

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD

PROGETTO DEFINITIVO

**RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

OPERE PRINCIPALI – GALLERIE ARTIFICIALI

Galleria artificiale Parei da km 83+948 a km 84+405

Relazione geotecnica galleria Parei

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I V 0 I 0 0 D 2 6 R B G A 1 1 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	C. Soave <i>C. Soave</i>	Gennaio 2022	M. Severi <i>M. Severi</i>	Gennaio 2022	G. Fadda <i>G. Fadda</i>	Gennaio 2022	A. Perego Gennaio 2022



File: IV0100D26RBGA1100001A.doc

n. Elab.: X



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

Galleria artificiale Parei dal km 83+948 al km 84+405
Relazione geotecnica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26 RB	GA 11 00 001	A	2 di 18

INDICE

1	PREMESSA	3
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	3
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	3
3.1	DOCUMENTI REFERENZIATI.....	3
3.2	DOCUMENTI CORRELATI	4
4	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
5	INQUADRAMENTO GEOTECNICO DELL'AREA	4
5.1	RIEPILOGO RISULTATI OTTENUTI DALLA CAMPAGNA DI INDAGINE	8
6	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	15
7	DESCRIZIONE DELL'OPERA E FASI ESECUTIVE	16
8	CONCLUSIONI	18



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

Galleria artificiale Parei dal km 83+948 al km 84+405
Relazione geotecnica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26 RB	GA 11 00 001	A	3 di 18

1 PREMESSA

Il presente studio si colloca nell'ambito del potenziamento infrastrutturale previsto per la linea Genova - Ventimiglia per il raddoppio della tratta Finale Ligure - Andora.

La tratta in esame, della lunghezza totale di circa 33 km, corre prevalentemente all'interno di gallerie naturali, con tratte all'aperto e gallerie artificiali per 8 km circa.

Nel seguito si affrontano i principali aspetti geotecnici relativi alla stabilità degli scavi durante la realizzazione della galleria artificiale Parei.

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Scopo del presente documento è quello di illustrare i risultati delle indagini in sito eseguite nell'area in esame e delle prove di laboratorio, descrivere i rapporti tra le opere in progetto ed i terreni, caratterizzare i terreni e le rocce dal punto di vista geotecnico, esaminare alcune criticità connesse con la realizzazione della galleria artificiale Parei.

Di seguito sono sviluppati i seguenti argomenti:

- inquadramento geotecnico dell'area (sintesi dei risultati delle indagini disponibili e descrizione dei rapporti opera terreni);
- caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce;
- descrizione dell'opera e delle fasi esecutive.

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

3.1 Documenti Referenziati

Nella presente relazione, si è fatto riferimento ai seguenti documenti:

Rif. [1] ITALFERR, documenti n° L37100D69G7GE0005_001÷12 intitolati “Planimetria ubicazione indagini geognostiche” datato marzo 2006.

Rif. [2] ITALFERR, documento n° L37100D69PRGE0005_001÷ 2 intitolato “Prove geotecniche di laboratorio” datato marzo 2006.

Rif. [3] ITALFERR, documento n° L37100D69SGGE0005001 intitolato “Esecuzione indagini geognostiche-Relazione descrittiva”, datato febbraio 2006.

Rif. [4] ITALFERR, documenti n° L37100D26 F7GE0005_001÷012 intitolati “Profilo geotecnico”, datati marzo 2006.



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

Galleria artificiale Parei dal km 83+948 al km 84+405
Relazione geotecnica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26 RB	GA 11 00 001	A	4 di 18

Rif. [5] ITALFERR, documento n° IV1700EZZSGSG00010040 intitolato “Progetto esecutivo di prima fase - raddoppio della linea ferroviaria nella tratta s. Lorenzo al mare – Andora - Indagini geognostiche – Sondaggi tratti all’aperto 1999 (SV) – Stratigrafie dei sondaggi”, datato ottobre 2004.

Rif. [6] ITALFERR, documento intitolato “Esecuzione di prove di laboratorio per la caratterizzazione dei terreni e delle rocce interessate dalla progettazione definitiva delle opere in galleria” datato novembre 2001 - marzo 2002.

3.2 Documenti Correlati

I documenti correlati sono:

Rif. [7] ITALFERR, documento n° IV0100D26RBGE0005001A intitolato “Relazione geotecnica generale”.

Rif. [8] ITALFERR, documenti n° IV0100D26F6GE0005007A intitolati “Profilo geotecnico 7/12”.

Rif. [9] ITALFERR, documento n° IV0100D26W9GE0005001 intitolati “Sezione geotecnica galleria artificiale PAREI”.

4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Raccomandazioni AGI giugno 1977 “Programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche”.
- ISRM “Raccomandazioni sulle Metodologie per la descrizione quantitativa delle discontinuità nelle masse rocciose” in RIG 2/93.
- Raccomandazioni AGI maggio 1994 “Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio”.
- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”.
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

5 INQUADRAMENTO GEOTECNICO DELL’AREA

L’area di interesse è stata investigata da una serie di sondaggi a carotaggio continuo: PLN371D18 - PLN371B19 (campagna Promogeo 2005), BH34 - BH36 (campagna Imprefond 2001), VD4 (Tecnosol 1993) e SAF21-OC22A9 – SAF21-OC23 (Georicerche, 2021), ubicati in Figura 5-1.

In Figura 5-2 si riporta uno stralcio del profilo geotecnico della tratta di Ceriale 2 con riferimento all’opera in esame. Le principali caratteristiche geotecniche sono state definite sulla base dei sondaggi disponibili e delle indicazioni dei profili geologici relativi alla tratta di Ceriale.

Galleria artificiale Parei dal km 83+948 al km 84+405
Relazione geotecnica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26 RB	GA 11 00 001	A	6 di 18

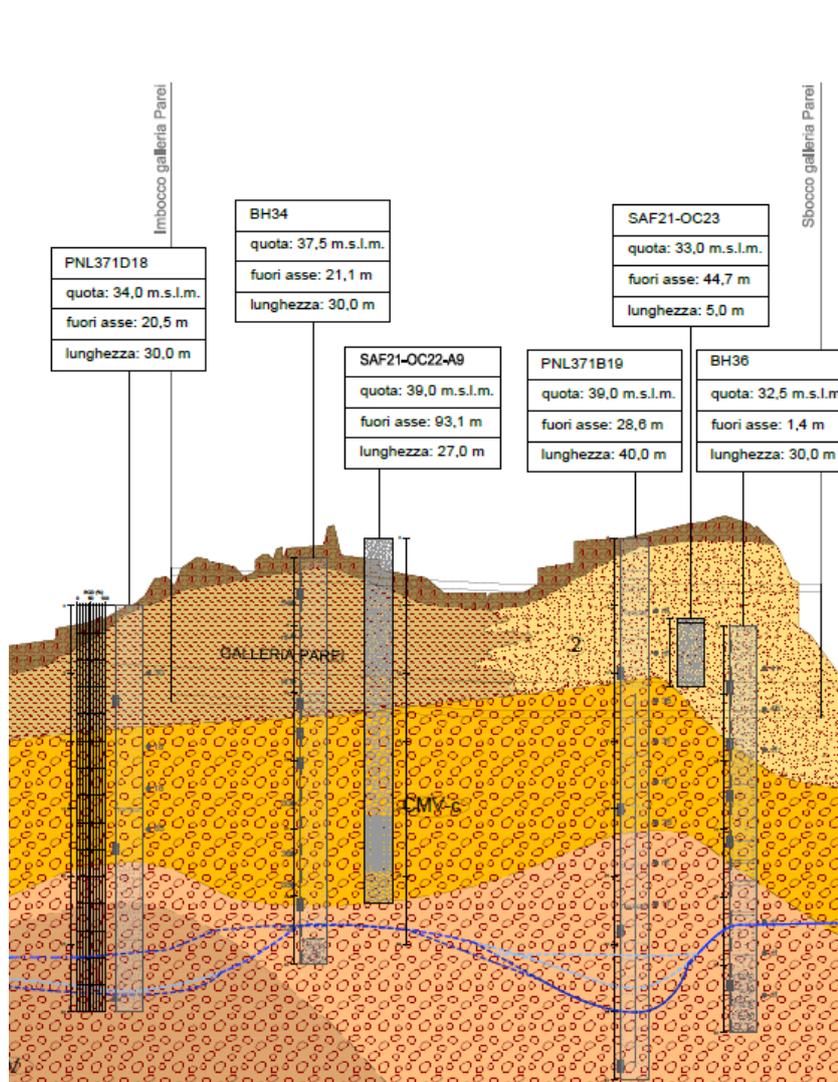


Figura 5-2. Profilo geotecnico dell'opera

I sondaggi mostrano, al di sotto di uno spessore modesto di materiale di riporto e terreno vegetale, la presenza di depositi alluvionali fino ad una profondità di 10 m circa da piano campagna: in corrispondenza dell'imbocco lato Ventimiglia, con i sondaggi PLN371B19, BH36 e SAF21-OC23 sono stati intercettati i terreni alluvionali prevalentemente incoerenti (Unità 2), mentre dalla parte opposta, i sondaggi PLN371D18, BH34 e SAF21-OC22A9 evidenziano termini prevalentemente coesivi (Unità 3).

Più in profondità si rinviene la frazione coesiva CMV-c dei conglomerati di Monte Villa, costituita da argilla limosa, limo e limo argilloso con sabbia e ghiaia, consistente, per uno spessore medio di 10 ÷ 15 m circa.

Tra l'unità CMV-c ed il substrato è presente la frazione incoerente dei conglomerati di Monte Villa (CMV-i) costituita prevalentemente da ghiaia eterometrica con sabbia e sabbia ghiaiosa limosa, molto addensata e clasti poligenici arrotondati.



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

Galleria artificiale Parei dal km 83+948 al km 84+405
Relazione geotecnica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26 RB	GA 11 00 001	A	7 di 18

Pertanto la realizzazione dell'opera interesserà prevalentemente i depositi alluvionali (Unità 2 e 3). In particolare, in corrispondenza dell'imbocco lato Ventimiglia e per quasi metà del suo sviluppo sono presenti i terreni alluvionali incoerenti (Unità 2). Sul fronte opposto, lato Genova, si rinvengono i depositi alluvionali coesivi (Unità 3).

Considerata l'importanza dell'opera, nelle successive fasi della progettazione si consiglia di prevedere l'esecuzione di indagini puntuali integrative, a supporto delle informazioni disponibili in questa fase, al fine di confermare i rapporti opere – terreni qui indicati ed illustrati nell'elaborato specifico.

Le misure piezometriche evidenziano la presenza della falda a quota sempre inferiore rispetto alla posizione della galleria (circa 16 m sotto l'arco rovescio). Pertanto, lo scavo della galleria sarà effettuato al di sopra il livello della falda.

Nel seguito si descrivono le unità geotecniche sopra richiamate:

UNITÀ 1: Terreno vegetale e materiale di riporto (spessore massimo 40 cm in corrispondenza del sondaggio BH34).

UNITÀ 2: Sabbia, da pulita a limosa, con grado di addensamento da medio ad elevato, di colore oca-nocciola, giallo-oca, marrone e grigio-marrone, con clasti eterometrici e poligenici da angolari a sub-arrotondati. Ghiaia sabbiosa limosa molto addensata, eterometrica, poligenica, per lo più angolare, di colore marrone, nocciola, oca e grigio-verde. Sono presenti blocchi e trovanti (generalmente quarziticci) talora di dimensioni metriche.

UNITÀ 3: Limo argilloso, sabbioso e con sabbia, da poco a molto consistente, di colore nocciola, rossastro, marrone, giallo, oca, grigio scuro e verde. Argilla limosa a tratti sabbiosa, generalmente a medio-bassa plasticità, da poco a estremamente consistente, di colore marrone, grigio, talora giallastro con laminazioni grigio-nerastre e ossidazioni di colore arancio. Localmente si rinvengono frustoli torbosi nerastri. Sono presenti elementi lapidei generalmente quarzosi, sub-angolari e sub-arrotondati.

Conglomerati di Monte Villa (CMV-c): Facies coesiva del conglomerato di Monte Villa, costituita prevalentemente da argilla limosa, limo e limo argilloso debolmente sabbioso, di colore dal marrone al grigio, molto consistente.

Conglomerati di Monte Villa (CMV-i): Facies incoerente dei conglomerati di Monte Villa, costituita prevalentemente da ghiaia, sabbia limosa e limo sabbioso debolmente ghiaioso, di colore marrone, molto addensata.

Conglomerati di Monte Villa (CMV): Conglomerato poligenico a tratti poco cementato, localmente alterato con livelli a componente sabbioso ghiaiosa e limosa argillosa. I clasti, di forma arrotondata ed allungata, sono di natura prevalentemente calcarea.

Ai fini della caratterizzazione geotecnica sono disponibili i risultati di prove in sito (prove SPT, prove con il pocket penetrometer e vane test) e di laboratorio (analisi granulometriche e limiti di consistenza). Si dispone inoltre dei risultati di 3 prove di taglio diretto eseguite sui campioni di terreno CMV-c, prelevati nel corso dei sondaggi BH34 e BH36.

Nelle tabelle seguenti si riportano, per ciascuna unità geotecnica, le percentuali in peso corrispondenti alle frazioni granulometriche (secondo il sistema di classificazione A.G.I.) ed i valori del contenuto d'acqua w , dei limiti di plasticità w_p e liquidità w_L e dell'indice di plasticità PI .

	UNITÀ				
	2	3	CMV-i	CMV-c	ORV
GHIAIA %	10÷78	0÷25	15÷53	0÷21	0
SABBIA %	15÷51	5÷42	27÷46	2÷37	2
LIMO + ARGILLA %	6÷49	35÷95	20÷52	53÷98	98

Tabella 5.1. Composizione granulometrica delle unità individuate durante la campagna di indagine – Ceriale 1, 2, 3

	UNITÀ				
	2	3	CMV-i	CMV-c	ORV
w [%]	15	16÷25	14÷18	22÷28	/
w_p [%]	13÷19	15÷28	13÷22	16÷26	23
w_L [%]	21÷32	22÷47	21÷44	23÷58	44
PI [%]	4÷14	5÷23	7÷22	5÷33	21

Tabella 5.2. Contenuto d'acqua, limiti di consistenza e indice di plasticità delle unità individuate – Ceriale 1, 2, 3

5.1 Riepilogo dei risultati ottenuti dalla campagna di indagine in prossimità della GA Parei

Al fine di meglio caratterizzare i terreni nelle vicinanze della GA Parei, sono stati presi in esame i risultati dei test in sito e di laboratorio eseguiti in prossimità della galleria.

Per quanto concerne i terreni coesivi, sulle carote estratte dai sondaggi BH34 e BH36 delle unità 3 e CMV-c sono state effettuate prove con pocket penetrometer (P.P.) e vane test (V.T.). I risultati delle prove in termini di resistenza al taglio non drenata c_u sono riportati nella successiva tabella e illustrati in Figura 5-3. I valori di c_u sono compresi nell'intervallo 180 ÷ 275 kPa per l'unità 3 e 20 ÷ 300 kPa per l'unità CMV-c. Le prove SPT eseguite nei sondaggi BH34, PNL371D18 e PLN371B19 (Figura 5-4) forniscono valori di resistenza al taglio non drenata c_u compresi nell'intervallo 200÷365 kPa per l'unità 3 e 120÷240 kPa per il termine CMV-c, trascurando i valori più elevati determinati con le prove a rifiuto. I valori del modulo di deformabilità M sono compresi negli intervalli 13÷25 MPa e 8÷16 MPa, rispettivamente per le unità 3 e CMV-c (Figura 5-5). I parametri di resistenza efficaci c' e ϕ' dei terreni coesivi sono stati definiti in accordo con le informazioni fornite nella relazione geotecnica generale.

Per i terreni incoerenti, i risultati delle prove SPT, in corrispondenza dell'Unità 2, mostrano valori dell'angolo di resistenza a taglio variabili nell'intervallo $34^\circ \div 44^\circ$ e del modulo di elasticità E' compresi tra 39 MPa e 60 MPa (Figura 5-6 e Figura 5-7).

Infine, le prove SPT effettuate nei termini CMV-i forniscono valori di ϕ' nell'intervallo $31^\circ \div 44^\circ$ e del modulo E' nell'intervallo 30 MPa \div 70 MPa. I valori più elevati sono stati ricavati in corrispondenza delle prove a rifiuto, per le quali è stato considerato un numero di colpi pari a 100.

SONDAGGIO	Unità	Prof.	C_u VANE [kPa]	C_u da PP [kPa]
BH34	3	3,20	190,00	205,00
BH34	3	3,50		275,00
BH34	3	3,80	180,00	190,00
BH34	3	4,10		210,00
BH34	3	4,50		255,00
BH34	CMV-c	15,80	180,00	140,00
BH34	CMV-c	16,10	160,00	165,00
BH34	CMV-c	16,80		240,00
BH36	CMV-c	12,10	80,00	190,00
BH36	CMV-c	12,50	100,00	
BH36	CMV-c	12,80	135,00	200,00
BH36	CMV-c	13,10	120,00	
BH36	CMV-c	13,50	120,00	35,00
BH36	CMV-c	13,80	45,00	
BH36	CMV-c	14,10	40,00	60,00
BH36	CMV-c	14,50	65,00	20,00
BH36	CMV-c	14,80	65,00	150,00
BH36	CMV-c	15,10	130,00	260,00
BH36	CMV-c	15,40	160,00	300,00
BH36	CMV-c	15,70	125,00	235,00
BH36	CMV-c	16,00	300,00	175,00
BH36	CMV-c	16,30	105,00	
BH36	CMV-c	16,60	105,00	
BH36	CMV-c	17,00	160,00	
BH36	CMV-c	17,30	110,00	125,00
BH36	CMV-c	17,60	120,00	300,00
BH36	CMV-c	17,90	160,00	
BH36	CMV-c	18,20	130,00	
BH36	CMV-c	18,50	80,00	
BH36	CMV-c	18,80	180,00	
BH36	CMV-c	19,10	300,00	

Tabella 5.3. Risultati delle prove in sito con pocket penetrometer (P.P.) e Vane Test (V.T.)

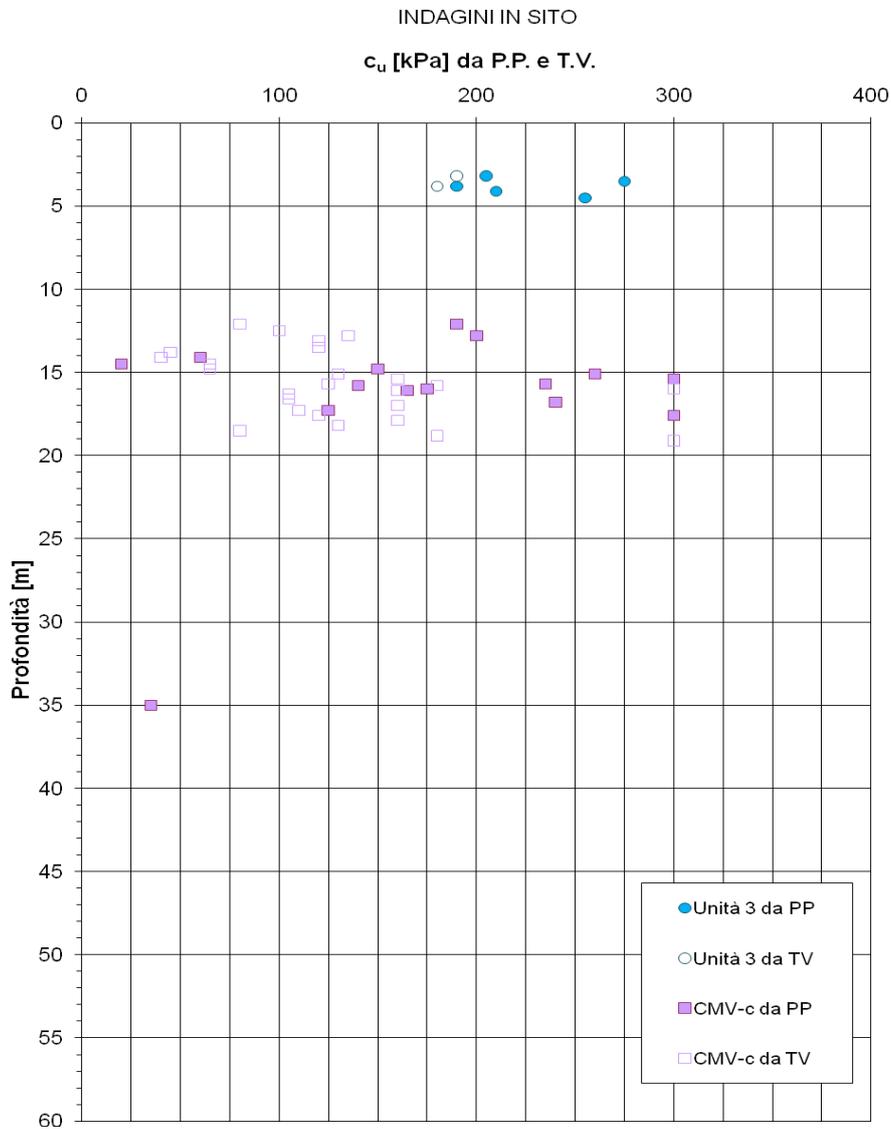


Figura 5-3. Resistenza al taglio non drenata stimata da prove in sito P.P. e V.T. eseguite nei sondaggi BH34 e BH36

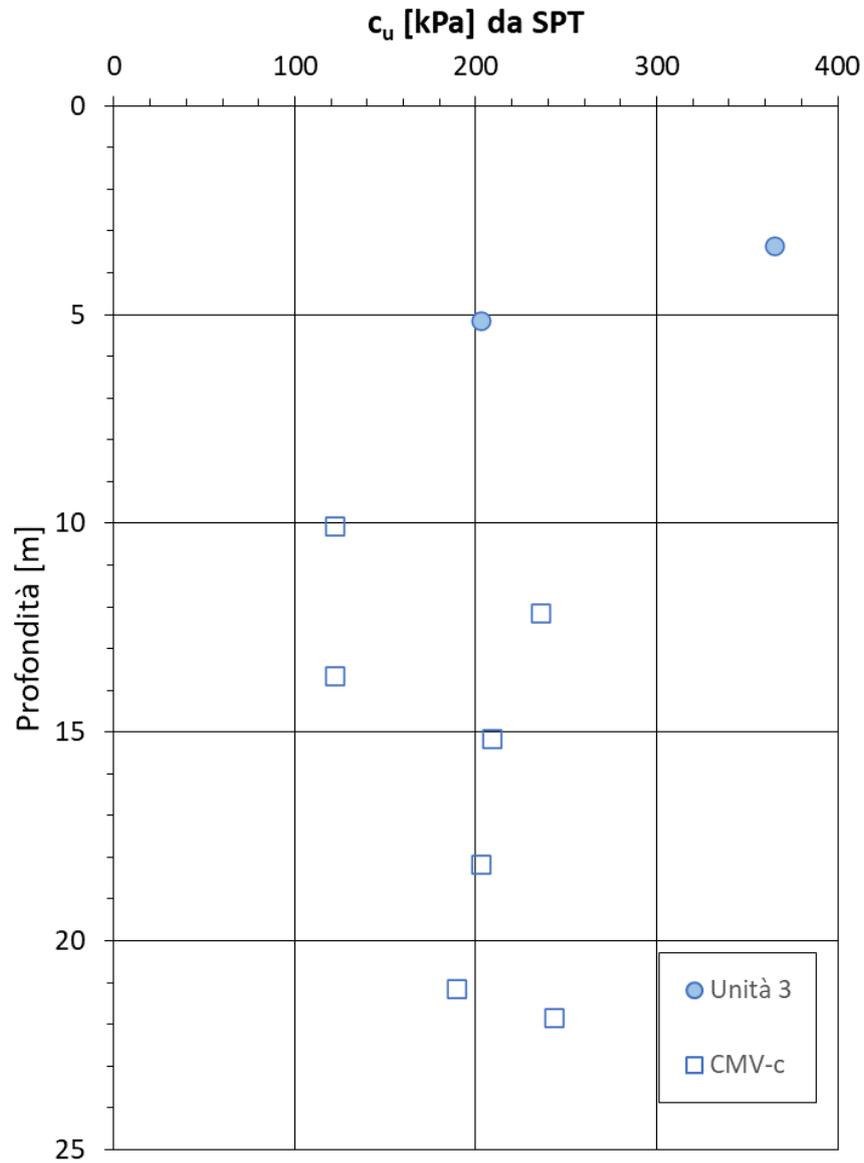


Figura 5-4. Resistenza al taglio non drenata stimata da prove SPT eseguite nei sondaggi BH34, PNL371D18 e PLN371B19

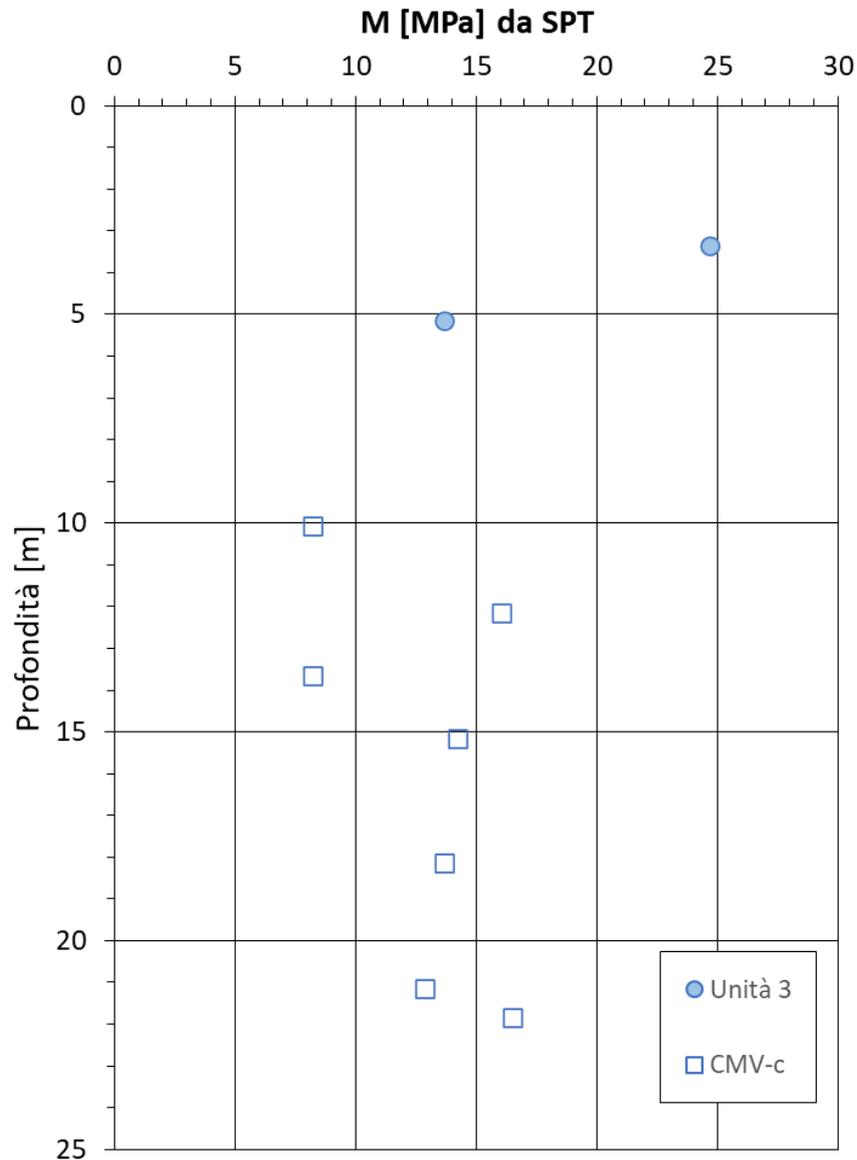


Figura 5-5. Modulo di deformabilità stimato da prove SPT eseguite nei sondaggi BH34, PNL371D18 e PLN371B19

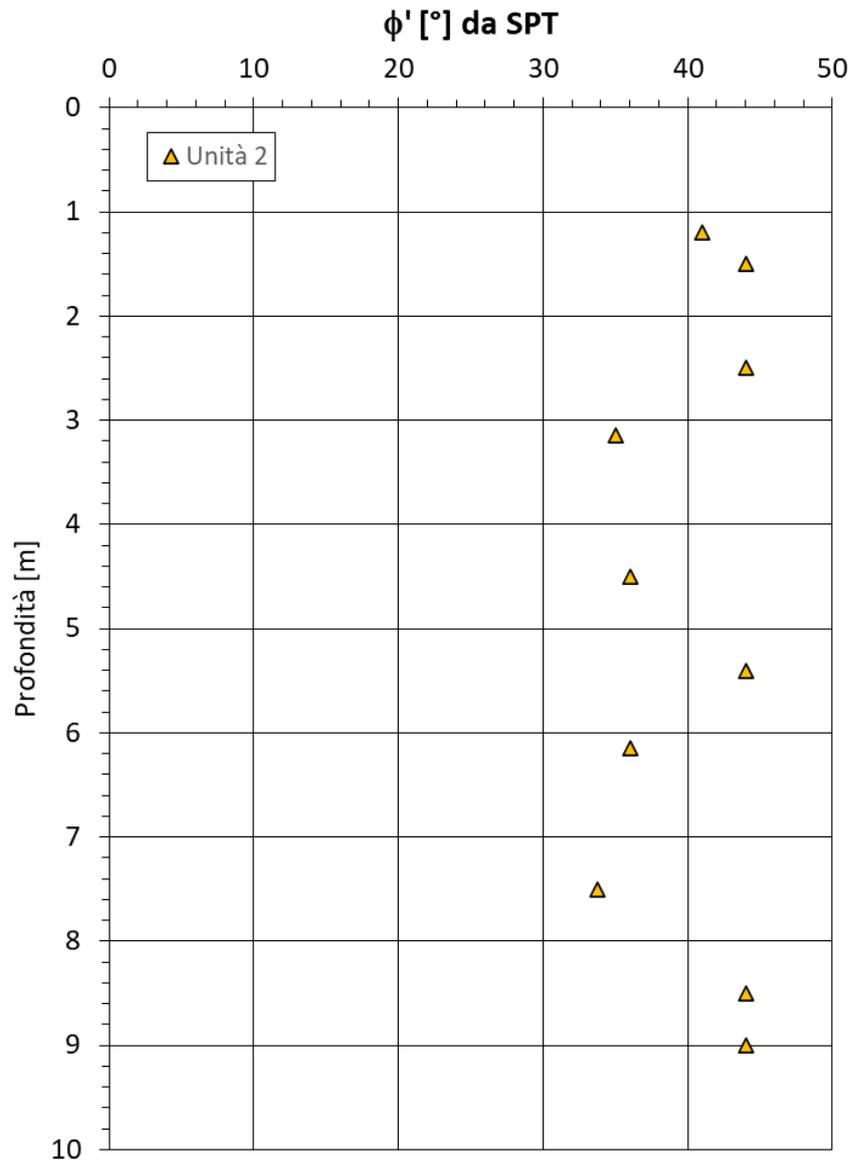


Figura 5-6. Angolo di resistenza al taglio efficace da prove SPT eseguite nei sondaggi BH36, PLN371B19, SAF21-OC22-A9 e SAF21-OC23

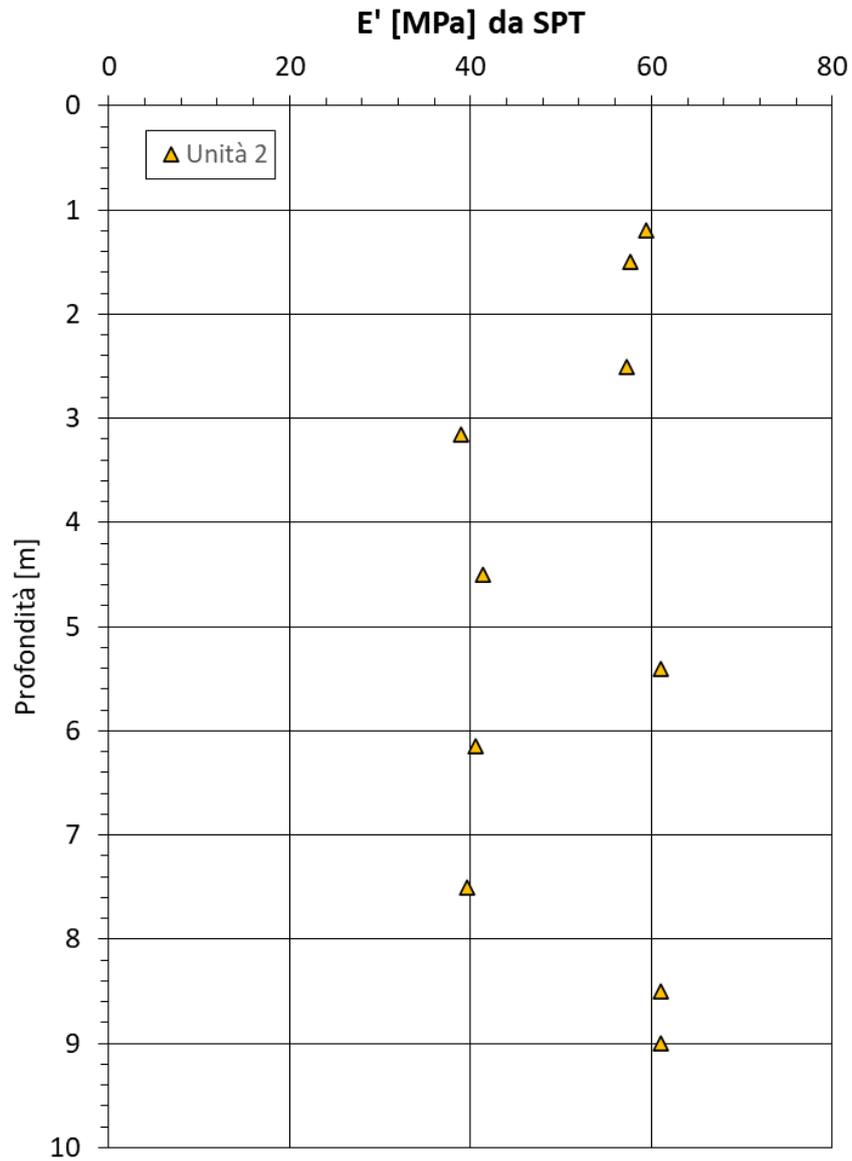


Figura 5-7. Modulo elastico da prove SPT eseguite nei sondaggi BH36, PLN371B19, SAF21-OC22-A9 e SAF21-OC23

6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Di seguito si riportano i principali parametri geotecnici dei terreni interagenti con la galleria artificiale Parei.

Come accennato, la stima dei parametri geotecnici è stata effettuata considerando i risultati delle prove in sito e di laboratorio con riferimento ai sondaggi disponibili nell'area. Pertanto, tali valori potrebbero localmente ricadere al di fuori degli intervalli indicati nella Relazione Geotecnica Generale per la tratta di riferimento (Ceriale).

Considerato il ridotto numero di prove di laboratorio, la caratterizzazione geotecnica dei terreni, di seguito riportata, è stata effettuata integrando i risultati delle prove in sito e di laboratorio sintetizzati al capitolo precedente, con quelli delle prove di laboratorio effettuate su campioni di terreno dello stesso tipo, prelevati in aree limitrofe.

Anche in questo caso i parametri sono da ritenersi preliminari. Nelle successive fasi di progettazione, si propone di effettuare una campagna di indagini in sito e prove di laboratorio integrative al fine di confermare i valori qui indicati.

	γ [kN/m ³]	c_u [kPa]	c' [kPa]	ϕ' [°]	E' [MPa]
Unità 1	19.0	-	0	25	15
Unità 2	20.0	-	0	35	30
Unità 3	20.0	180	10	23	15
CMV-c	20.0	175	10	25	15

Tabella 6.1 – Parametri geotecnici di riferimento - Galleria artificiale Parei

Galleria artificiale Parei dal km 83+948 al km 84+405
Relazione geotecnica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26 RB	GA 11 00 001	A	16 di 18

7 DESCRIZIONE DELL'OPERA E FASI ESECUTIVE

La galleria artificiale Parei si sviluppa tra il km 83+948 e il km 84+405, nella zona di Ceriale 2 per una lunghezza complessiva di 457 m.

La galleria artificiale è caratterizzata da basse coperture che raggiungono uno spessore massimo di 4.2 m circa in prossimità dell'imbocco lato Ventimiglia (pk 84+405).

La galleria artificiale, con sezione scatolare, sarà realizzata con scavo a foro cieco tra paratie di pali collegate in testa da un solettone di copertura.

La sezione trasversale in corrispondenza del massimo ricoprimiento è rappresentata nella figura seguente.

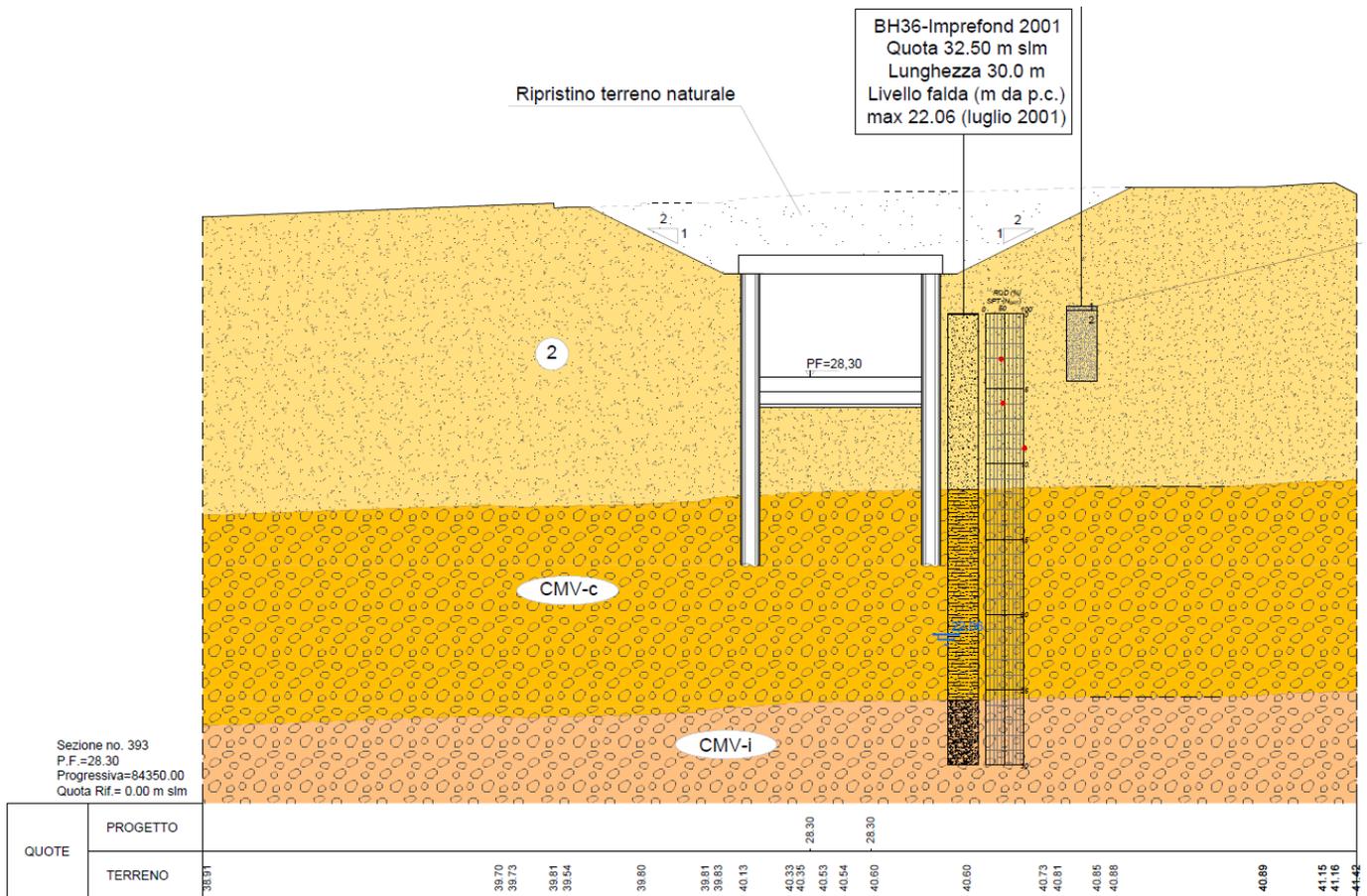


Figura 7-1. Rapporti opera terreni

L'esecuzione delle paratie contrapposte di pali sarà preceduta da uno scavo di sbancamento preliminare. A partire dal p.c., gli scavi saranno sagomati con pendenza tra 2/1 e 1/1 (orizzontale/verticale) al fine di garantire adeguate condizioni di stabilità in funzione delle caratteristiche meccaniche del terreno.



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

Galleria artificiale Parei dal km 83+948 al km 84+405
Relazione geotecnica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26 RB	GA 11 00 001	A	17 di 18

Nel seguito si riportano le fasi esecutive riferite alla sezione di massima altezza:

- 1) Esecuzione prescavo fino a quota testa palo;
- 2) Realizzazione delle paratie di pali;
- 3) Scavo fino a circa -4.0 m da testa paratia;
- 4) Realizzazione del solettone di collegamento superiore;
- 5) Scavo a foro cieco della galleria;
- 6) Ritombamento con sistemazione finale del terreno.

Per gli ulteriori particolari si rimanda agli specifici elaborati allegati al Progetto Definitivo.

Considerato che gli scavi di sbancamento preliminare sono di entità limitata è stata omessa la verifica di stabilità. Non sono previste opere di sostegno degli scavi.

Si ritiene necessario prevedere un sistema di monitoraggio delle strutture esistenti presenti in prossimità della galleria, esteso a tutte le fasi di realizzazione delle opere.

A sostegno della soluzione progettuale sopra descritta si suggerisce di integrare i dati disponibili in questa fase con indagini puntuali che confermino le caratteristiche meccaniche dei terreni qui indicati.



PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE – ANDORA

Galleria artificiale Parei dal km 83+948 al km 84+405
Relazione geotecnica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D26 RB	GA 11 00 001	A	18 di 18

8 CONCLUSIONI

Nell'ambito della progettazione definitiva per il potenziamento infrastrutturale previsto per la linea Genova - Ventimiglia per il raddoppio della tratta Finale Ligure - Andora, sono stati esaminati gli aspetti geotecnici connessi con l'esecuzione degli scavi per la realizzazione della galleria artificiale Parei.

La caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dall'opera in esame è stata effettuata sulla base dei risultati delle indagini in sito e prove di laboratorio disponibili nell'area di interesse. Ciò ha permesso un affinamento della parametrizzazione specifico alla GA Parei.

Nel caso in esame, non sono previste opere provvisorie per il sostegno degli scavi e considerata la modesta copertura, la realizzazione della galleria avviene senza sbancamenti a cielo aperto di grande entità. Per quest'ultimi sarà dunque omessa la verifica di stabilità.

Infine, a sostegno della soluzione progettuale, si suggerisce di effettuare, nell'area in esame, una campagna di indagini integrative di carattere geologico e geotecnico allo scopo di verificare i valori dei parametri di resistenza e di deformabilità dei terreni in esame.