

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 tecnica generale delle opere in sotterraneo

L'Appaltatore

Ing. Gianguido Babini

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

Il Direttore Tecnico

firma (Ing. Gianguido Babini)

I progettisti (il Direttore della progettazione)

Ing. Massimo Facchini

Data

firma



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

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	Prima emissione	L. Castaldo Smart-G	14/12/2022	S. Carozza	16/12/2022	T. Pelella	18/12/2022	
B	Seconda emissione	L. Castaldo Smart-G	22/05/2023	S. Carozza	23/05/2023	T. Pelella	24/05/2023	
		LC						

File: LI0B02EZZRGGN0000001B.DOCX

n. Elab.

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
	Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RG	OPERA 7 DISCIPLINA GN 00 00		PROGR 001	REV B

INDICE

1.. PREMESSA	3
1.1 RIFERIMENTI	3
1.1.1 NORMATIVA	3
1.1.2 RACCOMANDAZIONI E SPECIFICHE TECNICHE	3
2.. DESCRIZIONE DELL'OPERA	4
2.1 Il tracciato e le opere in sotterraneo	4
2.2 Opere per la sicurezza in galleria	6
2.3 Opere di Imbocco	7
2.4 Interferenze	8
2.5 Opere tecnologiche	8
3.. METODOLOGIA DI LAVORO.....	9
4.. FASE CONOSCITIVA.....	9
4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	9
4.1.1 UNITÀ DELLA FOSSA BRADANICA	9
4.1.2 ASPETTI GEOMORFOLOGICI	10
4.1.3 CARATTERI IDROGEOLOGICI E REGIME IDRAULICO.....	10
4.2 INDAGINI	11
4.2.1 INDAGINI DERIVANTI DALLE FASI PROGETTUALI PREGRESSE	11
4.2.2 INDAGINI FASE PROGETTUALE ATTUALE (PE)	11
4.2.3 INDAGINI GEOTECNICHE E PROVE IN SITO	11
4.2.4 PROVE DI LABORATORIO	12
4.2.5 INDAGINI GEOFISICHE	12
4.3 Caratterizzazione e modellazione geotecnica.....	13
5.. FASE DI DIAGNOSI	14
5.1 CLASSI DI COMPORTAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO	14
5.2 DETERMINAZIONE DELLE CATEGORIE DI COMPORTAMENTO.....	15
5.2.1 DEFINIZIONE DELLE TRATTE A COMPORTAMENTO OMOGENEO	15
6.. FASE DI TERAPIA	16
6.1 Metodo di scavo	16
6.2 Rischi potenziali	16
6.3 Definizione delle sezioni tipo – Galleria Campomarino	18
6.3.1 Sezione C1.....	19
6.3.2 Sezione C1bis	19
6.3.3 Sezione C2.....	20
6.3.4 Sezione C2m.....	21
6.4 Definizione delle sezioni tipo – Cunicolo di emergenza	22
6.4.1 Uscita/accesso pedonale - Sezione C1	22
6.4.2 Uscita/accesso pedonale - Sezione C2	22
6.4.3 Uscita/accesso pedonale - Sezione C2m	23

 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	RG	GN	00	00	001	B	2

6.4.4	Uscita/accesso pedonale - Sezione C1*	24
6.5	Criteria di applicazione delle sezioni	25
6.5.1	<i>Galleria di linea</i>	25
6.5.2	<i>Cunicolo pedonale</i>	26

7..	FASE DI VERIFICA E MESSA A PUNTO DEL PROGETTO	27
7.1	Criteria di verifica	27
7.2	Monitoraggio in corso d'opera	27

8..	CONCLUSIONI	28
------------	--------------------	-----------

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RG	GN	00	00	001	B

1. PREMESSA

La presente relazione è parte integrante del progetto esecutivo del Raddoppio della Tratta Termoli – Lesina, afferente alla linea ferroviaria storica Pescara – Bari.

Nel tratto in studio la linea ferroviaria è attualmente a binario singolo; l'intervento di raddoppio della linea esistente è stato suddiviso, già in sede di progetto preliminare, in tre lotti funzionali. Nel seguito della relazione sono analizzati gli aspetti geotecnici relativi alla progettazione esecutiva delle opere civili in sotterraneo che interessano i Lotti 2 e 3 del Raddoppio della linea tra Termoli e Ripalta.

Le opere in sotterraneo previste in progetto sono le seguenti:

- la galleria di linea denominata “Campomarino”, che si sviluppa complessivamente per 1666,70 m, di cui 1552,10 m in galleria naturale e 114,60 m in galleria artificiale.
- un cunicolo pedonale di emergenza di lunghezza pari a circa 350 metri.

Scopo del documento è la descrizione delle principali soluzioni tecnico-progettuali individuate per la realizzazione della galleria e delle relative opere accessorie.

1.1 RIFERIMENTI

1.1.1 NORMATIVA

- Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 14/01/2008, “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”;
- C.S.LL.PP., Circolare n°617 del 02/02/2009, “Istruzioni per l’applicazione delle “nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al DM 14/01/2008”;
- Decreto Ministeriale 28/10/2005. “Sicurezza nelle gallerie ferroviarie”;

1.1.2 RACCOMANDAZIONI E SPECIFICHE TECNICHE

- 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, rettificato dal Regolamento (UE) 2016/912 del 9 giugno 2016 e modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;
- SIG, “Linee guida per la progettazione, l’appalto e la costruzione di opere in sotterraneo”, 1997;
- ITA, “Guidelines for the design of tunnels”, 1988;
- AGI, “Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche”, 1977;
- RFI, doc RFI DTC SI MA IFS 001 A “Manuale di Progettazione delle opere civili ” (30/12/2016);

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RG	OPERA 7 DISCIPLINA GN 00 00		PROGR 001	REV B

- RFI, doc RFI DTC SI SP IFS 001 A “Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili” (30/12/2016);
- ITALFERR, Specifica Tecnica PPA,0002403 “Linee guida per la progettazione geotecnica delle gallerie naturali” datato Dicembre 2015

2. DESCRIZIONE DELL’OPERA

2.1 IL TRACCIATO E LE OPERE IN SOTTERRANEO

L’intervento in progetto prevede il raddoppio della tratta ferroviaria della Termoli – Lesina della Linea Pescara – Bari per una lunghezza complessiva di 24,2 dal km 0+000 al km 24+200. Lungo il tracciato della nuova linea è presente la Galleria Campomarino. Questa è ubicata tra le progressive di tracciato km 5+229 (imbocco lato Termoli/Pescara) e km 6+895 circa (imbocco lato Lesina/Bari) e presenta una lunghezza complessiva in sotterraneo di circa 1666.70 m. Partendo dall’imbocco lato Pescara, posto a una quota di 16.82 m s.l.m., il tracciato della galleria procede sempre in salita fino all’imbocco lato Bari posto a una quota di 34.28 m s.l.m. con pendenza compresa tra 5.2‰ e 12 ‰ (Figura 1). La copertura massima è pari a 47 metri.

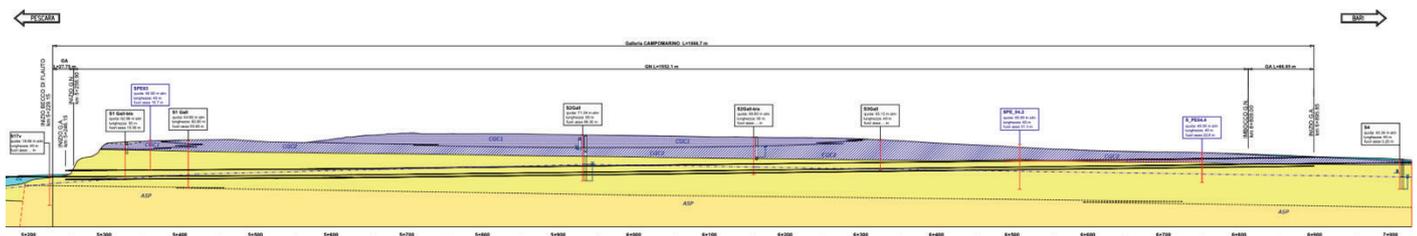


Figura 1. Profilo Galleria Campomarino

La galleria Campomarino è costituita da un tratto in naturale di 1552.1 m e da due tratti in artificiale in corrispondenza degli imbocchi di lunghezza pari a 27.75 m per l’imbocco lato Pescara e pari a 86,85 m per l’imbocco lato Bari.

Lo scavo della Galleria è previsto con metodo tradizionale.

In Tabella 1 sono riportate le progressive delle opere in sotterraneo previste lungo la tratta e delle opere di imbocco ad esse connesse.

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 tecnica generale delle opere in sotterraneo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RG	GN	00	00	001	B

Tabella 1 – progressive delle opere in sotterraneo – Galleria Campomarino

	opera	$p_{k,inizio}$ (m)	$p_{k,fine}$ (m)	$L_{parziale}$ (m)	L_{TOT} (m)
Galleria Campomarino	GA01	5+229.15	5+256.90	27.75	1666.70
	GN01	5+256.90	6+809.00	1552.10	
	GA02	6+809.00	6+895.00	86.85	

La sezione adottata per la galleria di linea è una sezione policentrica (Figura 2) con raggio di calotta e piedritti pari a 5.40 m e area libera pari a 66 m² circa, definita in accordo agli standard RFI per velocità 160<v≤200 km/h e Gabarit C.

È previsto l'alloggiamento dell'armamento tradizionale con traverse tipo "RFI-240" poggiate su ballast ed elettrificazione a c.c. a 3 kV.

La sezione presenta un marciapiede d'esodo con andamento del ciglio variabile in funzione della quota del binario attiguo. Nello specifico, l'altezza del ciglio risulta pari a + 55 cm, misurata perpendicolarmente al piano di rotolamento del binario attiguo, mentre la distanza del ciglio dal bordo interno della più vicina rotaia, misurata parallelamente al piano di rotolamento, è pari a 113 cm. Tale camminamento, presente su entrambe i lati, ha una larghezza non inferiore a 120 cm ed è corredato da corrimano posto sul paramento interno della galleria ad una quota di 1 m dal piano di calpestio del marciapiede.

In funzione della massima sopraelevazione raggiunta nella galleria, si ricavano le dimensioni limite dei camminamenti come riportate nel seguito:

- Galleria Campomarino (doppio binario) – max sopraelevazione di 125 millimetri:

Esterno curva:

- larghezza camminamento è di 140 cm;
- altezza misurata sul p.f. di 76.0 cm;
- distanza dall'asse del binario è di 179.5 cm

Interno curva:

- larghezza 128 cm;
- altezza misurata sul p.f. di 45.5 cm;
- distanza dall'asse del binario 189.0 cm

Le dimensioni del camminamento sono definite al netto della tolleranza.

**Relazione tecnica generale delle
opere in sotterraneo**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RG	GN	00	00	001	B	6

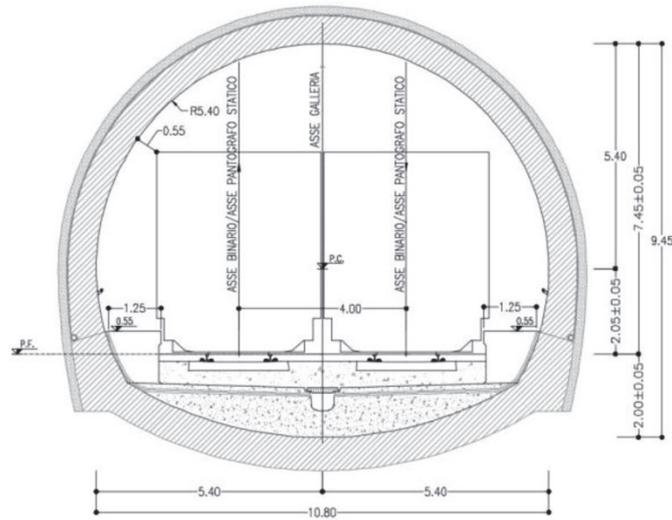


Figura 2. Sezione galleria di linea

2.2 OPERE PER LA SICUREZZA IN GALLERIA

In accordo con quanto richiesto dalle STI-SRT “Sicurezza nelle gallerie ferroviarie”, la galleria di linea in progetto deve essere dotata di uscite/accessi di emergenza, a interasse inferiore a 1000 m.

Tale requisito è rispettato con la realizzazione di un cunicolo pedonale di lunghezza pari a circa 350 m, che si connette alla galleria di linea in corrispondenza della pk. 6+000 circa.

La sezione del cunicolo pedonale è policentrica (Figura 3) con raggio interno di calotta pari a 1.80 m e area di scavo pari a circa 20 m²; la pendenza media della finestra è pari a circa 13%.

L’imbocco dell’uscita di emergenza è tra paratie di pali tirantati; a completamento dell’imbocco è prevista la realizzazione di una galleria artificiale.

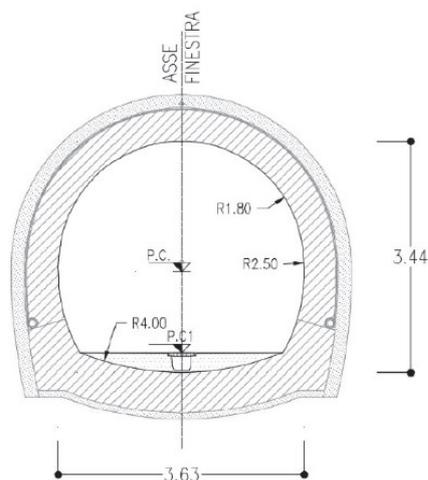


Figura 3. Sezione di intradosso uscita/accesso pedonale

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 tecnica generale delle opere in sotterraneo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RG	GN	00	00	001	B

2.4 INTERFERENZE

L'analisi dei rilievi topografici della cartografia di progetto ha consentito di individuare gli edifici più significativi ai fini dell'interferenza con le opere in progetto. Nello specifico sono stati considerati 24 edifici interessati potenzialmente dallo scavo della galleria di linea. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati specialistici di progetto.

2.5 OPERE TECNOLOGICHE

Con riferimento al "Manuale di Progettazione delle opere civili", le gallerie non sono dotate di nicchie di ricovero personale.

Sono invece previste nicchie LFM e nicchie IS, entrambe di dimensioni utili in pianta pari a 2.6 m x 2.0 m e altezza di 2.3m (Figura 5).

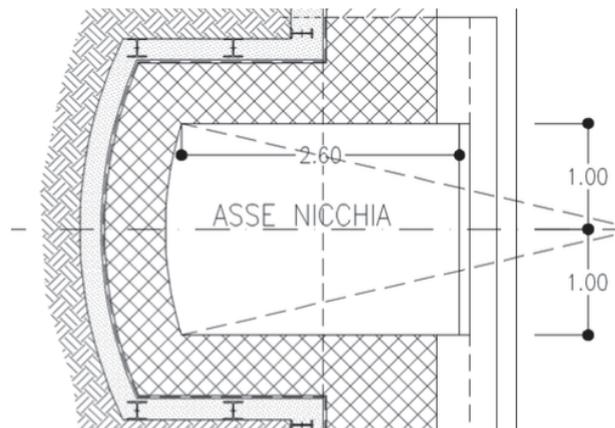


Figura 5. Pianta nicchia LFM e IS

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RG	GN	00	00	001	B

3. METODOLOGIA DI LAVORO

La progettazione delle opere in sotterraneo, condotta secondo il metodo ADECO-RS (Lunardi, 2006) si è articolata nelle seguenti fasi:

1. *fase conoscitiva*: è finalizzata allo studio e all'analisi del contesto geologico e geotecnico in cui deve essere realizzata l'opera;
2. *fase di diagnosi*: si esegue la valutazione della risposta deformativa dell'ammasso allo scavo in assenza di interventi di stabilizzazione per la determinazione delle categorie di comportamento;
3. *fase di terapia*: sulla base dei risultati delle precedenti fasi progettuali, si individuano le modalità di scavo e gli interventi di stabilizzazione idonei (sezioni tipo) per realizzare l'opera in condizioni di sicurezza.
4. *fase di verifica e messa a punto*: il progetto è completato dal piano di monitoraggio da predisporre ed attuare nella fase realizzativa. Nel piano di monitoraggio sono individuati i valori delle grandezze fisiche a cui riferirsi in corso d'opera per controllare la risposta deformativa dell'ammasso al procedere dello scavo, verificare la rispondenza con le previsioni progettuali e mettere a punto le soluzioni progettuali nell'ambito delle variabilità previste.

4. FASE CONOSCITIVA

Gli elementi necessari alla caratterizzazione e modellazione geotecnica del volume significativo interessato dalle opere in sotterraneo, necessari alla fase conoscitiva, sono stati acquisiti attraverso le campagne d'indagine pregresse e attraverso una campagna di indagini integrative effettuata in fase di progettazione esecutiva, come più avanti illustrato.

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Lungo lo sviluppo del tracciato della Galleria Campomarino e del cunicolo di emergenza sono state individuate formazioni geologiche ascrivibili all'unità della Fossa Bradanica, di seguito descritta.

4.1.1 UNITÀ DELLA FOSSA BRADANICA

L'Unità della Fossa Bradanica è costituita dalle seguenti formazioni (dal basso verso l'alto):

- Argille Subappennine (ASP) (Pliocene superiore – Pleistocene inferiore).
- Sabbie di Serracapriola (SSC) (Pleistocene inferiore).
- Conglomerati di Campomarino (CGC) (Pleistocene inferiore - Pleistocene medio).

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RG	GN	00	00	001	B

Le argille subappennine (ASP) sono descritte prevalentemente come argille limose e limi argillosi, in strati da sottili a spessi, con sottili intercalazioni di argille marnose, limi sabbiosi e sabbie fini.

Le sabbie di Serracapriola (SSR) sono descritte come costituite da sabbie medio-fini a luoghi cementate, in cui si rinvengono intercalazioni di conglomerati grossolani a elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi, e sottili livelli di arenarie medio-fini.

I conglomerati di Campomarino presentano due facies:

- CGC1, descritti come conglomerati poligenici ed eterometrici, a elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa;
- CGC2, descritte come argille limose e limi argilloso-sabbiosi di colore grigio, marrone e verdastro, a struttura indistinta o debolmente laminata.

4.1.2 ASPETTI GEOMORFOLOGICI

In corrispondenza dell'imbocco lato Termoli della galleria Campomarino, è presente una scarpata di erosione fluviale e marina, alta ed estesa, che interessa i terreni sabbioso-conglomeratici appartenenti alle formazioni delle Sabbie di Serracapriola e dei conglomerati di Campomarino (CGC1), con pendenze medie di circa 60°. Gli elaborati specialistici del progetto definitivo descrivono tale scarpata come stabile, sebbene sia interessata localmente da modesti fenomeni di crollo che tuttavia non interessano l'area di imbocco, ubicata in una area descritta come geomorfologicamente stabile. Anche l'imbocco lato Lesina è ubicato in area descritta come geomorfologicamente stabile. Lungo il tracciato della galleria Campomarino non sono stati rilevati fenomeni gravitativi in atto o quiescenti.

4.1.3 CARATTERI IDROGEOLOGICI E REGIME IDRAULICO

Sulla base degli approfondimenti specialistici riportati negli elaborati del progetto definitivo è stato possibile definire i principali caratteri idrogeologici delle formazioni di interesse, che sono di seguito sintetizzati.

La galleria di linea attraversa nel suo tracciato il deposito dei Conglomerati di Campomarino in facies argilloso-limosa (CGC2) e quello delle Sabbie di Serracapriola (SSR).

Da un punto di vista idrogeologico il deposito dei Conglomerati di Campomarino in facies argilloso-limosa (CGC2) è caratterizzato da una scarsa trasmissività idraulica (gli si può attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-10}$ e $1 \cdot 10^{-7}$ m/s) e rappresenta un *aquiclude* per i sovrastanti CGC1.

 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	RG	GN	00	00	001	B	11

Il complesso idrogeologico sabbioso arenaceo costituito dalle Sabbie di Serracapriola (SSR) si presenta come un acquifero di buona trasmissività, localmente piuttosto eterogeneo e anisotropo. A tale complesso si può attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-7}$ e $1 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Sulla base dei rilievi effettuati in fase di progettazione esecutiva la quota piezometrica massima risulta essere a circa 11.5 m al di sopra dell'estradosso di calotta della galleria.

4.2 INDAGINI

4.2.1 INDAGINI DERIVANTI DALLE FASI PROGETTUALI PREGRESSE

Per la caratterizzazione geotecnica delle formazioni interessate dalle opere in sotterraneo sono disponibili i dati provenienti dalla campagna d'indagine eseguita da Italferr nel 2017, relativamente al tratto in galleria. In tale campagna erano stati eseguiti 6 sondaggi a carotaggio continuo di cui quattro attrezzati con piezometri e due utilizzati per l'esecuzione di prove geofisiche in foro.

4.2.2 INDAGINI FASE PROGETTUALE ATTUALE (PE)

La caratterizzazione geotecnica del progetto definitivo è stata integrata con i risultati di una campagna di indagini supplementari, effettuate in fase di progettazione esecutiva, ai fini di una più dettagliata caratterizzazione delle condizioni geotecniche e idrauliche lungo il tracciato della galleria e in corrispondenza degli imbocchi.

Lungo il tracciato della galleria sono stati effettuati ulteriori 3 fori di sondaggio, in prossimità dell'asse della galleria, in corrispondenza delle progressive 5+375, 6+450 e 6+750, di lunghezza variabile tra 40 e 60 m. I sondaggi sono stati attrezzati con piezometri Casagrande per il rilievo della falda nel deposito di SSR, d'interesse per la sezione di scavo della galleria. Sono stati inoltre installati ulteriori 6 piezometri Casagrande in ulteriori 4 verticali così ubicate: 3 in corrispondenza dell'asse della galleria di linea alle progressive 5+390, 5+448, 5+ 753 e una in corrispondenza dell'asse del cunicolo pedonale alla progressiva 0+280 del cunicolo, che si proietta in asse alla galleria di linea in corrispondenza della progressiva 6+054.

4.2.3 INDAGINI GEOTECNICHE E PROVE IN SITO

Nell'ambito della campagna del 2017 erano state eseguite le seguenti indagini e prove in sito:

- n° 10 prove di permeabilità Lefranc a carico variabile;
- n° 2 prove di permeabilità Lugeon;
- n° 3 prove pressiometriche;

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RG	GN	00	00	001	B

- n° 9 prove dilatometriche;
- prove SPT.

Nei 3 fori di sondaggio supplementari effettuati nella fase di progettazione esecutiva sono state effettuate complessivamente 30 prove SPT.

4.2.4 PROVE DI LABORATORIO

Nei fori di sondaggio della campagna pregressa erano stati prelevati n. 29 campioni (7 indisturbati e 22 rimaneggiati) su cui erano state effettuate le seguenti prove di caratterizzazione meccanica:

- n° 7 prove triassiali consolidate non drenate (CIU);
- n° 8 prove triassiali non consolidate e non drenate (UU);
- n° 7 prove edometriche;
- n° 18 prove di taglio diretto;
- n° 3 prove di taglio residuo;
- n° 5 prove di colonna risonante;
- n° 7 prove di rigonfiamento.

Nella campagna del 2022 sono stati prelevati 6 campioni (2 indisturbati e 4 rimaneggiati), sui quali sono state eseguite prove di identificazione e di taglio diretto.

4.2.5 INDAGINI GEOFISICHE

Per la progettazione definitiva erano state realizzate le seguenti indagini geofisiche, di cui si è tenuto conto nell'elaborazione del modello di sottosuolo in fase di progettazione esecutiva:

- n°2 prove di sismica in foro (downhole);
- n°4 linee di stendimento di tomografia elettrica;
- n°5 stendimenti sismici MASW/Re.Mi. (Refracted Microtremor)

In fase di progettazione esecutiva sono state eseguiti:

- n° 3 stendimenti sismici MASW
- n° 3 prove sismiche a rifrazione

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RG	GN	00	00	001	B

4.3 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

I risultati delle indagini geotecniche, in situ e di laboratorio, hanno permesso di definire il modello geotecnico rappresentativo delle condizioni stratigrafiche e delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni/rocce interessati dall'opera in sotterraneo lungo il suo tracciato. Il modello geotecnico è rappresentato nell'elaborato 'Profilo geotecnico'. Per ulteriori dettagli si rimanda alla 'Relazione geotecnica'.

Di seguito si riporta (Tabella 2) una breve sintesi degli intervalli di variazione dei principali parametri geotecnici relativi ai terreni interessati dalla realizzazione delle opere in sotterraneo.

Tabella 2. Sintesi dei parametri geotecnici delle unità stratigrafiche

unità	γ (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ'	c_u (kPa)	E (MPa)
CGC1 (Conglomerati di Campomarino in facies sabbiosa)	19÷20	0÷5	30°÷40°	-	20÷80
CGC2 (Conglomerati di Campomarino in facies argilloso-limosa)	19÷20	10÷30	18°÷21°	100÷150	20÷80
SSR (Sabbie di Serracapriola)	19÷20	0÷5	34°÷38°	-	100÷400
ASP (Argille Subappennine)	20÷21	20÷30	21°÷24°	200÷300	100÷300

MANDATARIA  MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	RG	GN	00	00	001	B	14

5. FASE DI DIAGNOSI

5.1 CLASSIDI COMPORTAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO

Il comportamento del nucleo-fronte di scavo, al quale è legato quello della cavità, viene qui ricondotto alle tre categorie proposte da Lunardi (2006), che si riportano nel seguito per comodità.

Categoria A: nucleo-fronte stabile

Tale categoria corrisponde alla condizione in cui lo stato tensionale nel terreno al fronte e al contorno della cavità non supera le caratteristiche di resistenza dell'ammasso; in tal caso le deformazioni sono prevalentemente elastiche, di piccola entità e tendono a esaurirsi rapidamente con la distanza dal fronte. Il fronte di scavo e il cavo sono stabili e quindi non si rendono necessari interventi preventivi di stabilizzazione, se non localizzati e in misura ridotta. Il rivestimento definitivo costituisce il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine.

Categoria B: nucleo-fronte stabile a breve termine

Tale categoria corrisponde alla condizione in cui lo stato tensionale nel terreno al fronte e al contorno della cavità, a seguito delle operazioni di scavo, raggiunge la resistenza dell'ammasso. I fenomeni deformativi tensioni sono di tipo elasto-plastico, di maggiore entità rispetto al caso precedente. Nell'ammasso può prodursi una eventuale riduzione delle caratteristiche di resistenza con decadimento verso i parametri residui. La risposta tensio-deformativa può essere opportunamente controllata con adeguati interventi di pre-consolidamento del fronte e/o di consolidamento al contorno del cavo. In tal modo si fornisce l'opportuno contenimento all'ammasso perché mantenga un comportamento stabile. Nel caso non si prevedano interventi, lo stato tensio-deformativo può evolvere verso situazioni di instabilità del cavo in fase di realizzazione. Il rivestimento definitivo costituisce il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine.

Categoria C: nucleo-fronte instabile

Tale categoria corrisponde alla condizione in cui, superata la resistenza del terreno, i fenomeni deformativi evolvono molto rapidamente in campo plastico, producendo la progressiva instabilità del fronte di scavo e un incremento dell'estensione della zona dell'ammasso decompressa e plasticizzata al contorno della cavità, con rapido decadimento delle caratteristiche meccaniche del materiale. L'espansione della fascia di materiale decompresso al contorno del cavo deve essere contenuta prima dell'arrivo del fronte di scavo, mediante interventi di pre-consolidamento in avanzamento, che consentono di creare artificialmente l'effetto arco per far evolvere la risposta tensio-deformativa verso configurazioni di stabilità.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RG	GN	00	00	001	B

5.2 DETERMINAZIONE DELLE CATEGORIE DI COMPORTAMENTO

Sulla base del modello geotecnico si è proceduto all'analisi del comportamento del fronte di scavo in assenza di interventi di stabilizzazione nel breve e nel lungo termine.

La valutazione del comportamento del fronte è stata condotta utilizzando il metodo delle linee caratteristiche, per le tratte ad alta copertura, e i metodi di analisi della stabilità del fronte, per le tratte a bassa copertura.

Le analisi sono state svolte utilizzando i valori caratteristici dei parametri geotecnici e delle azioni.

La definizione delle sezioni analizzate è stata eseguita sulla base dei risultati della caratterizzazione geotecnica e delle classi di copertura lungo il tracciato.

5.2.1 DEFINIZIONE DELLE TRATTE A COMPORTAMENTO OMOGENEO

Per le opere in sotterraneo in progetto sono state considerate diverse sezioni di analisi al fine di considerare differenti condizioni di ammasso e di copertura, così come riportato nella relativa Relazione geotecnica. Sulla base di queste analisi, il tracciato è stato suddiviso in tratte a comportamento tensio-deformativo omogeneo.

Per quanto riguarda la galleria naturale:

- dalla pk 5+229.15 di imbocco lato Termoli fino alla pk 6+450 circa, in cui lo scavo interessa esclusivamente la formazione SSR, le analisi eseguite hanno indicato una categoria di tipo C (nucleo-fronte instabile), per un'estensione di circa 1221 m;
- dalla pk 6+450 fino all'imbocco lato Lesina a pk 6+809.00, le analisi eseguite hanno indicato una categoria di tipo C (nucleo-fronte instabile), per un'estensione di 359 metri circa.

Per quanto riguarda il cunicolo pedonale:

- a partire dall'imbocco, lo scavo del cunicolo pedonale interessa nel tratto iniziale, per circa 140 metri di estensione, la formazione CGC2;
- per il restante sviluppo di circa 160 metri lo scavo interessa la formazione SSR.

Le analisi di stabilità del fronte hanno condotto, per entrambe le tratte, alla definizione della categoria di comportamento tipo C.

Tali previsioni di comportamento e la relativa suddivisione in tratte sono state riportate nei profili geotecnici.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RG	GN	00	00	001	B

6. FASE DI TERAPIA

6.1 METODO DI SCAVO

Dall'analisi del contesto geologico, idrogeologico e geotecnico, nonché dell'estensione della galleria e della configurazione geometrica del tracciato, il metodo di scavo più idoneo per la realizzazione della galleria naturale è quello tradizionale, che si adatta ai diversi contesti geo-meccanici con l'adozione di differenti sezioni di avanzamento, progettate in funzione delle caratteristiche meccaniche dei terreni attraversati e delle condizioni idrogeologiche al contorno.

In particolare, in considerazione della categoria prevalente di comportamento tensio-deformativo di tipo C che si riscontra dalle analisi di stabilità del fronte eseguite, sono state adottate in progetto sezioni di scavo che prevedano interventi di pre-consolidamento in avanzamento al fronte e al contorno della sezione di scavo, come di seguito descritto.

6.2 RISCHI POTENZIALI

Le principali criticità, legate al contesto geologico, idrogeologico, geotecnico e ambientale, che potrebbero avere ripercussioni sulla fase realizzativa delle gallerie, sono di seguito descritte insieme alle conseguenti azioni di mitigazione previste in progetto. La mappatura dei diversi rischi è illustrata negli elaborati dei profili geotecnici.

Instabilità del fronte e del cavo.

Potenziali rischi di instabilità del fronte e del cavo possono interessare le tratte di galleria nei tratti in materiali incoerenti anche sottofalda e quelle di attraversamento di transizione litologica. Al fine di mitigare tale rischio:

- nei tratti in materiali incoerenti saranno eseguiti interventi di consolidamento con jet-grouting sia al fronte sia al contorno. Il jet-grouting dovrà essere eseguito adottando parametri e procedure tali da garantire il diametro delle colonne previste in progetto e i parametri di resistenza e deformabilità del terreno trattato e tali da tenere sotto controllo durante la fase di perforazione e la fase di iniezione le eventuali venute d'acqua di materiale fine nel caso di superficie piezometrica a quota cavo e superiore (ad esempio attraverso l'utilizzo del preventer). A protezione di eventuali distacchi di porzioni di terreno cementato al contorno, dovranno essere eseguiti interventi di pre-sostegno con infilaggi metallici cementati.
- Nelle tratte di galleria prossime alla zona di transizione litologica dovranno essere eseguite delle indagini in avanzamento al fine di tarare gli interventi di consolidamento in anticipo rispetto alla variazione del materiale al fronte.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RG	GN	00	00	001	B

Venute d'acqua

Il potenziale rischio di venute d'acqua in galleria in fase di scavo dipende dalla conducibilità idraulica dei materiali attraversati e dal carico idraulico. In particolare, possibili venute d'acqua in galleria sono attese nella formazione delle sabbie di Serracapriola, quando la superficie piezometrica attraversa l'area di scavo.

Al fine di limitare gli effetti legati alle possibili venute d'acqua, le sezioni tipo di scavo e consolidamento previste in questa formazione prevedono l'esecuzione sistematica dei drenaggi al fronte e l'impermeabilizzazione a tergo del rivestimento definitivo di calotta.

Nella formazione dei conglomerati di Campomarino CGC2, caratterizzata da permeabilità basse o molto basse, il rischio di venute d'acqua è basso o nullo; in tale formazione la realizzazione dei drenaggi è prevista come eventuale.

Fenomeni di interferenza con opere pre-esistenti

L'analisi dei rilievi topografici della cartografia di progetto ha consentito di individuare gli edifici più significativi ai fini dell'interferenza con le opere in progetto. Nello specifico sono stati considerati 25 edifici interessati potenzialmente dallo scavo della galleria di linea.

Nello scenario peggiore 7 edifici su 25 ricadono al più in categoria di danno 2 ($\epsilon_{LIM} < 0.15\%$), quindi lieve. Nello scenario più probabile sono invece da attendersi danni molto lievi alla quasi totalità degli edifici interessati, risultando 24 edifici su 25 in categoria inferiore a 2.

A maggior cautela, lo scavo della galleria in corrispondenza degli edifici interferenti in superficie prevede l'utilizzo di una sezione tipo C1bis, che presenta campi di avanzamento ridotti.

Interferenza sorgenti

Nell'area interessata dallo scavo della Galleria Campomarino e del cunicolo di accesso pedonale non sono state individuate emergenze sorgentizie, né ve n'è traccia in bibliografia e negli archivi degli enti operanti sul territorio, come riportato nella relazione geologica del progetto definitivo.

Esposizione ambientale e attacco chimico

Per la valutazione della classe di esposizione del calcestruzzo si fa riferimento alla UNI-EN 206-2016 e alla UNI 11104-2016; quest'ultima, in applicazione della EN 206, stabilisce le misure preventive da adottare in termini di massimo rapporto acqua/cemento (a/c), minima classe di resistenza e minimo contenuto in cemento (kg/m^3)

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RG	GN	00	00	001	B

La norma EN 206 stabilisce che in presenza di aria che trasporta salsedine marina, la classe di esposizione del cls da considerare è la XS1 – Calcestruzzo per zone costiere. Per le strutture che sono esposte a cicli di bagnato – asciutto la classe di esposizione indicata dalla stessa norma è XC4.

Le caratteristiche dei calcestruzzi delle opere definitive d'imbocco e della galleria naturale sono state scelta sulla base di tale indicazione. Si rimanda alle relazioni specialistiche per i dettagli sulle caratteristiche dei materiali.

Sismicità

L'area che interessa l'opera in sotterraneo è caratterizzata da sismicità superficiale (ipocentri a profondità comprese nell'intervallo 5÷15 km).

Pertanto, le sezioni di avanzamento previste in progetto sono state verificate anche in condizioni sismiche, valutando il livello di deformazione indotta dal sisma in condizioni pseudo statiche, in regime free-field. Nota tale deformazione di taglio massima alla quota di riferimento della galleria, è stato possibile valutare, mediante formule analitiche in forma chiusa, l'incremento delle sollecitazioni agenti sul rivestimento definitivo in fase sismica. I parametri sismici di progetto per la realizzazione delle opere previste sono stati determinati con riferimento al D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008. Si rimanda alla Relazione tecnica e di calcolo della galleria per i dettagli.

6.3 DEFINIZIONE DELLE SEZIONI TIPO – GALLERIA CAMPOMARINO

Per la tratta di galleria naturale della galleria Campomarino sono state definite 4 diverse sezioni tipo (di seguito denominate C1, C1bis, C2m, C2), in funzione delle caratteristiche geotecniche delle formazioni attraversate e del loro comportamento allo scavo, intese come l'insieme di modalità operative, fasi di lavoro, interventi di stabilizzazione, confinamento, contenimento, drenaggio e delle relative tecnologie esecutive.

Per ciascuna sezione tipo sono previsti interventi di pre-sostegno e pre-contenimento al fronte e al contorno, l'installazione a ridosso del fronte di scavo di un rivestimento provvisorio costituito da spritz-beton fibrorinforzato e centine metalliche e, infine, il getto dei rivestimenti definitivi di arco rovescio e calotta. Tutte le sezioni tipo prevedono l'installazione di drenaggi in avanzamento (eventuali per la sola sezione tipo C2).

È prevista la realizzazione di un'impermeabilizzazione al contorno della galleria, con telo in PVC protetto da uno strato di tessuto non tessuto. Le acque intercettate dall'impermeabilizzazione saranno smaltite da tubazioni drenanti, ubicate al piede del manto in PVC, collegate alla canaletta centrale.

Nei paragrafi seguenti si riporta una sintetica descrizione delle sezioni di avanzamento. Per una completa rappresentazione delle sezioni si rimanda agli elaborati grafici di progetto. Per la distribuzione delle tratte di applicazione delle diverse sezioni tipo si rimanda invece al profilo geotecnico.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	RG	GN	00	00	001	B

6.3.1 Sezione C1

La sezione prevede interventi di pre-contenimento del fronte e del contorno, con campi di avanzamento da 12.0 m; ne è prevista l'applicazione nella formazione delle Sabbie di Serracapriola (SSR) per coperture superiori ai 20 metri.

La sezione è caratterizzata da:

- pre-contenimento del fronte realizzato mediante 30 micro-trattamenti in jet-grouting Ø300 armati con elementi strutturali in VTR, L=20.0 m (sovrapposizione minima 8.0 m). Per l'incidenza del pre-contenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- pre-contenimento al contorno realizzato mediante 65 colonne in jet-grouting Ø600, L=16.5 m (sovrapposizione minima 4.5 m) e ulteriori 8+8 colonne al piede centina; Per l'incidenza del pre-contenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- pre-sostegno al contorno realizzato mediante 34 tubi in acciaio Ø127 sp. 10 mm, L=15.5 m (sovrapposizione minima 3.5 m), passo 0.40 m valvolati con 1 vlv/m. Per l'incidenza del pre-sostegno (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1.0 m secondo campi di avanzamento tronco-conici di lunghezza pari a 12.0 m;
- rivestimento provvisorio (a ogni sfondo) composto da 0.30 m di spritz-beton fibro-rinforzato e centina HEB220 con passo 1.0 m $\pm 20\%$;
- arco rovescio (spessore 1.00 m) e murette in calcestruzzo armato gettati a una distanza massima dal fronte pari a 1 diametro;
- calotta in calcestruzzo armato (spessore variabile da 0.60 m a 1.35 m) gettata a una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri.

6.3.2 Sezione C1bis

La sezione prevede interventi di pre-contenimento del fronte e del contorno, con campi di avanzamento da 6.0 m; ne è prevista l'applicazione nella formazione delle Sabbie di Serracapriola (SSR) per coperture inferiori ai 20 metri e in corrispondenza delle interferenze in superficie.

La sezione è caratterizzata da:

- pre-contenimento del fronte realizzato mediante 25 micro-trattamenti in jet-grouting Ø300 armati con elementi strutturali in VTR, L=17.0 m (sovrapposizione minima 11.0 m). Per l'incidenza del pre-contenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RG	GN	00	00	001	B

- pre-contenimento al contorno realizzato mediante 65 colonne in jet-grouting Ø600, L=15.0 m (sovrapposizione minima 9.0 m) e ulteriori 8+8 colonne al piede centina. Per l'incidenza del pre-contenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- pre-sostegno al contorno realizzato mediante 34 tubi in acciaio Ø127 sp. 10 mm, L=9.5 m (sovrapposizione minima 3.5 m), passo 0.40 m valvolati con 1 vlv/m. Per l'incidenza del pre-sostegno (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1.0 m secondo campi di avanzamento tronco-conici di lunghezza pari a 6.0 m;
- rivestimento provvisorio (a ogni sfondo) composto da 0.30 m di spritz-beton fibro-rinforzato e centina HEB220 con passo 1.0 m $\pm 20\%$;
- arco rovescio (spessore 1.00 m) e murette in calcestruzzo armato gettati a una distanza massima dal fronte pari a 0.5 diametri;
- calotta in calcestruzzo armato (spessore variabile da 0.60 m a 1.35 m) gettata a una distanza massima dal fronte pari a 2 diametri.

6.3.3 Sezione C2

La sezione prevede interventi di pre-contenimento del fronte e del contorno con campi di avanzamento di 10 m; ne è prevista l'applicazione nelle zone prossime all'imbocco della galleria lato Lesina, dove è prevalente la presenza della formazione dei Conglomerati di Campomarino in facies argilloso limosa (CGC2).

La sezione è caratterizzata da:

- pre-contenimento del fronte realizzato mediante 50 elementi strutturali in VTR, L=20.0 m (sovrapposizione minima 10.0 m) cementati in foro con miscele cementizie. Per l'incidenza del pre-contenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- pre-contenimento al contorno realizzato mediante 51 elementi strutturali in VTR, L=16.0 m (sovrapposizione minima 6.0 m) cementati in foro con miscele espansive e ulteriori 8+8 elementi strutturali in VTR al piede centina. Per l'incidenza del pre-contenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1.0 m secondo campi di avanzamento di lunghezza pari a 10.0 m;
- rivestimento provvisorio (a ogni sfondo) composto da 0.30 m di spritz-beton fibro-rinforzato e doppie centine IPN220 con passo 1.0 m $\pm 20\%$;
- arco rovescio (spessore 1.00 m) e murette in calcestruzzo armato gettati a una distanza massima dal fronte pari a 1 diametro;

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RG	GN	00	00	001	B

- calotta (spessore 0.90 m) in calcestruzzo armato gettata a una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri.

6.3.4 Sezione C2m

La sezione prevede interventi di pre-contenimento del fronte e del contorno, con campi di avanzamento da 10.0 m; ne è prevista l'applicazione nel tratto di transizione litologica tra la formazione dei conglomerati di Campomarino nella facies argillosa (CGC2) e la formazione delle Sabbie di Serracapriola (SSR).

Per la valutazione degli interventi di consolidamento previsti per la sezione C2m, si è fatto riferimento a una configurazione stratigrafica relativa a una sezione media, che prevede la presenza della formazione argilloso-limosa CGC2 nell'area di calotta fino all'altezza delle reni, mentre a partire dalle reni fino all'arco rovescio è presente la formazione sabbiosa SSR. I rilievi del fronte di scavo da eseguirsi in corso d'opera permetteranno di valutare l'esatto numero dei diversi interventi da realizzare al fronte e al contorno.

La sezione è caratterizzata da:

- pre-contenimento del fronte
 - parte alta (CGC2): 17 elementi strutturali in VTR, L=20.0 m (sovrapposizione minima 10.0 m) cementati in foro con miscele cementizie. Per l'incidenza del pre-contenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
 - parte bassa (SSR): 33 micro-trattamenti in jet-grouting $\varnothing 300$ armati con elementi strutturali in VTR, L=20.0 m (sovrapposizione minima 10.0 m). Per l'incidenza del pre-contenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- pre-contenimento al contorno
 - parte alta (CGC2): 29 elementi strutturali in VTR, L=16.0 m (sovrapposizione minima 6.0 m) cementati in foro con miscele espansive. Per l'incidenza del pre-contenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
 - parte bassa (SSR): 24 colonne in jet-grouting $\varnothing 600$, L=16.0 m (sovrapposizione minima 6.0 m) e ulteriori 8+8 colonne al piede centina. Per l'incidenza del pre-contenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1.0 m secondo campi di avanzamento di lunghezza pari a 10.0 m;
- rivestimento provvisorio (a ogni sfondo) composto da 0.30 m di spritz-beton fibro-rinforzato e doppie centine IPN220 con passo 1.0 m $\pm 20\%$;
- arco rovescio (spessore 1.00 m) e murette in calcestruzzo armato gettati a una distanza massima dal fronte pari a 0,5 diametri;

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RG	GN	00	00	001	B

- calotta in calcestruzzo armato (spessore 0.90 m) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 2 diametri.

6.4 DEFINIZIONE DELLE SEZIONI TIPO – CUNICOLO DI EMERGENZA

Per la realizzazione della tratta in naturale dell'uscita/accesso pedonale, si utilizza la tecnica dello scavo in tradizionale mediante avanzamenti a piena sezione. Le tipologie di intervento previste nelle singole sezioni tipo e i criteri di applicazione sono del tutto analoghi a quelli definiti per la galleria di linea.

6.4.1 Uscita/accesso pedonale - Sezione C1

La sezione prevede interventi di pre-contenimento del fronte e del contorno, con campi di avanzamento da 8.0 m; ne è prevista l'applicazione nella formazione delle Sabbie di Serracapriola (SSR).

La sezione è caratterizzata da:

- pre-contenimento del fronte realizzato mediante 11 micro-trattamenti in jet-grouting Ø300 armati con elementi strutturali in VTR, L=15.0 m (sovrapposizione minima 7.0 m). L'incidenza del pre-consolidamento (numero o lunghezza degli elementi) potrà avere una variabilità del $\pm 20\%$;
- pre-contenimento al contorno realizzato mediante 27 colonne in jet-grouting Ø600, L=12.5 m (sovrapposizione minima 4.5 m). L'incidenza del pre-consolidamento potrà avere una variabilità del $\pm 20\%$;
- pre-sostegno al contorno realizzato mediante 14 tubi in acciaio Ø127 sp. 10 mm, L=11.5 m (sovrapposizione minima 3.5 m), passo 0.40 m valvolati con 1 vlv/m. Per l'incidenza del pre-sostegno (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1.0 m secondo campi di avanzamento tronco-conici di lunghezza pari a 8.0 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0.25 m di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN180 con passo 1.0 m;
- arco rovescio (spessore 0.60 m) e murette in calcestruzzo armato gettati a una distanza massima dal fronte pari a 1 diametro;
- calotta in calcestruzzo armato (spessore variabile da 0.40 m a 1.05 m) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri.

6.4.2 Uscita/accesso pedonale - Sezione C2

La sezione prevede interventi di pre-contenimento del fronte e del contorno con campi di avanzamento di 6 m; ne è prevista l'applicazione nella formazione dei Conglomerati di Campomarino in facies argilloso-limosa (CGC2)

La sezione è caratterizzata da:

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	RG	GN	00	00	001	B	23

- pre-contenimento del fronte realizzato mediante 15 elementi strutturali in VTR, L=13.0 m (sovrapposizione minima 7.0 m) cementati in foro con miscele cementizie. L'incidenza del pre-consolidamento (numero o lunghezza degli elementi) potrà avere una variabilità del $\pm 20\%$;
- pre-contenimento al contorno realizzato mediante 25 elementi strutturali in VTR, L=11.0 m (sovrapposizione minima 5.0 m) cementati in foro con miscele espansive. L'incidenza del pre-consolidamento potrà avere una variabilità del $\pm 20\%$;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1.0 m secondo campi di avanzamento di lunghezza pari a 6.0 m;
- rivestimento provvisorio (a ogni sfondo) composto da 0.20 m di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine HEA180 con passo 1.0 m $\pm 20\%$;
- arco rovescio (spessore 0.60 m) e murette in calcestruzzo armato gettati a una distanza massima dal fronte pari a 1 diametro;
- calotta in calcestruzzo armato (spessore 0.50 m) gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri.

6.4.3 Uscita/accesso pedonale - Sezione C2m

Nel tratto centrale da pk 0+242.5 a pk 0+275 come per la galleria di linea, è prevista una condizione di fronte misto che vede la presenza della formazione argilloso-limosa CGC2 nella parte alta del fronte e della formazione sabbiosa SSR nella parte bassa. Come per la galleria di linea, per la valutazione degli interventi di consolidamento previsti si è fatto riferimento ad una configurazione stratigrafica relativa ad una sezione media che prevede la presenza della formazione argilloso-limosa CGC2 nell'area di calotta fino all'altezza delle reni, mentre a partire dalle reni fino all'arco rovescio è presente la formazione sabbiosa SSR. I rilievi del fronte di scavo da eseguirsi in corso d'opera permetteranno di valutare l'esatto numero e geometria dei diversi interventi da realizzare al fronte e al contorno.

La sezione è caratterizzata da:

- pre-contenimento del fronte:
 - parte alta (CGC2): 7 elementi strutturali in VTR, L=13.0 m (sovrapposizione minima 7.0 m) cementati in foro con miscele cementizie. Per l'incidenza del pre-contenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
 - parte bassa (SSR): 8 micro-trattamenti in jet-grouting $\varnothing 300$ armati con elementi strutturali in VTR, L=13.0 m (sovrapposizione minima 7.0 m). Per l'incidenza del pre-contenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- pre-contenimento al contorno:

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RG	GN	00	00	001	B

- parte alta (CGC2): 13 elementi strutturali in VTR, L=11.0 m (sovrapposizione minima 5.0 m) cementati in foro con miscele espansive. Per l'incidenza del pre-contenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- parte bassa (SSR): 12 colonne in jet-grouting $\varnothing 600$, L=11.0 m (sovrapposizione minima 5.0 m). Per l'incidenza del pre-contenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- pre-sostegno al contorno realizzato mediante 14 tubi in acciaio $\varnothing 127$ sp. 10 mm, L=11.5 m (sovrapposizione minima 3.5 m), passo 0.40 m valvolati con 1 vlv/m. Per l'incidenza del pre-sostegno (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1.0 m secondo campi di avanzamento di lunghezza pari a 6.0 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,20 m di spritz-beton fibrorinforzato e centina HEA 180 con passo 1.0 m $\pm 20\%$;
- arco rovescio (spessore 0.60 m) e murette in calcestruzzo armato gettati a una distanza massima dal fronte pari a 1 diametro;
- calotta in calcestruzzo armato (spessore 0.50 m) gettata a una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri.

6.4.4 Uscita/accesso pedonale - Sezione C1*

Nel primo tratto in naturale da pk 0+102.5 a pk 0+142.3 la galleria attraversa la formazione dei conglomerati di Campomarino: nella parte superiore del fronte si trova la litofacies conglomeratica (CGC1), mentre nella parte inferiore la litofacies argilloso/limosa (CGC2). Come per la C2m, per la valutazione degli interventi di consolidamento previsti si è fatto riferimento ad una configurazione stratigrafica relativa a una sezione media che prevede la presenza della litofacies conglomeratica (CGC1) nell'area di calotta fino all'altezza delle reni, mentre a partire dalle reni fino all'arco rovescio è presente la litofacies argilloso-limosa CGC2.

La sezione è caratterizzata da:

- pre-contenimento del fronte:
 - parte alta (CGC1): 5 micro-trattamenti in jet-grouting $\varnothing 300$ armati con elementi strutturali in VTR, L=15.0 m (sovrapposizione minima 7.0 m). Per l'incidenza del pre-contenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
 - parte bassa (CGC2): 6 elementi strutturali in VTR, L=15.0 m (sovrapposizione minima 7.0 m) cementati in foro con miscele cementizie. Per l'incidenza del pre-contenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- pre-contenimento al contorno

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RG	GN	00	00	001	B

- parte alta (CGC1): 15 colonne in jet-grouting Ø600, L=12.5 m (sovrapposizione minima 4.5 m). Per l'incidenza del pre-contenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- parte bassa (CGC2): 12 elementi strutturali in VTR, L=11.0 m (sovrapposizione minima 4.5 m) cementati in foro con miscele espansive. Per l'incidenza del pre-contenimento (numero o lunghezza degli elementi) è prevista una variabilità del $\pm 20\%$;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1.0 m secondo campi di avanzamento di lunghezza pari a 8.0 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0.20 m di spritz-beton fibrorinforzato e centina HEA 180 con passo 1.0 m $\pm 20\%$;
- arco rovescio (spessore 0.60 m) e murette in calcestruzzo armato gettati a una distanza massima dal fronte pari a 1 diametro;
- calotta in calcestruzzo armato (spessore variabile da 0.40 m a 1.05 m) gettata a una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri.

All'interno della litofacies conglomeratica della formazione dei conglomerati di Campomarino, in via cautelativa, si è deciso di applicare interventi di consolidamento al fronte e al contorno in jet-grouting alla luce delle incertezze circa il grado di cementazione che caratterizza tale formazione.

6.5 CRITERI DI APPLICAZIONE DELLE SEZIONI

6.5.1 Galleria di linea

Per la galleria di linea vengono definite quattro tratte a comportamento omogeneo, mostrate in Tabella 3. Nella tratta omogenea 1a si applica la sezione C1bis in considerazione della presenza delle Sabbie di Serracapriola (SSR) e coperture inferiori a 20 m. Nelle tratte 1b e 2, nelle quali si ha sempre la presenza delle Sabbie di Serracapriola (SSR) e coperture superiori a 20m, si applica la sezione C1 a meno delle tratte in cui sono presenti le interferenze superficiali nelle quali si applica la sezione C1bis. Nella tratta omogenea 3 oltre alle sezioni C1 e C1bis previste per la presenza delle Sabbie di Serracapriola (SSR) e delle interferenze superficiali, è stata inserita anche la sezione C2m per tener conto di possibili variazioni locali del contatto tra la formazione delle Sabbie di Serracapriola (SSR) e della facies argilloso-limosa dei conglomerati di Campomarino (CGC2). Per lo stesso motivo nella tratta omogenea 4 sono state inserite la sezione C1 e la sezione C2, quest'ultima da applicare in prossimità dell'imbocco lato Bari laddove la facies argilloso-limosa dei conglomerati di Campomarino (CGC2) fosse presente sull'intera superficie del fronte,

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONDIZIONE 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 tecnica generale delle opere in sotterraneo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RG	GN	00	00	001	B

Tabella 3 – percentuale di applicazione sezioni galleria Campomarino

tratta omogenea	tratta applicazione sezioni	sezioni	% applicazione
1	1a	C1bis	100%
	1b	C1	80%
		C1bis	20%
2	-	C1	80%
		C1bis	20%
3	-	C1	80%
		C1bis	20%
4	-	C2m	60%
		C2	20%
		C1	20%

Per la distribuzione delle tratte di applicazione delle sezioni tipo si rimanda all'elaborato del profilo geotecnico della galleria di linea.

6.5.2 Cunicolo pedonale

Per il cunicolo pedonale, e con riferimento alle tipologie di sezione precedentemente definite, si riporta in Tabella 4 la definizione delle tratte omogenee e delle relative percentuali di applicazione.

Tabella 4 – percentuale di applicazione sezioni cunicolo pedonale

tratta omogenea	sezioni	% applicazione
1	C1*	100%
2	C2	100%
3	C2m	100%
4	C1	100%

Per la distribuzione delle tratte di applicazione delle sezioni tipo si rimanda all'elaborato del profilo geotecnico del cunicolo pedonale.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	RG	GN	00	00	001	B

7. FASE DI VERIFICA E MESSA A PUNTO DEL PROGETTO

7.1 CRITERI DI VERIFICA

Idonei criteri di verifica dovranno essere adottati in corso d'opera per l'applicazione delle sezioni tipo e la gestione delle variabilità, nell'ambito delle previsioni del progetto, che sono sintetizzate nei valori attesi delle grandezze caratteristiche. Per i valori attesi dei fenomeni deformativi al fronte, al cavo e al piano campagna, si rimanda alla Relazione tecnica e di calcolo della galleria naturale e alla Relazione sulle interferenze.

In corso d'opera, i rilievi del fronte e i dati di monitoraggio della risposta deformativa del fronte e del cavo, correlati alle fasi di avanzamento, sono confrontati con le previsioni progettuali (i valori attesi) per consentire la verifica e la messa a punto del progetto con i criteri di seguito descritti:

1. La formazione/formazioni presenti alla scala del fronte corrispondono con la previsione del modello geotecnico di progetto: si procede con la sezione tipo prevista per la formazione/formazioni in oggetto.
2. La risposta deformativa non rientra nel campo di accettabilità dei valori soglia, rispetto ai valori attesi, definito in progetto: la sezione prevista per la formazione presente al fronte è ottimizzata secondo le definite variabilità, che consistono in: aumento/diminuzione ($\pm 20\%$) degli interventi di pre-contenimento al fronte ed al contorno, diminuzione/aumento dell'interasse delle centine ($\pm 20\%$ del passo medio), diminuzione/aumento delle distanze del rivestimento definitivo dal fronte di scavo.

7.2 MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA

Nella fase realizzativa dovrà essere posto in opera un adeguato programma di monitoraggio, volto a verificare gli effetti indotti dalla realizzazione della galleria naturale, in considerazione delle sezioni di scavo e consolidamento previste.

Il programma di monitoraggio dovrà prevedere:

- il rilievo analitico e speditivo del fronte di scavo;
- il controllo piezometrico in avanzamento del fronte per verificare la corretta esecuzione dell'abbassamento del livello di falda nel nucleo, nel rispetto delle ipotesi di progetto;
- il controllo della convergenza del cavo, mediante installazione di stazioni di convergenza con mire ottiche;
- il controllo dell'estrusione del fronte, mediante installazione di estrusometri in avanzamento, dove previsto;
- il controllo delle deformazioni al contorno del cavo attraverso estensimetri multibase;

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RG	GN	00	00	001	B

- il monitoraggio dello stato tensionale nel rivestimento di prima fase mediante celle di carico, celle di pressione e strain-gauges;
- il monitoraggio dello stato tensionale nel rivestimento definitivo mediante barrette estensimetriche;
- il controllo dei cedimenti al piano campagna mediante installazione di capisaldi su sezioni di livellazione topografica;
- il controllo topografico degli spostamenti sugli edifici interferenti;
- il monitoraggio degli spostamenti verticali assoluti e relativi dei terreni di copertura nelle tratte a bassa copertura mediante assestimetri;
- il monitoraggio piezometrico per la misura della variazione della quota di falda nelle tratte a bassa copertura;
- il monitoraggio inclinometrico per la misura degli spostamenti orizzontali nelle tratte a bassa copertura.

Il sistema di monitoraggio dovrà essere predisposto in modo tale da garantire l'esame tempestivo e continuativo dei dati rilevati e la trasmissione sistematica dei dati e delle elaborazioni, avendo precedentemente definito e assegnato le responsabilità per la lettura, l'elaborazione e l'interpretazione dei dati di monitoraggio, nonché per la loro distribuzione

8. CONCLUSIONI

Nell'ambito della Progettazione Esecutiva del raddoppio della tratta Termoli – Ripalta, afferente alla linea storica Pescara – Bari, è prevista la realizzazione della Galleria Campomarino a doppio binario, di lunghezza pari a circa 1.67 km. Gli imbocchi della galleria e l'uscita/accesso di emergenza completano il progetto delle opere in sotterraneo.

La progettazione dell'opera in sotterraneo è stata effettuata secondo il metodo ADECO-RS (Lunardi, 2006) ed è stata articolata nelle seguenti fasi:

- Fase conoscitiva, dedicata allo studio e all'analisi del contesto geologico e geotecnico di inserimento in cui sarà realizzata la galleria, considerati anche i dati relativi alle precedenti fasi progettuali, e ha portato alla definizione del modello geotecnico di sottosuolo utilizzato per le successive fasi del progetto.
- Fase di diagnosi, per la valutazione della risposta deformativa dell'ammasso allo scavo in assenza di interventi di stabilizzazione, per la determinazione delle categorie di comportamento; sulla base delle

MANDATARIA  MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	RG	GN	00	00	001	B	29

analisi condotte, lungo il tracciato della galleria il comportamento del fronte allo scavo risulta di tipo instabile (categoria C).

- Fase di terapia, sulla base dei risultati delle precedenti fasi, sono state individuate le modalità di scavo e gli interventi di stabilizzazione idonei (sezioni tipo) per realizzare le opere in sotterraneo in condizioni di sicurezza e sono state individuate le soluzioni per la gestione dei potenziali rischi.

Il progetto è completato dal piano di monitoraggio da predisporre e attuare nella fase realizzativa, nel quale sono individuati i valori delle grandezze fisiche a cui riferirsi in corso d'opera per controllare la risposta deformativa dell'ammasso e della galleria al procedere dello scavo e verificarne la rispondenza con le previsioni progettuali.