incendi e molto più frequentemente sconessioni che caratterizzano la struttura portante delle volte e cioè centine e stuoiato. Il degrado naturale di queste strutture è fortemente condizionante, in quanto canne, gesso, legno e collegamenti metallici, sono elementi fortemente deteriorabili, se si aggiunge inoltre che tali elementi sono posizionati a separazione di un sottotetto ed un vano adibito con forti sbalzi termici e molte volte soggette ad infiltrazione di acqua piovana, è facile intuire i degradi che si possono innestare in tali strutture.

10.1 CASO DI STUDIO: TEATRO "DEI FILARMONICI" - ASCOLI PICENO

Come esempio si analizza il caso del Teatro dei Filarmonici di Ascoli Piceno, oggetto di un intervento di consolidamento e adeguamento del plafone.



Figura 137 - Il plafone del teatro "dei Filarmonici" dopo l'intervento



La volta può essere suddivisa in due parti:

- zona centrale: volta policentrica, con centine lignee parallele e tambocchi ortogonali (in verde);
- zona opposta al boccascena: semi - cupola con orditura lignea disposta a raggiera e tambocchi nei paralleli (in giallo).

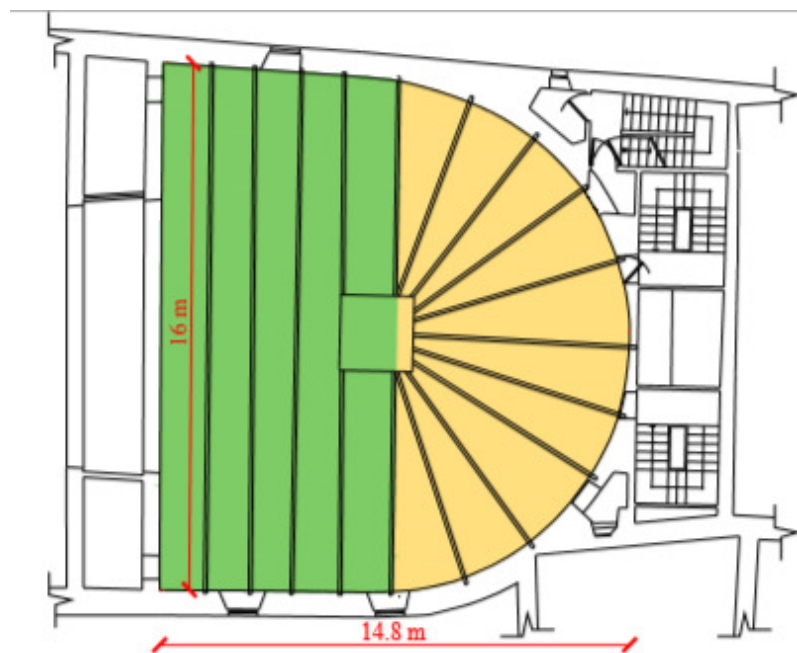


Figura 138 - Schema di suddivisione della volta

Geometria:

Luce massima L_{max} : circa 16,00 m;

Luce minima L_{min} : circa 15,60 m;

Lunghezza L : circa 14,80 m

Area platea: 103 mq circa;

Area loggione: 100 mq circa;

Area complessiva ($A_{platea} + A_{loggione}$): 203 mq circa.

10.1.1 Analisi e stato di fatto

Le volte in camorcanna dei teatri storici sono caratterizzate in genere da una bassa curvatura, per cui hanno poca resistenza per forma e sono sollecitate per lo più a flessione. A causa del cattivo stato di manutenzione in cui si trovano molti teatri, in molti casi si rileva la perdita di efficienza delle sospensioni. Tale malfunzionamento provoca abbassamenti differenziali delle centine che causano variazioni di forma e la fessurazione dell'intonaco e conseguentemente il danneggiamento delle decorazioni intradossali che esso porta.



Figura 139 - Il plafone del teatro dei Filarmonici prima dell'intervento

L'intervento di recupero è costituito da più fasi, in quanto queste strutture presentano un sistema costruttivo complesso. Le fasi del recupero interessano prima le strutture portanti, quindi centine e tambocci, poi lo stuoiato, l'intonaco, gli stucchi e infine le pitture e le decorazioni se la volta presenta ornamenti di pregio. Per poter agire in modo mirato e consapevole è necessario come prima cosa accertarsi delle condizioni della struttura. Questa prima fase può quindi essere così articolata:



- 1) pulizia completa delle parti lignee, con spazzolatura, raschiatura del legno degradato, aspirazione di tutti i residui di deposito, polvere e sporco. Si può procedere anche con sabbiatura a pressione controllata per eliminare completamente le fibre degradate raggiungendo così la parte più interna di legno sano;
- 2) controllo visivo e strumentale dello stato di conservazione di tutti gli elementi, per poter definire le zone in cui intervenire successivamente. La stessa cosa vale anche per le decorazioni dell'intonaco;
- 3) eventuali analisi di laboratorio per determinare le proprietà dei materiali presenti e operare quindi con interventi compatibili, evitando così di utilizzare materiali e sostanze che potrebbero alterare chimicamente e fisicamente gli elementi originali.

Nel caso del teatro "Dei Filarmonici" è stato rilevato il seguente sistema costruttivo:

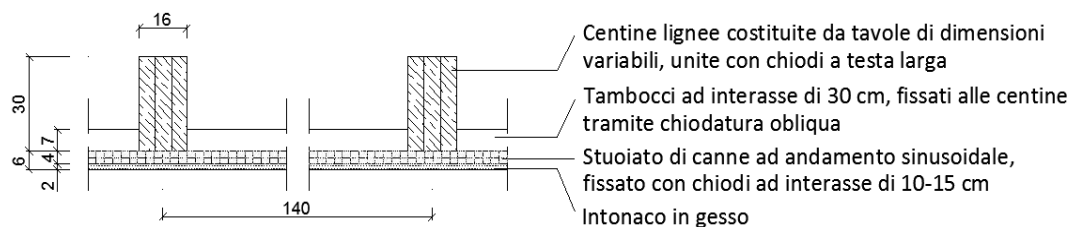


Figura 140 - Stratigrafia volta in camorcanna del teatro "dei Filarmonici"

Struttura portante lignea della porzione a semi-cupola:

- Orditura principale costituita da 9 centine arcuate;
- Orditura secondaria composta da tambocchi di controventamento tra le centine, ad interasse di 30 cm circa (Sezione 3,5x4-7 cm).

Struttura portante lignea della porzione policentrica:

- Orditura principale costituita da 5 centine parallele ad interasse variabile compreso tra 1,35-1,70 m;
- Orditura secondaria composta da tambocchi di controventamento tra le centine, disposti ortogonalmente, ad interasse di 30 cm circa (Sezione 3,5x 4-7 cm).

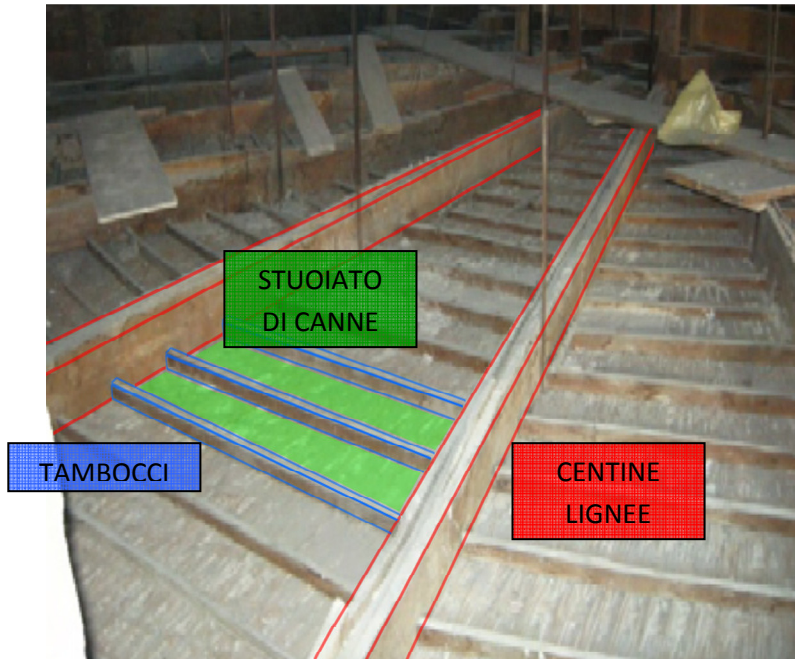


Figura 141 - Estradosso del plafone

Composizione centine:

- Accostamento di 2-4 tavole della lunghezza variabile di 70-100 cm, disposte per coltello a formare uno spessore di 12-16 cm circa e altezza variabile tra 20 e 30 cm circa.

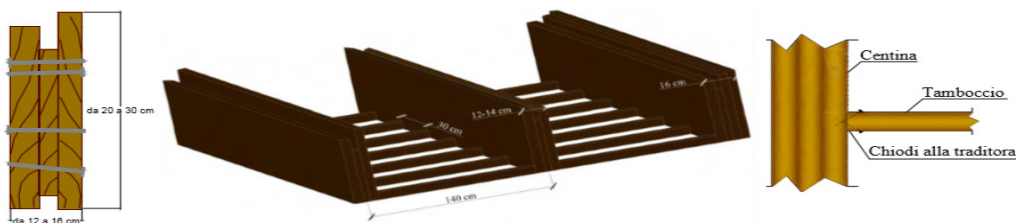


Figura 142 - Schema disposizione delle centine e della chiodatura



Chiodature tra tavole:

- Chiodi a testa larga di lunghezza circa 15 cm, ribattuti.

Chiodature tra centine e tambocchi:

- Chiodatura obliqua.

Composizione stuoiato di canne:

- Stuoiato di canne del diametro di 1-2 cm circa;
- Tessitura costituita da fasce di 4-5 canne accostate tra loro. Ortogonalmente sono intervallate da fasce ugualmente composte ad interasse di 10-20 cm circa, a formare una maglia bi-ordita ortogonale;
- L'andamento delle canne affiancate è "sinusoidale", quello dei fasci di canne è rettilineo.



Figura 143 - Stuoiato con fasci di canne ad andamento sinusoidale

Consistenza chiodature tra stuoiato di canne e struttura lignea:

- Il collegamento dello stuoiato con le centine ed i tambocchi è costituito da chiodi "ribattuti" ad interasse di 10-15 cm circa.

Intonaco:

Intonaco di circa 2 cm di spessore;

Presenza di 2 strati ben definiti e poco aderenti.



Figura 144 - Particolare dell'intonaco su stuoio di canne

Legante e inerti impiegati per intonaco:

Gesso e tracce di silice dovuta probabilmente ad un'aggiunta pozzolanica.



Figura 145 - Intradosso della volta in camorcanna prima dell'intervento



10.1.2 Consolidamento e adeguamento

Completata la fase conoscitiva si può procedere con quella del consolidamento e adeguamento, partendo dalle strutture principali, le centine, passando poi ai tambocci e infine allo stuoiato. Prima di procedere con questa fase è però necessario intervenire per contrastare le cause del degrado del legno, cioè insetti e funghi: si devono quindi trattare le centine, i tambocci e il cannucciato con sostanze insetticide e biocide, applicate per impregnazione, a rullo, a pennello o con spruzzo in quantità proporzionali alla capacità di assorbimento dei vari tipi di legno. Inoltre per evitare il ristagno dell'aria umida con conseguente proliferazione di funghi e marcimento, è consigliabile, di ricavare se non già presenti, nicchie o aperture nelle pareti del sottotetto, cioè tra la copertura dell'edificio e la camorcanna, per consentire una buona ventilazione dell'aria e tenere così un'umidità del legno inferiore al 20%.

Il consolidamento si divide quindi in:

1) consolidamento delle centine: nel caso in cui la centina è completamente degradata si deve procedere alla sua sostituzione con una di legno nuovo agganciata alle murature con barre filettate o con un supporto metallico, inserendo poi degli agganci puntuali per unirla alla camorcanna. Se la centina non è interamente danneggiata è consigliabile non sostituirla, intervenendo solo sulla parte ammalorata con protesi lignee fissate con barre e resine epossidiche alla parte sana. Se si constata che la sezione delle centine è insufficiente, questa può essere aumentata aggiungendo ulteriori tavole in legno chiodandole a fianco di quelle esistenti, oppure inserendo dei profilati metallici. Nel caso in cui oltre al degrado delle centine si ha anche quello delle connessioni centina-camorcanna, si provvede alla fasciatura parziale o totale della centina stessa, risvoltando poi il tutto sulla camorcanna, con un sistema a base di resine epossidiche e fibre di vetro;

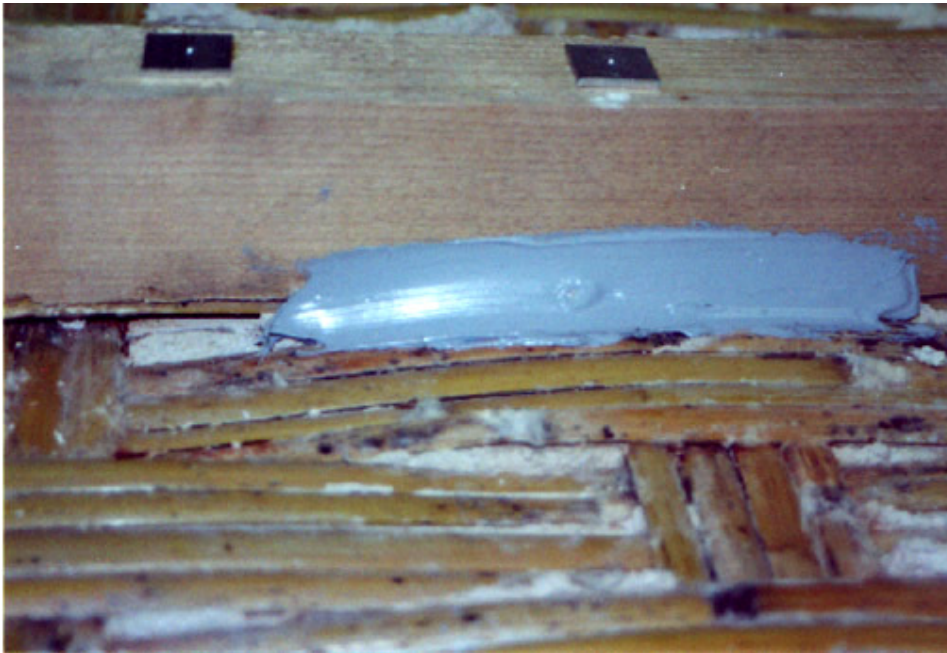


Figura 146 - Cordone di resina epossidica tra centina e camorcanna

2) consolidamento dei tambocchi: essendo il loro compito quello di controventare le centine e fornire ulteriore supporto per la chiodatura dello stuoiato, non sono soggetti a grandi sollecitazioni, quindi si trovano spesso in buono stato. Se presentano un degrado possono essere sostituiti con legni nuovi;



Figura 147 - Consolidamento centine con nuove tavole e nuovi tambocchi



3) consolidamento del cannucciato e degli aggrappi con l'intonaco: nei punti in cui lo stuoiato è molto degradato o dove ne sono venute meno intere parti, è possibile sostituirlo con un nuovo cannucciato che deve essere ben ammorsato a quello sano esistente. Per rinforzare i ponti di malta si può procedere con interventi puntuali con malte o resine epossidiche e fibra di vetro. In passato venivano molto usati la tela di juta e il gesso, il vantaggio risiedeva nella similitudine con il materiale originario, lo svantaggio era però quello dell'elevato aumento di peso sulla camorcanna e l'elevata igroscopicità del gesso.



Figura 148 - Realizzazione del nuovo stuoiato

La terza fase è quella del recupero dell'intonaco intradossale. Per contrastare il suo degrado è necessario procedere con iniezioni puntuali di resine riempitive miste a inerti. In questo modo si contrastano le fessurazioni della malta e il distacco tra gli strati di applicazione dell'intonaco.

Terminata la fase di consolidamento della volta in camorcanna è necessario procedere con l'adeguamento antincendio. E' infatti necessario proteggere al fuoco la volta applicando metodi di protezione passiva al suo estradosso.

Si analizzano più nel dettaglio i vari interventi possibili.

10.2 Possibile intervento di adeguamento

Il consolidamento della volta in camorcanna è alla base dell'intervento di adeguamento alla sicurezza antincendio. Una volta intervenuti sulla struttura sarà possibile prevedere degli accorgimenti per la resistenza al fuoco.

10.2.1 Intervento sulla struttura lignea

Nel caso in cui le centine presentino un lieve degrado, possono essere consolidate applicando un rinforzo composto da una resina epossidica in aderenza ai fianchi delle centine nell'angolo di contatto tra le centine stesse e la camorcanna. E' consigliabile usare resine a basso peso specifico per limitare il peso sulla camorcanna, e con modulo elastico simile a quello del legno per ottenere un sistema elastico collaborante alle deformazioni, evitando che tutti gli sforzi vengano contrastati solo dalla resina di supporto.



Figura 149 - Applicazione di un cordone di resina epossidica tra centina e stuoiato

Se le centine sono maggiormente degradate, possono essere interamente rivestite sulla loro superficie, per 3 cm di spessore, con la stessa resina vista prima, eventualmente armata in senso longitudinale con barre in vetroresina e fibre di vetro, che viene così a costituire un supporto a U rovesciata che ingloba l'intera



centina, svolgendo quindi per intero il compito strutturale che la vecchia centina non è più in grado di assicurare.

La stessa funzione, nel caso in cui le centine non presentino più i requisiti di resistenza, svolta dal profilo a U in resina, può essere ottenuta con l'impiego di profilati metallici in acciaio imbullonati ai lati delle centine ed eventualmente collegati con tiranti alla struttura lignea della copertura sovrastante. Invece degli elementi in acciaio possono essere utilizzate anche nuove tavole di legno affiancate a quelle originali, e ad esse collegate con chiodatura o bullonatura.



Figura 150 - Sospensione della centina con tirante e profilo in acciaio imbullonato

In molti casi può essere utile migliorare i collegamenti esistenti tra le tavole delle centine, inserendo elementi trasversali filettati in acciaio con dadi e rondelle, oppure pioli in vetroresina.

Se alcune parti delle centine risultano molto degradate è possibile sostituirle con parti realizzate in resina epossidica armata, se necessario, con barre in vetroresina o con fibre di vetro; però vista la discontinuità che si viene a creare dal punto di vista delle resistenze e delle rigidità, è preferibile utilizzare protesi di legno nuovo invece che il materiale plastico; il nuovo legno deve avere caratteristiche simili a quello originale.

10.2.2 Intervento sulla connessione Centina - Stuoiato

Gli interventi sulle connessioni centina-stuoiato, servono a ripristinare e migliorare le connessioni tra la struttura lignea e la stuoia di canne. Sono necessari quando la chiodatura fra stuoiato e centine non è più efficiente e quindi si rischia il distacco della camorcanna dalla struttura portante. Vista l'impossibilità di praticare nuove chiodature dall'intradosso, per la presenza dell'intonaco, è necessario operare all'estradosso con collanti.



Figura 151 - Distacco tra struttura lignea e stuoiato



Un possibile intervento consiste nell'applicare spezzoni di legno di circa 20 cm incollati con resina epossidica ai lati delle centine e alla superficie dello stuoiato, ottenendo collegamenti puntuali che non vanno a interferire con la capacità traspirante della camorcanna.

In alternativa possono essere praticate applicazioni a bassa pressione di una resina epossidica, con modulo elastico molto basso ed elevato potere adesivo. La resina può essere applicata anche in corrispondenza dei tambocchi e dei paconcelli. Utilizzando un prodotto del genere non c'è il rischio che la resina fuoriesca all'intradosso macchiando la superficie decorata; infatti questi materiali hanno la proprietà di essere gelatinosi a riposo, diventare liquidi se agitati, e ritornare subito gelatinosi non appena finisce l'agitazione.

Infine possono essere eseguiti raccordi angolari, tra elementi lignei e stuoiato, o con l'applicazione a tratti di un cordone di 1,5 cm di lato di resina epossidica, oppure con stuoie di fibre di vetro impregnate di resina.

10.2.3 Intervento sulla camorcanna

Sono quegli interventi che servono a migliorare o ripristinare i collegamenti fra lo stuoiato e l'intonaco sottostante.



Figura 152 - Sovrapposizione dello stuoiato nuovo con il vecchio

Se il degrado della stuoia è di piccola dimensione, si può stendere un nuovo tessuto di canne da ammorsare al cannucciato sano, collegandolo all'intonaco intradossale con resine o malte. Il nuovo stuoio può essere realizzato anche con materiali moderni come le fibre di vetro immerse in resine epossidiche.

Se i ponti di malta sono scarsi è possibile ricorrere ad applicazioni puntuali di malte di calce idraulica additivate con resine, per consolidare l'intonaco e fissarlo alle canne.

10.2.4 Sistema a fasciature

Se il collegamento tra stuoio e intonaco è danneggiato per una zona relativamente estesa, è possibile creare una soletta di calce estesa a tutto l'estradosso. Questa "cappa" estradossale, di 1÷2 cm di spessore, ricrea il collegamento fra l'intonaco refluito tra le canne e le canne stesse; deve essere applicata dopo l'accurata pulizia della superficie e dopo il trattamento biocida eseguito sul cannucciato, inoltre può essere steso anche dell'adesivante sul cannucciato per migliorarne il collegamento con la cappa.



Figura 153 - Stuccatura dell'estradosso

Il sistema più utilizzato in passato per la realizzazione della cappa era costituito dall'impiego di tela di juta e gesso: venivano applicati alternati uno strato di tela, eventualmente risvoltato sulle centine, e uno di gesso, ricoprendo l'intera volta. Gli svantaggi di questo sistema, oggi in disuso, risiedono nelle modifiche alla traspirabilità della camorcanna una volta ricoperta dalla cappa, e nell'elevata igroscopicità del gesso; inoltre la volta originale risulta molto appesantita da questo intervento che spesso prevede spessori della fasciatura anche maggiori di quello dell'intonaco sottostante.

L'alternativa a questa tecnica è l'impiego dei moderni materiali compositi, cioè gli FRP (Fiber Reinforced Plastic) che, grazie alle loro elevate proprietà meccaniche, possono essere applicati con spessori di soli alcuni millimetri, non andando così a incrementare eccessivamente il carico gravante sulla camorcanna.

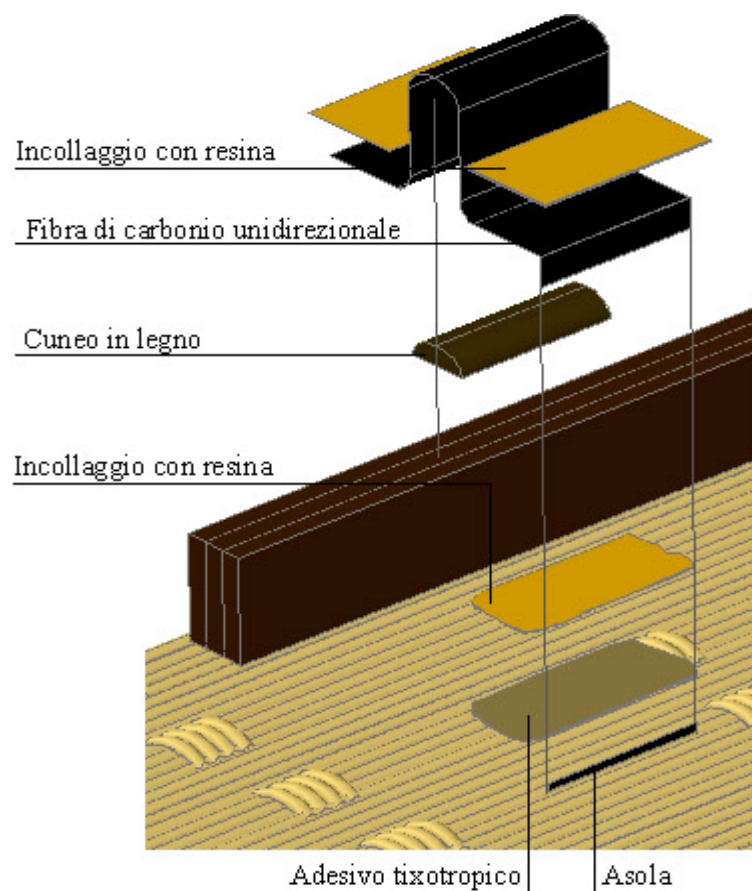


Figura 154 - Schema del consolidamento estradossale tramite FRP

Le fibre di vetro sostituiscono la tela di juta e le resine epossidiche sostituiscono il gesso, evitando i problemi di igroscopicità e peso di quest'ultimo.

L'intervento consiste nell'applicazione di più strati consolidanti e le fasciature, se risvoltate sulle centine, possono svolgere anche il compito di rinforzo strutturale per quest'ultime, fino a poter anche arrivare a ricoprire tutta la volta, formando una cappa estradossale.

Dopo aver pulito lo stuoiato si applica una resina ad alta penetrazione che serve a consolidare e rendere antipolvere la superficie d'appoggio. Poi si stende uno strato di 2÷3 cm di resina epossidica adesiva e vi si immerge a fresco uno strato di tessuto di fibre di vetro. Si applica poi un ulteriore strato di resina. Se necessario si ripete stendendo un secondo strato di fibre di vetro e resina.



Figura 155 - Dettaglio del consolidamento tramite FRP

Il vantaggio di questa tecnica risiede nella maggior leggerezza e minor rigidità rispetto al sistema a tela di juta e gesso.



Gli svantaggi che si presentano sono:

- la bassissima permeabilità che presentano questi materiali compositi, che possono portare quindi a una non corretta traspirazione del sistema, in particolare se tale intervento viene eseguito a cappa continua, ricoprendo l'intera volta. E' consigliabile quindi ricorrere a fasciature parziali o puntuali della volta, lasciando libero il più possibile il cannucciato;

- se la cappa viene estesa all'intera volta, si crea un irrigidimento di tutte le connessioni fra gli elementi della struttura, con conseguente cambiamento del comportamento strutturale, passando da un sistema in cui la camorcanna si trova semplicemente appesa alle centine, a uno dal comportamento unitario in cui la camorcanna, a parità di carico sia statico che dinamico, viene maggiormente sollecitata e deve svolgere compiti strutturali assenti nel sistema originale. Infatti i piccoli spostamenti provocati da un qualsiasi carico, sono assorbiti senza troppo danno dalla camorcanna, grazie alla deformabilità delle strutture lignee, la flessibilità delle membrature e la duttilità delle connessioni. Proprio le elevate deformabilità dei collegamenti garantiscono un'adeguata risposta ai carichi: la possibilità di scorrimenti relativi permette una parziale indipendenza tra lo stuoiato e le centine che trasmettono l'azione accidentale, così questa arriva smorzata all'intonaco decorato che quindi non si danneggia.

Quindi, per questi motivi, deve essere evitata la copertura a cappa continua estradossale con FRP. Allo stesso modo è da evitarsi anche la fasciatura solo tra le centine senza risvoltarla su quest'ultime.

10.2.5 Materiali composti fibrosi (FRP)

I materiali compositi fibrosi a matrice polimerica FRP (fiber reinforced polymers) sono formati da una matrice polimerica organica nella quale vengono annegate le

fibre, rigidamente connesse ad essa. Sono eterogenei ed anisotropi e mostrano un comportamento prevalentemente elastico lineare fino al collasso.

I materiali FRP sono nati negli anni '40 per la realizzazione di manufatti in ambiti navale, meccanico ed aerospaziale, utilizzando le fibre di vetro (vetroresina). Negli anni '60 si è iniziato ad utilizzare le fibre di carbonio e successivamente quelle in aramide (kevlar).

La matrice mantiene le fibre unite, le protegge dall'ambiente circostante e permette il trasferimento delle sollecitazioni esterne e la collaborazione tra le fibre stesse.

Le fibre, che svolgono la funzione resistente del composito, possono essere discontinue o continue. Nel primo caso le fibre sono corte e disposte generalmente in modo casuale all'interno della matrice. Nel secondo caso sono allineate secondo un'unica direzione per formare nastri, tessuti e lamine; con il loro orientamento definiscono così la direzione privilegiata di resistenza del materiale composito, e si parla di composti unidirezionali e si ottengono proprietà del materiale particolarmente anisotrope.



Figura 156 - Utilizzo di fasce di FRP all'estradosso del plafone



I compositi formati da un solo strato di fibre prendono il nome di lamine, hanno uno spessore di qualche decimo di millimetro; più lamine sovrapposte costituiscono un laminato.

10.2.5.1 Comportamento al fuoco dei rinforzi FRP

Nel caso di rinforzo con FRP sono due gli aspetti che interessano fondamentalmente nel comportamento del materiale, che è possibile sintetizzare nei termini abituali di reazione e resistenza al fuoco. Nel caso di reazione al fuoco, interessano gli aspetti riferiti alla facilità di ignizione, alla combustibilità, alla generazione di fumi e sostanze tossiche. Nel caso di resistenza al fuoco, interessano la perdita di efficienza meccanica del rinforzo, sia per perdita di aderenza con la struttura sia per perdita delle proprietà del rinforzo stesso.

La reazione al fuoco dell'FRP dipende fondamentalmente dal tipo e dalla frazione di volume della matrice e dalla presenza di additivi nella stessa. In fase di progettazione è quindi necessario tenere conto degli aspetti economici e della possibile riduzione delle proprietà meccaniche.

La pericolosità dei prodotti di reazione, quantità di fumi e sostanze tossiche, dipende naturalmente dalla quantità di rinforzo, alla proporzione volumetrica della matrice e dalla posizione in cui è applicato il rinforzo.

Per considerare la perdita di resistenza dell'FRP all'aumento della temperatura si deve tenere conto del comportamento di ognuno dei suoi componenti, ovvero la fibra, la matrice e l'adesivo sul supporto.

Tutte le fibre sperimentano una perdita di resistenza con l'aumento della temperatura, sensibile nel caso di fibre di vetro e minore nel caso del carbonio.

Il comportamento delle matrici è più sensibile alla temperatura. Le matrici termoindurenti, tipiche di questi casi, si degradano, si scompongono o

carbonizzano all'aumentare della temperatura, ma non si ammorbidiscono né fondono come le termoplastiche. Le resine poliestere possono essere usate fino alla temperatura di 100-140°C, mentre quelle vinilestere fino a 220-320°C. Nell'epossidica l'intervallo di impiego varia a seconda della formulazione, da 50 a 260°C.

Tuttavia il componente che definisce il comportamento dell'FRP è l'adesivo. Gli adesivi impiegati usualmente, di tipo epossidico e di livello basso, hanno una temperatura di transazione vetrosa tra 60 e 80°C. A questa temperatura si degradano e smettono di trasmettere tensione fra il rinforzo e il substrato. In tali condizioni, a meno di precauzioni speciali, il rinforzo cessa di essere efficace a pochi minuti dallo sviluppo dell'incendio.

10.2.5.2 Protezione al fuoco dei rinforzi FRP

Per la protezione del rinforzo FRP sono possibili due strategie: la prima consiste nel progettare un materiale composito che sia sufficientemente resistente al fuoco, mentre la seconda nel realizzare la protezione del rinforzo mediante materiali isolanti.

E' possibile progettare un elemento scegliendo il tipo di matrice e di fibra poco sensibile al fuoco. Quindi è necessario selezionare il sistema di rinforzo con comportamento adeguato al fuoco, senza perdere di vista la possibile riduzione delle proprietà meccaniche rispetto al materiale standard.

L'altra possibilità, più semplice e veloce, è di utilizzare un materiale di rinforzo standard e proteggerlo rispetto al fuoco come si fa per altri tipi di strutture. La resistenza al fuoco di un elemento protetto dipende non solo dal tipo e dallo spessore del ricoprimento, ma anche dalle caratteristiche dell'elemento protetto e dallo stato di tensione in cui si trova. Nel caso dell'FRP si tratta di proteggere il rinforzo affinché l'adesivo non raggiunga temperature troppo elevate.



La protezione del rinforzo va assicurata unicamente nelle zone di ancoraggio dello stesso e che, se questa è adeguata, nelle altre sezioni si può considerare il rinforzo efficace, a meno della perdita di resistenza della fibra sotto temperatura.

Una possibile soluzione è l'utilizzo di intonaci incombustibili costituiti da aggregati leggeri, tipo vermiculite o lana di vetro, bassa conducibilità termica, reazione al fuoco in classe 0 , REI90 e per uno spessore di almeno 10 mm.

10.3 Resistenza al fuoco volta in camorcanna

Una volta consolidata la volta in camorcanna, è necessario renderla sicura contro l'azione del fuoco. Infatti la sua funzione di separazione della sala dal sottotetto è utile in caso di incendio per evitare, o almeno ritardare, la propagazione delle fiamme da una zona all'altra del teatro.

Sono molti i casi storici analizzati in cui l'incendio nella sala ha provocato il collasso prematuro della volta in camorcanna, causando numerose vittime per schiacciamento. Lo scopo della protezione al fuoco della volta è quindi importante per garantire la tenuta alle fiamme, ai gas caldi e l'isolamento termico per il tempo necessario a evacuare il teatro.

Come primo passo è necessario distinguere la parte strutturale in legno e la parte di intonaco a vista, spesso decorata con stucchi e affreschi di pregio. Infatti la volta in camorcanna è un sistema complesso per la protezione al fuoco, in quanto composto da diversi elementi di composizione, forma e funzione diverse tra loro. L'estradosso può essere trattato con i classici intonaci incombustibili, più difficile è invece l'intervento sull'intradosso affrescato poiché presenta decorazioni di elevato valore artistico su cui non è possibile intervenire con soluzioni antincendio. Si decide quindi di analizzare i possibili metodi di protezione dell'estradosso costituito da elementi in legno e stuoiato in canne.

In caso di intervento precedente con utilizzo di rinforzi FRP sarà necessario proteggere anche questi in modo che l'adesivo non raggiunga temperature troppo elevate, utilizzando intonaci incombustibili compatibili sia con il legno che con matrici polimeriche.

10.3.1 Vernice intumescente

La struttura lignea della volta può essere trattata con uno strato di vernice intumescente per legno, una valida soluzione come protezione passiva al fuoco che non aumenta il carico sulla struttura e permette di garantire la Classe di Reazione al Fuoco 1.

La vernice intumescente può essere applicata direttamente sulle superfici in legno all'estradosso della volta. La superficie da trattare dovrà essere carteggiata, depolverata ed asciutta. Vecchie pitture o finiture dovranno essere rimosse mediante lamatura, sabbiatura o carteggiatura.

La posa in opera del prodotto può avvenire a spruzzo oppure a pennello o rullo in funzione della superficie da trattare, applicando due mani da 150 g/m² ciascuna distanziate almeno di 8 h. La scelta del tempo di sovra verniciatura dipende dalle condizioni ambientali (temperatura/umidità/ventilazione) che vanno verificate per ciascuna situazione.

La presenza di prodotti diversi sul supporto pregiudica il risultato finale del trattamento. Questo determina l'impossibilità di applicare la vernice intumescente in caso di presenza di intonaco o elementi di rinforzo FRP, precedentemente applicati, in quanto potrebbero non essere compatibili con le vernici intumescenti attualmente per legno in uso.

Diversa è la situazione dell'intonaco a vista. Questo risulta difficilmente gestibile contro l'azione del fuoco, in quanto non è possibile trattarlo con vernici intumescenti essendo già presenti strati di pittura e decorazioni.



10.3.2 Intonaco a base di lana minerale

L'intonaco premiscelato leggero a base di lana minerale è costituito da lana di roccia d'altoforno, biosolubile, leganti idraulici, additivi. Anch'esso può essere una valida soluzione per la protezione al fuoco degli elementi in legno del soffitto in quanto offre un contributo alla resistenza al fuoco fino a 240 minuti a seconda della tipologia di struttura. La lana minerale utilizzata nella soluzione è un materiale incombustibile che offre un elevato isolamento termico.

Si applica mediante spruzzatura uniforme sulle superfici da proteggere, ottenendo un rivestimento di buona qualità, senza giunti né fessurazioni.

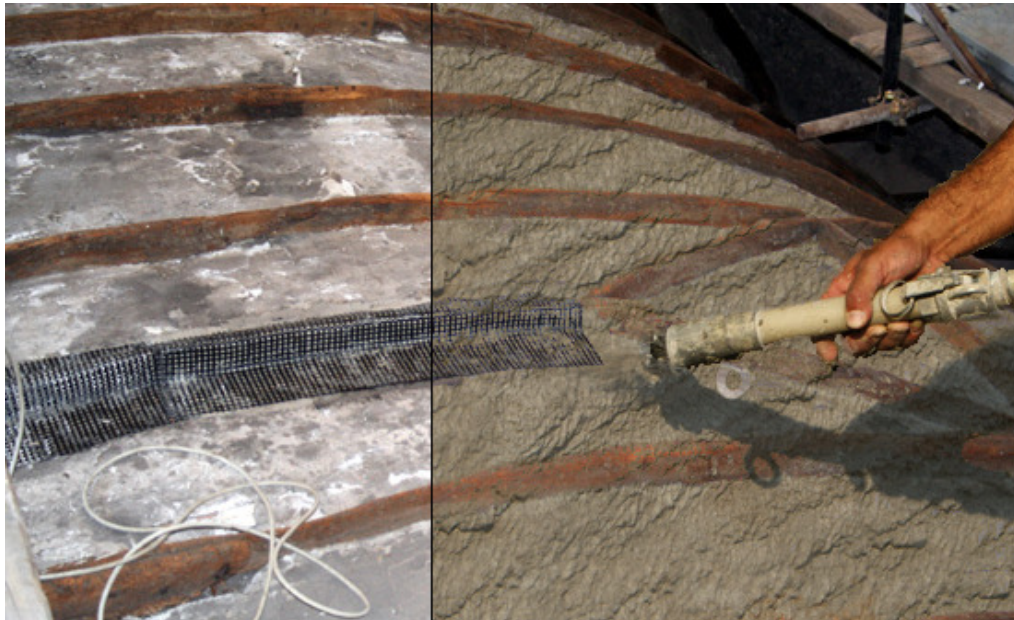


Figura 157 - Estradosso della volta in camorcanna prima e dopo l'applicazione dell'intonaco

A differenza della vernice intumescente, l'intonaco a base di lana minerale può essere applicato sopra strati preesistenti di prodotti diversi, quindi anche sopra fasce di rinforzo di FRP o vecchi strati di intonaco. Questa maggior possibilità d'uso offre un vantaggio rispetto all'applicazione della vernice intumescente.

La resistenza al fuoco REI90 si ottiene applicando almeno 1 cm di spessore di intonaco incombustibile a base di lana minerale. Spessori maggiori sono sconsigliati per evitare di creare un eccessivo peso sulla volta.



11. CONCLUSIONI

L'analisi svolta riguardante la sicurezza al fuoco nei teatri storici ha mostrato come il rischio incendio in edifici di questo tipo sia un problema significativo. Ad oggi infatti, non è ancora presente una precisa conoscenza delle problematiche tipiche dell'argomento, delle norme, ma anche dei metodi e dei mezzi a disposizione per garantire la sicurezza in questo genere di edifici.

E' stato evidenziato come la normativa vigente in materia di sicurezza al fuoco non sia sempre applicabile, in particolare per le strutture interne dei teatri storici.

Interventi di adeguamento in edifici storici, infatti, sono molto più complessi rispetto alle nuove costruzioni, poiché bisogna confrontarsi con il parere della Soprintendenza dei Beni Culturali, che si occupa della salvaguardia del patrimonio artistico.

Per questo motivo è necessaria l'interpretazione della normativa antincendio con l'utilizzo di un approccio prestazionale, che abbia come obiettivo principale la salvaguardia della vita umana ma allo stesso tempo quella dei beni di valore esistenti.

La conoscenza del bene architettonico e il rispetto del suo valore storico e artistico è il punto di partenza per garantire una sintesi tra le esigenze di sicurezza e conservazione.

L'intervento di adeguamento delle strutture di un teatro storico deve quindi tenere conto del contesto in cui si sta operando, tralasciando momentaneamente il normale approccio unicamente normativo e concentrandosi sulla flessibilità nell'adattare soluzioni ai diversi contesti, cercando di interpretare il progetto e non farsi condizionare dalla rigida lettura ed interpretazione delle norme.

Questo approccio, che vede un'interpretazione critica delle norme congiuntamente alla ricerca di informazioni e conoscenze sul contesto, consente

di raggiungere l'obiettivo di sicurezza antincendio con un più adeguato e corretto impatto architettonico.

Nello specifico, lo studio dei teatri in esame ha evidenziato come esistano una serie di problematiche ricorrenti legate ai sistemi che danno origine ai "luoghi interni" del teatro, come ad esempio graticcio e plafone. Un'analisi più specifica dei singoli casi di studio ha fatto emergere come questi sistemi non siano regolamentati da nessuna normativa in particolare.

Sono quindi molteplici le difficoltà che può incontrare un progettista durante un intervento di adeguamento e messa a norma, non avendo a disposizione conoscenze, mezzi e metodi per operare in modo efficiente ed efficace per garantire la sicurezza, oltre alla limitata disponibilità economica di cui spesso soffrono i teatri di piccole e medie dimensioni.

È inoltre difficile pensare ad una normativa che possa regolamentare in modo preciso l'intervento su teatri storici, e più in generale su edifici storici, poiché questi presentano spesso caratteristiche uniche da analizzare singolarmente.

E' quindi necessario adoperare delle scelte progettuali che definiscano questi sistemi in modo da poter formulare delle ipotesi di soluzione per il loro adeguamento antincendio.

Si è deciso, dove possibile, di focalizzare l'attenzione sulla protezione passiva di questi sistemi, cioè su tutti quegli accorgimenti progettuali che hanno la finalità di minimizzare gli effetti dell'incendio, cercando di contenere la propagazione attraverso la realizzazione di condizioni di isolamento e caratteristiche costruttive tali da salvaguardare le vite umane e il bene esistente. Questo risulta meno costoso e invasivo rispetto ad un intervento di sostituzione completa degli elementi in legno o in acciaio all'interno dei teatri analizzati, ma anche rispetto al solo utilizzo di mezzi, come ad esempio gli impianti sprinkler, propri della protezione attiva che, a differenza della protezione passiva, si pone l'obiettivo di limitare i danni del fuoco con sistemi di rivelazione ed estinzione.



Ciò che risulta dallo svolgimento della tesi è che la soluzione migliore per risolvere il problema della sicurezza al fuoco nei teatri storici, e più in generale negli edifici storici, sarebbe quella di un'integrazione critica tra misure di protezione passiva e misure di protezione attiva, finalizzata sia alla salvaguardia delle vite umane che a quella del patrimonio artistico presente.

Per questi motivi può essere utile al progettista far riferimento a delle linee guida omogenee e ripetibili, da consultare in caso di interventi di adeguamento, che forniscano un metodo d'approccio critico, che permette di definire dei criteri d'intervento per la sicurezza al fuoco nei teatri storici.



12. APPENDICE

12.1 PROTEZIONI PASSIVE

Per protezioni passive si intendono tutte le misure che, in caso di incendio, fanno in modo che esso abbia difficoltà a propagarsi: quindi si tratta dell'utilizzo di prodotti incombustibili o poco combustibili, di vernice, intonaci e materiali posti a protezione di elementi strutturali, di compartimentazioni resistenti al fuoco.

Si riportano in dettaglio i diversi metodi di protezione passiva applicati ai casi di studio analizzati.

12.1.1 VERNICE IGNIFUGA PER REAZIONE AL FUOCO DEL LEGNO

| | |
|------------------------|---|
| Caratteristiche | <p>La vernice ignifuga per legno, utilizzabile per elementi strutturali e non, è un sistema costituito da un prodotto trasparente in soluzione acquosa monocomponente in grado di generare una schiuma isolante e protettiva del legno su cui è applicato e da un prodotto di finitura trasparente a base solvente, con lo scopo di ritardare l'azione di carbonizzazione del legno in caso di incendio. La composizione specifica è costituita da una miscela di copolimeri sintetici, additivi organici ed inorganici.</p> <p>La vernice ignifuga può essere una valida soluzione nel caso di protezione passiva di elementi in legno, in quanto prevede l'applicazione della sostanza sulla superficie dell'elemento, senza la necessità di interventi invasivi e costosi.</p> |
| Vantaggi | <ul style="list-style-type: none">- Mantenimento di linee, profili e geometrie originarie- Facilità di applicazione senza dispersione di polveri o fibre- Contenimento di pesi e dimensioni |

LA SICUREZZA AL FUOCO NEI TEATRI STORICI
Adeguamento delle opere strutturali alla normativa antincendio

| | | |
|-----------------------|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Facilità di manutenzione - Resistenza all'urto e all'abrasione - Facilità di poter soddisfare particolari richieste architettoniche, attraverso le finiture colorate | |
| Qualificazione | Classe di Reazione al Fuoco 1 (Euroclasse B-s1, d0) | |
| Dati tecnici | Colore | Trasparente |
| | Peso Specifico (g/cm ³) | 1.35 ± 0.05 |
| | Residuo secco in peso (%) | 50 ± 5 |
| | Consumi | 400 g/m ² (due mani da 200 g/m ²) + 50 g/m ² di eventuale finitura |
| | Temperatura minima di applicazione | +10°C |
| | Umidità massima di applicazione | 60% |
| | Essiccazione (a 20 °C e U.R. 50%) | in funzione della temperatura e dell'umidità dell'aria: da 8 h a 24 h |
| | Sovraverniciabilità (a 20 °C e U.R. 50%) | 8 h con lo stesso prodotto |
| Posa in opera | <p>La vernice ignifuga è applicata direttamente su superfici in legno. La superficie da trattare dovrà essere carteggiata, depolverata ed asciutta. Vecchie pitture o finiture dovranno essere rimosse mediante lamatura, sabbiatura o carteggiatura.</p> <p>La presenza di prodotti diversi sul supporto pregiudica il risultato finale del trattamento e la compatibilità con l'eventuale presenza di prodotti impregnanti, mordenti o preservanti del legno, dovrà essere accertata nello specifico caso. Il supporto</p> | |

precedentemente trattato con cere trasparenti o idrorepellenti potrebbe non essere compatibile con le vernici ignifughe attualmente in commercio.


La posa in opera del prodotto può avvenire a spruzzo oppure a pennello o rullo in funzione della superficie da trattare, applicando due mani da 200 g/m² ciascuna distanziate almeno di 8 h. La scelta del tempo di sovra verniciatura dipende dalle condizioni ambientali (temperatura/umidità/ventilazione) che vanno verificate per ciascuna situazione.



Figura 158 - Capriata in legno dopo l'applicazione di vernice ignifuga

Per una maggiore protezione della vernice, è necessario utilizzare una soluzione di finitura. La sua applicazione deve avvenire ad essiccamento completo della seconda mano di vernice intumescente, verificando che non si riscontri appiccicosità residua. È necessario applicare la finitura in una sola mano e senza riprese, entro 48 h dall'essiccamento completo dell'ultima mano di vernice.

12.1.2 VERNICE INTUMESCENTE PER RESISTENZA AL FUOCO DEL LEGNO

| | | |
|-------------------------------|---|--------------------|
| <p>Caratteristiche</p> | <p>La vernice intumescente per legno è una soluzione trasparente utilizzata per migliorare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi. E' un prodotto a base d'acqua in due componenti separati, che garantisce la protezione attraverso un processo di microespansione superficiale dei componenti che formano nel legno uno strato altamente coibente atto a rallentare l'aumento della temperatura.</p>  <p><i>Figura 159 - Copertura in legno dopo l'applicazione di vernice intumescente</i></p> | |
| <p>Vantaggi</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Mantenimento di linee, profili e geometrie originarie - Facilità di applicazione senza dispersione di polveri o fibre - Contenimento di pesi e dimensioni - Facilità di manutenzione - Resistenza all'urto e all'abrasione | |
| <p>Qualificazione</p> | <p>Classe di resistenza al fuoco fino a R60</p> | |
| <p>Dati tecnici</p> | <p>Colore</p> | <p>Trasparente</p> |
| | <p>Peso Specifico (g/cm³)</p> | <p>1.36 ± 0.05</p> |
| | <p>Residuo secco in peso (%)</p> | <p>70 ± 2</p> |



| | | |
|----------------------|--|--|
| | Consumi (per R60) | 750 g/m ² (tre mani da 250 g/m ²) |
| | Temperatura minima di applicazione | +10°C |
| | Umidità massima di applicazione | 75% |
| | Essiccazione (a 20 °C e U.R. 65%) | 8 h |
| | Sovraverniciabilità (a 20 °C e U.R. 65%) | 8 h con lo stesso prodotto |
| Posa in opera | <p>La vernice intumescente è applicata direttamente su superfici in legno. La superficie da trattare dovrà essere carteggiata, depolverata ed asciutta. Vecchie pitture o finiture dovranno essere rimosse mediante lamatura, sabbiatura o carteggiatura.</p> <p>La presenza di prodotti diversi sul supporto pregiudica il risultato finale del trattamento e la compatibilità con l'eventuale presenza di prodotti impregnanti, mordenti o preservanti del legno, dovrà essere accertata nello specifico caso. Il supporto precedentemente trattato con cere trasparenti o idrorepellenti potrebbe non essere compatibile con le vernici intumescenti attualmente in commercio.</p> <p>La posa in opera del prodotto può avvenire a spruzzo oppure a pennello o rullo in funzione della superficie da trattare, applicando due o più mani da 250 g/m² ciascuna distanziate almeno di 8 h, in funzione della resistenza desiderata. La scelta del tempo di sovra verniciatura dipende dalle condizioni ambientali (temperatura/umidità/ventilazione) che vanno verificate per ciascuna situazione.</p> | |

12.1.3 VERNICE INTUMESCENTE PER ACCIAIO

| | | |
|------------------------|--|-----------------------------|
| Caratteristiche | Pittura intumescente monocomponente in emulsione acquosa a base di resine sintetiche per la protezione al fuoco di elementi posti all'interno di edifici in acciaio. Contributo alla resistenza al fuoco fino a 120 minuti a seconda della tipologia di struttura. | |
| Vantaggi | <ul style="list-style-type: none"> - Mantenimento di linee, profili e geometrie originarie - Facilità di applicazione senza dispersione di polveri o fibre - Contenimento di pesi e dimensioni - Facilità di manutenzione - Resistenza all'urto e all'abrasione | |
| Qualificazione | Classe di resistenza al fuoco fino a R120 | |
| Dati tecnici | Colore | Bianco |
| | Peso Specifico (g/cm ³) | 1.36 ± 0.05 |
| | Residuo secco in peso (%) | 70 ± 2 |
| | Temperatura minima di applicazione | +5°C |
| | Umidità massima di applicazione | 75% |
| | Essiccazione (a 20 °C e U.R. 50%) | 6 h |
| | Sovraverniciabilità (a 20 °C e U.R. 50%) | 12 h con lo stesso prodotto |
| Posa in opera | La vernice intumescente è applicata direttamente su superfici in acciaio. E' necessario eliminare eventuali tracce di unto, grasso o qualsiasi altro materiale estraneo presente sugli elementi da trattare. | |



La posa avviene normalmente a spruzzo oppure, per piccole superfici o per profili particolari, a pennello o rullo. Per l'applicazione a spruzzo si consiglia l'utilizzo di pompa a pistone.



Figura 160 - Vernice intumescente applicata su struttura in acciaio

Per applicazioni su strutture protette poste all'interno ed in situazioni ambientali normali non si richiede verniciatura di protezione. Per motivi estetici è possibile verniciare il prodotto intumescente con pitture acriliche.

12.1.4 INTONACO PREMISCELATO LEGGERO A BASE DI GESSO

| | |
|------------------------|---|
| Caratteristiche | Intonaco premiscelato leggero a base gesso per la protezione al fuoco di elementi in acciaio, calcestruzzo, lamiera grecata e legno. Contributo alla resistenza al fuoco fino a 240 minuti a seconda della tipologia di struttura. Si applica mediante spruzzatura uniforme sulle superfici da proteggere, ottenendo un rivestimento di buona qualità, senza giunti né fessurazioni. Si presenta sotto forma di miscela leggera, di colore grigio chiaro. |
|------------------------|---|

LA SICUREZZA AL FUOCO NEI TEATRI STORICI
Adeguamento delle opere strutturali alla normativa antincendio

| | | |
|-----------------------|--|---|
| | La composizione solita di questa soluzione è leganti idraulici, vermiculite e additivi speciali. La vermiculite è un minerale naturale chimicamente inerte che, se sottoposto a un trattamento termico controllato o se esposto ad una fiamma a causa di un incendio, perde l'acqua del reticolo cristallino e si espande, dando origine ad un materiale dalle ottime performance di isolamento termico. | |
| Vantaggi | <ul style="list-style-type: none"> - Applicazione rapida, uniforme e senza fessurazioni - Facilità di applicazione senza dispersione di polveri o fibre - Facilità di manutenzione - Resistenza all'urto e all'abrasione - Facilità di poter soddisfare particolari richieste architettoniche, attraverso le finiture colorate | |
| Qualificazione | Classe di resistenza al fuoco fino a R240 | |
| Dati tecnici | Colore | Grigio chiaro |
| | Peso Specifico apparente (kg/m ³) | 320 ± 15% |
| | Peso Specifico in opera (kg/m ³) | 360 ± 15% in funzione del tipo di attrezzatura utilizzata |
| | Consumo pratico medio (kg/m ²) | 4 per 1 cm di spessore |
| | Temperatura minima di applicazione | +5°C |
| | Reazione al fuoco | incombustibile |
| | Comportamento dopo applicazione | imputrescibile ed inattaccabile da topo e/o parassiti |
| | pH | 8 - 8,5 |

Posa in opera

L'intonaco premiscelato a base di gesso viene applicato con attrezzature specifiche per intonaci leggeri da imprese specializzate e qualificate. Il prodotto non può essere frattazzato e non può essere applicato su superfici esposte alle intemperie. Può essere applicato a temperature del supporto e dell'ambiente comprese fra +5°C e +45°C. Durante la fase successiva all'applicazione la temperatura non deve scendere al di sotto di +5°C e in locali chiusi o poco areati deve essere mantenuta una buona ventilazione per favorire l'essiccazione del prodotto.



Figura 161 - Applicazione di intonaco a base di gesso su elementi strutturali

L'intonaco si presenta sotto forma di miscela leggera, di colore grigio chiaro, è quindi da evidenziare un possibile svantaggio per questa soluzione in quanto non permette di mantenere l'aspetto, il colore e le finiture originarie della struttura. Una soluzione a questo problema può essere la verniciatura dell'intonaco con pitture decorative di tipo acrilico e/o vinilico.

12.1.6 INTONACO PREMISCELATO LEGGERO A BASE DI LANA MINERALE

| | | |
|------------------------|---|---|
| Caratteristiche | L'intonaco premiscelato leggero a base di lana minerale è costituito da lana di roccia d'altoforno, biosolubile, leganti idraulici, additivi. Esso può essere una valida soluzione per la protezione al fuoco di strutture in legno e acciaio, in quanto offre un contributo alla resistenza al fuoco fino a 240 minuti a seconda della tipologia di struttura. La lana di roccia utilizzata nella soluzione è un materiale incombustibile che offre un elevato isolamento termico. | |
| Vantaggi | <ul style="list-style-type: none"> - Applicazione rapida, uniforme e senza fessurazioni - Facilità di applicazione senza dispersione di polveri o fibre - Facilità di manutenzione - Resistenza all'urto e all'abrasione - Facilità di poter soddisfare particolari richieste architettoniche, attraverso le finiture colorate | |
| Qualificazione | Classe di resistenza al fuoco fino a R240 | |
| Dati tecnici | Colore | Grigio chiaro |
| | Peso Specifico apparente (kg/m ³) | 200 ± 15% |
| | Peso Specifico in opera (kg/m ³) | 225 ± 15% in funzione del tipo di spruzzatura e finitura utilizzata |
| | Consumo pratico medio (kg/m ²) | 2 per 1 cm di spessore |
| | Temperatura minima di applicazione | +5°C |



| | | |
|----------------------|---|---|
| | Reazione al fuoco | incombustibile |
| | Comportamento dopo applicazione | imputrescibile ed inattaccabile da topo e/o parassiti |
| | pH | 10 |
| Posa in opera | <p>L'intonaco premiscelato a base di lana minerale viene applicato con attrezzature specifiche per intonaci leggeri da imprese specializzate e qualificate. Il prodotto non può essere frattazzato e non può essere applicato su superfici esposte alle intemperie. Può essere applicato a temperature del supporto e dell'ambiente comprese fra +5°C e +45°C.</p> <p>L'intonaco si presenta sotto forma di fiocchi leggeri di colore grigio chiaro, è quindi da evidenziare un possibile svantaggio per questa soluzione in quando non permette di mantenere l'aspetto, il colore e le finiture originarie della struttura. Una soluzione a questo problema può essere la verniciatura dell'intonaco con pitture decorative di tipo acrilico e/o vinilico.</p> | |



Figura 162 - Intonaco a base di lana minerale su elementi strutturali

12.1.7 CONFRONTO TRA SOLUZIONI SPRAY

Si confrontano le soluzioni appena proposte per la protezione passiva di un struttura in legno, tipo trave piana o capriata.

Tabella comparativa per 100 m² di superficie in legno da proteggere al fuoco R90.

| SOLUZIONE | CONSUMO (kg/m ²) | QUANTITA' NECESSARIA (kg) | PREZZO (€/kg) | PREZZO FINALE |
|----------------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------|---------------|
| Vernice intumescente | 0,4 | 40 | 15 | 600 |
| Intonaco a base di gesso | 4 | 400 | 1,4 | 560 |
| Intonaco a base di lana minerale | 2 | 200 | 1,4 | 280 |

fonte prezzi e dati: listino PROMAT

Costo manodopera: 3€/mq (da Prezzario Regione Lombardia)

Come evidenzia la tabella comparativa, l'utilizzo della vernice intumescente per la protezione di un elemento in legno comporta un costo per i materiali maggiore rispetto all'applicazione di un intonaco premiscelato in gesso o lana minerale. Bisogna però evidenziare come vantaggio della vernice intumescente la possibilità di mantenere linee, profili e geometrie originarie grazie al suo sottile strato trasparente, la maggior rapidità di posa e il contenimento di pesi e dimensioni in fase di stoccaggio.



12.1.8 LASTRE

| | | |
|------------------------|--|--|
| Caratteristiche | <p>Le lastre sono elementi planari prodotti in diversi formati e spessori. Solitamente sono composte da un nucleo principalmente di gesso o silicato di calcio, rivestito sulle facce e sul bordo longitudinale da speciale cartone a tenuta meccanica o da fibre di vetro. Esse fanno parte di un sistema composito costituito primariamente dalle stesse lastre e da una struttura metallica in acciaio laminato a freddo. Le lastre vengono vincolate alla struttura di sostegno attraverso elementi di congiunzione puntuali. Nello spessore occupato dalla struttura metallica si inserisce, solitamente, del materiale isolante che migliora la resistenza termica totale del sistema.</p> | |
| Vantaggi | <ul style="list-style-type: none">- Leggerezza- Stabilità in caso d'incendio- Incombustibilità- Resistenza all'urto e all'abrasione | |
| Qualificazione | Classe di resistenza al fuoco fino a R/REI 120 ed EI 180 per le più comuni applicazioni in orizzontale e verticale | |
| Dati tecnici | Massa Volumica | c.a. 800 Kg/m ³ |
| | Spessori | 8, 9, 10, 15, 18, 20, 25 mm |
| | Modulo di elasticità (valori medi) | longitudinale 2500 N/mm ² trasversale 2700 N/mm ² |
| | Resistenza a flessione (valori medi) | longitudinale 6.0 N/mm ² trasversale 4.0 N/mm ² |
| | Resistenza a trazione (valori medi) | longitudinale 2.0 N/mm ² trasversale 1.7 N/mm ² |
| | Resistenza alla compressione | 9,0 N/mm ² |

LA SICUREZZA AL FUOCO NEI TEATRI STORICI
Adeguamento delle opere strutturali alla normativa antincendio

| | | |
|-----------------|--|-----------------|
| | Conducibilità termica | Ca. 0,285 W/m°k |
| Utilizzo | <p>E' applicato nelle più usuali protezioni dal fuoco, In particolare:</p> <ul style="list-style-type: none">- a protezione dei solai di uso più comune, sia in aderenza/semiaderenza che come controsoffitto pendinato fino ad una resistenza di 120 minuti;- come controsoffitto indipendente fino ad una resistenza di 120 minuti;- a protezione di pareti, in mattoni, cemento o come tramezzature autoportanti, fino ad una resistenza di 180 minuti;- a protezione di pareti portanti in legno fino ad una resistenza di 60 minuti. | |



12.2 QUADRO NORMATIVO ITALIANO

In Italia la sicurezza antincendio è regolamentata da molteplici leggi, decreti, circolari dei vari ministeri.

Di seguito sono riportate le principali disposizioni normative riguardanti la prevenzione incendi.

- Circolare 15 Febbraio 1951 n°16: Norme di sicurezza per la costruzione e l'esercizio e la vigilanza nei teatri, nei cinematografi e in altri locali di pubblico spettacolo in genere.
- D.P.R. 27 Aprile 1955 n°547: Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro.
- D.P.R. 26 Maggio 1959 n°689: Determinazione delle aziende e delle attività soggette, ai fini della prevenzione incendi, al preventivo esame ed al collaudo dei Vigili del Fuoco.
- Legge 13 Maggio 1961 n°469: Istituzione del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco.
- Circolare del Ministero degli Interni 14 Settembre 1961 n°91: Norme di sicurezza per la protezione contro il fuoco dei fabbricati a struttura in acciaio destinati ad uso civile.
- Legge 26 Luglio 1965 n°966: Disciplina delle tariffe, delle modalità di pagamento e dei compensi al personale del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco per i servizi a pagamento.
- Decreto Ministeriale 27 Settembre 1965 n°1973: Determinazione delle attività soggette alle visite di prevenzione incendi.
- Decreto Ministeriale 16 Febbraio 1982: Modificazioni al D.M. 27 Settembre 1965 n°1973.
- D.P.R. 29 Luglio 1982 n°577: Approvazione del regolamento concernente l'espletamento dei servizi di prevenzione e vigilanza antincendio.

- Circolare del Ministero dell'Interno 1 Agosto 1983 n°25: Norme sul comportamento al fuoco delle strutture e dei materiali da impiegarsi nella costruzione di teatri, cinematografi ed altri locali di pubblico spettacolo in genere.
- D.M. 16 Novembre 1983: Elenco delle attività soggette, nel campo dei rischi di incendio rilevante, all'esame degli ispettori regionali o interregionali dei Vigili del Fuoco.
- D.M. 30 Novembre 1983: I termini, le definizioni generali e i simboli grafici di prevenzione incendi
- D.M. 26 Giugno 1984: Classificazione di reazione al fuoco ed omologazione dei materiali ai fini della Prevenzione Incendi
- D. M. 2 Agosto 1984: Norme e specificazioni per la formulazione del rapporto di sicurezza ai fini della prevenzione incendi nelle attività a rischio di incidenti rilevanti di cui al D.M. 16 Novembre 1983.
- Legge 7 Dicembre 1984 n°818: Nulla Osta Provvisorio per le attività soggette al controllo di prevenzione incendi.
- D.M. 16 Maggio 1987 n°246: Norme di sicurezza antincendi per gli edifici di civile abitazione.
- Legge 5 Marzo 1990 n°46: Norme per la sicurezza degli impianti.
- D.M. 26 Agosto 1992: Norme di prevenzione incendi per l'edilizia scolastica.
- D.M. 22 Febbraio 1996 n°261: Regolamento recante norme sui servizi di vigilanza antincendio da parte dei Vigili del Fuoco sui luoghi di spettacolo e di intrattenimento.
- D.P.R. 21 Aprile 1993 n°246: Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione
- D.M. 9 Aprile 1994: Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la costruzione e l'esercizio delle attività ricettive turistico - alberghiere.



- D.lgs. 14 agosto 1996 n°493 : Attuazione della direttiva 92/58/CEE concernente le prescrizioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro.
- D.M. 19 Agosto 1996: Approvazione della regola tecnica per la progettazione, costruzione ed esercizio dei locali di intrattenimento e di pubblico spettacolo.
- D.M. 6 Ottobre 2003: Approvazione della regola tecnica recante l'aggiornamento delle disposizioni di prevenzione incendi per le attività ricettive turistico - alberghiere esistenti di cui al decreto 9 aprile 1994.
- D.M. 10 Marzo 2005: Classi di reazione al fuoco per i prodotti da costruzione da impiegarsi nelle opere per le quali e' prescritto il requisito della sicurezza in caso d'incendio.
- D.M. 15 Marzo 2005: Requisiti di reazione al fuoco dei prodotti da costruzione installati in attività disciplinate da specifiche disposizioni tecniche di prevenzione incendi in base al sistema di classificazione europeo.
- D.M. 15 Settembre 2005: Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per i vani degli impianti di sollevamento ubicati nelle attività soggette ai controlli di prevenzione incendi.
- D.M. 22 Febbraio 2006: Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio di edifici e/o locali destinati ad uffici.
- D.M. 16 Febbraio 2007: Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione.
- D.M. 9 Marzo 2007: Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei vigili del fuoco.
- D.M. 27 Luglio 2010: Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio delle attività commerciali con superficie superiore a 400 mq.
- D.P.R. 1 Agosto 2011 n°151: Attività soggette e tariffe transitorie.



13. BIBLIOGRAFIA

13.1 Testi scritti e pubblicazioni

1. Ovidio Guaita, "Teatri storici in Italia", Mondadori Electa, Milano, 1994
2. Massimo Carmassi, "Il restauro del Teatro Verdi di Pisa", Pacini Editore, 1994
3. Mario Panizza, "Edifici per lo spettacolo", Laterza, Bari, 1996
4. Paolo Bosisio, "Teatro dell'occidente", LED Edizioni Universitarie, 2006
5. Enrico Quagliarini, "Costruzioni in legno nei Teatri all'Italiana del 700 e 800", Alinea, 2008
6. Enrico Quagliarini, Stefano Lenci, "Il plafone del Teatro dei Filarmonici di Ascoli Piceno", Alinea, 2010
7. William Paul Gerhard, "Theatre fires and panics: their causes and prevention", John Wiley & Sons, 2009
8. Andrew H. Buchanan, "Structural Design for Fire Safety", John Wiley & Sons, 2001
9. Stefano Marsella, Luca Nassi, "L'ingegneria della sicurezza antincendio e il processo prestazionale", EPC Libri, 2010
10. Lamberto Mazziotti, Giuseppe Paduano, Saverio La Mendola, "Reazione e resistenza al fuoco", EPC Libri, 2010
11. Gioacchino Giomi, Pier Roberto Pais, "Tutte le norme di prevenzione incendi", EPC Libri, 2011
12. Luciano Nigro, "Impianti antincendio", EPC Libri, 2012
13. Rivista "Antincendio", EPC Editore

13.2 Normative

1. D.M. 19 Agosto 1996 "Approvazione della regola tecnica per la progettazione, costruzione ed esercizio dei locali di intrattenimento e di pubblico spettacolo"
2. D.M. 10 Marzo 2005 "Classi di reazione al fuoco per i prodotti da costruzione da impiegarsi nelle opere per le quali e' prescritto il requisito della sicurezza in caso d'incendio"
3. D.M. 15 Marzo 2005 "Requisiti di reazione al fuoco dei prodotti da costruzione installati in attività disciplinate da specifiche disposizioni tecniche di prevenzione incendi in base al sistema di classificazione europeo"
4. D.M. 16 Febbraio 2007 "Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione"
5. D.M. 9 Marzo 2007 "Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei vigili del fuoco"
6. D.M. 14 Gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni NTC2008"
7. UNI EN 14081-1:2006 "Strutture in legno"
8. UNI EN 1991-1-2 Eurocodice 1 "Progettazione sulle strutture. Parte 1-2: Azioni in generale. Azioni sulle strutture esposte al fuoco"
9. UNI EN 1993-1-1 Eurocodice 3 "Progettazione delle strutture in acciaio. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici"
10. UNI EN 1993-1-2: Eurocodice 3 "Progettazione delle strutture in acciaio. Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio"
11. UNI EN 1995-1-1 Eurocodice 5 "Progettazione delle strutture in legno. Parte 1-1: Regole generali - Regole generali e regole per gli edifici"
12. UNI EN 1995-1-2: Eurocodice 5 "Progettazione delle strutture in legno. Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio"



13.3 Siti internet

www.vigilfuoco.it

www.antincendio.it

www.prevenzioneincendi.it

www.federlegno.it

www.internals.it

www.promat.it

www.knauf.it

www.acr.it

www.resintec.it

www.perlite.it

www.pro-fire.org

www.amonfire.it

www.saint-gobain.it



14. INDICE DELLE FIGURE

| | |
|--|----|
| <i>Figura 1 - Il teatro romano di Firenze si trovava sotto l'attuale palazzo Vecchio</i> | 5 |
| <i>Figura 2 - Illustrazione del grande incendio dell'Opera Comique di Parigi (1887)....</i> | 6 |
| <i>Figura 3 - Scala "Bayley" trasportata a cavallo dal corpo dei vigili di Parigi</i> | 7 |
| <i>Figura 4 - Illustrazione dell'interno del Covent Garden Theatre durante l'incendio (1808)</i> | 9 |
| <i>Figura 5 - Illustrazione di una delle prime pompe a vapore (1887)</i> | 11 |
| <i>Figura 6 - Interno del Teatro Iroquois di Chicago dopo l'incendio del 1903</i> | 12 |
| <i>Figura 7 - Interno del Cinema Statuto dopo l'incendio (1983)</i> | 13 |
| <i>Figura 8 - Numero di incendi avvenuti nei teatri italiani dal 2000 al 2009.....</i> | 14 |
| <i>Figura 9 - Andamento della media decessi per incendio negli ultimi 250 anni</i> | 19 |
| <i>Figura 10 - I resti del teatro di Vienna subito dopo l'incendio</i> | 20 |
| <i>Figura 11 - Raffigurazione dell'epoca dell'incendio del Ring Theater.....</i> | 21 |
| <i>Figura 12 - Immagine del London News che riporta l'interno del teatro distrutto .</i> | 22 |
| <i>Figura 13 - Raffigurazione dell'epoca dell'incendio del Theater Royal</i> | 23 |
| <i>Figura 14 - L'interno del teatro di Parigi dopo l'incendio.....</i> | 24 |
| <i>Figura 15 - Raffigurazione dell'epoca dell'incendio dell'Opera Comique.....</i> | 25 |
| <i>Figura 16 - Fotografia dell'interno del teatro di Chicago dopo l'incendio</i> | 26 |
| <i>Figura 17 - Una delle uscite chiuse a chiave che impedì la fuga dal teatro</i> | 27 |
| <i>Figura 18 - L'interno del Teatro Regio dopo il disastroso incendio</i> | 28 |
| <i>Figura 19 - La copertura del teatro collassata a causa delle fiamme.....</i> | 29 |
| <i>Figura 20 - Gli effetti dell'incendio visti dal palcoscenico</i> | 30 |
| <i>Figura 21 - Le conseguenze del devastante incendio nell'interno del teatro.....</i> | 31 |
| <i>Figura 22 - L'interno del Teatro Liceu dopo l'incendio</i> | 32 |
| <i>Figura 23 - Il Teatro distrutto visto dall'alto</i> | 33 |

| | |
|---|----|
| <i>Figura 24 - L'interno del Teatro la Fenice il giorno successivo all'incendio del 1996</i> | 34 |
| <i>Figura 25 - Resti della copertura crollata durante l'incendio</i> | 35 |
| <i>Figura 26 - L'interno del Teatro Vaccaj il giorno successivo all'incendio</i> | 36 |
| <i>Figura 27 - La copertura distrutta dall'incendio</i> | 37 |
| <i>Figura 28 - Modellino che riproduce fedelmente la struttura interna del teatro all'Italiana</i> | 39 |
| <i>Figura 29 - Ordine di palchi nel Teatro Grande di Brescia</i> | 41 |
| <i>Figura 30 - Palcoscenico del Teatro degli Illuminati - Città di Castello</i> | 42 |
| <i>Figura 31 - Teatro Municipale Romolo Valli di Reggio Emilia con tipica pianta a ferro di cavallo</i> | 43 |
| <i>Figura 32 - Pianta del Teatro Argentina di Roma</i> | 44 |
| <i>Figura 33 - Pianta Teatro San Carlo di Napoli</i> | 45 |
| <i>Figura 34 - Sezione tipo del Teatro all'Italiana</i> | 46 |
| <i>Figura 35 - I "luoghi" del teatro all'Italiana</i> | 49 |
| <i>Figura 36 - Schema delle armature di copertura e delle intelaiature lignee della sala</i> | 50 |
| <i>Figura 37 - Teatro Petruzzelli di Bari dopo l'incendio del 1991</i> | 51 |
| <i>Figura 38 - Graticcio del Teatro Pergolesi - Jesi (Ancona)</i> | 52 |
| <i>Figura 39 - Particolare di graticcio in acciaio con sistema di tiri</i> | 53 |
| <i>Figura 40 - Schema copertura con capriata</i> | 54 |
| <i>Figura 41 - Schema capriata tipo</i> | 55 |
| <i>Figura 42 - Estradosso volta in camorcanna</i> | 56 |
| <i>Figura 43 - Particolare volta in camorcanna</i> | 57 |
| <i>Figura 44 - Esempio di intradosso affrescato</i> | 58 |
| <i>Figura 45 - Sipario del Teatro "San Carlo" di Napoli</i> | 59 |



| | |
|--|-----------|
| <i>Figura 46 - Sipario di sicurezza tagliafuoco del Teatro “Nazionale” di Milano.....</i> | <i>60</i> |
| <i>Figura 47 - Sistema di sollevamento/discesa del sipario tagliafuoco</i> | <i>61</i> |
| <i>Figura 48 - Resti del palcoscenico del Teatro “Comunale” di Bologna dopo l’incendio del 1931</i> | <i>62</i> |
| <i>Figura 49 - Copertura del Teatro “Regio” di Torino dopo l’incendio del 1936.....</i> | <i>62</i> |
| <i>Figura 50 - Sipario di sicurezza tagliafuoco ad anta singola del Teatro “La Fenice” di Venezia</i> | <i>65</i> |
| <i>Figura 51 - Sipario di sicurezza tagliafuoco a doppia anta del Teatro “Lorenzo da Ponte” di Vittorio Veneto</i> | <i>66</i> |
| <i>Figura 52 – Argani del Teatro “Alla Scala” di Milano</i> | <i>67</i> |
| <i>Figura 53 – Dettaglio battuta del sipario tagliafuoco del Teatro “Amintore Galli” di Rimini.....</i> | <i>68</i> |
| <i>Figura 54 - Interno del teatro De Micheli – Copparo (FE)</i> | <i>72</i> |
| <i>Figura 55 – Vista delle balconate con andamento a U del teatro De Micheli – Copparo (FE).....</i> | <i>73</i> |
| <i>Figura 56 - Interno del teatro Municipale – Casale Monferrato (AL)</i> | <i>75</i> |
| <i>Figura 57 – Vista del plafone del teatro Municipale – Casale Monferrato (AL).....</i> | <i>76</i> |
| <i>Figura 58 - Interno del teatro Ebe Stignani – Imola (BO).....</i> | <i>78</i> |
| <i>Figura 59 – Sala vista dalla galleria del teatro Ebe Stignani – Imola (BO)</i> | <i>79</i> |
| <i>Figura 60 - Interno del teatro “Dei Filarmonici” – Ascoli Piceno.....</i> | <i>81</i> |
| <i>Figura 61 – Vista dei palchi del teatro “Dei Filarmonici” – Ascoli Piceno</i> | <i>82</i> |
| <i>Figura 62 – Interno del Teatro Ariosto visto dal loggione.....</i> | <i>84</i> |
| <i>Figura 63 – Vista della sala del Teatro Ariosto – Reggio Emilia.....</i> | <i>85</i> |
| <i>Figura 64 – Vista della volta del teatro Comunale – Cagli (PU)</i> | <i>87</i> |
| <i>Figura 65 - Interno del teatro Comunale – Cagli (PU).....</i> | <i>88</i> |
| <i>Figura 66 - Interno del teatro Persio Flacco – Volterra (PI)</i> | <i>90</i> |
| <i>Figura 67 – Vista del teatro Persio Flacco – Volterra (PI).....</i> | <i>91</i> |

| | |
|--|------------|
| <i>Figura 68 – Vista dall’alto della sala del teatro “della Fortuna” – Fano (PU)</i> | <i>93</i> |
| <i>Figura 69 – Interno del teatro “della Fortuna” – Fano (PU)</i> | <i>93</i> |
| <i>Figura 70 – Esterno del teatro “Domenico Alaleona” – Montegiorgio (FM)</i> | <i>96</i> |
| <i>Figura 71 – Interno del teatro “Domenico Alaleona” – Montegiorgio (FM)</i> | <i>97</i> |
| <i>Figura 72 – Esterno del teatro Amintore Galli – Rimini</i> | <i>99</i> |
| <i>Figura 73 - Rendering dell’interno del teatro Amintore Galli dopo il restauro</i> | <i>100</i> |
| <i>Figura 74 - Cause di incendio nei teatri italiani negli ultimi 12 anni</i> | <i>101</i> |
| <i>Figura 75 - Valori dei coefficienti di combinazione</i> | <i>119</i> |
| <i>Figura 76 - Coefficienti parziali per le azioni nelle verifiche SLU</i> | <i>119</i> |
| <i>Figura 77 - Classi di servizio</i> | <i>119</i> |
| <i>Figura 78 - Valori di K_{mod} per legno e prodotti strutturali a base di legno.....</i> | <i>120</i> |
| <i>Figura 79 - Valori di K_{def} per legno e prodotti strutturali a base di legno</i> | <i>120</i> |
| <i>Figura 80 – Definizione della sezione trasversale residua e di quella efficace.....</i> | <i>121</i> |
| <i>Figura 81 - Prospetto 3.1 eurocodice 5 parte 1-2.....</i> | <i>122</i> |
| <i>Figura 82 - Prospetto 4.1 eurocodice 5 parte 1-2.....</i> | <i>122</i> |
| <i>Figura 83 - Nomogramma</i> | <i>124</i> |
| <i>Figura 84 - Indicazione vie di esodo del Teatro “De Micheli” di Copparo (FE)</i> | <i>127</i> |
| <i>Figura 85 - Nuove poltroncine del Teatro “La Fenice” a Venezia</i> | <i>130</i> |
| <i>Figura 86 - E.F.C. presenti sulla copertura del Teatro “De Micheli” di Copparo (FE)</i> | <i>132</i> |
| <i>Figura 87 - Porta REI dotata di dispositivo di autochiusura</i> | <i>134</i> |
| <i>Figura 88 - Posizionamento di un idrante del Teatro “La Fenice” a Venezia</i> | <i>136</i> |
| <i>Figura 89 - Palcoscenico del Teatro “Stabile” di Napoli</i> | <i>138</i> |
| <i>Figura 90 - I “luoghi” del teatro all’Italiana soggetti a problematiche ricorrenti .</i> | <i>143</i> |
| <i>Figura 91 - graticcio in legno del teatro Municipale di Casale visto dal palco.....</i> | <i>145</i> |



| | |
|--|-----|
| <i>Figura 92 - Particolare del ronchetto in legno incastrato su doghe in legno.....</i> | 146 |
| <i>Figura 93 - Particolare del graticcio in acciaio del teatro "De Micheli" di Copparo</i> | 147 |
| <i>Figura 94 - Pianta graticcio - Teatro Municipale di Casale Monferrato</i> | 148 |
| <i>Figura 95 - Graticcio visto dal palco.....</i> | 149 |
| <i>Figura 96 - Sistema di funi appese al graticcio in legno.....</i> | 149 |
| <i>Figura 97 - Schema piano graticcio esistente</i> | 150 |
| <i>Figura 98 - Grafico velocità di carbonizzazione utilizzando vernice intumescente</i> | 154 |
| <i>Figura 99 - Applicazione di vernice intumescente su trave principale del piano graticcio.....</i> | 155 |
| <i>Figura 100 - Schema protezione graticcio in legno e travi portanti.....</i> | 156 |
| <i>Figura 101 - Tirante in acciaio per collegamento graticcio-trave di copertura</i> | 157 |
| <i>Figura 102 - Schema protezione tirante in acciaio tramite coppella</i> | 158 |
| <i>Figura 103 - Schema di assemblaggio delle coppelle protettive.....</i> | 159 |
| <i>Figura 104 - Dettaglio di montaggio copritenditore (2) su coppelle maschio (1).</i> | 160 |
| <i>Figura 105 - Parti non rivestibili da trattare con vernice intumescente</i> | 160 |
| <i>Figura 106 - Schema protezione al fuoco tirante in acciaio.....</i> | 161 |
| <i>Figura 107 - Elemento di rinforzo a "L"</i> | 162 |
| <i>Figura 108 - Schema protezione elemento di rinforzo a "L"</i> | 162 |
| <i>Figura 109 - Sezione palcoscenico Teatro "De Micheli" di Copparo</i> | 166 |
| <i>Figura 110 - Graticcio in acciaio</i> | 167 |
| <i>Figura 111 - Schema piano graticcio esistente</i> | 168 |
| <i>Figura 112 - Particolare del ronchetto in legno incastrato su doghe in acciaio ...</i> | 172 |
| <i>Figura 113 - Applicazione intonaco protettivo su trave principale del piano graticcio.....</i> | 174 |
| <i>Figura 114 - Schema applicazione lastre su trave in acciaio.....</i> | 174 |

| | |
|--|------------|
| <i>Figura 115 - Capriata in legno del teatro "De Micheli" di Copparo.....</i> | <i>177</i> |
| <i>Figura 116 - Capriata in legno del teatro Municipale di Casale Monferrato</i> | <i>178</i> |
| <i>Figura 117 - Rappresentazione tridimensionale della capriata del teatro di Copparo</i> | <i>179</i> |
| <i>Figura 118 - Schema capriata esistente.....</i> | <i>181</i> |
| <i>Figura 119 - Grafico velocità di carbonizzazione utilizzando vernice intumescente</i> | <i>184</i> |
| <i>Figura 120 - Applicazione vernice intumescente sulla capriata in legno</i> | <i>185</i> |
| <i>Figura 121 - Schema protezione capriata in legno</i> | <i>186</i> |
| <i>Figura 122 - Capriata esistente, da notare la mancanza di giunzioni tra gli elementi in legno</i> | <i>187</i> |
| <i>Figura 123 - Particolare della giunzione tra due elementi in legno della copertura</i> | <i>188</i> |
| <i>Figura 124 - Pianta copertura originaria - Teatro "Ebe Stignani" di Imola</i> | <i>189</i> |
| <i>Figura 125 - Prospetto capriata esistente</i> | <i>190</i> |
| <i>Figura 126 - Manto di copertura originario.....</i> | <i>190</i> |
| <i>Figura 127 - Pianta copertura di progetto - Teatro "Ebe Stignani" di Imola.....</i> | <i>191</i> |
| <i>Figura 128 - Prospetto nuova capriata di progetto.....</i> | <i>192</i> |
| <i>Figura 129 - Manto di copertura di progetto</i> | <i>192</i> |
| <i>Figura 130 - Ancoraggio capriata alla muratura perimetrale.....</i> | <i>193</i> |
| <i>Figura 131 - Particolare 1, collegamento Catena-Puntone</i> | <i>194</i> |
| <i>Figura 132 - Esempio collegamento Catena-Puntone tramite piastra in acciaio..</i> | <i>194</i> |
| <i>Figura 133 - Particolare 2, collegamento Monaco-Puntone</i> | <i>195</i> |
| <i>Figura 134 - Esempio collegamento Monaco-Puntone tramite piastra in acciaio</i> | <i>195</i> |
| <i>Figura 135 - Particolare 3, collegamento Catena-Monaco</i> | <i>196</i> |
| <i>Figura 136 - Il plafone del teatro "dei Filarmonici" di Ascoli Piceno</i> | <i>197</i> |



| | |
|--|-----|
| <i>Figura 137 - Il plafone del teatro "dei Filarmonici" dopo l'intervento</i> | 198 |
| <i>Figura 138 - Schema di suddivisione della volta</i> | 199 |
| <i>Figura 139 - Il plafone del teatro dei Filarmonici prima dell'intervento</i> | 200 |
| <i>Figura 140 - Stratigrafia volta in camorcanna del teatro "dei Filarmonici"</i> | 201 |
| <i>Figura 141 - Estradosso del plafone</i> | 202 |
| <i>Figura 142 - Schema disposizione delle centine e della chiodatura</i> | 202 |
| <i>Figura 143 - Stuoioato con fasci di canne ad andamento sinusoidale</i> | 203 |
| <i>Figura 144 - Particolare dell'intonaco su stuoioato di canne</i> | 204 |
| <i>Figura 145 - Intradosso della volta in camorcanna prima dell'intervento</i> | 204 |
| <i>Figura 146 - Cordone di resina epossidica tra centina e camorcanna</i> | 206 |
| <i>Figura 147 - Consolidamento centine con nuove tavole e nuovi tambocchi</i> | 206 |
| <i>Figura 148 - Realizzazione del nuovo stuoioato</i> | 207 |
| <i>Figura 149 - Applicazione di un cordone di resina epossidica tra centina e stuoioato</i> | 208 |
| <i>Figura 150 - Sospensione della centina con tirante e profilo in acciaio imbullonato</i> | 209 |
| <i>Figura 151 - Distacco tra struttura lignea e stuoioato</i> | 210 |
| <i>Figura 152 - Sovrapposizione dello stuoioato nuovo con il vecchio</i> | 211 |
| <i>Figura 153 - Stuccatura dell'estradosso</i> | 212 |
| <i>Figura 154 - Schema del consolidamento estradossoale tramite FRP</i> | 213 |
| <i>Figura 155 - Dettaglio del consolidamento tramite FRP</i> | 214 |
| <i>Figura 156 - Utilizzo di fasce di FRP all'estradosso del plafone</i> | 216 |
| <i>Figura 157 - Estradosso della volta in camorcanna prima e dopo l'applicazione dell'intonaco</i> | 221 |
| <i>Figura 158 - Capriata in legno dopo l'applicazione di vernice ignifuga</i> | 229 |
| <i>Figura 159 - Copertura in legno dopo l'applicazione di vernice intumescente</i> | 230 |

Figura 160 - Vernice intumescente applicata su struttura in acciaio233

Figura 161 - Applicazione di intonaco a base di gesso su elementi strutturali235

Figura 162 - Intonaco a base di lana minerale su elementi strutturali237