

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

Mandataria

Mandanti



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA

MANDANTI



PROGETTO ESECUTIVO

LINEA PESCARA - BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA
LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA

Relazione tecnico specialistica per la verifica a resistenza al fuoco delle strutture portanti/rivestimenti definitivi della galleria Campomarino

L'Appaltatore

Ing. Gianguido Babini

A.A.D'AGOSTINO COSTRUZIONI GENERALI S.r.l.

Il Direttore Tecnico

Ing. Gianguido Babini

I progettisti (il Direttore della progettazione)

Ing. Massimo Facchini



Data

firma

Data

firma

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA / DISCIPLINA | PROGR | REV | SCALA |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|-------|-----|-------|
| L I O B | 0 2 | E | Z Z | R H | G N 0 0 0 0 | 0 0 1 | C | --- |

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato/Data |
|------|-----------------------------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------------|
| A | Prima emissione | L. Sgariglia | 14/12/2022 | S. Carozza | 16/12/2022 | T. Pelella | 18/12/2022 | |
| B | Aggiornamento a seguito RDV | L. Sgariglia | 24/07/2023 | S. Carozza | 25/07/2023 | T. Pelella | 26/07/2023 | |
| B | Aggiornamento a seguito RIV | L. Castaldo | 16/10/2023 | S. Carozza | 17/10/2023 | T. Pelella | 18/10/2023 | |

| | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|
| MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L. | MANDANTI  | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| | | Relazione tecnico specialistica per la verifica a resistenza al fuoco delle strutture portanti / rivestimenti definitivi della galleria Campomarino | COMMESSA LI0B | LOTTO 02 | FASE E | ENTE ZZ | TIPO DOC RH | OPERA 7 DISCIPLINA GN 00 00 | | | PROGR 001 |

INDICE

| | |
|--|-----------|
| 1.. PREMESSA | 2 |
| 2.. NORMATIVE E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO | 3 |
| 2.1 Normative..... | 3 |
| 2.2 Documentazione di riferimento..... | 4 |
| 3.. IPOTESI E CRITERI DI CALCOLO..... | 4 |
| 4.. VERIFICA DI RESISTENZA AL FUOCO | 5 |
| 4.1 Galleria naturale GN01..... | 6 |
| 4.2 Galleria artificiale GA01..... | 7 |
| 4.3 Galleria artificiale GA02..... | 8 |
| 4.4 Galleria artificiale GA04..... | 9 |
| 5.. CONCLUSIONI | 10 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|--|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|---------------------|
| MANDATARIA  | MANDANTI  | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| | | Relazione tecnico specialistica per la verifica a resistenza al fuoco delle strutture portanti / rivestimenti definitivi della galleria Campomarino | | COMMESSA LI0B | LOTTO 02 | FASE E | ENTE ZZ | TIPO DOC RH | OPERA 7 DISCIPLINA GN 00 00 | | PROGR 001 |

1. PREMESSA

Nel presente documento vengono sintetizzate le risultanze delle valutazioni condotte al fine di verificare il comportamento, in termini di *resistenza al fuoco*, delle strutture portanti/ rivestimenti definitivi della **Galleria Campomarino** prevista nell'ambito della *Tratta Termoli-Ripalta* – Lotti 2 e 3 (Raddoppio della Tratta Ferroviaria Termoli-Lesina).

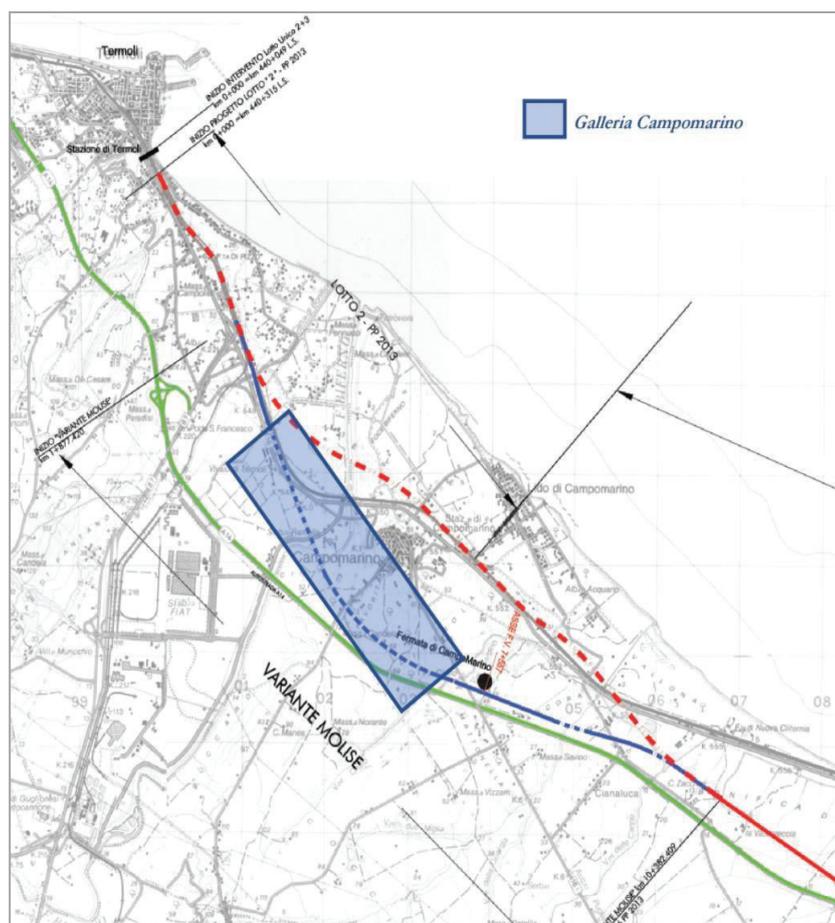


Figura 1: Stralcio corografico con individuazione della Galleria Campomarino

Tale Galleria con configurazione ad unica canna a doppio binario presenta uno sviluppo complessivo di circa 1717m dal km 5+231.21 al km 6+948.10 così rispettivamente suddiviso procedendo da Pescara verso Bari:

- GA01 di sviluppo pari a circa 28m dal km 5+231.21 al km 5+259.01;
- GN01 di sviluppo pari a circa 1552m dal km 5+259.01 al km 6+810.51;
- GA02 di sviluppo pari a circa 88m dal km 6+810.51 al km 6+898.87;
- GA04 di sviluppo pari a circa 49m dal km 6+898.87 al km 6+948.10.

Ciò premesso, le valutazioni circa la resistenza al fuoco della galleria vengono condotte con riferimento al requisito richiesto dalle NTC2008 (cfr. §§ 2.1. Principi fondamentali) per “...le opere e le varie tipologie strutturali...” in merito alla “...robustezza nei confronti di azioni eccezionali...” quali l’ “...incendio...”. Nel caso in esame, non ricadendo nella specifica regola tecnica rappresentata dal D.M.2005, secondo il quale (in

| | | | | | | | | | | | |
|--|--|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---------------------|-----------------|
| MANDATARIA  MANDANTI  | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| | Relazione tecnico specialistica per la verifica a resistenza al fuoco delle strutture portanti / rivestimenti definitivi della galleria Campomarino | COMMESSA LI0B | LOTTO 02 | FASE E | ENTE ZZ | TIPO DOC RH | OPERA 7 DISCIPLINA GN 00 00 | | | PROGR 001 | REV C |

ottemperanza al relativo p.to 1.2.1 Resistenza e reazione al fuoco dell'Allegato II "Requisiti di sicurezza per le gallerie nel sistema ferroviario") "...per le gallerie di lunghezza superiore a 2000m, le strutture delle opere in sotterraneo, dovranno avere caratteristiche di resistenza al fuoco non inferiore ad R120, da valutare con la curva di incendio (UNI11076)...", occorre individuare il livello di prestazione da richiedere alle strutture portanti/rivestimenti definitivi della Galleria in oggetto.

In tale contesto, in assenza di specifiche determinazioni di merito, le valutazioni circa il comportamento alle alte temperature, in termini di resistenza al fuoco, delle strutture portanti/rivestimenti della Galleria in oggetto vengono condotte nell'ipotesi in cui sia valido, anche per gallerie di lunghezza inferiore a 2000m, quanto richiesto dal D.M.2005 di cui sopra.

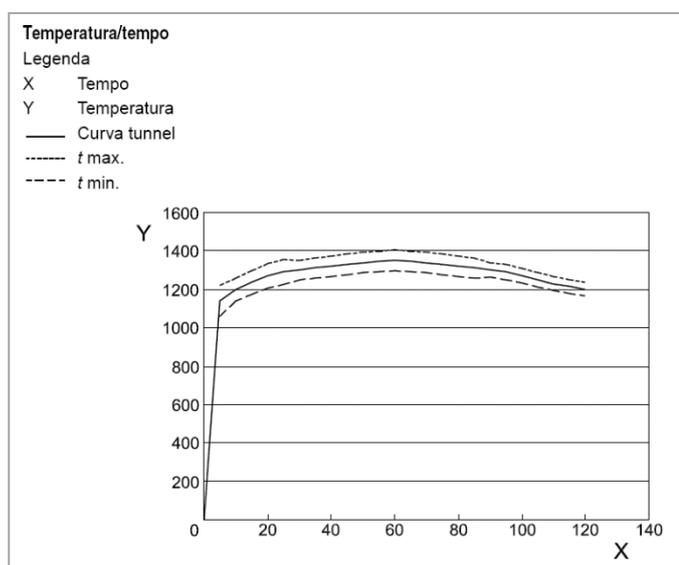


Figura 2 – Curva Temperatura/Tempo "Tunnel" da UNI11076

Altresì, vengono contestualmente riscontrati anche i §§ 4.2.1.2 e 6.2.7.2 Resistenza al fuoco delle strutture dalla galleria del **REGOLAMENTO (UE) N. 1303/2014** modificati all'Allegato V del **REGOLAMENTO DI ESECUZIONE (UE) 2019/776**. Pertanto, dalla lettura congiunta dei due regolamenti anzidetti si rileva che, per la galleria, occorre verificare il p.to a) del § 4.2.1.2 "...In caso di incendio, l'integrità del rivestimento della galleria deve mantenersi per un periodo di tempo sufficientemente lungo da consentire l'autosoccorso e l'evacuazione dei passeggeri e del personale nonché l'intervento delle squadre di emergenza. Tale periodo di tempo deve essere conforme agli scenari di evacuazione considerati e essere indicato nel piano di emergenza...".

La conformità a tale requisito deve essere valutata dall'organismo notificato "...utilizzando i risultati dei calcoli e/o delle prove effettuati dal richiedente o un metodo equivalente. (1) Per dimostrare che l'integrità del rivestimento della galleria si mantiene per un periodo sufficientemente lungo da consentire l'autosoccorso e l'evacuazione dei passeggeri e del personale nonché l'intervento delle squadre di emergenza, è sufficiente provare che il rivestimento della galleria può resistere a una temperatura di 450 °C a livello del soffitto per lo stesso periodo..." (cfr. p.to (1) § 6.2.7.2 Resistenza al fuoco delle strutture dalla galleria) "...Questa verifica non è necessaria per le gallerie in roccia senza un sostegno supplementare...".

2. NORMATIVE E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

2.1 NORMATIVE

Per le valutazioni di cui alla presente relazione, sono state prese a riferimento le seguenti Normative nazionali ed internazionali:

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|----------|
| MANDATARIA  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| Relazione tecnico specialistica per la verifica a resistenza al fuoco delle strutture portanti / rivestimenti definitivi della galleria Campomarino | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | RH | GN | 00 | 00 | 001 | C | 4 |

- Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 14 Gennaio 2008 – Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni
- Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 Febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP. – Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 28 Ottobre 2005 «Sicurezza nelle Gallerie Ferroviarie»
- UNI 11076/2003 - Modalità di prova per la valutazione del comportamento di protettivi applicati a soffitti di opere sotterranee, in condizioni di incendio
- REGOLAMENTO (UE) N. 1303/2014 DELLA COMMISSIONE del 18 Novembre 2014 relativo alla Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente la «sicurezza nelle gallerie ferroviarie» del sistema ferroviario dell'Unione europea
- REGOLAMENTO DI ESECUZIONE (UE) 2019/776 DELLA COMMISSIONE del 16 maggio 2019 che modifica i regolamenti (UE) n. 321/2013, (UE) n. 1299/2014, (UE) n. 1301/2014, (UE) n. 1302/2014, (UE) n. 1303/2014 e (UE) 2016/919 della Commissione e la decisione di esecuzione 2011/665/UE della Commissione per quanto riguarda l'allineamento alla direttiva (UE) 2016/797 del Parlamento europeo e del Consiglio e l'attuazione di obiettivi specifici stabiliti nella decisione delegata (UE) 2017/1474 della Commissione
- Guida per l'applicazione della STI SRT in forza del mandato di riferimento C(2007)3371 definitivo del 13/07/2007 del 28 Maggio 2014
- Guide for the application of the SRT TSI - In accordance with Article 19(3) of Regulation (EU) 2016/796 of the European Parliament and of the Council of 11 May 2016
- UNI EN 1991-1-2 - Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture – Parte 1-2 – Azioni in generale –
- Azioni sulle strutture esposte al fuoco e relativa Appendice Nazionale
- UNI EN 1992-1-2 - Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-2 –
- Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio e relativa Appendice Nazionale

2.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Sono stati altresì presi a riferimento i seguenti studi specifici condotti sul tema resistenza al fuoco delle gallerie ferroviarie:

- Verifiche in condizione di incendio secondo la norma STI SRT 20/12/2007 "Sicurezza nelle gallerie ferroviarie" delle sezioni di rivestimento di alcune opere in sotterraneo delle tratte AV/AC Firenze-Bologna, Gricignano-Napoli, Novara-Milano - Considerazioni sul fenomeno dello "spalling" ai fini dell'esecuzione delle verifiche in condizioni di incendio delle strutture di rivestimento di opere in sotterraneo - Prof. Ing. Enzo Cartapati - Roma, 7 Maggio 2012

3. IPOTESI E CRITERI DI CALCOLO

Con riferimento alle normative ed ai documenti di riferimento di cui ai par. 2.1 e 2.2, le valutazioni sul comportamento strutturale alle alte temperature, per la peculiarità delle tipologie strutturali indagate nel loro complesso e le relative condizioni al contorno, vengono condotte, in sintesi, analizzando, per la combinazione di carico incendio, il comportamento meccanico delle strutture portanti/rivestimenti definitivi all'azione incendio di verifica individuata (curva Temperatura/tempo "Tunnel" da UNI11076/2003 per tutta la durata di resistenza individuata ($t=120$ minuti), partendo dall'analisi dell'evoluzione della temperatura all'interno delle sezioni strutturali.

Secondo tali criteri, la risposta delle tipologie strutturali indagate viene valutata sia ipotizzando l'integrità delle sezioni strutturali per tutta la durata di resistenza al fuoco richiesta, sia tenendo conto del verificarsi di fenomeni di "spalling" in ragione dell'impossibilità di poterli escludere a priori (a tal proposito si cita la Sezione 4 Procedure di progettazione p.to 4.1 Generalità della UNI EN 1992-1-2 - Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2 -Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio, in cui viene

| | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|---------------------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small> | MANDANTI HYpro S.P.A. | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | |
| | | Relazione tecnico specialistica per la verifica a resistenza al fuoco delle strutture portanti / rivestimenti definitivi della galleria Campomarino | COMMESSA LI0B | LOTTO 02 | FASE E | ENTE ZZ | TIPO DOC RH | OPERA 7 DISCIPLINA GN 00 00 | | PROGR 001 |

richiesto che “...il distacco del calcestruzzo deve essere evitato per mezzo di misure appropriate oppure si deve tenere conto della sua influenza sui requisiti prestazionali (R e/o E I)...”. Per effettuare ciò, ci si riferisce allo studio citato al par. 2.2 condotto per Rete Ferroviaria Italiana che, sulla base di evidenze sperimentali e di incendi realmente avvenuti, ha portato ad individuare un criterio attendibile di quantificazione dei fenomeni di “spalling” con il quale, caso per caso, condurre le valutazioni.

Pertanto, nell’arco dei 120 minuti di esposizione al carico termico fornito dalla curva Temperatura/tempo “Tunnel” da UNI11076/2003 vengono considerate le seguenti due condizioni di verifica:

- in assenza di fenomeni di “spalling”
- in presenza di fenomeni di “spalling”

riferendo l’esito alla condizione risultata peggiore.

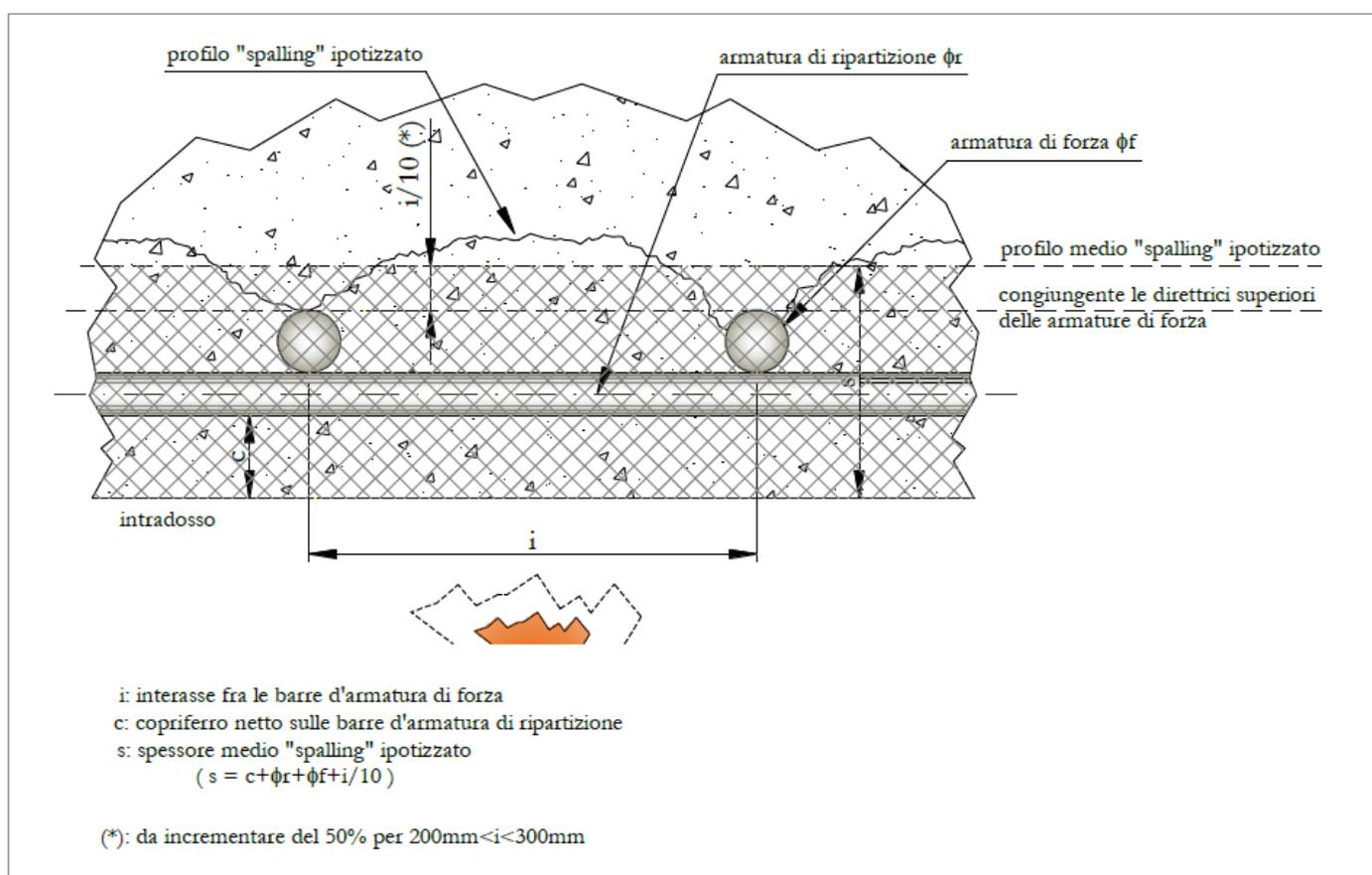


Figura 3: Stralcio schematico sezione strutturale per quantificazione fenomeno di “spalling”

4. VERIFICA DI RESISTENZA AL FUOCO

Secondo i criteri e le modalità sopra esposte viene valutato il comportamento alle alte temperature delle strutture portanti/rivestimenti definitivi della Galleria Campomarino in progetto indagando, con riferimento alle diverse tipologie strutturali presenti, le sezioni correnti di galleria naturale ed artificiale riscontrabili dagli elaborati grafici e dai documenti di calcolo di progetto “a freddo” di interesse che rappresentano i dati di base forniti alla S.O. scrivente per la verifica “a caldo”.

| | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------|--|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|---------------------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small> | MANDANTI HYpro S.P.A. | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | |
| | | Relazione tecnico specialistica per la verifica a resistenza al fuoco delle strutture portanti / rivestimenti definitivi della galleria Campomarino | COMMESSA LI0B | LOTTO 02 | FASE E | ENTE ZZ | TIPO DOC RH | OPERA 7 DISCIPLINA GN 00 00 | | PROGR 001 |

4.1 GALLERIA NATURALE GN01

Si riporta di seguito la verifica di resistenza al fuoco della sezione minima di rivestimento di spessore 1.0 m considerando le massime sollecitazioni agenti in combinazione eccezionale (M = 323 kNm, N = 302kN, rif. Relazione tecnica e di calcolo galleria Campomarino LI0B02EZZCLGN0100001C). L'armatura considerata è costituita da 5f20 al filo superiore e 5fi 20 al filo inferiore. Il copriferro netto è pari a 4 cm. Il calcestruzzo è di classe C25/30 e l'armatura B450C.

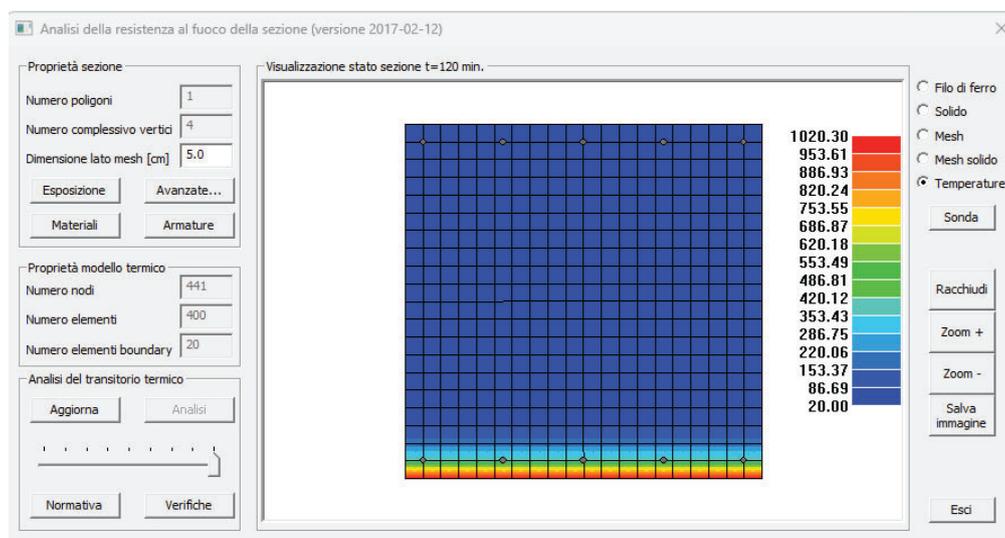


Figura 4: Analisi termica della sezione 120 minuti

VERIFICA DI RESISTENZA AL FUOCO DELLA SEZIONE A T=120 minuti UNI EN 1992-1-2:2005 MODELLO SEMPLIFICATO

| Figura | Materiale | Nota | Da X | Da Y | A X | A Y | Esposizione | alfa c | exp n | e res |
|--------|-----------|----------------|--------|--------|--------|--------|------------------|--------|-------|-------|
| | | | cm | cm | cm | cm | | W/m2C | | |
| 1 | Cls | Rck=30 [N/mm2] | 50.00 | -50.00 | 50.00 | 50.00 | Non esposto | | | |
| | | | 50.00 | 50.00 | -50.00 | 50.00 | Non esposto | | | |
| | | | -50.00 | 50.00 | -50.00 | -50.00 | Non esposto | | | |
| | | | -50.00 | -50.00 | 50.00 | -50.00 | Esposto incendio | 25.00 | 1.00 | 0.70 |

| Ferro | pos. X | pos. Y | Temp. | Epsilon | Sigma | area | fyk |
|-------|--------|--------|--------|---------|--------|------|--------|
| | cm | cm | C | % | N/mm2 | cm2 | N/mm2 |
| 1 | -45.00 | -45.00 | 411.52 | -0.07 | -97.26 | 3.14 | 450.00 |
| 2 | -22.50 | -45.00 | 411.52 | -0.07 | -97.26 | 3.14 | 450.00 |
| 3 | 0.0 | -45.00 | 411.52 | -0.07 | -97.26 | 3.14 | 450.00 |
| 4 | 22.50 | -45.00 | 411.52 | -0.07 | -97.26 | 3.14 | 450.00 |
| 5 | 45.00 | -45.00 | 411.52 | -0.07 | -97.26 | 3.14 | 450.00 |
| 6 | -45.00 | 45.00 | 20.00 | 4.95 | 450.00 | 3.14 | 450.00 |
| 7 | -22.50 | 45.00 | 20.00 | 4.95 | 450.00 | 3.14 | 450.00 |
| 8 | 0.0 | 45.00 | 20.00 | 4.95 | 450.00 | 3.14 | 450.00 |
| 9 | 22.50 | 45.00 | 20.00 | 4.95 | 450.00 | 3.14 | 450.00 |
| 10 | 45.00 | 45.00 | 20.00 | 4.95 | 450.00 | 3.14 | 450.00 |

| Stato | Verifica N/M | Azione N | Azione Mxx | Azione Myy | Azione Nu | Azione Muxx | Azione Muyy | Defor. C | Defor. S | x/d |
|------------|--------------|----------|------------|------------|-----------|-------------|-------------|----------|----------|------|
| | | kNm | kNm | kNm | kNm | kNm | kNm | % | % | |
| Verificata | 3.48 | 302.00 | 323.00 | 0.0 | 1050.56 | 1123.61 | 1.71e-05 | -0.35 | 4.65 | 0.07 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---------------------------------|--|---|-------|------|------|----------|--------------------|----|-------|-----|--------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small> | | MANDANTI HYpro S.P.A. | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| Relazione tecnico specialistica per la verifica a resistenza al fuoco delle strutture portanti / rivestimenti definitivi della galleria Campomarino | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | RH | GN | 00 | 00 | 001 | C |

4.2 GALLERIA ARTIFICIALE GA01

Si riporta di seguito la verifica di resistenza al fuoco della sezione minima di rivestimento di spessore 1.0 m considerando le massime sollecitazioni agenti in combinazione eccezionale (M = 781 kNm, N = 546kN, rif. Relazione di calcolo opere definitive LI0B02EZZCLGA0100002B). L'armatura considerata è costituita da 6φ24 sia al filo superiore che inferiore. Il copriferro netto è pari a 5 cm. Il calcestruzzo è di classe C25/30 e l'armatura B450C.

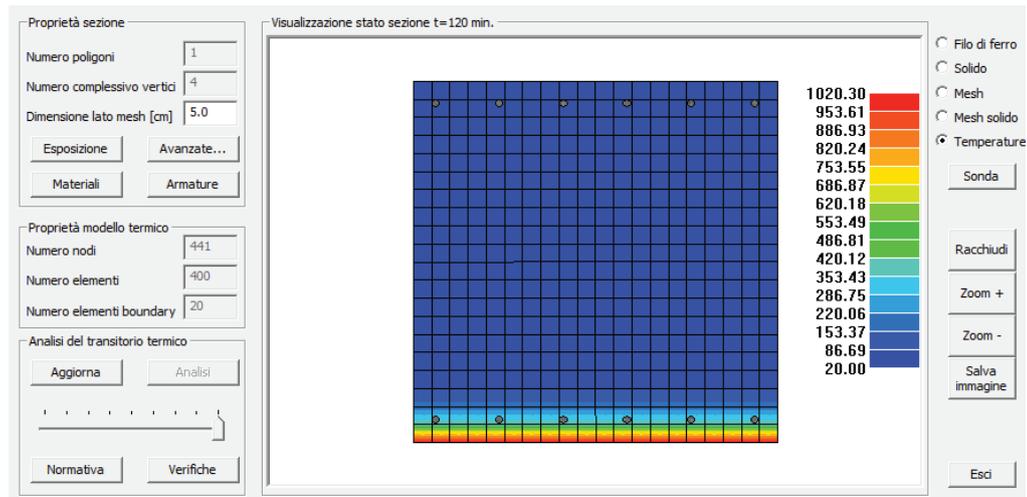


Figura 5: Analisi termica della sezione 120 minuti

VERIFICA DI RESISTENZA AL FUOCO DELLA SEZIONE A T=120 minuti UNI EN 1992-1-2:2005 MODELLO SEMPLIFICATO

| Figura | Materiale | Nota | Da X | Da Y | A X | A Y | Esposizione | alfa c | exp n | e res |
|--------|-----------|----------------|--------|--------|--------|--------|------------------|--------|-------|-------|
| 1 | Cls | Rck=30 [N/mm2] | cm | cm | cm | cm | Non esposto | | | |
| | | | 50.00 | -50.00 | 50.00 | 50.00 | Non esposto | | | |
| | | | 50.00 | 50.00 | -50.00 | 50.00 | Non esposto | | | |
| | | | -50.00 | 50.00 | -50.00 | -50.00 | Non esposto | | | |
| | | | -50.00 | -50.00 | 50.00 | -50.00 | Esposto incendio | 25.00 | 1.00 | 0.70 |

| Ferro | pos. X | pos. Y | Temp. | Epsilon | Sigma | area | fyk |
|-------|--------|--------|--------|---------|---------|------|--------|
| | cm | cm | C | % | N/mm2 | cm2 | N/mm2 |
| 1 | -26.28 | 43.80 | 20.00 | -0.10 | -206.34 | 4.52 | 450.00 |
| 2 | -8.76 | 43.80 | 20.00 | -0.10 | -206.34 | 4.52 | 450.00 |
| 3 | 8.76 | 43.80 | 20.00 | -0.10 | -206.34 | 4.52 | 450.00 |
| 4 | 26.28 | 43.80 | 20.00 | -0.10 | -206.34 | 4.52 | 450.00 |
| 5 | 26.28 | -43.80 | 356.69 | 3.38 | 450.00 | 4.52 | 450.00 |
| 6 | 8.76 | -43.80 | 356.69 | 3.38 | 450.00 | 4.52 | 450.00 |
| 7 | -8.76 | -43.80 | 356.69 | 3.38 | 450.00 | 4.52 | 450.00 |
| 8 | -26.28 | -43.80 | 356.69 | 3.38 | 450.00 | 4.52 | 450.00 |
| 9 | -43.80 | -43.80 | 356.69 | 3.38 | 450.00 | 4.52 | 450.00 |
| 10 | -43.80 | 43.80 | 20.00 | -0.10 | -206.34 | 4.52 | 450.00 |
| 11 | 43.80 | 43.80 | 20.00 | -0.10 | -206.34 | 4.52 | 450.00 |
| 12 | 43.80 | -43.80 | 356.69 | 3.38 | 450.00 | 4.52 | 450.00 |

| Stato | Verifica N/M | Azione N | Azione Mxx | Azione Myy | Azione Nu | Azione Muxx | Azione Muyy | Defor. C | Defor. S | x/d |
|------------|--------------|----------|------------|------------|-----------|-------------|-------------|----------|----------|------|
| Verificata | 2.07 | kNm | kNm | kNm | kNm | kNm | kNm | % | % | |
| | | 546.00 | 781.00 | 0.0 | 1131.22 | 1618.10 | 2.27e-05 | -0.35 | 3.38 | 0.09 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---------------------------------|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|----------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small> | | MANDANTI HYpro S.P.A. | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| Relazione tecnico specialistica per la verifica a resistenza al fuoco delle strutture portanti / rivestimenti definitivi della galleria Campomarino | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOLGIO |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | RH | GN | 00 | 00 | 001 | C | 8 |

4.3 GALLERIA ARTIFICIALE GA02

Si riporta di seguito la verifica di resistenza al fuoco della sezione minima di rivestimento di spessore 1.0 m considerando le massime sollecitazioni agenti in combinazione eccezionale (M = 419 kNm, N = 631 kN, rif. Relazione tecnica e di calcolo opere definitive LI0B02EZZCLGA0200002B). L'armatura considerata è costituita da 6φ24 sia al filo superiore che inferiore. Il copriferro netto è pari a 5 cm. Il calcestruzzo è di classe C25/30 e l'armatura B450C.

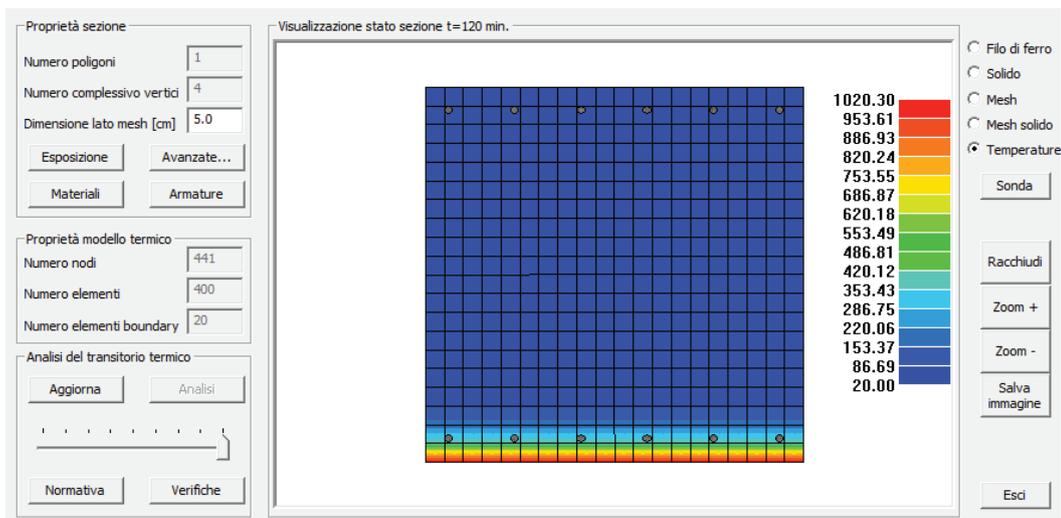


Figura 6: Analisi termica della sezione 120 minuti

VERIFICA DI RESISTENZA AL FUOCO DELLA SEZIONE A T=120 minuti UNI EN 1992-1-2:2005 MODELLO SEMPLIFICATO

| Figura | Materiale | Nota | Da X | Da Y | A X | A Y | Esposizione | alfa c | exp n | e res |
|--------|-----------|----------------|--------|--------|--------|--------|------------------|--------|-------|-------|
| | | | cm | cm | cm | cm | | W/m2C | | |
| 1 | Cls | Rck=30 [N/mm2] | 50.00 | -50.00 | 50.00 | 50.00 | Non esposto | | | |
| | | | 50.00 | 50.00 | -50.00 | 50.00 | Non esposto | | | |
| | | | -50.00 | 50.00 | -50.00 | -50.00 | Non esposto | | | |
| | | | -50.00 | -50.00 | 50.00 | -50.00 | Esposto incendio | 25.00 | 1.00 | 0.70 |

| Ferro | pos. X | pos. Y | Temp. | Epsilon | Sigma | area | fyk | Tipo | fptk | e fptk | e decomp. |
|-------|--------|--------|--------|---------|---------|------|--------|---------------|------|--------|-----------|
| | cm | cm | C | % | N/mm2 | cm2 | N/mm2 | N/mm2 | | | |
| 1 | -26.28 | 43.80 | 20.00 | -0.21 | -428.33 | 4.52 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | -8.76 | 43.80 | 20.00 | -0.21 | -428.33 | 4.52 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 3 | 8.76 | 43.80 | 20.00 | -0.21 | -428.33 | 4.52 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 4 | 26.28 | 43.80 | 20.00 | -0.21 | -428.33 | 4.52 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 5 | 26.28 | -43.80 | 356.69 | 1.71 | 334.49 | 4.52 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 6 | 8.76 | -43.80 | 356.69 | 1.71 | 334.49 | 4.52 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 7 | -8.76 | -43.80 | 356.69 | 1.71 | 334.49 | 4.52 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 8 | -26.28 | -43.80 | 356.69 | 1.71 | 334.49 | 4.52 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 9 | -43.80 | -43.80 | 356.69 | 1.71 | 334.49 | 4.52 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 10 | -43.80 | 43.80 | 20.00 | -0.21 | -428.33 | 4.52 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 11 | 43.80 | 43.80 | 20.00 | -0.21 | -428.33 | 4.52 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 12 | 43.80 | -43.80 | 356.69 | 1.71 | 334.49 | 4.52 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

| Stato | Verifica N/M | Azione N | Azione Mxx | Azione Myy | Azione Nu | Azione Muxx | Azione Muyy | Defor. C | Defor. S | x/d |
|------------|--------------|----------|------------|------------|-----------|-------------|-------------|----------|----------|------|
| | | kNm | kNm | kNm | kNm | kNm | kNm | % | % | |
| Verificata | 5.50 | 631.00 | 419.00 | 0.0 | 3470.23 | 2304.32 | 0.0 | -0.35 | 1.71 | 0.17 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---------------------------------|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|
| MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small> | | MANDANTI HYpro S.P.A. | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | |
| Relazione tecnico specialistica per la verifica a resistenza al fuoco delle strutture portanti / rivestimenti definitivi della galleria Campomarino | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | RH | GN | 00 | 00 | 001 | C |

4.4 GALLERIA ARTIFICIALE GA04

Si riporta di seguito la verifica di resistenza al fuoco della sezione minima di rivestimento di spessore 1.0 m considerando le massime sollecitazioni agenti in combinazione eccezionale (M = 714 kNm, N = 183 kN, rif. Relazione di calcolo LI0B02EZZCLGA0400001B). L'armatura considerata è costituita da 10 ϕ 26 sia al filo superiore che inferiore. Il copriferro netto è pari a 5 cm. Il calcestruzzo è di classe C32/40 e l'armatura B450C

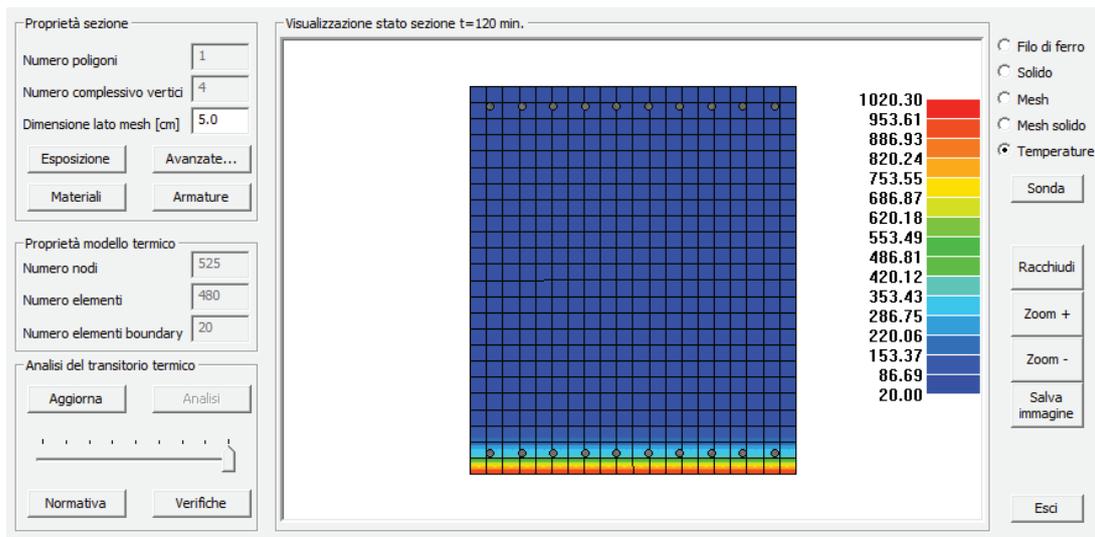


Figura 7: Analisi termica della sezione 120 minuti

VERIFICA DI RESISTENZA AL FUOCO DELLA SEZIONE A T=120 minuti UNI EN 1992-1-2:2005 MODELLO SEMPLIFICATO

| Figura | Materiale | Nota | Da X | Da Y | A X | A Y | Esposizione | alfa c | exp n | e res |
|--------|-----------|----------------|--------|--------|--------|--------|------------------|--------|-------|-------|
| | | | cm | cm | cm | cm | | W/m2C | | |
| 1 | Cls | Rck=40 [N/mm2] | 50.00 | -60.00 | 50.00 | 60.00 | Non esposto | | | |
| | | | 50.00 | 60.00 | -50.00 | 60.00 | Non esposto | | | |
| | | | -50.00 | 60.00 | -50.00 | -60.00 | Non esposto | | | |
| | | | -50.00 | -60.00 | 50.00 | -60.00 | Esposto incendio | 25.00 | 1.00 | 0.70 |

| Ferro | pos. X | pos. Y | Temp. | Epsilon | Sigma | area | f _{yk} | Tipo | f _{ptk} | e f _{ptk} | e decomp. |
|-------|--------|--------|--------|---------|---------|------|-----------------|---------------|------------------|--------------------|-----------|
| | cm | cm | C | % | N/mm2 | cm2 | N/mm2 | N/mm2 | | | |
| 1 | -43.70 | -53.70 | 352.12 | 4.52 | 450.00 | 5.31 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | -43.70 | 53.70 | 20.00 | -0.08 | -160.74 | 5.31 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 3 | 43.70 | 53.70 | 20.00 | -0.08 | -160.74 | 5.31 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 4 | 43.70 | -53.70 | 352.12 | 4.52 | 450.00 | 5.31 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 5 | -33.99 | 53.70 | 20.00 | -0.08 | -160.74 | 5.31 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 6 | -24.28 | 53.70 | 20.00 | -0.08 | -160.74 | 5.31 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 7 | -14.57 | 53.70 | 20.00 | -0.08 | -160.74 | 5.31 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 8 | -4.86 | 53.70 | 20.00 | -0.08 | -160.74 | 5.31 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 9 | 4.86 | 53.70 | 20.00 | -0.08 | -160.74 | 5.31 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 10 | 14.57 | 53.70 | 20.00 | -0.08 | -160.74 | 5.31 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 11 | 24.28 | 53.70 | 20.00 | -0.08 | -160.74 | 5.31 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 12 | 33.99 | 53.70 | 20.00 | -0.08 | -160.74 | 5.31 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 13 | 33.99 | -53.70 | 352.12 | 4.52 | 450.00 | 5.31 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 14 | 24.28 | -53.70 | 352.12 | 4.52 | 450.00 | 5.31 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 15 | 14.57 | -53.70 | 352.12 | 4.52 | 450.00 | 5.31 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 16 | 4.86 | -53.70 | 352.12 | 4.52 | 450.00 | 5.31 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| MANDATARIA  | | MANDANTI  | | LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA | | | | | | | | | | |
| Relazione tecnico specialistica per la verifica a resistenza al fuoco delle strutture portanti / rivestimenti definitivi della galleria Campomarino | | | | COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA 7 DISCIPLINA | | | PROGR | REV | FOGLIO |
| | | | | LI0B | 02 | E | ZZ | RH | GN | 00 | 00 | 001 | C | 10 |

| Ferro | pos. X | pos. Y | Temp. | Epsilon | Sigma | area | fyk | Tipo | fptk | e fptk | e decomp. |
|-------|--------|--------|--------|---------|--------|------|--------|---------------|------|--------|-----------|
| 17 | -4.86 | -53.70 | 352.12 | 4.52 | 450.00 | 5.31 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 18 | -14.57 | -53.70 | 352.12 | 4.52 | 450.00 | 5.31 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 19 | -24.28 | -53.70 | 352.12 | 4.52 | 450.00 | 5.31 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 20 | -33.99 | -53.70 | 352.12 | 4.52 | 450.00 | 5.31 | 450.00 | Classe N lam. | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

| Stato | Verifica N/M | Azione N | Azione Mxx | Azione Myy | Azione Nu | Azione Muxx | Azione Muyy | Defor. C | Defor. S | x/d |
|------------|--------------|----------|------------|------------|-----------|-------------|-------------|----------|----------|------|
| | | kNm | kNm | kNm | kNm | kNm | kNm | % | % | |
| Verificata | 4.28 | 183.00 | 714.00 | 0.0 | 784.08 | 3059.03 | 0.0 | -0.35 | 4.52 | 0.07 |

5. CONCLUSIONI

Alla luce delle valutazioni precedentemente riportate e considerando l'esito positivo delle verifiche, si ritiene adeguato, nei confronti della resistenza al fuoco, il rivestimento definitivo previsto per le gallerie in progetto.