

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

**TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI
PROGETTO DEFINITIVO**

**GALLERIA NATURALE VALICO
VAR0008 – SPECIFICHE TECNICHE INTEROPERABILITÀ
GN00 – ZONA AREA SICURA FEGINO
Elaborati generali
Relazione Tecnica Generale**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI	
Consorzio Cociv Ing. N. Meistro		

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
A 3 0 1	0 X	D	C V	R O	G N 0 0 0 0	0 0 2	B

Progettazione:								
Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima emissione	Rocksoil 	15/06/2020	Rocksoil 	17/06/2020	A. Mancarella 	19/06/2020	 Consorzio Collegamenti Integrali Veloci Dott. Ing. Aldo Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R
B00	Revisione per istr. A3010XD07ISGN0000013A	Rocksoil 	21/10/2020	Rocksoil 	23/10/2020	A. Mancarella 	28/10/2020	

n. Elab.:	File: A3010XDCVROGN0000002B00
-----------	-------------------------------

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Costruttori Italiani Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	A3010XDCVROGN0000002B00	Foglio 3 di 53

INDICE

INDICE.....		3
1. INTRODUZIONE.....		5
2. NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI.....		6
3. MATERIALI IMPIEGATI.....		9
3.1. Gallerie naturali.....		9
3.1.1. Consolidamenti e rivestimenti provvisori.....		9
3.1.2. Rivestimenti definitivi		10
3.2. Paratia Berlese.....		11
3.3. Concio di attacco		12
3.4. Rivestimenti definitivi		14
3.5. Galleria Artificiale, solettone locali tecnici e muri di sostegno.....		14
3.6. Valori di verifica.....		14
4. DESCRIZIONE DEI METODI DI CALCOLO UTILIZZATI		15
5. INQUADRAMENTO GEOTECNICO DELLE OPERE		16
5.1. Zona di imbocco e area di cantiere: ricostruzione stratigrafica e parametri		31
5.2. Galleria naturale: parametri geotecnici		33
6. SINTESI DELLE ESPERIENZE DI SCAVO.....		35
7. INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO		44
7.1. Descrizione dell'intervento		44
7.2. Fasi esecutive		47
7.3. Suddivisione delle WBS e delle relative opere progettuali		49
7.4. Criticità		50
8. INTERFERENZE SUPERFICIALI		51
9. CONCLUSIONI		53

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



A3010XDCVROGN0000002B00

Foglio
4 di 53

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	A3010XDCVROGN0000002B00 Foglio 5 di 53

1. INTRODUZIONE

Oggetto della presente relazione è la descrizione del progetto dell'area Fegino a seguito dell'applicazione delle Specifiche Tecniche di Interoperabilità (STI). Tali specifiche richiedono un adeguamento dell'intera zona dell'imbocco Sud (lato Genova) della Galleria Naturale Campasso, introducendo la realizzazione di due cunicoli di sfollamento, in parte in galleria naturale ed in parte in artificiale, che permettano l'esodo rapido dei viaggiatori in caso di emergenza. Tali cunicoli saranno collegati alla galleria di linea mediante appositi by-pass.

Si riportano in questo documento le principali tematiche in termini di

- inquadramento geologico-geotecnico dell'area;
- sintesi delle evidenze raccolte in fase di scavo durante gli avanzamenti della galleria di Linea;
- inquadramento dell'opera nel suo complesso, con la descrizione delle criticità progettuali ed esecutive e la scelta delle soluzioni tecniche relative;
- descrizione delle fasi esecutive globali della soluzione progettuale adottata;
- definizione delle singole WBS in cui è suddivisa l'opera.

La relazione tratta il progetto di adeguamento dell'area nella sua globalità, dal punto di vista delle opere di sostegno, gallerie artificiali e naturali, in modo che risultino chiare le scelte e il processo logico che ha portato alla nuova configurazione delle strutture; si rimanderà poi agli elaborati tecnici delle singole WBS per il dettaglio, grafico e di calcolo, delle opere nella loro unicità.

Si rimanda agli elaborati specifici per quanto riguarda i seguenti punti:

- layout architettonici e funzionali delle singole opere e dell'intera area¹
- sistemazioni definitive architettoniche e ambientali

¹ Le scelte geometriche di layout che hanno portato alla configurazione presentata non sono oggetto delle relazioni tecniche delle strutture.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Costruttori Italiani Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	A3010XDCVROGN0000002B00	Foglio 6 di 53

2. NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI

Per il calcolo e per le verifiche delle opere strutturali si è fatto riferimento alle seguenti norme:

- Legge 5/11/1971 n. 1086

Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge n° 64 del 2 febbraio 1974

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- Circolare Ministero Lavori Pubblici n. 11951 del 14/2/1974

Legge 5 novembre 1971, n. 1086. Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica. Istruzioni per l'applicazione.

- Circolare Ministero Lavori Pubblici n. 20049 del 9/1/1980

Legge 5 novembre 1971 n. 1086 - Istruzioni relative ai controlli sul conglomerato cementizio adoperato per le strutture in cemento armato.

- Istruzioni C.N.R. 10012-81

Azioni sulle costruzioni.

- Decreto Ministero Lavori Pubblici 11/3/1988

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- Circolare Ministero Lavori Pubblici n. 30483 del 24/9/1988

Legge 2 febbraio 1974 art. 1-D.M. 11 marzo 1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione.

- Nota Ministero Lavori Pubblici n. 183 del 13/4/1989

D.M. 11.3.88. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, la progettazione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- Decreto Ministero Lavori Pubblici 14/02/1992

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- Circolare Ministero Lavori Pubblici 24/06/1993 n. 406/STC

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Internazionali Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	A3010XDCVROGN0000002B00	Foglio 7 di 53

Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche di cui al D. M. 14/02/1992.

- Decreto Ministero Lavori Pubblici 9/01/1996

Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- Decreto Ministero Lavori Pubblici 16/01/1996

Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".

- Decreto Ministero Lavori Pubblici 16/01/1996

Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero Lavori Pubblici 15/10/1996 n. 252

Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche di cui al D. M. 9/01/96.

- Circolare Ministero Lavori Pubblici 4/07/1996 n. 156AA.GG/STC

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996.

- Circolare Ministero Lavori Pubblici 10/04/1997 n. 65/AA./GG.

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D. M. 16/01/96.

- Decreto Ministero Lavori Pubblici 5/08/1999

Modificazioni al decreto ministeriale 9 gennaio 1996 contenente norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.P.R. 6 Giugno 2001, n°380

Testo unico delle disposizioni legislative e regolamenti in materia edilizia

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>A3010XDCVROGN0000002B00</p> <p>Foglio 8 di 53</p>

RACCOMANDAZIONI

- Eurocodice 1 UNI-EN-1991

Criteri generali di progettazione strutturale

- Eurocodice 2 UNI-EN-1992

Progettazione delle strutture in calcestruzzo

- Eurocodice 3 UNI-EN-1993

Progettazione delle strutture in acciaio

- Eurocodice 4 UNI-EN-1994

Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo

- Eurocodice 7 UNI-EN-1997

Progettazione Geotecnica

- Eurocodice 8 UNI-EN-1998

Progettazione delle strutture per la resistenza sismica

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Internazionali Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A3010XDCVROGN0000002B00 Foglio 9 di 53

3. MATERIALI IMPIEGATI

3.1. Gallerie naturali

3.1.1. Consolidamenti e rivestimenti provvisori

Spritz beton fibrorinforzato	Resistenza media su carote $h/\phi = 1$: <ul style="list-style-type: none"> - a 48 ore ≥ 13 MPa - a 28 gg ≥ 25 MPa Dosaggio per fibre in acciaio* ≥ 30 kg/m ³ *in alternativa alle fibre in acciaio potranno essere impiegate fibre sintetiche
Acciaio per centine, piastre e collegamenti:	- S275
Acciaio per catene	- S275
Acciaio per armatura e rete elettrosaldata:	- B450 C
Drenaggi	Tubi microfessurati in PVC: <ul style="list-style-type: none"> - $\phi_{est} > 60$ mm, sp. 5 mm - Resistenza alla trazione 4.5 MPa, perforo 80 mm rivestiti con TNT - I primi 10m da boccaforo devono essere ciechi.
Impermeabilizzazione in PVC	<ul style="list-style-type: none"> - teli sp. 2+/-0.5 mm, - Resistenza a trazione > 15 MPa - Allungamento a rottura $> 250\%$ - Resistenza alla lacerazione > 100N/mm - Resistenza alla giunzione > 10.5 MPa - Stabilità al calore = 70°C - Flessibilità a freddo = -30°C - Resistenza alle soluzioni acide alcaline = +/-20% max allungamento - Comportamento al fuoco B2 - Resistenza alla pressione dell'acqua a 1 MPa per 10 ore: impermeabile
Impermeabilizzazione con membrana a spruzzo	<ul style="list-style-type: none"> - Peso specifico (g/ml a 20°C) 0.5-0.7 - Resistenza a pressione idraulica > 20 bar - Spessore di applicazione 2-10mm - Resistenza a rottura a 20°C, 28gg $> 1.5-4$ MPa - Allungamento a rottura a 20°C, 28gg $> 100\%$ - Adesione su calcestruzzo, 28gg 1 ± 0.2 MPa
Pannelli drenanti in polipropilene	<ul style="list-style-type: none"> - Resistenza a compressione ≥ 150 KN /m² - Allungamento a rottura ≥ 60 % - Modulo di elasticità ≥ 1500 N /mm²

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Ferroviari Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A3010XDCVROGN0000002B00 Foglio 10 di 53

Tubi in VTR (caratteristiche del composito)	<ul style="list-style-type: none"> - Resistenza alla temperatura -30/80°C - Diametro esterno = 60 mm ad aderenza migliorata - Diametro di perforazione =100-120 mm - Spessore medio = 10 mm - Densità ≥ 1.8 t/mc - Res. a trazione ≥ 600 MPa - Res. a taglio ≥ 100 MPa - Modulo elastico ≥ 30000 MPa - Contenuto in vetro ≥ 50 % - Resistenza a flessione ≥ 600 MPa - Resistenza allo scoppio ≥ 8MPa - Perforazione eseguita a secco
Miscele cementizie per cementazione a bassa pressione	Cemento 42.5R <ul style="list-style-type: none"> - Rapporto a/c = 0.5-0.7 - Fluidificante = 4 % di peso sul cemento - Resistenza a compressione a 48 ore > 5 MPa
Iniezioni di guaina	Cemento R32.5 – R42.5 <ul style="list-style-type: none"> - Rapporto a/c $\approx 1.5-2$ - Bentonite $\approx 5-8$ % sul peso di cemento - Densità ≈ 1.3 t/m³ - Rendimento volumetrico ≥ 95% - Viscosità Marsh (ugello 4.7 mm) 30-35 sec.
Iniezione di consolidamento	Cemento R42.5 <ul style="list-style-type: none"> - Cemento a finezza di macinazione non inferiore a 4500 cm/g Blaine - Rapporto a/c $\approx 0.4-0.7$ - Bentonite < 2 % - Additivo fluidificante (Flowcable o simili) ≈ 4 % di peso del cemento - Viscosità Marsh (ugello 4.7 mm) 35-45 sec. - Densità ≈ 1.8 t/m³ - Rendimento volumetrico > 95%
Parametri minimi del terreno consolidato	<ul style="list-style-type: none"> - Resistenza a compressione 48h > 1.0 MPa - Resistenza a compressione 7gg > 1.5 MPa - R.Q.D. 48h > 50% - R.Q.D. 7gg > 70%

3.1.2. Rivestimenti definitivi

Acciaio per armatura:	B450 C
-----------------------	--------

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Ferroviari Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A3010XDCVROGN0000002B00 Foglio 11 di 53

Calcestruzzo strutturale calotta e piedritti	C25/30, XC2, S4
Calcestruzzo strutturale arco rovescio	C25/30, XC2, S3
Magrone di pulizia di sottofondo	Rm \geq 15 MPa

3.2. Paratia Berlinese

Acciaio per micropali:	S355
Acciaio per travi di correa	S275
Acciaio per piastre / collegamenti:	S275 o superiore
Acciaio per trefoli	Armonico da 0.6'' - Area = 1.39cm ² - Tensione caratteristica di snervamento $f_{p(1)k} = 1670$ MPa - Tensione caratteristica di rottura $f_{ptk} = 1860$ MPa
Acciaio per armature trave di testata	B450C SALDABILE
Acciaio per rete elettrosaldata	B450C SALDABILE
Miscele di iniezione tiranti	Cemento R42.5 - Rm \geq 25 MPa - Rapporto a/c \leq 0.5 - Additivi fluidificanti - Densità \approx 1.75 g/cm ³
Malta cementizia micropali	Rck \geq 25 MPa - Rapporto a/c \leq 0.5
Calcestruzzo per la trave di testata	C25/30 - Tipo CEM III-V - Classe S4 - Esposizione X0
Spritz-beton	Resistenza media su carote h/ ϕ = 1 - a 48 ore > 13 MPa, - a 28 gg > 25 MPa

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Internazionali Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A3010XDCVROGN0000002B00 Foglio 12 di 53

Calcestruzzo per fosso di guardia	C20/25 <ul style="list-style-type: none"> - Tipo CEM III-V - Classe S3 - Esposizione XC1
Barbacani in PVC	$\phi_{est} > 150 \text{ mm}$, sp. 3 mm

3.3. Concio di attacco

Spritz beton fibrorinforzato	<ul style="list-style-type: none"> - Resistenza media su carote $h/\phi = 1$ a 48 ore $\geq 13 \text{ MPa}$, a 28 gg $\geq 30 \text{ MPa}$ - dosaggio per fibre in acciaio $\geq 35 \text{ kg/m}^3$
Acciaio per centine, piastre e collegamenti:	S275
Acciaio per catene	B450C
Acciaio per infilaggi:	S355
Acciaio per armatura e rete elettrosaldata:	B450C controllato
Drenaggi	Tubi microfessurati in PVC <ul style="list-style-type: none"> - $\phi_{est} > 60 \text{ mm}$, sp. 5 mm - Resistenza alla trazione 4.5 MPa, perforo 80 mm rivestiti con TNT - I primi 10m da boccaforo devono essere ciechi
Impermeabilizzazione in PVC	<ul style="list-style-type: none"> - teli sp. 2+/-0.5 mm, - Resistenza a trazione $\geq 15 \text{ MPa}$ - Allungamento a rottura $\geq 250\%$ - Resistenza alla lacerazione $\geq 100\text{N/mm}$ - Resistenza alla giunzione $\geq 10.5 \text{ MPa}$ - Stabilità al calore = 70°C - Flessibilità a freddo = -30°C - Resistenza alle soluzioni acide alcaline = +/-20% max allungamento - Comportamento al fuoco B2 - Resistenza alla pressione dell'acqua a 1 MPa per 10 ore : impermeabile

Tubi in VTR (caratteristiche del composito)	<ul style="list-style-type: none"> - Diametro esterno = 60 mm ad aderenza migliorata - Diametro di perforazione = 100-120 mm - Spessore medio = 10 mm - Densità ≥ 1.8 t/mc - Res. a trazione ≥ 600 MPa - Res. a taglio ≥ 100 MPa - Modulo elastico ≥ 30000 MPa - Contenuto in vetro ≥ 50 % - Resistenza a flessione ≥ 600 MPa - Resistenza allo scoppio ≥ 8MPa - Perforazione eseguita a secco
Infilaggi metallici	<ul style="list-style-type: none"> - Diametro esterno = 88.9 mm - Spessore = 10 mm - Diametro di perforazione = 120-130 mm - Perforazione eseguita a secco
Miscele cementizie per cementazione a bassa pressione	<p>Cemento 42.5R</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rapporto a/c = 0.5-0.7 - Fluidificante = 4 % di peso sul cemento - Resistenza a compressione a 48 ore > 5 MPa
Miscele di guaina per infilaggi metallici valvolati ed iniettati	<p>Cemento R32.5 - R42.5</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rapporto a/c $\approx 1.5-2$ - Bentonite $\approx 5-8$ % sul peso di cemento - Densità ≈ 1.3 t/m³ - Rendimento volumetrico ≥ 95% - Viscosità Marsh (ugello 4.7 mm) 30-35 sec.
Miscele di iniezione per infilaggi metallici valvolati ed iniettati	<p>Cemento R42.5</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rapporto a/c $\approx 0.4-0.7$ - Bentonite <2 % - Additivo fluidificante (Flowcable o simili) ≈ 4 % in peso - Viscosità Marsh (ugello 4.7 mm) 35-45 sec. - Densità ≈ 1.8 t/m³ - Finezza ≥ 4500 blaine - Rendimento volumetrico > 95%

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Costruttori Italiani Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
A3010XDCVROGN0000002B00		Foglio 14 di 53

3.4. Rivestimenti definitivi

Acciaio per armatura:	B450C controllato
Calcestruzzo strutturale calotta e piedritti	C25/30, Tipo CEM III-V, XC2, S4
Calcestruzzo strutturale arco rovescio	C25/30, Tipo CEM III-V, XC2, S3
Magrone di pulizia di sottofondo	Rm \geq 15 MPa, Tipo CEM I-V

3.5. Galleria Artificiale, solettone locali tecnici e muri di sostegno

Acciaio per armature:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ B450C controllato in stabilimento
Calcestruzzo strutturale solette e contropareti	<ul style="list-style-type: none"> ▪ C25/30, Dmax aggregato 32 mm, XC2, S3-S5
Calcestruzzo strutturale fondazioni	<ul style="list-style-type: none"> ▪ C25/30, Dmax aggregato 32 mm, XC2, S2-S4
Calcestruzzo strutturale muri	<ul style="list-style-type: none"> ▪ C25/30, Dmax aggregato 32 mm, XC2, S3-S5
Calcestruzzo strutturale pali	<ul style="list-style-type: none"> ▪ C25/30, Dmax aggregato 32 mm, XC2, S4
Calcestruzzo strutturale trave di testa	<ul style="list-style-type: none"> ▪ C25/30, Dmax aggregato 32 mm, XC0, S4
Magrone di pulizia di sottofondo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rm \geq 15 MPa ▪ Contenuto min cemento 150 kg/mc

3.6. Valori di verifica

Le verifiche strutturali sono condotte mediante il metodo delle tensioni ammissibili; nel seguito si indicano i valori di resistenza di progetto per i vari materiali.

Acciaio S275	$\sigma_{amm} = 190 \text{ MPa}$
Acciaio B450 C	$\sigma_{amm} = 160 \text{ MPa (*)}$
Calcestruzzo proiettato $f_{cm} \geq 25 \text{ Mpa}$	$\sigma_{amm} = 25/1.3 = 19.2 \text{ MPa}$
Calcestruzzo strutturale armato C25/30 Mpa	$\sigma_{amm} = 9.75 \text{ Mpa}$ $\tau_{c0} = 0.60 \text{ Mpa}$ $\tau_{c1} = 1.80 \text{ Mpa}$

(*) In condizioni sismiche o in condizioni di esercizio con verifica a fessurazione $\sigma_{amm} = 255 \text{ Mpa}$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	A3010XDCVROGN0000002B00 <div style="float: right;">Foglio 15 di 53</div>

4. DESCRIZIONE DEI METODI DI CALCOLO UTILIZZATI

Per quanto riguarda i metodi di calcolo adottati, la descrizione dei dettagli delle singole opere, la scelta delle sezioni e degli schemi di calcolo si rimanda alle relazioni specifiche delle opere.

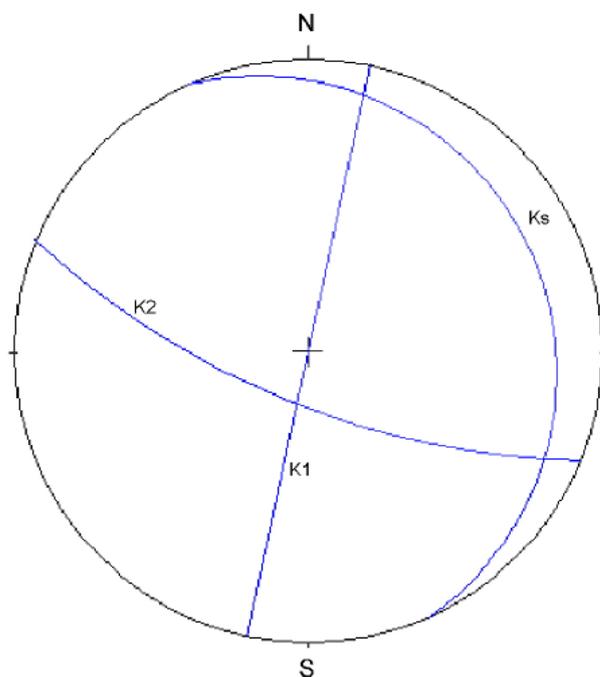
5. INQUADRAMENTO GEOTECNICO DELLE OPERE

Nel seguito verranno riassunte le evidenze in merito all'inquadramento geologico e geotecnico partendo dai dati disponibili nella fase di Progettazione Esecutiva, mentre nel capitolo successivo verranno esaminati gli elementi conoscitivi desumibili dalle esperienze di scavo delle WBS in oggetto con particolare riferimento alla galleria di Linea Campasso.

Il presente paragrafo ha come obiettivo, quindi, la descrizione stratigrafica dell'area interessata dalle opere, e i parametri geotecnici necessari per i calcoli riportati nelle specifiche relazioni. Rispetto all'inquadramento geotecnico dell'area descritto in fase di Progettazione esecutiva dell'area di Fegino e della galleria Campasso GN11 non sono disponibili nuovi sondaggi e prove.

In corrispondenza dell'area di imbocco sono state eseguite una serie di indagini, in fase di Progetto Preliminare (sondaggio 7A301G046) e n. 2 stendimenti di tomografia sismica), e n. 2 sondaggi in fase di PD (SF5 ed SF6). Si rimanda alle tavole aggiornate di planimetria per la corretta ubicazione dei sondaggi eseguiti.

Lo studio geomeccanico delle argilliti è stato condotto sulla base delle caratteristiche rilevate in un affioramento ubicato a quota 61 m s.l.m. (Figura 4.1), riportate in Figura 4.7.



TIPO_STRUT	SET	DIP_DIR	DIP	JRC	PLANARITA	SCABREZZA	PERSISTENZA (m)	SPAZIATURA (m)	APERTURA (mm)	RIEMPIMENTO	SPESSORE riempimento	TOT_CONSIS	ALTERAZIONE
MS	Ks	66	18	8	ondulating	smooth	5	0,05	0	no			moderate
Jset	K1	102	66	6	planar	smooth	1	0,45	1	no			slight
Jset	K2	202	75	10	discontinuous	smooth	1	0,05	2	no			no

Figura 5-1. Proiezione stereografica (Reticolo di Schmidt, emisfero inferiore) e tabella utilizzata per il rilevamento dei dati strutturali rilevati nell'affioramento di Figura 4.1

Questi dati, integrati con i valori di %RQD desunti dai sondaggi realizzati, hanno permesso di differenziare dal punto di vista geomeccanico le argilliti più superficiali, alterate dalle argilliti più profonde, più compatte:

- per le prime è stato utilizzato un valore di %RQD pari a 8, calcolato come media tra i valori di %RQD desunti dal sondaggio n° 7A301G046 effettuato per il Progetto Preliminare relativi ai primi 3 m di roccia osservata, ubicata a 10 m di profondità;
- per le seconde è stato utilizzato un valore pari a 58, calcolato come media tra i valori di %RQD desunti dallo stesso sondaggio relativi alla roccia osservata oltre i primi 13 m di profondità. I risultati sono riportati in Tabella 4.1.

	RMR - BIENIAWSKI				Q SYSTEM BARTON		
	RMR corretto	Direzione di scavo	Classe	Descrizione	Q	Classe	Descrizione
Argilliti superficiali (alterate)	35	N350E	IV	Scadente	0.71	VII	Very poor
Argilliti non alterate	46	N350E	III	Mediocre	5.07	V	Fair

Tabella 5-1. Qualità geomeccanica delle argilliti secondo le classificazioni di Bieniawski e di Barton

L'area di imbocco è caratterizzata da sondaggi eseguiti durante la fase di Progetto Preliminare (7A301G046) e di Progetto definitivo (SF5 e SF6) e da indagini geofisiche di progetto Preliminare (stendimenti 75 e 76). Il rilevamento in situ e le indagini disponibili forniscono il seguente quadro il versante è caratterizzato da depositi colluviali discontinui e da una sottostante fascia di alterazione superficiale delle Argilliti, le due unità risultano difficilmente distinguibili.

Il sondaggio SF5 mostra una maggiore estensione di questa fascia di detrito colluviale, fino a circa 6.5 m di profondità dal piano campagna; per profondità superiori a 6.5 m si osserva il substrato argillitico alterato.

STRATIGRAFIA

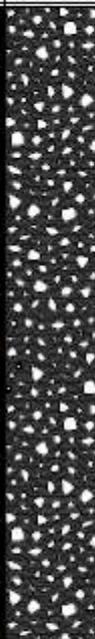
SCALA 1 : 100 Pagina 1/2

Riferimento: CO.CIV.		Sondaggio: SF 05					
Località: Salita Cà dei Trenta - GENOVA		Quota: 78,07 m slm					
Impresa esecutrice: SGF-INC S.p.A.		Data: 08-20/09/04					
Coordinate: 53079,60E 150687,80N		Redattore: Dott. Bordignon Fiorenzo					
Perforazione: Carotaggio continuo							
#	Profondità (m)	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	S.P.T.	pena a 60cm	Profil. % (0-100)	Cass.
1	0		Scaglie e frammenti angolari tabulari Ø max 2- 8 cm di argillocisto filladico grigio argento, alterato, idratato, immersi in una matrice costituita da sabbia media e grossa con limo nocciola giallastra, umida.				1
2	1						
3	2						
4	3						
5	4		Ciottoli, blocchi, scaglie e frammenti angolari Ø max 6-12 cm, di argillocisto filladico grigio argento con vene e noduli di quarzo, in parte idratato (Talco).	50/11cm			
6	5						
7	6		Scaglie e frammenti angolari Ø max 2 cm tabulari di argillite filladica c.s. molto alterati ed idratati, e sabbia media e grossa da limosa a localmente con limo, ocra giallastra con screziature varicolori da debolmente umida da umida, molto addensata.				2
8	7						
9	8						
10	9		SUBSTRATO ALTERATO	12-32-26			
11	10						
12	11						
13	12						
14	13						
15	14		Scaglie e frammenti angolari Ø 1 - 4 cm angolari perlopiù tabulari e, localmente, con limo argilloso sabbioso grigio piombo con screziature giallo e nocciola, molto addensata.	17-29-19			
16	15		SUBSTRATO ALTERATO				
17	16						
18	17						
19	18						
20	19		Scaglie e frammenti di argillite filladica grigio scura in patina ed in frattura, in parte alterati angolari Ø 2 - 8 cm e limo argilloso sabbioso (prodotto di alterazione) grigio scuro, molto umido, molto addensato.	32/10cm			
21	20		SUBSTRATO ALTERATO				
22	21						
23	22						
24	23						
	24						5

Figura 2. Sondaggio SF5 -1/2

STRATIGRAFIA

SCALA 1 : 100 Pagina 2/2

Riferimento: CO.CIV.		Sondaggio: SF 05								
Località: Salita Ca dei Trenta - GENOVA		Quota: 78,07 m slm								
Impresa esecutrice: SGF-INC S.p.A.		Data: 08-20/09/04								
Coordinate: 53079,60E 150687,80N		Redattore: Dott. Bordignon Fiorenzo								
Perforazione: Carotaggio continuo										
#	metri	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	S.P.T.	metri	Profil.	%	Class.		
mm	lat.			S.P.T.	in		0-100			
	25		Scaglie e frammenti di argillite filadica grigio scura in patina ed in frattura, in parte alterati angolari Ø 2 - 8 cm e limo argilloso sabbioso (prodotto di alterazione) grigio scuro, molto umido, molto addensato. SUBSTRATO ALTERATO					5		
	26									
	27							Lugeon		6
	28									
	29							Lefranc CV		
	30									
	31									
101	32							7		
	33									
	34									
	35									

FINE SONDAGGIO

Operatore: COSSU Salvo

Attrezzatura: Perforatrice idraulica EGT 700 VD

Installato inclinometro Diam 88 mm a fondo foro. Posa tappo di fondo e cementazione da fondo foro.

Eseguita n° 1 prova di permeabilità tipo Lugeon con tasca tra 24,00 e 30,00 m, fallita causa rottura packer.

Eseguita in alternativa n° 1 prova di permeabilità tipo Lefranc a carico variabile con tasca da 27,00 a 30,00 m di profondità.

Tentativo di prelievo di campione indisturbato con campionatore rotativo, a 15,00 m, fallito a causa della mancata penetrazione.

Figura 3. Sondaggio SF5 -2/2



INDAGINI GEOGNOSTICHE di LINEA

SONDAGGIO SF 05 – da 00,00 m. a 10,00 m





INDAGINI GEOGNOSTICHE di LINEA
SONDAGGIO SF 05 – da 10,00 m. a 20,00 m





INDAGINI GEOGNOSTICHE di LINEA

SONDAGGIO SF 05 – da 20,00 m. a 30,00 m





INDAGINI GEOGNOSTICHE di LINEA
SONDAGGIO SF 05 – da 30,00 m. a 35,00 m



Figura 4.8 – Sondaggio SF5

Il sondaggio SF6 mostra la presenza di una coltre detritica e/o riporto di circa 4 metri, quindi la presenza di una fascia di alterazione del substrato roccioso fino a circa 6 m di profondità dal piano campagna, per profondità superiori a 6 m si osserva il substrato argillitico di buone caratteristiche geomeccaniche.



		Riferimento: COCIV Località: Salita Ca' dei Trenta, Genova Impresa esecutrice: SGF-INC S.p.A. Coordinate: Est 53110,450 Nord 150750,180 Perforazione: Carotaggio Continuo				Sondaggio: SF 6 Quota: 69,340 Data: 31/03 - 14/04/04 Redattore: Dott. Bordignon Firenze									
SCALA 1 : 100		Pagina 3/3													
Prof. (m)	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	S.P.T.	RP	Sp. (m)	Campioni	Pril. % (0-100)	macre (0-100)	ROD % (0-100)	Spezzoni cas. (5, 10, 15, 20)	Tipo Giunto	Incl. (°)	JRC	Tipo Riconoscimento	Class.
10,1		Argillite parzialmente metamorfica grigio nerastra in patina ed in frattura con frequenti vene e noduli di quarzite, fittamente foliata e piegata.									SCT	45	3	assente	7
		ARGILLE A PALOMBINI DEL PASSO DELLA BOCCHETTA									SCT	60	3	assente	
											FRT	90	5	assente	
											SCT	45	3	assente	

DATA INIZIO: 31/03/2004 DATA ULTIMAZIONE: 14/04/2004
 TIPO DI ATTREZZATURA: Casagrande M3D
 METODO DI PERFORAZIONE: a rotazione a carotaggio continuo
 ATTREZZO DI PERFORAZIONE: carotiere semplice diametro 101 mm da mt. 0.00 a mt. 6.00
 carotiere doppio diametro 101 mm da mt. 6.00 a mt. 35.00, corona diamantata.
 RIVESTIMENTO: diametro 127 mm da mt. 0.00 a mt. 6.00
 PROVE: n° 1 Lugeon in avanzamento da mt. 10.50 a mt. 14.50
 INSTALLAZIONI: installato piezometro tipo Casagrande a mt. 28.00
 NOTE: rifornimento acqua
 TRA 27,00 mt e 29,00 mt livelli di sabbia media e grossa debolmente limosa rifluente e di difficile campionamento (Sabbia sciolta).
 Tipo di campione:
 A, B = campione rimaneggiato
 R1 = campione indisturbato
 Tipo di frattura:
 FRT = frattura naturale
 MEC = frattura meccanica
 SCT = piano di scistosità
 Profondità battute:
 1,00 - 2,00 - 3,00 - 4,00 - 5,00 - 5,80 - 7,00 - 8,50 - 10,00 - 11,50 - 13,00 - 14,50 - 16,40 - 17,80 - 19,60 - 20,70 - 22,00 - 22,80 - 23,50 - 24,50 - 26,00 - 27,00 - 27,50 - 28,00 - 29,00 - 29,50 - 30,50 - 31,10 - 32,00 - 33,00 - 34,00 - 35,00

Rilievo del livello dell'acqua nel corso della perforazione

Giorno	02/04/04	03/04/04	05/04/04	06/04/04	07/04/04	08/04/04	14/04/04								
Ora	mattina														
Livello dell'acqua (m)	assente	8,00	8,10	7,30	8,10	8,21	8,40								
Prof. perforazione(m)	6,00	14,50	16,00	23,00	27,00	30,50	33,00								
Prof. rivestimento(m)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00								

Figura 5. Sondaggio SF6 -2/2



INDAGINI GEOGNOSTICHE di LINEA
SONDAGGIO SF 06 – da 00,00 m. a 10,00 m





INDAGINI GEOGNOSTICHE di LINEA

SONDAGGIO SF 06 – da 10,00 m. a 20,00 m





INDAGINI GEOGNOSTICHE di LINEA
SONDAGGIO SF 06 – da 20,00 m. a 30,00 m





Figura 4.9 – Sondaggio SF6

Il sondaggio 7A301G046 (di Progetto Preliminare) mostra la presenza di uno spessore di coltre di circa 9 m, una fascia di alterazione del substrato roccioso fino a circa 11 m di profondità dal piano campagna, per profondità superiori a 11 m si osserva il substrato argillitico di buone caratteristiche geomeccaniche.

La coltre di origine eluvio-colluviale è formata da sabbie e ghiaie immerse in una matrice prevalentemente argillosa o da limo argilloso sabbioso con scaglie di argilliti risulta difficile la distinzione fra depositi detritici e il sottostante orizzonte di alterazione o cappellaccio delle argilliti.

Le prove SPT eseguite nel sondaggio SF5 confermano quanto ritrovato nel sondaggio ovvero la presenza di frammenti lapidei all'interno della coltre, derivanti dall'alterazione del substrato.

SONDAGGIO	Profondità sondaggio	Profondità	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Nspt
	m	m		
SF5	35	5,00	Ciottoli, blocchi di argiloscisto	100
SF5		10,00	Frammenti di argillite e sabbia limosa	58
SF5		15,00	Frammenti di substrato cocalmente con limo argilloso sabbioso	48
SF5		20,00	Frammenti di substrato e limo argilloso sabbioso	100

Le tomografie sismiche di Progetto Preliminare, linea 75 e linea 76 (figura 4.10), rilevano velocità variabili e crescenti con la profondità a confermare il miglioramento delle caratteristiche meccaniche. In particolare si individua uno strato superficiale con V_p comprese tra 0 e 1000 m/s per poi passare ad uno intermedio con velocità comprese tra 1000 m/s e 2500m/s, circa. Questo range è tipico dei terreni da poco a mediamente consistenti, e, nel caso specifico è attribuibile alla fascia di alterazione del substrato. Infine negli strati più profondi le velocità raggiungono i 3000 - 3750 m/s. La prova infine conferma che lungo tutto lo sviluppo della paratia la stratificazione dei terreni è pressappoco costante. Un esempio dei risultati, per i dettagli dei quali si rimanda ai documenti relativi alle indagini geofisiche presentati in Progetto Definitivo, è riportato in Figura 4.6.

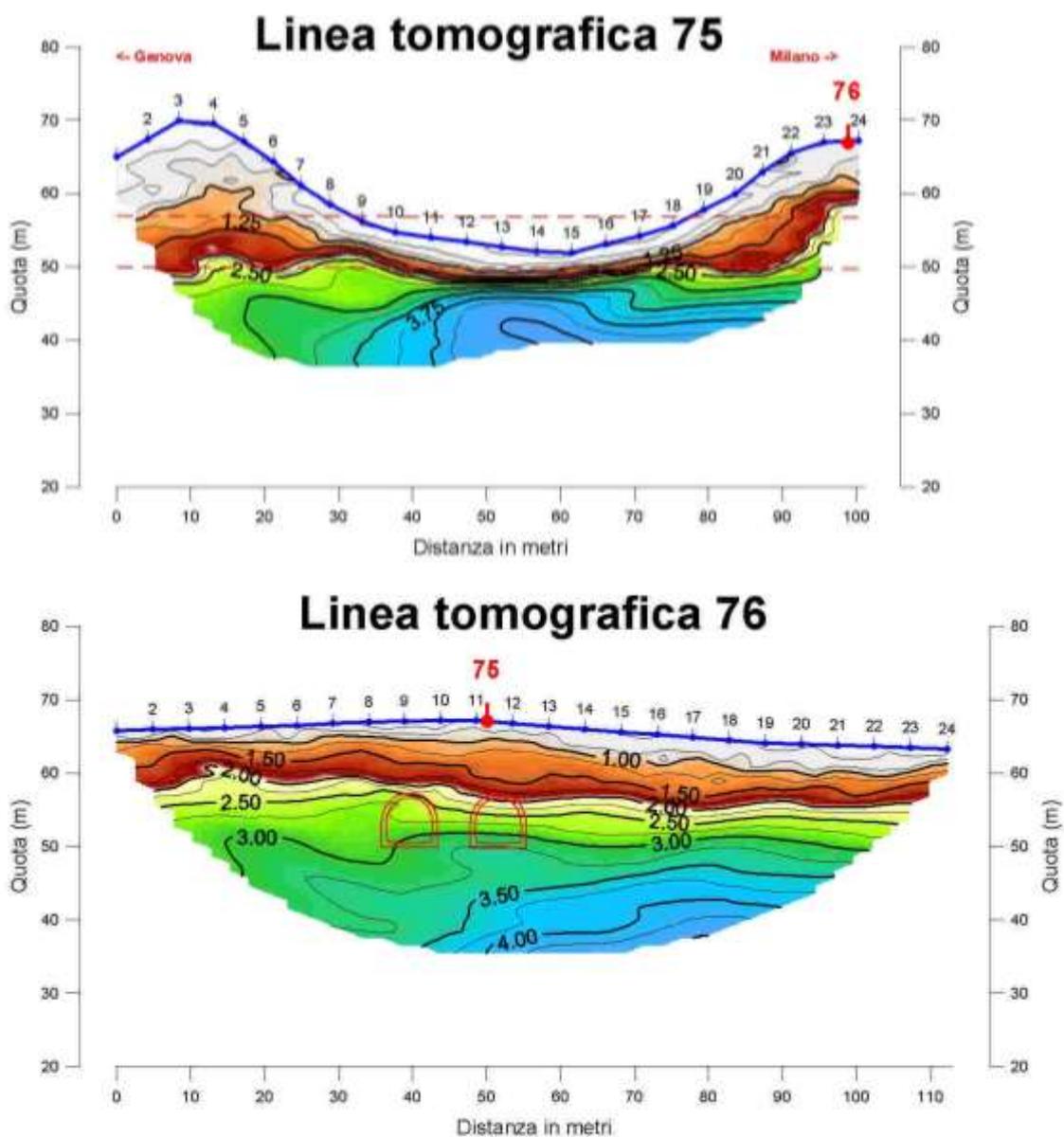


Figura 4.10. Linee tomografiche

5.1. Zona di imbocco e area di cantiere: ricostruzione stratigrafica e parametri

L'analisi di tutte le indagini e le indagini a disposizione ha consentito una ricostruzione stratigrafica schematica in corrispondenza del profilo longitudinale dell'area di imbocco ed in corrispondenza delle due paratie presenti in area imbocco.

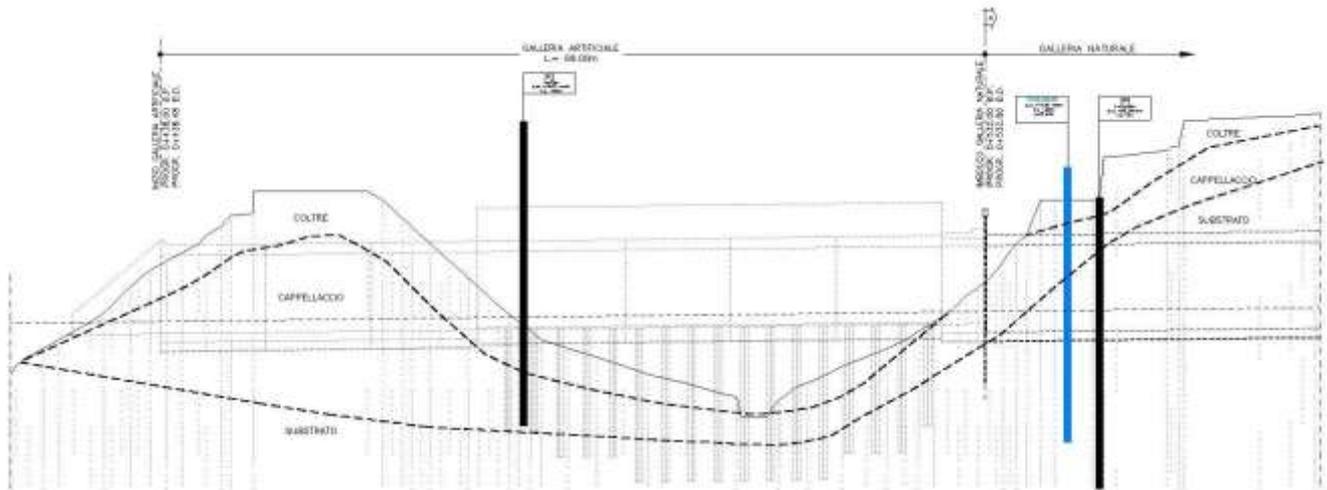


Figura 5-6

SEZIONE A-A
Scala 1:200

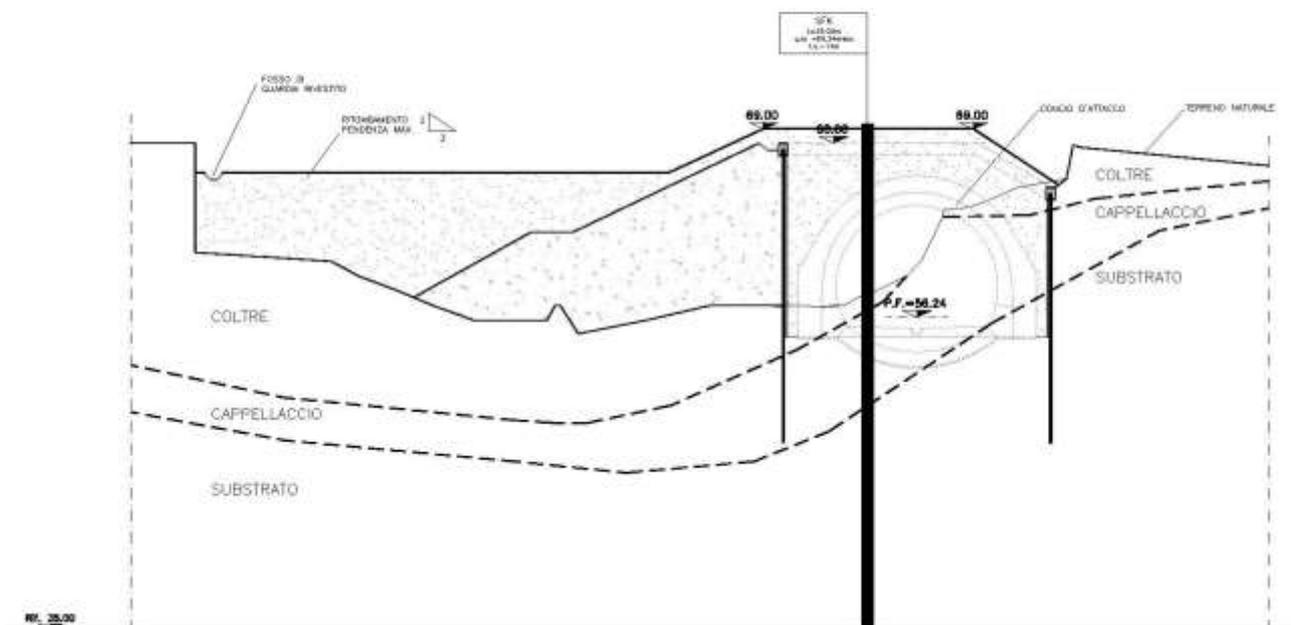


Figura 5-7. Ricostruzione stratigrafica imbocco: profilo in asse alla linea e sezione imbocco GA/1A

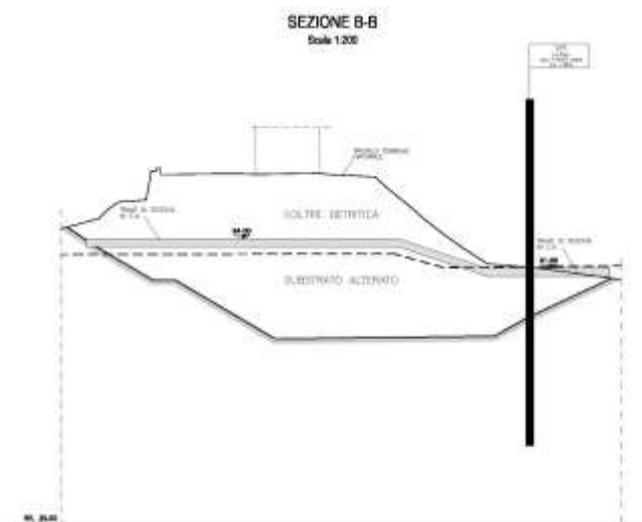


Figura 5-8. Ricostruzione stratigrafica area di cantiere: sezione zona Paratia A

Per la caratterizzazione geotecnica si è fatto riferimento ai dati ottenuti a partire dai sondaggi effettuati su tutta la linea oltre che dai sondaggi SF5, SF6 e 13 e 7A301G046. Le prove dilatometriche effettuate nel sondaggio 7A301G046 mostrano la presenza di un substrato litoide con discrete caratteristiche da circa 10 m di profondità.

In assenza di prove integrative rispetto al Progetto Definitivo si ritiene opportuno mantenere la stratigrafia di calcolo e le caratterizzazioni delineate nelle relazioni di PE con la seguente suddivisione:

Da 0 a 5 m – Coltre detritica

γ (KN/m ³)	19,5
ϕ' (°)	28
c (KPa)	15
E (MPa)	46

Da 5 a 20 m - fascia di alterazione delle Argilliti a Palombini

γ (KN/m ³)	19,5
ϕ' (°)	28-30
c (KPa)	70
E (MPa)	39

Visto l'andamento non perfettamente regolare della successione stratigrafica del terreno si riporteranno in corrispondenza di ciascuna sezione di calcolo le stratigrafie di maggior dettaglio adottate.

5.2. Galleria naturale: parametri geotecnici

La ricostruzione stratigrafica riportata in profilo, in coerenza con lo studio geotecnico della Galleria Campasso già realizzata, riporta nei primi 20-25m di scavo l'interferenza con la coltre detritica e l'alterazione delle Argille a Palombini precedentemente descritta. Successivamente il profilo mostra lo scavo nelle Argille a Palombini. L'esperienza della galleria Campasso, vedi capitolo successivo, ha mostrato un ammasso di discrete caratteristiche, in cui lo scavo è in larga parte avvenuto in assenza di interventi in avanzamento.

Le Argille a Palombini sono divise in 3 gruppi geomeccanici, e a loro volta i gruppi geomeccanici 2 e 3 sono divisi in due ulteriori sottogruppi così da ottenere una maggiore correlazione con quanto richiesto dall'applicabilità delle sezioni tipo. I parametri di calcolo utilizzati sono presentati nella seguente tabella assumendo i valori puntuali pari ai valori medi dei range forniti in base al criterio di rottura di Hoek e Brown.

Hoek e Brown - Parametri di calcolo - PE										
Gruppo geomeccanico	γ [KNm ⁻³]	E [Gpa]	m_i [-]	σ_{ci} [Mpa]	GSI [-]	a [-]	m_{bp} [-]	m_{br} [-]	s_p [-]	s_r [-]
GR1	27	5,4	17,9	35,1	49	0,506	2,98	1,58	0,0040	0,0011
GR2a	27	1,6	21,5	11,8	41	0,515	2,75	1,30	0,0015	0,0004
GR2b	27	1,4	17,6	9,9	36	0,511	1,90	0,99	0,0008	0,0003
GR3a	26	1,1	19**	6,3	32,5	0,520	1,71	0,95	0,0006	0,0002
GR3b	26	0,9	19**	5,5	29,5	0,524	1,53	0,87	0,0004	0,0001

**Parametri da letteratura

Nelle analisi di stabilità del fronte secondo il metodo di Tamez-Cornejo, per le quali era necessario impiegare un criterio di rottura di tipo Mohr-Coulomb, si sono ottenuti i valori sotto riportati linearizzando i parametri di Hoek e Brown alle coperture esaminate.

Mohr Coulomb - Parametri di calcolo						
Gruppo geomeccanico	Copertura	γ	E	c_p	ϕ_p	ν
	[m]	[KNm ⁻³]	[Gpa]	[Mpa]	[°]	[-]
GR2a	50	27	1.6	0.365	36 - 38	0.3
GR2b	50	27	1.4	0.295	30 - 33	0.3
GR3a	50	26	1.1	0.240	28 - 30	0.3
GR3b	50	26	0.9	0.210	26 - 28	0.3

L'idrogeologia ha confermato la sostanziale impermeabilità della formazione delle Argilliti a Palombini e l'ipotesi di stillicidi solo in corrispondenza dei Palombini; in coerenza con quanto ipotizzato per la galleria Campasso, la presenza d'acqua è stata tenuta in conto nella suddetta formazione dove, vista la ridotta copertura, in taluni contesti si potrebbe avere una "lingua" di palombini tale da mettere in comunicazione le superficie con la quota galleria in presenza di coperture inferiori ai 50m. E' stato quindi considerato un carico idrostatico massimo pari a 3 bar e le tensioni che ne conseguono (calcolate tramite la formulazione di Lamè) sono state infine sommate a quelle che discendono dalle linee caratteristiche, ottenendo così la tensione totale agente nel rivestimento.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Italiani Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>A3010XDCVROGN0000002B00</p> <p>Foglio 34 di 53</p>

Per coperture maggiori ai 50m non si contempla questa possibilità, per cui il carico idraulico non si è considerato agente sui rivestimenti.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Costruttori Italiani Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A3010XDCVROGN0000002B00 Foglio 35 di 53

6. SINTESI DELLE ESPERIENZE DI SCAVO

Questa sezione del lavoro si pone l'obiettivo di sintetizzare le evidenze geologiche, geotecniche e idrogeologiche emerse durante la realizzazione della Galleria Campasso, al fine di poter individuare eventuali elementi di criticità non disponibili in sede di Progettazione Esecutiva (si veda capitolo precedente). La parametrizzazione geotecnica degli ammassi, la quale si basa su una visione complessiva dell'ammasso attraversato, anche in relazione alla complessità della formazione, non è oggetto di revisione e si assumono validi i parametri attribuiti ai diversi gruppi geomeccanici in sede di PE.

L'analisi dei dati di scavo e dell'As Built della galleria hanno permesso di ricostruire le condizioni di scavo affrontate. Lo scavo ha evidenziato, già dopo il primo concio, condizioni geomeccaniche buone e, al crescere delle coperture, migliori delle previsioni progettuali portando alla necessità di inserimento della sezione tipo B0 inizialmente non prevista in progetto.

A partire dall'imbocco Sud i primi metri di scavo sono stati caratterizzati dalla presenza di un fronte misto che ha evidenziato la presenza di argilloscisti di colore grigio - bruno, fittamente foliati e intensamente piegati con lenti di quarzo nella porzione inferiore dello scavo, mentre nella parte medio alta del fronte è ben visibile il cappellaccio di alterazione della Formazione argillitica sopra descritta; In un lembo compreso tra rene sinistro e chiave calotta, si rileva la presenza di coltre superficiale e materiale di riporto caratterizzati da una consistenza terrosa e dalla presenza di residui di manufatti in laterizio di origine antropica, radici di alberi etc.



fronte alla pk 0+538,25 ca. – GSI=var



fronte alla pk 0+541,9 ca. – GSI=var



fronte alla pk 0+547,00 ca. – GSI=var

La fascia di alterazione ben visibile nei primi metri di scavo è progressivamente diminuita sino a non essere più visibile sul fronte di scavo dalla Pk 0+552. Contestualmente le analisi dei dati dei fronti di scavo hanno registrato un continuo aumento di competenza della porzione argillitica che ha rapidamente assunto aspetto litoide.



PK 0+552.60 GSI=43



PK 0+590 GSI=44



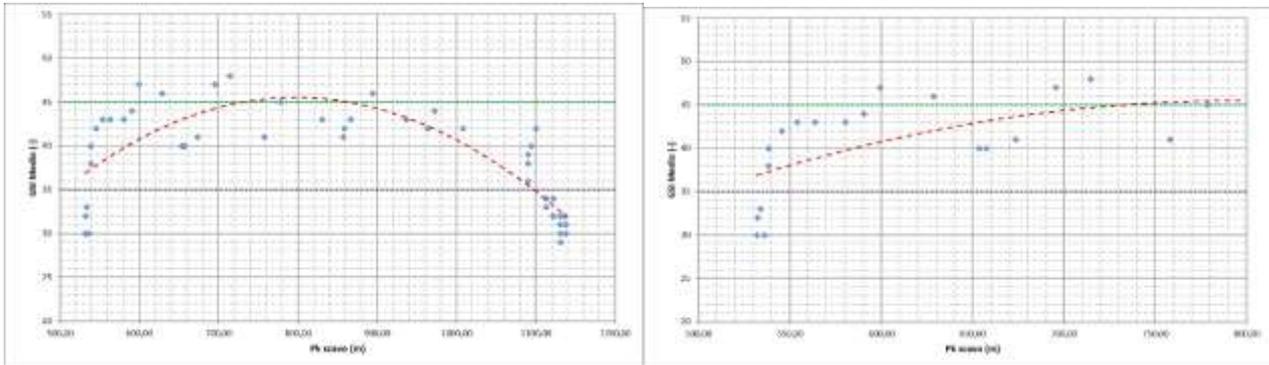
Pk 0+627 (GSI=46)



Pk 0+653 (GSI=46)

Figura 6-1. Fronti di scavo Galleria Campasso GN11

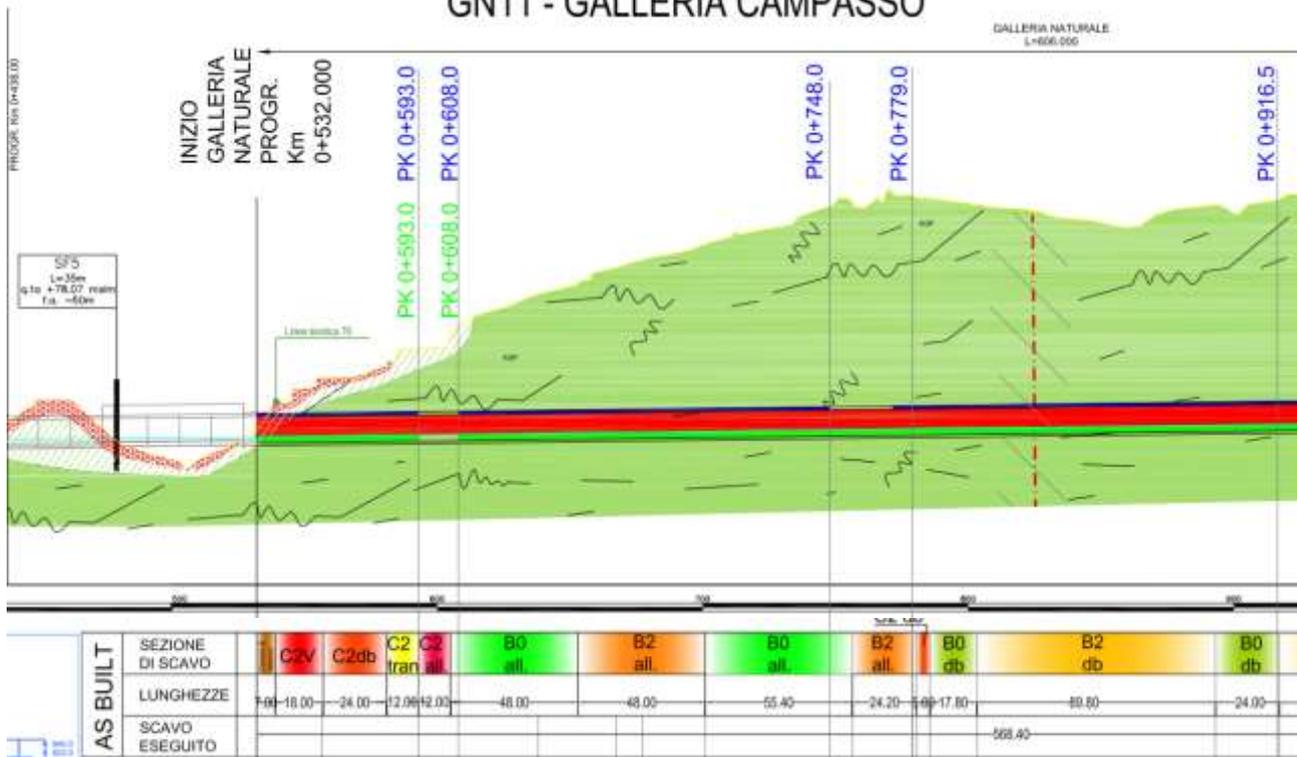
Quanto sopra esposto e ben visibile dal grafico riportato di seguito in cui sono diagrammati i GSI rilevati al fronte al procedere della PK di scavo.



Dalla progressiva di imbocco per 66m sono state applicate sezioni consolidate al fronte e al contorno, principalmente legate alla necessità di limitare le deformazioni della galleria in relazione alle basse coperture e alla presenza di interferenze di superficie. Tali sezioni hanno permesso di limitare in modo significativo le deformazioni di ammasso e le conseguenti subsidenze sugli edifici.

In seguito lo scavo è avvenuto, nella tratta di interesse, mediante sezione tipo B0all in prevalenza ad eccezione di un passaggio di B2all pari a circa 50m tra le PK 0+653 e 0+701 circa in cui a seguito di una venuta d'acqua concentrata si è registrato un peggioramento delle condizioni di stabilità al fronte. I getti della tratta in oggetto risultano sempre armati.

GN11 - GALLERIA CAMPASSO

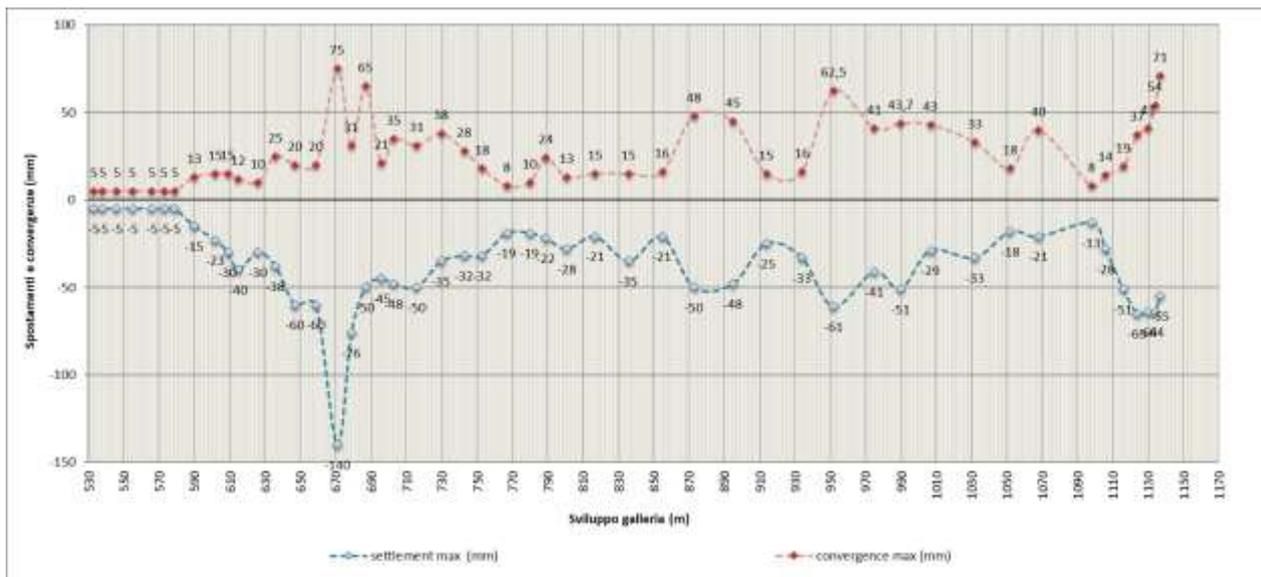


La distribuzione delle sezioni tipo per il tratto in esame può essere quindi così sintetizzata:

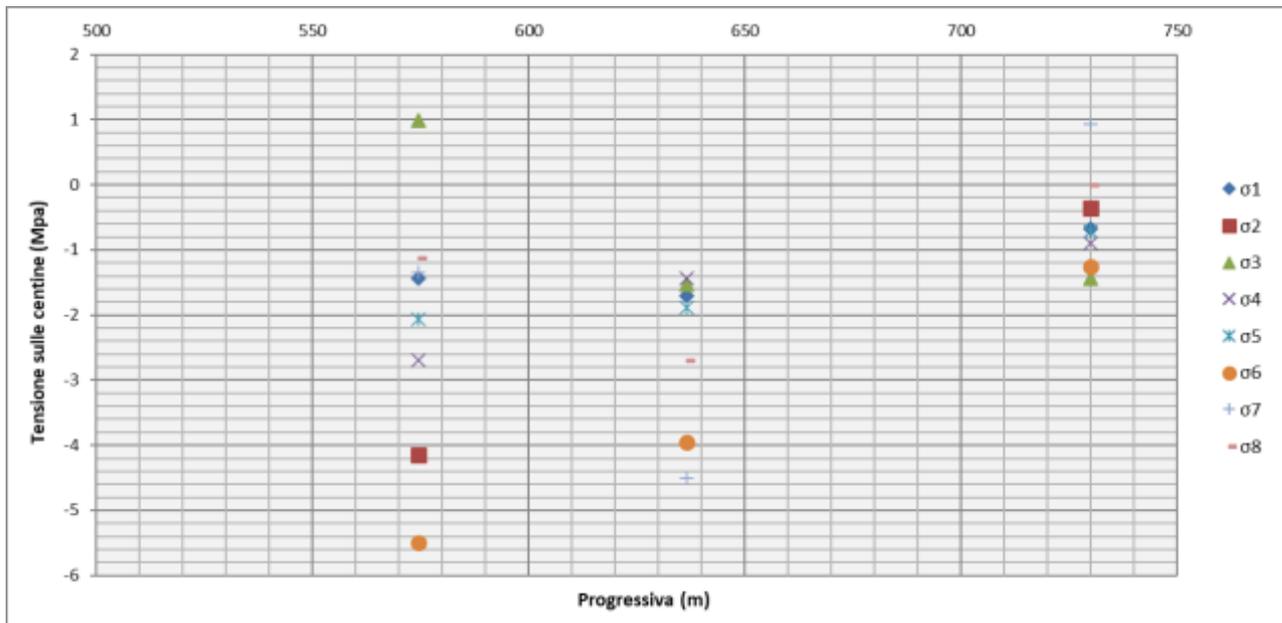
- B0 – 60%
- B2 – 20%
- C2 – 20%

E' importante sottolineare come, a parte i primi conci scavati in sezione C2V (inserimento di infillaggi metallici), i valori di assorbimento misurati nel consolidamento al contorno della sezione C2 sono stati piuttosto bassi a causa della presenza di materiali chiusi e difficilmente iniettabili. In tal senso è stata proposta in corso d'opera una modifica della miscela di guaina, tale da poter garantire comunque una buona cementazione dell'elemento anche qualora si fosse evidenziata una difficoltà di iniezione.

Da un punto di vista deformativo il grafico di seguito riassume l'andamento delle convergenze massime e dei cedimenti massimi.



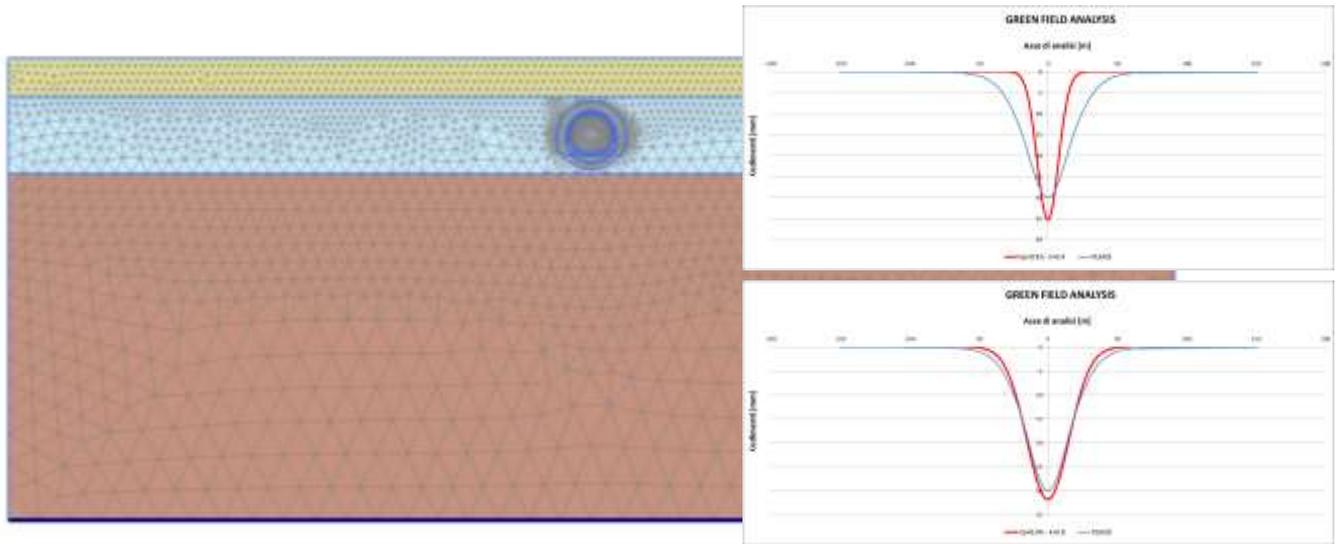
Sono presenti 3 stazioni di monitoraggio deformativo all'interno dei rivestimenti definitivi alle PK 0+574 – 0+636 – 0+730. I risultati evidenziano uno stato di sollecitazione stabilizzato e mediamente in linea con i valori attesi. Solo alcuni strumenti (Estensimetro 6 nelle prime due sezioni) registrano valori maggiori, comunque entro i 6Mpa (vedi grafico – dati da tarare in sede di PE con opportuna campagna di indagine).



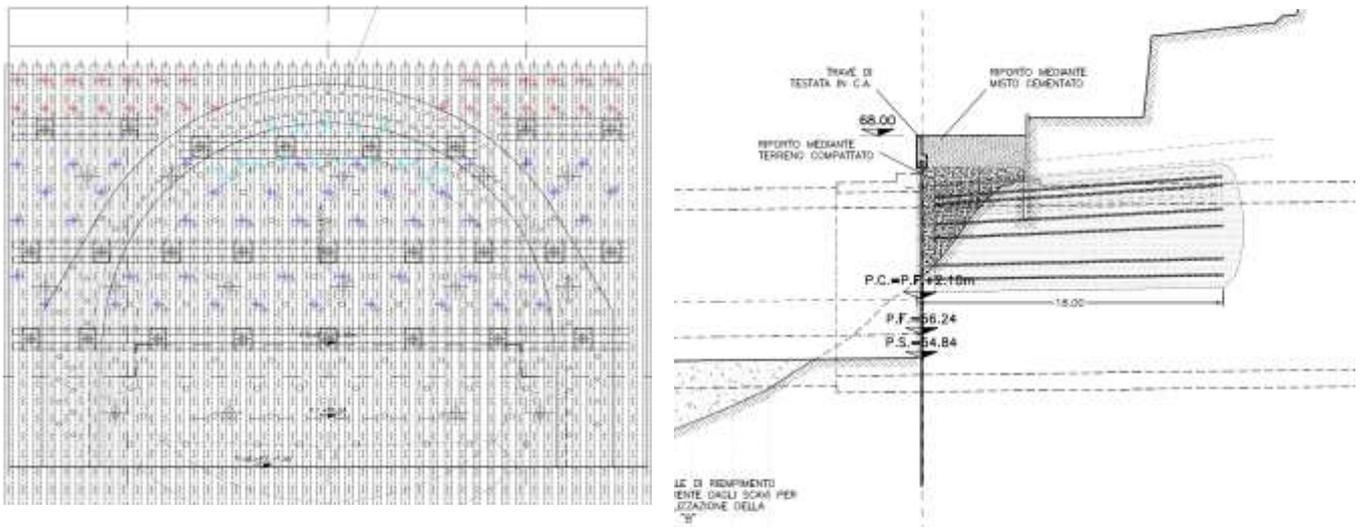
Oltre allo scavo in contesti geomeccanici difficili, particolare attenzione progettuale è stata posta allo scavo dei primi 25m lato SUD, dove la realizzazione dell'opera presenta un'interferenza delicata con edifici esistenti.



In sede di PED è stata sviluppata un'analisi numerica Plaxis al fine di valutare i cedimenti verticali dovuti allo scavo della galleria naturale in corrispondenza degli edifici. In particolare si è analizzata una sezione avente 14.0m di copertura in chiave calotta, considerando un terreno avente la medesima stratigrafia e i medesimi parametri adottati nel caso del calcolo a basse coperture. A favore di sicurezza le argilliti a Palombini sono state modellate unicamente al di sotto della struttura. Tale accorgimento è volto soprattutto a valutare in maniera cautelativa i cedimenti generati dallo scavo.



Al fine di limitare i cedimenti, oltre all'utilizzo in tutta la tratta della sezione tipo C2, il primo campo di consolidamento è stato opportunamente integrato al fine di realizzare trattamenti di iniezione diffusi al contorno del cavo e di protezione degli edifici.



In fase esecutiva di tali interventi si è registrato che le argilliti in posto, visibili fra i pali della paratia, hanno aspetto e consistenza litoide e si presentano foliate, ma abbastanza chiuse. La scarsa permeabilità primaria del materiale ne impedisce l'effetto di cementazione omogenea. Quindi l'intervento di consolidamento è stato mirato al riempimento di eventuali fasce di alterazione o alla saturazione di giunti. Il materiale di riempimento, altrettanto visibile fra i pali della paratia, è di aspetto e consistenza terroso e si presenta aperto. L'alta permeabilità primaria del materiale ne favorisce l'effetto di cementazione omogenea nell'intorno dell'elemento di iniezione.



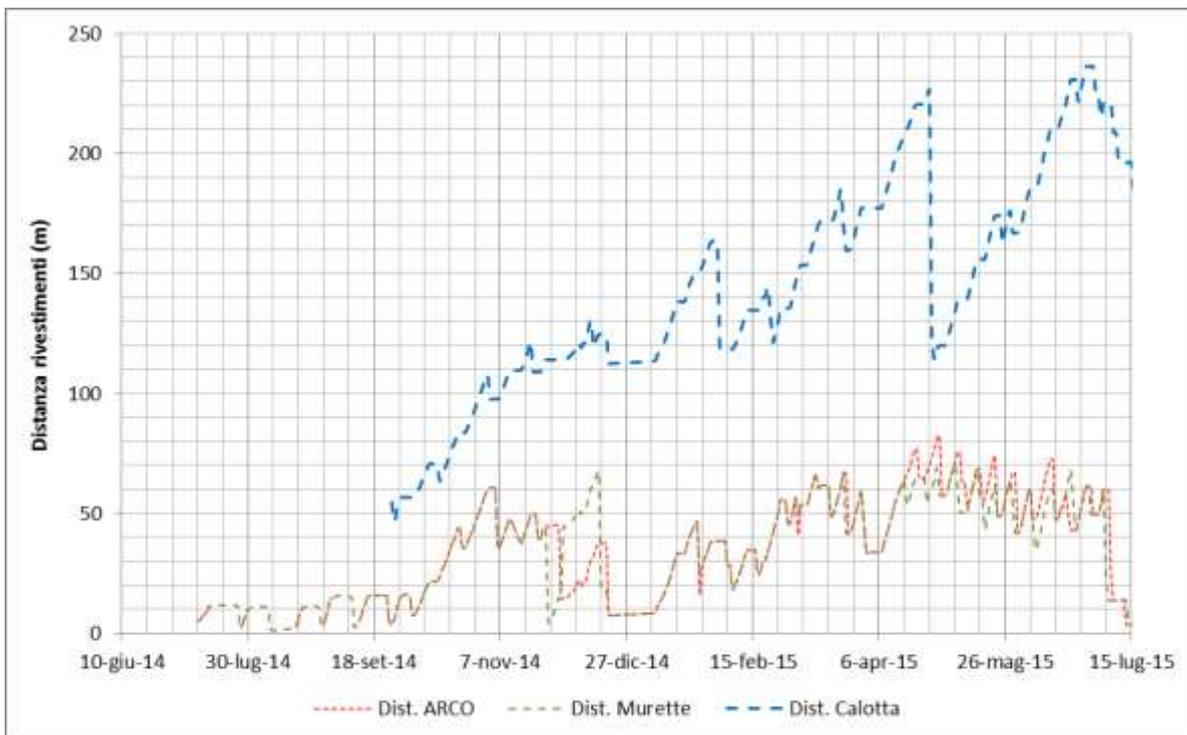
Dall'alto al basso: vista progressivamente di dettaglio delle argilliti in posto visibili fra i pali della paratia- Il materiale di aspetto e consistenza litoide si presenta foliato, ma abbastanza chiuso. La scarsa permeabilità primaria del materiale ne impedisce l'effetto di cementazione omogenea. L'intervento di consolidamento deve mirare al riempimento di eventuali fasce di alterazione o alla saturazione di giunti.

Dall'alto al basso: vista progressivamente di dettaglio del materiale di riempimento visibile fra i pali della paratia- Il materiale di aspetto e consistenza terroso si presenta aperto. L'alta permeabilità primaria del materiale ne favorisce l'effetto di cementazione omogenea nell'intorno dell'elemento di iniezione

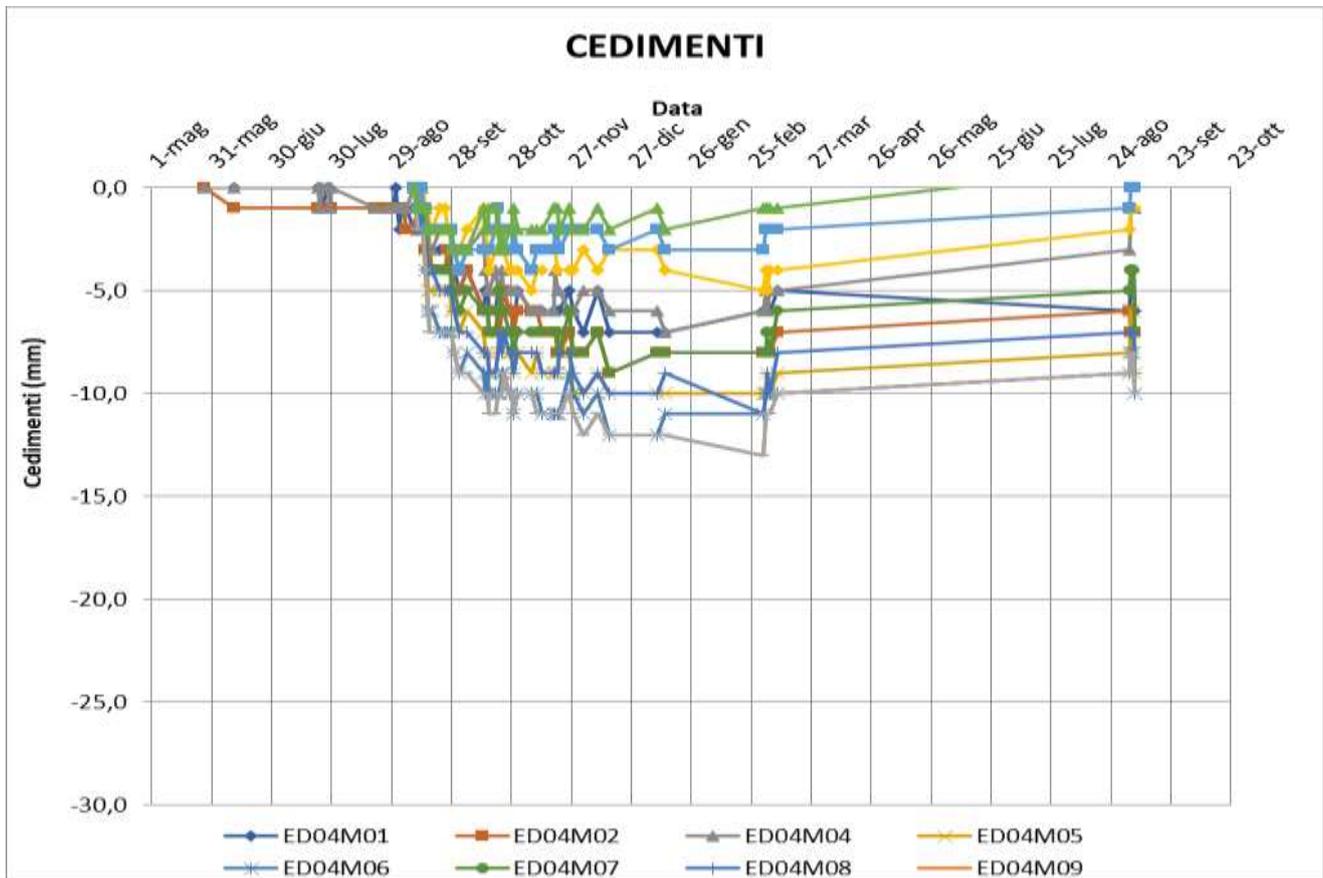
Alla luce di quanto sopra gli obiettivi nei diversi contesti indicati sono stati i seguenti:

- il terreno riportato dal cantiere o la fascia di alterazione superficiale dovranno essere trattati con iniezioni dalle valvole, ma possibilmente con volumi importanti di boiaccia a creare un intasamento omogeneo di miscela cementizia in grado di migliorare le caratteristiche di coesione del materiale, senza tuttavia ricorrere a pressioni elevate;
- le argilliti dovranno essere trattate senza raggiungere fenomeni di claquage, prevedibilmente con bassi volumi di miscela, al solo scopo di garantire il riempimento e l'intasamento di eventuali giunti, fratture o fasce maggiormente alterate con il raggiungimento di pressioni residue stabilizzate e mantenute nel tempo.

Al fine del contenimento deformativo, oltre all'utilizzo di sezioni consolidate, particolare attenzione è stata posta alla stabilizzazione delle deformazioni con la realizzazione dei getti di arco rovescio e murette, come evidenziato dal grafico di seguito.



I risultati ottenuti, grazie alla rigida applicazione di quanto sopra, in relazione alle subsidenze indotte sono stati molto buoni, con valori deformativi al di sotto delle attese progettuali, con valori massimi di cedimento registrati in asse pari a circa 10mm, come evidenziato dal grafico di seguito riferito all'edificio 4.



Quanto sopra porta a poter affermare che:

- Per tutto il tratto interessato dallo scavo delle nuove opere si attendono condizioni geomeccaniche da discrete a buone;
- Tutta la prima parte dell'opera è interessata da importanti interferenze superficiali ed un contesto morfologico particolare;
- Gli scavi della galleria GN11 non hanno evidenziato criticità particolari e i livelli deformativi registrati, sono sempre risultati in linea con le attese;
- le sezioni tipo applicate sono sempre risultate idonee al contesto e hanno garantito un ottimale controllo delle deformazioni e dei conseguenti probabili livelli tensionali;
- il controllo deformativo è stato raggiunto grazie ad una rigida applicazione delle fasi esecutive delle sezioni, con rivestimenti definitivi in arco rovescio mantenuti sempre ampiamente entro i limiti progettuali, soprattutto nella prima tratta in scavo;
- è lecito attendersi per tutta la tratta, grazie anche alla presenza preventiva e costante di armatura, uno stato tensionale in linea con le attese progettuali e con valori mediamente contenuti di sollecitazione, come evidenziato anche dalle 3 sezioni di monitoraggio installate.

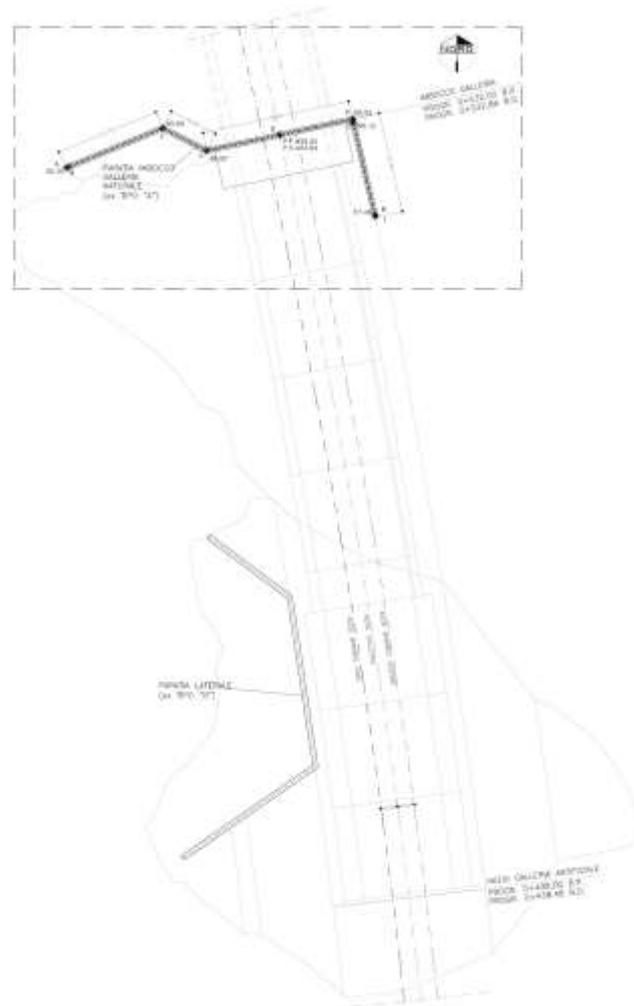


Figura 3. Planimetria dello stato di fatto nella zona dell'imbocco

La galleria Campasso GN11 è stata già completata; in particolare le modifiche apportate interessano solamente la parte iniziale della galleria, ovvero i primi 250 m circa: i primi campi (65m circa) sono stati scavati mediante consolidamenti in avanzamento, viste le basse coperture e le preesistenze in superficie da salvaguardare. Successivamente, superate le interferenze e con una copertura in chiave calotta pari 25m circa, si è proseguito alternando sezioni tipo B0, con assenza di interventi in avanzamento, e sezioni B2 consolidando il fronte di scavo.

Alla pk 0+553 circa si è passati dalla sezione standard (120mq) allo scavo della sezione allargata al fine di garantire la visibilità necessaria alla percorrenza in sicurezza dei treni (177 mq).

In questo contesto avverrà lo scavo dei due tratti di cunicoli e dei by-pass di collegamento (3 sul binario pari e 8 sul binario dispari).

L'attacco in naturale dei due cunicoli sarà garantito mediante opere di imbocco dello stesso tipo della GA1A, ovvero paratie di micropali; in entrambi i lati, per mantenere in essere ed anche in esercizio la strada comunale sovrastante, si è scelto di realizzare le paratie di imbocco mediante la realizzazione di due rilevati di terreno riportato, adeguatamente trattato per poter garantire l'effetto

arco necessario allo scavo della galleria. Per permettere la realizzazione delle opere di imbocco del binario dispari (GAVD) dovrà essere demolito l'edificio interferente e parte della paratia di imbocco della galleria GN11.

Oltre le pk 530.85 BP e 0+527.97 BD i cunicoli di sfollamento saranno realizzati in galleria artificiale, di forma scatolare, mantenendo l'area interna utile pressoché invariata (29mq in galleria naturale e 38 in galleria artificiale sezione scatolare). Le due gallerie avranno rispettivamente lunghezza totale pari a 155m nel binario pari, di cui 70m in galleria tradizionale (GNVH) e 85 realizzati in galleria artificiale di forma scatolare (GAVB) e 256m nel binario dispari, di cui 240m in galleria naturale (GNVI) e 16m in artificiale. La galleria GAVB presenterà due scatolari differenti in termini di spessori e di sagoma interna, in modo da poter permettere la realizzazione dell'opera di presa che passerà sopra il solettone di copertura (conci tipo 3 e 4 di lunghezza totale pari a 16.7m). Tale opera di presa, di cui si rimanda per la descrizione e i relativi calcoli agli elaborati specifici avrà lo scopo di dare continuità idraulica al Rio 3BIS, posto sul lato Nord-Ovest dell'imbocco, passando sopra al cunicolo BP e successivamente sotto la GA1A, ed allo stesso tempo, grazie a due pozzi, di poterne avere accesso per controlli successivi.

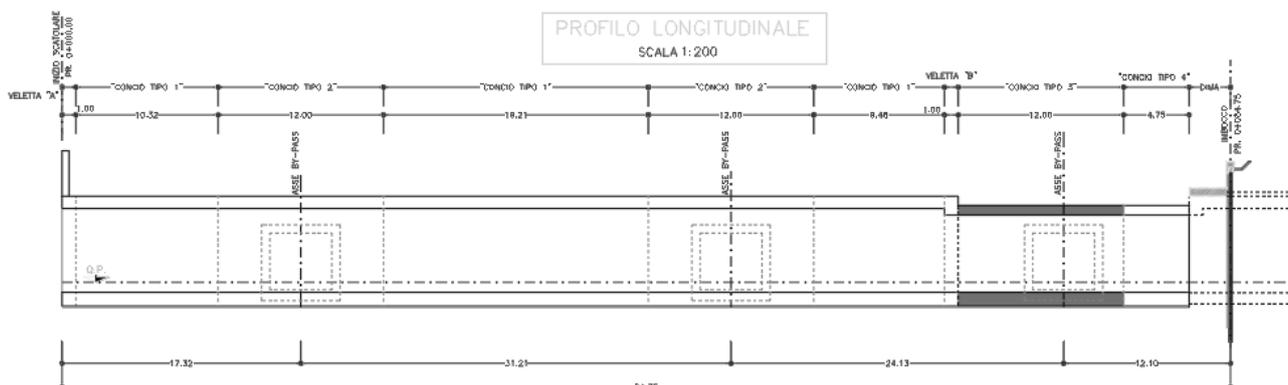


Figura 12. GAVB - Suddivisione dei conci

Per permettere la realizzazione della galleria artificiale GAVB sarà necessaria l'esecuzione di una paratia di monte, opera di sostegno in pali di medio diametro, che avrà sviluppo di circa 90m. In questo modo verrà ricreata un'area di lavoro a quota 54-55 m slm per poter realizzare tutte le opere all'aperto.

Tali opere verranno in fase definitiva ritombate, come si può vedere dallo stralcio planimetrico in Figura 13, e a tale scopo è necessario il getto di muri di sostegno per creare l'accesso alle tre gallerie artificiali. I muri avranno dimensioni in pianta ed in elevazione variabili, l'altezza massima sarà pari a 12.5m e saranno di tipo a mensola. La sistemazione finale prevede un passaggio pedonale al lato della GA1A, per permettere il raggiungimento del piazzale Sud; per garantire questo spazio è stata prevista una veletta di contenimento del terreno di ritombamento sulla galleria artificiale GA1A.



Figura 13. Planimetria definitiva

7.2. Fasi esecutive

La realizzazione delle opere descritte al paragrafo precedente è descritta graficamente nell'elaborato A3010XDCVP8GN0000001, dove vengono definite le seguenti macro fasi:

MACRO FASE 0. Demolizione e getto del concio di rivestimento della GN11 per realizzare il risparmio del by-pass alla pk 0+760.

MACRO FASE 1. Tombinatura del rio e demolizione degli edifici interferenti con lo scavo.

Per poter permettere la realizzazione della paratia di imbocco della GNVH dovrà essere creata un'opera provvisoria per captare l'acqua del rio a monte e portarla attraverso un tombino provvisorio in collegamento con il collettore esistente, che passa al di sotto del piazzale di imbocco. Dovranno anche essere espropriate e demolite le costruzioni a monte interferenti con gli scavi.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Costruttori Italiani Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A3010XDCVROGN0000002B00 Foglio 48 di 53

MACRO FASE 2. Esecuzione dei pali della paratia A

Verranno realizzati gli scavi a monte della paratia A fino alla quota della trave di coronamento della paratia di pali, che verranno quindi realizzati previa costruzione della rampa di accesso al piano. Nella stessa fase potrà avvenire la demolizione dell'edificio lato est interferente con l'imbocco della GNVI e parte della paratia d'imbocco GA1A.

MACRO FASE 3. Realizzazione paratie di micropali di imbocco

Ripuliti i versanti dei due imbocchi verrà utilizzato il materiale scavato a monte della paratia di pali per realizzare i riempimenti necessari al raggiungimento della quota della trave di coronamento delle due opere di sostegno agli imbocchi. In particolare tali riempimenti andranno sagomati in base alle aree disponibili nel piazzale: nel caso dell'imbocco GAVD sono necessari gabbionature per limitare l'ingombro in pianta del rilevato ma garantire l'altezza necessaria di testa rilevato.

Si procederà quindi con il trattamento del materiale del rilevato per creare nella totalità del volume di terreno a tergo delle future berlinesi il misto cementato (vedi caratteristiche nella tabella materiali delle specifiche tavole).

Verranno eseguiti i micropali e gettata la trave di coronamento di entrambe le opere di imbocco.

MACRO FASE 4. Scavo a valle delle berlinesi e realizzazione dima

Verrà raggiunta per fasi la quota di fondo (54.5-55.5 m slm), alternando fasi di scavo a fasi di realizzazione tiranti, tesatura e messa in esercizio.

Si procederà alla realizzazione del consolidamento in avanzamento dei conci di attacco, e quindi costruita la dima in cls semplice.

Al termine di questa fase si potrà procedere all'inizio degli scavi dei cunicoli di esodo.

A seguito del completamento dello scavo del cunicolo dispari verrà scavato l'ultimo by-pass (pk 0+760) con sagoma identica al cunicolo per permettere la continuità di passaggio mezzi all'interno della galleria GN11 durante gli interventi di demolizione e il ripristino dei rivestimenti di linea.

Per poter permettere la realizzazione della paratia di imbocco della GAVC dovrà essere creata un'opera provvisoria per captare l'acqua del rio a monte e portarla attraverso un tombino provvisorio in collegamento con il collettore esistente, che passa al di sotto del piazzale di imbocco. Dovranno anche essere espropriate e demolite le costruzioni a monte interferenti con gli scavi.

MACRO FASE 5. Esecuzione della fondazione della GA1A

Verranno eseguiti i pali di fondazione della GA1A e realizzata l'opera di presa idraulica, prima della realizzazione del solettone di fondazione della Galleria artificiale.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Internazionali Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	A3010XDCVROGN0000002B00	Foglio 49 di 53

Nota bene: il presente documento non considera le modalità esecutive dell'opera di presa, si suppone che tale opera verrà realizzata precedentemente all'esecuzione dei pali che verranno quindi distanziati dall'ingombro dell'opera idraulica in pianta.

MACRO FASE 6. Esecuzione delle Gallerie artificiali e dei by-pass di collegamento

MACRO FASE 7. Realizzazione muri di sostegno e ritombamento

In fase finale tutte le gallerie verranno ritombate, pertanto sarà necessaria la realizzazione di muri di sostegno all'inizio delle WBS GA1A, GAVB e GAVD. Contestualmente si considera terminata l'opera di presa.

7.3. Suddivisione delle WBS e delle relative opere progettuali

Si riporta per una più facile lettura degli elaborati progettuali una tabella in cui sono definite le differenti WBS e le opere relative.

WBS	Descrizione	Opere principali	Verifiche/Criticità
GN11	Galleria naturale a doppio binario	Demolizione e getto del nuovo rivestimento definitivo armato	Interferenza con i cunicoli di esodo e by-pass
GNVH	Cunicolo di esodo BP	Scavo galleria a basse coperture e getto rivestimenti	Interferenza con strutture superficiali
GNVI	Cunicolo di esodo BD	Scavo galleria a basse e medie coperture e getto rivestimenti	Interferenza con strutture superficiali
GNVJ	By-pass BP	Scavo by-pass a basse coperture e getto rivestimenti	Interferenza con strutture superficiali
GNVK	By-pass BD	Scavo by-pass a basse e medie coperture e getto rivestimenti	Interferenza con strutture superficiali
GA1A	Galleria artificiale di linea	Struttura galleria artificiale	Asimmetria dei carichi, necessità di fondazione profonda
GAVB	Galleria artificiale cunicolo di esodo BP e bypass	Struttura scatolare	
GAVC	Opere di imbocco BP	Paratia in pali (A) Paratia di imbocco in	Dovrà essere realizzato precedentemente un rilevato in materiale misto cementato per

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Internazionali Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A3010XDCVROGN0000002B00 Foglio 50 di 53

		micropali Dima e concio d'attacco	realizzare la paratia di imbocco
GAVD	Opere di imbocco e Galleria artificiale cunicolo di esodo BD e by-pass	Struttura scatolare Paratia di imbocco in micropali Dima e concio d'attacco	Dovrà essere realizzato precedentemente un rilevato in materiale misto cementato per realizzare la paratia di imbocco

7.4. Criticità

L'area di intervento è sicuramente conosciuta dal punto di vista geotecnico, visto i recenti lavori di sbancamento, consolidamento dei terreni, scavo di gallerie di dimensioni considerevoli (la Galleria GN11 in sezione corrente è grande 120mq, praticamente 3 volte l'area di scavo dei cunicoli di esodo). Le principali criticità sono legate a:

- Le fasi esecutive e spazi per la realizzazione degli imbocchi delle gallerie naturali. Per poter mantenere in funzione la strada che sovrasta l'imbocco della galleria GN11 e l'area di cantiere, verrà realizzato un rilevato in misto cementato per poter realizzare due berlinesi e avere adeguate coperture per poter realizzare il concio di attacco.
- Interferenze con gli edifici laterali. Verranno demoliti in fase esecutiva le strutture interferenti con le opere, come riportato nelle tavole di fasi
- Interferenza con gli edifici posti sopra la galleria, nella zona a basse coperture. Come nel progetto della galleria Campasso, anche per i due cunicoli di esodo l'attacco verrà realizzato con consolidamenti a protezione della strada sovrastante e infilaggi metallici, e lo scavo proseguirà con sezioni a rigido controllo deformativo (sezioni tipo con consolidamenti al contorno e cementati al fronte)
- Interferenza dello scavo dei cunicoli e dei by-pass con la galleria Campasso. Il progetto della galleria di linea non teneva conto della successiva realizzazione dei collegamenti di sicurezza, pertanto i rivestimenti definitivi esistenti saranno interessati da opere di demolizione ripristino dettagliate nella specifica relazione;
- La continuità del passaggio in galleria verrà mantenuto prevedendo opportune fasi realizzative (scavo del cunicolo di esodo e del by-pass di collegamento) in modo da superare la zona di demolizione della GN11.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Costruttori Italiani Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	A3010XDCVROGN0000002B00	Foglio 51 di 53

8. INTERFERENZE SUPERFICIALI

La zona di Trasta ha subito significativi cambiamenti per poter realizzare l'area di cantiere e l'imbocco della galleria Campasso, come si vede dalle immagini riportate di seguito. Tuttavia sono state limitate al massimo le demolizioni esistenti e sono stati intrapresi tutti gli accorgimenti necessari al mantenimento in esercizio delle viabilità e delle strutture interferenti con la realizzazione delle opere di progetto. In particolare l'interferenza maggiore si ha sul lato nord dell'area di cantiere, alle spalle dell'imbocco. Gli abbassamenti progressivi del piano campagna per raggiungere la quota di scavo richiesta sono avvenuti realizzando opere di sostegno opportunamente tirantate, lo scavo della galleria è avvenuto con sezioni a basso impatto deformativo, intervenendo anche con consolidamenti al di sotto della strada comunale.



Figura 8-1. Zona di cantiere Trasta – immagini satellitari ante operam e stato di fatto

Il progetto di variante prevede un sostanziale allargamento dell'area di cantiere e lo scavo di due gallerie in affiancamento alla galleria già scavata.

In particolare le principali interferenze da tenere in conto e i relativi interventi sono:

1. passaggio del corso d'acqua sul lato sinistro dell'area di imbocco:
 - a. prevista la realizzazione della tombinatura del rio mediante un'opera idraulica che in fase definitiva permette il passaggio dell'acqua ala di sotto delle opere ferroviarie
2. edifici ai lati dell'imbocco:
 - a. verranno demoliti gli edifici interferenti con gli imbocchi dei cunicoli di esodo (vedi tavole di fasi)
3. strada comunale e edifici alle spalle dell'imbocco:

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Internazionali Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>A3010XDCVROGN0000002B00</p> <p>Foglio 52 di 53</p>

- a. verranno realizzate opere di sostegno tirantate a ridosso della strada, previa messa in opera di rilevati in materiale misto cementato per mantenere in esercizio la strada
- b. verranno eseguiti interventi di consolidamento al di sotto della strada come effettuato in corrispondenza dell'imbocco della GN11
- c. si adotteranno sezioni a basso impatto deformativo, con consolidamenti al contorno e al fronte, in tutta la zona di interferenza con le strutture in elevazione
- d. verrà riattivato il sistema di monitoraggio già messo in opera durante gli scavi della galleria Campasso, integrato con strumentazioni per il controllo delle zone di nuova interferenza (in corrispondenza dei cunicoli di esodo)

Le interferenze verranno trattate nelle relazioni relative alle singole WBS.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	A3010XDCVROGN0000002B00 <div style="float: right;">Foglio 53 di 53</div>

9. CONCLUSIONI

Oggetto della presente relazione è la descrizione del progetto dell'area Fegino a seguito dell'applicazione delle Specifiche Tecniche di Interoperabilità (STI).

La relazione tratta il progetto di adeguamento dell'area nella sua globalità, dal punto di vista delle opere di sostegno, gallerie artificiali e naturali, in modo che risultino chiare le scelte e il processo logico che ha portato alla nuova configurazione delle strutture.

Si rimanda agli elaborati tecnici delle singole WBS per il dettaglio, grafico e di calcolo, delle opere nella loro unicità.