

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O.: OPERE GEOTECNICHE

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

**NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA
LOTTO 1 BATTIPAGLIA-ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA
LS BATTIPAGLIA-POTENZA**

Relazione geotecnica opere all'aperto

SCALA:

-

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

RC2I A1 R 11 GE GE0000 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	M. Pescara	30/09/22	L. Giannini G. Scasserra	30/09/22	I. D'Amore	30/09/22	L. Berardi 30/09/22



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

INDICE

1	PREMESSA	9
2	INTRODUZIONE.....	10
3	NORMATIVA, BIBLIOGRAFIA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	12
3.1	NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO	12
3.2	BIBLIOGRAFIA.....	12
3.3	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	14
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E SISMICO	16
4.1	GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA.....	16
4.2	INQUADRAMENTO SISMICO	18
4.2.1	<i>Vita Nominale, Classe d'Uso, Tempo di Ritorno</i>	19
4.2.2	<i>Stati limite, probabilità di superamento e periodi di ritorno</i>	20
4.2.3	<i>Accelerazione di Riferimento su Suolo Rigido</i>	22
4.2.4	<i>Risposta Sismica Locale</i>	24
5	CAMPAGNE DI INDAGINE UTILIZZATE PER LO STUDIO GEOTECNICO.....	28
5.1	CAMPAGNA DI INDAGINE ITALFERR 2021 (PFTE)	28
5.2	CAMPAGNA DI INDAGINE ITALFERR 2021-2022 (PFTE+).....	30
5.3	CAMPAGNE DI INDAGINE PREGRESSE.....	32
6	INDICAZIONI SULLA FALDA	33
6.1	ANALISI CHIMICHE	37
7	UNITÀ GEOTECNICHE.....	40
8	CRITERI E CORRELAZIONI UTILIZZATI PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	43
8.1	CONSIDERAZIONI GENERALI	43
8.2	TERRENI COESIVI	43
8.2.1	<i>Parametri di stato e caratteristiche fisiche</i>	43

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	3 di 270

8.2.2	Parametri di resistenza	44
8.2.2.1	Condizioni non drenate	44
8.2.2.1.1	Coesione non drenata da prove di laboratorio	44
8.2.2.1.2	Coesione non drenata da pocket penetrometer e torvane	44
8.2.2.1.3	Coesione non drenata da prove CPTU	45
8.2.2.1.4	Coesione non drenata da prove SPT	45
8.2.2.2	Condizioni drenate	46
8.2.2.2.1	Angolo d'attrito e coesione efficace da prove di laboratorio	46
8.2.2.2.2	Angolo d'attrito da prove CPTU	46
8.2.2.2.3	Angolo d'attrito da Indice di Plasticità	47
8.2.3	Parametri di rigidezza	47
8.2.3.1	Parametri edometrici determinati da prove di laboratorio	48
8.2.3.1.1	Coefficienti di compressibilità e modulo edometrico	48
8.2.3.1.2	Coefficiente di consolidazione primaria	48
8.2.3.1.3	Coefficiente di consolidazione secondaria	49
8.2.3.2	Parametri edometrici da correlazioni	51
8.2.3.2.1	Correlazioni da CPT	51
8.2.3.3	Modulo elastico a basse deformazioni	51
8.2.3.4	Modulo elastico operativo in condizioni drenate	52
8.2.3.5	Modulo elastico operativo in condizioni drenate da correlazioni	56
8.2.3.6	Modulo elastico operativo in condizioni non drenate	57
8.2.4	Permeabilità	58
8.3	TERRENI GRANULARI	58
8.3.1	Stato iniziale e caratteristiche fisiche	58
8.3.1.1	Peso di volume	58
8.3.2	Parametri di resistenza	58
8.3.2.1	Angolo d'attrito da prove di laboratorio	58
8.3.2.2	Angolo d'attrito da correlazioni	59
8.3.2.2.1	Correlazione da SPT	59
8.3.3	Parametri di rigidezza	61
8.3.3.1	Modulo elastico operativo a basse deformazioni	61
8.3.3.2	Modulo elastico operativo da colpi SPT	61
8.3.4	Permeabilità	61

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	4 di 270

9	DETERMINAZIONE DEI VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI.....	62
9.1	DEPOSITI DEP	62
9.1.1	<i>Parametri di stato e caratteristiche fisiche</i>	65
9.1.2	<i>Parametri di resistenza</i>	67
9.1.3	<i>Parametri di rigidezza</i>	68
9.1.4	<i>Permeabilità</i>	71
9.2	UNITÀ BP	73
9.2.1	<i>Parametri di stato e caratteristiche fisiche</i>	76
9.2.2	<i>Parametri di resistenza</i>	83
9.2.2.1	<i>Condizioni non drenate</i>	83
9.2.2.2	<i>Condizioni drenate</i>	85
9.2.3	<i>Parametri di rigidezza</i>	87
9.2.3.1	<i>Modulo elastico da prove in situ</i>	87
9.2.3.2	<i>Modulo elastico operativo da SPT</i>	90
9.2.3.3	<i>Parametri edometrici determinati da prove di laboratorio</i>	91
9.2.3.4	<i>Modulo elastico operativo in condizioni drenate</i>	94
9.2.4	<i>Permeabilità</i>	96
9.3	UNITÀ LDC	100
9.3.1	<i>Parametri di stato e caratteristiche fisiche</i>	100
9.3.2	<i>Parametri di resistenza</i>	101
9.3.2.1	<i>Condizioni non drenate</i>	101
9.3.2.2	<i>Condizioni drenate</i>	103
9.3.3	<i>Parametri di rigidezza</i>	104
9.3.4	<i>Permeabilità</i>	104
9.4	UNITÀ RGC	105
9.4.1	<i>Parametri di stato e caratteristiche fisiche</i>	106

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	5 di 270

9.4.2	Parametri di resistenza	107
9.4.2.1	Condizioni non drenate	107
9.4.2.2	Condizioni drenate	107
9.4.3	Parametri di rigidezza	110
9.4.4	Permeabilità	111
9.5	UNITÀ TSG	112
9.5.1	Parametri di stato e caratteristiche fisiche	115
9.5.2	Parametri di resistenza	118
9.5.2.1	Condizioni non drenate	118
9.5.2.2	Condizioni drenate	119
9.5.3	Parametri di rigidezza	121
9.5.3.1	Modulo elastico da prove in situ	121
9.5.3.2	Modulo elastico operativo in condizioni drenate	122
9.5.3.3	Permeabilità	124
9.6	UNITÀ BTL-PLM	126
9.6.1	Parametri di stato e caratteristiche fisiche	131
9.6.2	Parametri di resistenza	138
9.6.2.1	Condizioni non drenate	138
9.6.2.2	Condizioni drenate	139
9.6.3	Parametri di rigidezza	143
9.6.3.1	Modulo elastico da prove in situ	143
9.6.3.2	Parametri edometrici determinati da prove di laboratorio	145
9.6.3.3	Modulo elastico operativo in condizioni drenate	147
9.6.4	Permeabilità	150
9.7	UNITÀ SGH	153
9.7.1	Parametri di stato e caratteristiche fisiche	154

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	6 di 270

9.7.2	Parametri di resistenza	159
9.7.2.1	Condizioni non drenate	159
9.7.2.2	Condizioni drenate	160
9.7.3	Parametri di rigidezza	161
9.7.3.1	Modulo elastico a partire da prove in situ	161
9.7.3.2	Modulo elastico operativo in condizioni drenate	162
9.7.3.3	Permeabilità	163
9.8	UNITÀ TUT	165
9.8.1	Parametri di resistenza	166
9.8.2	Parametri di rigidezza	167
9.8.2.1	Permeabilità	170
9.9	UNITÀ FMS	171
9.9.1	Parametri di stato e caratteristiche fisiche	173
9.9.2	Parametri di resistenza	179
9.9.2.1	Condizioni non drenate	179
9.9.2.2	Condizioni drenate	181
9.9.3	Parametri di rigidezza	182
9.9.3.1	Modulo elastico da prove in situ	182
9.9.3.2	Parametri edometrici determinati da prove di laboratorio	184
9.9.3.3	Modulo elastico operativo in condizioni drenate	185
9.9.4	Permeabilità	187
9.10	UNITÀ ALV E AVF (ARGILLE VARICOLORI SUPERIORI ED INFERIORI)	189
9.10.1	Parametri di stato e caratteristiche fisiche	191
9.10.2	Parametri di resistenza	198
9.10.2.1	Condizioni non drenate	198
9.10.2.2	Condizioni drenate	199

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	7 di 270

9.10.3	Parametri di rigidezza	201
9.10.3.1	Modulo elastico da prove in situ	201
9.10.3.2	Parametri edometrici determinati da prove di laboratorio.....	203
9.10.3.3	Modulo elastico operativo in condizioni drenate.....	207
9.10.4	Permeabilità.....	209
10	SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI E DEI LIVELLI DI FALDA.....	212
11	ANALISI DI SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE	215
11.1	GENERALITÀ	215
11.2	VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI DI ESCLUSIONE DA VERIFICA A LIQUEFAZIONE.....	216
11.2.1	DEP.....	218
11.2.2	BPa e BTL-PLMa.....	219
11.2.3	LDC.....	222
11.2.4	TSG.....	222
11.2.5	RGC.....	226
11.2.6	Unità coesive	228
11.3	VERIFICA DELLA LIQUEFAZIONE	232
11.3.1	Valutazione della magnitudo.....	232
11.3.2	Riepilogo parametri sismici.....	239
11.3.3	Metodologia di Analisi.....	239
11.3.3.1	Metodo basato su SPT	241
11.3.4	Analisi dei risultati	241
11.3.4.1	DEP.....	242
11.3.4.2	BPa	248
11.3.4.3	RGC.....	250
11.3.4.4	Conclusioni	253
12	SINTESI DEGLI ASPETTI PROGETTUALI GEOTECNICI.....	255



NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA
LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E
INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	8 di 270

12.1	RILEVATI E TRINCEE	255
12.2	GALLERIE ARTIFICIALI E MURI AD U TRA DIAFRAMMI	257
12.3	VALUTAZIONE DELL'INTERFERENZA DEI DIAFRAMMI CON LA FALDA (EFFETTO BARRIERA)	259
12.4	AREE IN DISSESTO	260
12.5	FONDAZIONI PROFONDE.....	265
12.6	INTERFERENZA DELL'OPERA CON LE STRUTTURE PREESISTENTI E PIANO PRELIMINARE DI MONITORAGGIO	269

1 PREMESSA

La presente progettazione di fattibilità tecnica ed economica ha ad oggetto il **lotto 1a Battipaglia – Romagnano**, individuato come prioritario e inserito all'interno del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR).



Figura 1-1 Nuova linea AV Salerno – Reggio Calabria: suddivisione in lotti funzionali

Il tracciato si sviluppa in doppio binario dalla stazione di Battipaglia (l' inizio intervento è posto al km 73+790 della linea Battipaglia – Potenza C.le) e si estende per circa 35 km.

Vengono attraversati i territori di Battipaglia, Eboli, Campagna, Contursi Terme, Sicignano degli Alburni e Buccino, tutti nella Provincia di Salerno.

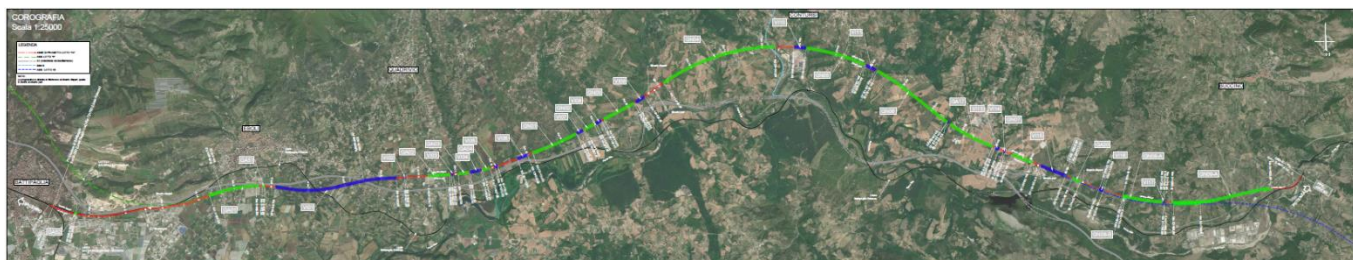


Figura 1-2 Lotto 1a Battipaglia – Romagnano. Corografia dell'intervento

	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

2 INTRODUZIONE

Nella presente relazione vengono descritti i risultati dello studio geotecnico svolto nell'ambito del PFTE+ del Lotto 1 della tratta Battipaglia-Praia, denominato "Battipaglia-Romagnano".

Il tracciato in esame si ubica nel settore centro-meridionale della regione Campania, con andamento E-W tra la stazione di Battipaglia e lo svincolo per Potenza; lo sviluppo complessivo è di circa 34,4 km, di cui approssimativamente la metà (15 km) si realizzeranno in sotterraneo, mediante nove gallerie naturali. La restante porzione (19,4 km) comprende le seguenti tipologie d'opere a cielo aperto: rilevati, trincee, viadotti e gallerie artificiali (Figura 2-1).

Il presente documento è focalizzato alla caratterizzazione delle unità geotecniche presenti lungo i settori interessati da opere eseguite a cielo aperto.

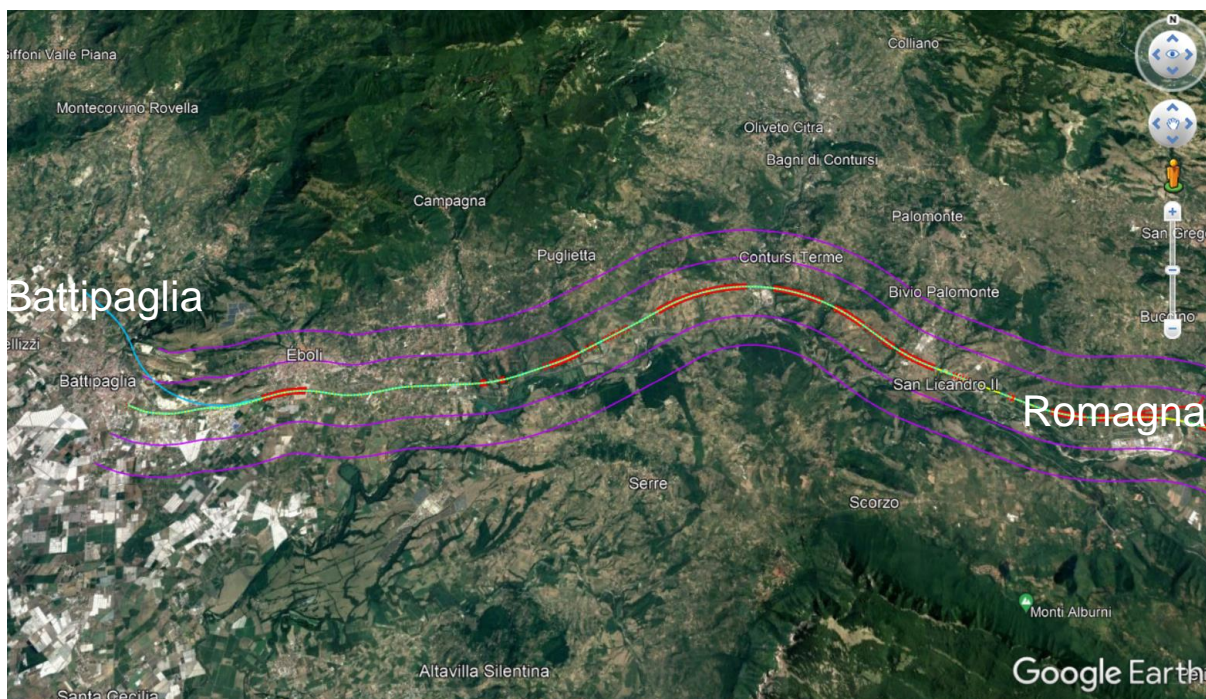


Figura 2-1 Planimetria del tracciato in oggetto – (stralcio da Google Earth)

Il tracciato di progetto si sviluppa attraverso settori del territorio la cui quota varia da un minimo di 64 m a un massimo di 273 m; la livelletta di progetto si colloca a quote comprese tra circa 60 m e circa 190 m.

Dal punto di vista morfologico, l'area di studio si caratterizza per la presenza di un ampio tratto pianeggiante e sub-pianeggiante nella porzione iniziale del tracciato a cui seguono rilievi collinari con

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

estesi versanti generalmente poco acclivi. Procedendo verso la seconda metà del tracciato, il rilievo si fa più pronunciato per quanto l'ambiente possa ritenersi sempre di tipo collinare. L'evoluzione dell'andamento topografico rispecchia necessariamente le litologie affioranti nell'area di studio: i rilievi maggiori corrispondono ai settori caratterizzati da un substrato roccioso pre-quadernario; al contrario, le aree meno rilevate sono generalmente impostate nei termini più giovani della successione stratigrafica.

Il tracciato in esame prevede soluzioni progettuali quali rilevati e trincee (analizzate e verificate nei documenti rif. [34] e [35]), viadotti (le cui fondazioni profonde sono verificate all'interno del documento rif. [39]) e gallerie artificiali (incluse nel documento rif.[40]). A partire da dati bibliografici, dalle osservazioni in campo e dai risultati delle indagini eseguite, è stato inoltre possibile identificare aree caratterizzate da dinamiche gravitative di versante (frane di scivolamento rotazionale, frane per colamento veloce/lento, frane complesse, aree a franosità diffusa). Queste aree sono indicate nella "Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico" (doc.[31] e [32]) ed i possibili dissesti in atto e/o pregressi che potrebbero riattivarsi con l'esecuzione dei lavori, sono stati debitamente trattati in elaborati specifici relativi ai dissesti (doc. [36], [37] e [38]).

Il documento si articola come segue:

- nel capitolo 3 sono elencate le normative, i riferimenti bibliografici e i documenti di riferimento;
- nel capitolo 4 è riportata una sintesi del quadro geologico di riferimento
- nel capitolo 5 è riportata una descrizione delle campagne di indagini geognostiche prese a riferimento nello studio;
- nel capitolo 6 sono riportate le caratteristiche della falda;
- nel capitolo 7 sono definite le unità geotecniche e i modelli geotecnici di riferimento;
- nel capitolo 8 sono descritti i criteri e correlazioni adottati per l'interpretazione delle indagini in sito e di laboratorio;
- nel capitolo 9 sono definiti i valori dei parametri meccanici delle unità geotecniche;
- nel capitolo 10 è riportata la sintesi dei valori dei parametri geotecnici e dei livelli di falda assunti;
- il capitolo 11 tratta la potenziale suscettibilità a liquefazione e contiene i risultati delle verifiche svolte;
- nel capitolo 12 un quadro di sintesi delle problematiche geotecniche affrontate nell'ambito della progettazione.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

3 **NORMATIVA, BIBLIOGRAFIA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

3.1 **NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO**

- [1] Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 20.2.2018, Supplemento Ordinario n.30;
- [2] Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici recante “Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”;
- [3] RFI DTC SI CS MA IFS 001 del 2021 - “MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI”;
- [4] RFI DTC SI CS SP IFS 004 del 2021- Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 5 – “Opere in terra e scavi” – RFI.
- AGI (1977) Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.

3.2 **BIBLIOGRAFIA**

- [5] Robertson, P.K. (1990). *Soil Classification using the CPT*. Canadian Geotechnical Journal, Vol. 27, 151-158.
- [6] Lambe T.W.& R. V. Whitman (1969). *Soil Mechanics*.
- [7] Koutsoftas D.C. and Ladd C.C. (1985) Design strength of an offshore clay. *JGED, ASCE*, 3,337–355.
- [8] Look Burt (2007) *Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables*.
- [9] Lunne, T., Christophersen, H.P., Tjelta, T.I. (1985). Engineering use of piezocone data in North Sea clays. *Proc. 11th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, San Francisco, 2. Balkema Pub, Rotterdam, pp. 907–912.
- [10] Stroud M.A. (1974) “The standard penetration test in insensitive clays and soft rocks” *Proceedings ESOPT I*.

- [11] Stroud M.A. (1988) "The Standard Penetration Test – Its application and interpretation" Penetration Testing in UK, Proceedings of the Geotechnical Conference organized by ICE, Birmingham.
- [12] Mayne, P.W., Campanella, R.G. (2005). Versatile site characterization by seismic piezocone. Proc. 16th Intl. Conf. Soil Mechanics & Geotechnical Engrg, Vol. 2 (Osaka), Millpress, Rotterdam: 721-724.
- [13] Robertson, P.K. (2009). Interpretation of cone penetration tests – a unified approach. Canadian Geotechnical Journal, 46:1337-1355.
- [14] Vucetic M., Dobry R. (1991) "Effect of soil plasticity on cyclic response" Journal of Geotechnical Engineering, vol. 117, n° 1, pp. 89-107.
- [15] Jean-Louis Briaud. The pressuremeter.
- [16] TC16 (2001) - The Flat Dilatometer Test (DMT) in Soil Investigations - A Report by the ISSMGE Committee TC16. 41 pp. Reprinted in *Proc. 2Versione italiana: Marchetti, S., Monaco, P., Totani, G. e Calabrese, M. (2001) - Il Dilatometro Piatto. Atti XVIII Ciclo Conferenze di Geotecnica di Torino*, 50 pp. nd *Int. Conf. on the Flat Dilatometer, Washington D.C. (USA), April 2-5, 2006, 7-48.*
- [17] Marchetti, D., Marchetti, S., Monaco, P. e Totani, G. (2008) "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" - Protezione Civile - Gruppo di lavoro (2008) - *Università di L'Aquila - Dipartimento Ingegneria Strutture Acque e Terreno. Cap. 3.4.4.2.9 Prova DMT pp. 391-397; Cap. 3.4.4.2.10 Prova SDMT. pp. 397-405.*
- [18] Franch, J. (2014). Correlaciones Geotécnicas (5) y ensayos "in situ": el SPT y el módulo de deformación.
- [19] Duncan, Buchignani (1976). An Engineering Manual for Settlement Studies.
- [20] Kulhawy F.H. and Mayne P.W. (1990) Manual on estimating soil properties for foundation design. Electric Power Research Institute, EL-6800, Research Project 1493–6.
- [21] M. Devincenzi & N. Frank (2004). "In situ geotechnical tests: execution and interpretation", IGEOEST.
- [22] Lancellotta, R (2009). Geotechnical Engineering – Second Edition. Taylor & Francis.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

[23] Bruschi, A.(2014). Liquefazione dei terreni e fenomeni associati. Verifica – Calcolo – Prevenzione. Dario Flaccovio Editore.

3.3 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

- [24] ITAFERR – Indagini Geognostiche: Sondaggi ordinari (Doc. RC2IA1R69SGGE0005001).
- [25] ITAFERR – Indagini Geognostiche: Sondaggi ordinari integrativi Luglio 2022 (Doc. RC2IA1R69SGGE0005002A).
- [26] ITAFERR – Indagini Geognostiche: Prove di Laboratorio (Doc. RC2IA1R69PRGE0005001).
- [27] ITAFERR – Indagini Geognostiche: Prove di Laboratorio integrative Luglio 2022 (Doc. RC2IA1R69PRGE0005002A).
- [28] ITAFERR – Indagini Geognostiche: Indagini Geofisiche (Doc. RC2IA1R69IGGE0005001).
- [29] ITAFERR – Indagini Geognostiche: Indagini Geofisiche integrative Luglio 2022 (Doc. RC2IA1R69IGGE0005002A).
- [30] ITAFERR – Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica (Doc. RC2IA1R69RGGE0001001).
- [31] ITAFERR – Plan-Profilo geologico-geomorfologico (Doc. da RC2IA1R69N4GE0001001 a RC2IA1R69N4GE0001006A)
- [32] ITAFERR – Plan-Profilo geologico-geomorfologico – Deviazione per Potenza. BD linea (Doc. RC2IA1R69N4GE0001007A).
- [33] ITAFERR – Profilo geotecnico (Doc. da RC2I.A.1.R.11.L5.GE.00.0.0.001 a RC2I.A.1.R.11.L5.GE.00.0.0.011).
- [34] ITAFERR – Relazione di calcolo rilevati e trincee ferroviarie (Doc. RC2IA1R11RHGE0000001).
- [35] ITAFERR – Relazione di calcolo rilevati e trincee stradali (Doc. RC2IA1R78RHGE0000001).
- [36] ITAFERR – Relazione tecnico descrittiva dei dissesti (Doc. RC2IA1R11RHGB0000001);
- [37] ITAFERR – Elaborati grafici dei dissesti, Interventi di stabilizzazione (Doc. RC2IA1R11PZGB0300001, RC2IA1R11PZGB0400001, RC2IA1R11PZGB0500001, RC2IA1R11PZGB0600001, RC2IA1R11PZGB0800001, RC2IA1R11PZGB2600001,



NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA
LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E
INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	15 di 270

RC2IA1R11PZGB1000001, RC2IA1R11PZGB1500001, RC2IA1R11PZGB1600001,
RC2IA1R11PZGB1800001, RC2IA1R11PZGB1900001, RC2IA1R11PZGB2000001,
RC2IA1R11PZGB2100001, RC2IA1R11PZGB2200001, RC2IA1R11PZGB2200002A);

[38] ITALFERR – Elaborati grafici dei dissesti, Planimetria di monitoraggio (Doc. RC2IA1R11PZGB0300002A, RC2IA1R11PZGB0400002A, RC2IA1R11PZGB0500002A, RC2IA1R11PZGB0600002A, RC2IA1R11PZGB0800002A, RC2IA1R11PZGB2600002A, RC2IA1R11PZGB1000002A, RC2IA1R11PZGB1500002A, RC2IA1R11PZGB1600002A, RC2IA1R11PZGB1800002A, RC2IA1R11PZGB1900002A, RC2IA1R11PZGB2000002A, RC2IA1R11PZGB2100002A, RC2IA1R11PZGB2200003A, RC2IA1R11PZGB2200004A).

[39] ITALFERR – Relazione di predimensionamento delle fondazioni profonde (Doc. RC2I.A1.R.11.P0.VI0000.002.A).

[40] ITALFERR - Relazione di predimensionamento delle gallerie artificiali (Doc. RC2I.A1.R.11.RH.GA0000.002.A).

[41] ITALFERR – Esecuzione campagna indagini geognostiche – indagini geofisiche (Doc. RC1E1R69SPE1650IR07A).

[42] ANAS (Aprile 2021) – “Progetto definitivo ed esecutivo dell'intervento di Adeguamento funzionale dell'esistente Svincolo di Eboli al km 30+000 e sistemazione della viabilità locale esistente” – Rapporto tecnico conclusivo dell'esecuzione di Indagini geologiche, geotecniche ed ambientali (analisi terre e rocce) costituite da perforazioni, saggi e prelievi in opera ed esecuzione di prove ed analisi di laboratorio geotecniche e chimiche.

	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E SISMICO

4.1 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

Con riferimento alla Relazione Geologica (doc. [30]) viene qui richiamato un breve inquadramento geologico e sismico dell'area oggetto di studio.

Le analisi effettuate ed i rilievi di campo condotti hanno permesso di distinguere e cartografare differenti unità geologiche, relative a successioni sedimentarie di substrato e a coperture recenti. In particolare, le perimetrazioni e le descrizioni geologico-strutturali delle unità individuate nell'area derivano da un'integrazione tra le informazioni riportate in letteratura ed i dati raccolti dal rilevamento geologico di superficie e dalle indagini geognostiche a disposizione. La sintesi del modello geologico di riferimento è riportata nelle Planimetrie e nei Profili geologici-geomorfologici (doc.[31] e [32]).

Come anticipato nel capitolo introduttivo, l'area di studio si colloca nella porzione centro-meridionale della Regione Campania, interamente all'interno della Provincia di Salerno. In particolare, il tracciato ferroviario di progetto si sviluppa con andamento circa E-W tra la stazione di Battipaglia e lo svincolo per Potenza situato nel territorio comunale di Buccino.

Il tracciato di progetto si sviluppa lungo circa 34,4 km, attraverso settori del territorio la cui quota varia da un minimo di 64 m a un massimo di 273 m; la livelletta di progetto si colloca a quote comprese tra circa 60 m e circa 190 m.

Dal punto di vista morfologico, l'area di studio si caratterizza per la presenza di un ampio tratto pianeggiante e sub-pianeggiante nella porzione iniziale del tracciato a cui seguono rilievi collinari con estesi versanti generalmente poco acclivi. Procedendo verso la seconda metà del tracciato, il rilievo si fa più pronunciato per quanto l'ambiente possa ritenersi sempre di tipo collinare. L'evoluzione dell'andamento topografico rispecchia necessariamente le litologie affioranti nell'area di studio: i rilievi maggiori corrispondono ai settori caratterizzati da un substrato roccioso pre-quadernario; al contrario, le aree meno rilevate sono generalmente impostate nei termini più giovani della successione stratigrafica.

Il locale assetto litostratigrafico è stato ricostruito integrando i dati bibliografici disponibili con le informazioni dedotte da fotointerpretazione e da rilievi geologici di terreno, oltre che attraverso il confronto con i dati delle indagini in sito, eseguite nella presente fase di progettazione e pregresse. Di

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

seguito vengono descritte le unità litostratigrafiche individuate nel settore d'intervento, dalla più antica alla più recente.

- Unità tettonica della Valle del Sele, tra cui si distingue il Gruppo delle Argille Variegata dentro il quale a sua volta si identificano tre diverse formazioni (**Argille Varicolori Superiori**, **Formazione di Monte S.Arcangelo** e **Argille Varicolori Inferiori**); Le tre formazioni sono caratterizzate da alternanze litologiche simili, costituite da livelli marnoso-argillosi e da bancate di calcari e calcari marnosi; generalmente nelle AVF e ALV sono predominanti i livelli di marne, marne argillose e argille marnose, mentre in FMS sono più rappresentati i calcari marnosi. Dovuto alle somiglianze dal punto di vista stratigrafico sono quindi molto simili, è difficile attribuire in maniera certa un affioramento (o un tratto di sondaggio) ad una delle formazioni, anche tenendo in conto che le formazioni sono spesso caratterizzate da struttura caotica e stratificazione indistinta. L'unità tettonica della Valle del Sele comprende anche le **Tufiti di Tusa (TUT)**, costituite da depositi molto eterogenei, interpretabili geneticamente come la litofacies più grossolana delle Argille varicolori Superiori. Sono rappresentate da una successione di arenarie e calcareniti a grana media, micacee, tenere, con subordinati clasti di quarzo sub-arrotondati; marne argillose a frattura concoide, siltiti e arenarie fini poco cementate in strati sottili e talora calcari marnosi in strati medi, argilliti scagliettate brune e nerastre, con diffuse venature di calcite; strati e banchi di argille marnose, marne calcaree.
- Unità sin-orogene del Pliocene, tra cui si distinguono le **Argille e Argille Siltose di Saginara (SGH)** che consistono in argille siltose, siltiti, marne argillose e rare sabbie, a stratificazione poco distinta.
- **Sintema di Palomonte e Bottiglieri**, nel quale sono distinguibili due litofacies, una più grossolana costituita da depositi conglomeratico-ghiaiosi alternati a sabbie, visibile in affioramento (BTL-PLMa) ed una più fine costituita da depositi limoso-sabbiosi e limoso-argillosi, osservata esclusivamente nei sondaggi (BTL-PLMb). Durante l'esecuzione dei sondaggi integrativi della fase PFTE+, si è osservata una terza litofacies (BTL-PLMc), costituita da depositi caotici costituiti da clasti da spigolosi a sub-arrotondati in abbondante matrice argillosa, molto compatti, interpretabili come generati da fenomeni di trasporto di massa tipo colate detritiche o debris-flow.
- Nel Sintema di Bivio si distinguono due unità: il **Travertino di S.Maria di Sperlonga (TSG)** e le **ghiaie di Cerreto (RGC)**. L'unità TSG è formata da travertini bianco-giallastri fitoermali e

stromatolitici alternati sia a travertini detritici a granulometria arenitica che a livelli ciottolosi decimetrici, in strati medio-spessi e banchi talora indistinti. Localmente includono anche sottili livelli limo-argillosi palustri. L'unità RGC consiste di ghiaie, brecce e conglomerati da sciolti a ben cementati, con elementi eterometrici, di natura carbonatica e di colore generalmente biancastro. Si presentano sia in intervalli caratterizzati da una stratificazione più o meno definita, sia in passaggi decisamente caotici.

- **Sintema di S.Licandro (LDC)**, formato da ghiaie con livelli di sabbie, sabbie con ciottoli e lenti limose ed argillose pedogenizzate. Questi conglomerati sono caratterizzati da clasti centimetrico-decimetrici, da arrotondati a sub-arrotondati, immersi in una matrice limoso-sabbiosa.
- **Supersintema Battipaglia Persano**, costituito da alternanze di sabbie ghiaiose e limi sabbiosi di ambiente fluviale distale e di transizione al marino (BPb), e di sedimenti fluviali prossimali e di conoide alluvionale (BPa). La facies grossolana, BPa, è costituita da conglomerati e brecce calcaree a matrice sabbiosa, mal stratificati e da ghiaie sabbiose e travertinose, oltre che da livelli lenticolari di travertino detritico biancastro. La facies più fine, BPb, è costituita da alternanze di sabbie ghiaiose, sabbie poligeniche rubefatte, limi sabbiosi e limi.
- **Depositi completamente formati** non distinti in base al bacino di pertinenza, in particolare i Depositi alluvionali terrazzati (bn), costituiti da ghiaie ad elementi eterometrici, e sabbie a granulometria da grossolana a media, con grado di addensamento variabile e/o pedogenizzate.
- **Depositi in formazione** non distinti in base al bacino di pertinenza, quali i Depositi eluvio-colluviali (b2) formati da Limi e limi sabbiosi con ciottoli e blocchi, sabbie e limi argillosi di colore bruno-rossastro ed i Detriti di falda (a3) composti da depositi clastico eterometrici, a matrice argilloso-limosa, talora scarsa o assente; localmente si presentano addensati o parzialmente cementati.

4.2 INQUADRAMENTO SISMICO

Nel presente paragrafo vengono riassunti gli aspetti principali relativi alla sismicità dell'area oggetto di studio.

L'azione sismica che governa il rispetto dei diversi Stati Limite per le strutture in progetto (di Esercizio – SLE e Ultimi - SLU) è qui definita in accordo alle Norme Tecniche 2018 (NTC2018), a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, espressa in termini di accelerazione

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sottosuolo rigido, con superficie topografica orizzontale.

La definizione dell'azione sismica include le ordinate dello spettro di risposta elastico di accelerazione $S_e(T)$ corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R per la vita utile della struttura.

In sintesi, la forma degli spettri di risposta di progetto (considerati su sottosuolo rigido di riferimento) è definita dai seguenti parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima per sito rigido e superficie topografica orizzontale;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei paragrafi seguenti verrà dapprima stabilito il periodo di riferimento per l'azione sismica (V_R), in base alla classificazione delle opere in progetto. Successivamente, verranno definiti gli stati limite di interesse per la verifica strutturale, arrivando a definire i periodi di ritorno (T_R) corrispondenti dell'azione sismica da considerare, determinata a sua volta per condizioni di suolo rigido ed a livello del piano campagna in corrispondenza di alcuni punti di interesse.

4.2.1 Vita Nominale, Classe d'Uso, Tempo di Ritorno

La Vita Nominale V_N di un'opera, intesa come il periodo temporale entro cui l'opera stessa può essere usata per lo scopo al quale è destinata purché soggetta alla manutenzione ordinaria, è così definita dalle NTC2018:

- $V_N \leq 10$ anni, per opere provvisorie e opere provvisionali;
- $V_N \geq 50$ anni, per opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale;
- $V_N \geq 100$ anni, per grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di importanza strategica.

Nel caso in esame, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto è stato assunto in sede progettuale:

$$V_N = 100 \text{ anni}$$

	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

Le opere sono suddivise dalle NTC2018 in classi d'uso, la cui appartenenza è stabilita sulla base dell'importanza dell'opera rispetto alle esigenze di operatività a valle di un evento sismico. In particolare, le classi d'uso sono così definite:

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli. Per le quali si ha un coefficiente d'uso $C_U=0.7$.
- Classe II: ... *omissis* ... Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o Classe d'uso IV, salvo casi particolari per i quali sia necessaria la classe d'uso III o IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza ... *omissis* Per le quali $C_U = 1.0$.
- Classe III: ... *omissis* ... Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV, salvo casi particolari per i quali sia necessaria la classe d'uso IV, e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza ... *omissis* ... Per le quali $C_U = 1.5$.
- Classe IV: ... *omissis* ... Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico ... *omissis* ... Per le quali $C_U = 2$.

Nel caso in esame si assume:

Classe d'uso IV ($C_U = 2.0$)

Pertanto l'azione sismica di verifica viene associata ad un periodo di riferimento pari a:

$$V_R = V_N \times C_U = 100 \times 2.0 = 200 \text{ anni}$$

4.2.2 Stati limite, probabilità di superamento e periodi di ritorno

L'azione sismica di progetto deve essere determinata in funzione della probabilità di superamento P_{VR} dipendente dagli Stati Limite di verifica e correlata a periodo di ritorno (T_R) e periodo di riferimento (V_R) attraverso la seguente formulazione

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Gli Stati Limite di riferimento per verifiche in presenza di sisma, così come definiti nelle NTC2018 al par. 3.2.1 sono:

Stato Limite Ultimo (SLU)

- Stato Limite di Salvaguardia della Vita umana, SLV, definito come lo stato limite in corrispondenza del quale la struttura subisce una significativa perdita della rigidità nei confronti dei carichi orizzontali ma non nei confronti dei carichi verticali. Permane un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontale. Ad esso è associata una probabilità di superamento $P_{VR}=10\%$;
- Stato Limite di Prevenzione del Collasso, SLC, stato limite nel quale la struttura subisce gravi danni strutturali, mantenendo comunque un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza a collasso per carichi orizzontali. Ad SLC è associata una $P_{VR}=5\%$.

Stato limite di Esercizio (SLE)

- Stato Limite di immediata Operatività SLO per le strutture ed apparecchiature che debbono restare operative a seguito dell'evento sismico ($P_{VR}=81\%$);
- Stato Limite di Danno SLD definito come lo stato limite da rispettare per garantire la sostanziale integrità dell'opera ed il suo immediato utilizzo ($P_{VR}=63\%$).

Considerando il periodo di riferimento assunto ($V_R=200$ anni), ai quattro stati limite sopra descritti corrispondono i tempi di ritorno T_R riportati in Tabella 4-1.

Tabella 4-1 Periodi di ritorno per l'azione sismica, per i diversi stati limite e relativi alla V_R assunta in progetto ($V_R = 200$ anni).

STATO LIMITE	T_R , anni
--------------	--------------

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

STATO LIMITE	T _R , anni
SLO	120
SLD	201
SLV	1898
SLC	2475

4.2.3 Accelerazione di Riferimento su Suolo Rigido

In allegato alle NTC2018, i valori a_g , F_0 e T_c^* sono forniti per ognuno dei 10751 nodi di un reticolo di riferimento che copre il territorio nazionale. I valori corrispondenti a punti intermedi ai nodi di griglia si ottengono per interpolazione sui quattro punti adiacenti. Per definire i valori della pericolosità sismica di base, in questa fase è stata selezionata l'opzione di scelta "per coordinate" sul foglio di calcolo Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v.1.0.3b distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 2009). Il tracciato è stato suddiviso in quattro parti per tenere in conto dei differenti valori di accelerazione sismica in ogni tratta di categoria di sottosuolo (si veda Tabella 4-4):

- Per il settore iniziale pianeggiante e sub-pianeggiante (tra le progressive 0+000 e 12+700), si è tenuto in conto delle coordinate associate alla progressiva intermedia 6+000 → 40°36'25.9"N 15°03'47.2"E (40.607182, 15.063113, PUNTO 1);
- Per il settore compreso tra le progressive 12+700 e 28+100, si è tenuto in conto delle coordinate associate alla progressiva intermedia 20+400 → 40°38'26.3"N 15°13'25.6"E (40.640633, 15.223766, PUNTO 2);
- Per il settore compreso tra le progressive 28+100 e 30+600, si è tenuto in conto delle coordinate associate alla progressiva intermedia 29+000 → 40°36'33.7"N 15°18'52.5"E (40.609367, 15.314569, PUNTO 3);
- Per il settore finale compreso tra le progressive 30+600 e 34+500, si è tenuto in conto delle coordinate associate alla progressiva 32+000 → 40°36'09.2"N 15°20'57.1"E (40.602565, 15.349197, PUNTO 4).

Le coordinate sono mostrate in Figura 4-1.

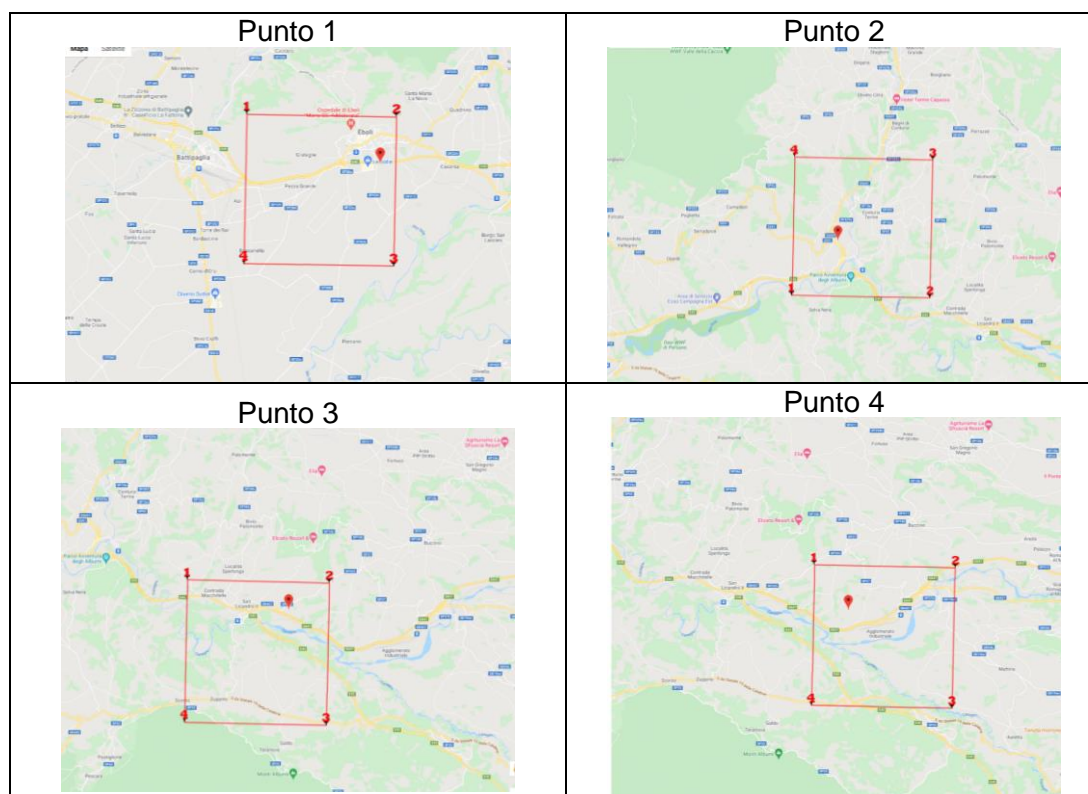


Figura 4-1 Locazione dei punti di calcolo dell'azione sismica con NTC18

Nella successiva Tabella 4-2 sono riportati i valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^* riferiti alle quattro coordinate di riferimento per il sito in esame ed alla V_R assunta.

Tabella 4-2 Valori di a_g , F_0 e T_c^* , per le coordinate di riferimento (punti 1, 2, 3 e 4)

STATO LIMITE	PUNTO	T_{R_i} anni	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	1	120	0.069	2.523	0.378
	2		0.088	2.454	0.353
	3		0.097	2.407	0.344
	4		0.102	2.387	0.340
SLD	1	201	0.084	2.524	0.418
	2		0.112	2.431	0.382
	3		0.125	2.407	0.361
	4		0.132	2.388	0.356
SLV	1	1898	0.180	2.671	0.505
	2		0.292	2.399	0.443
	3		0.336	2.372	0.430
	4		0.356	2.376	0.426
SLC	1	2475	0.195	2.695	0.521
	2		0.324	2.399	0.448
	3		0.371	2.388	0.435

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA					E
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	24 di 270

STATO LIMITE	PUNTO	T _R , anni	a _g [g]	F0 [-]	TC* [s]
	4		0.393	2.400	0.432

4.2.4 Risposta Sismica Locale

Per i fini del presente studio, gli effetti di amplificazione stratigrafica e topografica sono stati valutati sulla base dell'approccio semplificato fornito dalle NTC2018, le quali definiscono un fattore di sito S di amplificazione sismica come funzione sia della categoria di sottosuolo (S_S), sia dell'andamento della superficie topografica (attraverso il coefficiente S_T):

$$S = S_S \cdot S_T$$

In particolare, il sottosuolo viene categorizzato a fini sismici in base alla velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ (in m/s) definita come:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove:

- h_i = spessore dell' i -esimo strato;
- $V_{S,i}$ = valore di velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;
- N = numero di strati;
- H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da $V_s \geq 800$ m/s.

Per il sito in esame, i risultati delle 8 prove MASW e 14 prove *Down-Hole* richiamate nei Doc. Rif. [28] e [41], forniscono valori di V_{s30} riferibili alle classi di sottosuolo B e C (Tabella 4-3), per cui si è proceduto ad una suddivisione del tracciato in funzione dei risultati ottenuti, come da Tabella 4-4. In ogni caso, si suggeriscono comunque approfondimenti per le fasi progettuali successive.

Tabella 4-3 Risultati prove MASW, Down-Hole e di sismica a rifrazione (SRT)

Prova	Progressiva indicativa (Unità geotecnica)	V _{s30} o V _{s,eq} [m/s]	Categoria di suolo
MASW 1	0+680 (BPb)	332	C
DH-S3	3+900 (BPb con lente BPa)	277	C

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	25 di 270

Prova	Progressiva indicativa (Unità geotecnica)	Vs ₃₀ o Vs _{eq} [m/s]	Categoria di suolo
MASW 2	4+570 (BPb)	234	C
DH-S55bis	7+533 (BPb)	321	C
DH-S10	8+500 (transizione BPa-BPb)	437	B
DH-S14	11+200 (BPa)	447	B
MASW 3	11+400 (BPa)	311	C
DH-S17	12+200 (AVF)	400	B
SRT_S_2	12+700 – 13+000 (AVF)	415	B
DH-S21	14+500 (SGH)	449 ⁽¹⁾	B
SRT_S_3	15+000 (AVF/SGH)	485	B
DH-S60	15+150 (SGH)	356	C
SRT_S_4	16+200 – 16+400 (FMS-bn)	565	B
DH-S62	16+340 (FMS/AVF)	488 ⁽³⁾	B
MASW 4	16+620 (FMS)	461	B
SRT_S_L03	17+260 (TUT/FMS)	579	B
DH-S28	20+700 (FMS)	511	B
DH-S67	20+970 (b)	471 ⁽¹⁾	B
DH-S32	22+950 (BTL-PLMa & b)	521	B
SRT_S_L04	~25+650 (TSG)	505	B
DH-S36	25+800 (TSG)	445	B
MASW 5	27+200 (TSG)	695	B
SRT_S_L07	~28+300 (dep + BTL-PLMa & b)	451	B
DH-S41	28+500 (BTL-PLMa & b)	397	B
SRT_S_7	29+300 – 29+700 (BTL-PLMb)	360	B
SRT_S_L08	29+650-30+000 (BTL-PLMb)	401	B
SRT_S_L11	~30+300 (BTL-PLMb)	409	B

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	26 di 270

Prova	Progressiva indicativa (Unità geotecnica)	Vs ₃₀ o Vs _{eq} [m/s]	Categoria di suolo
MASW 6	30+400 (BTL-PLMb)	695	B
SRT_S_L13	~30+600(BTL- PLMa & b)	510	B
SRT_S_11	31+650-31+800 (RGC/BTL-PLMa/ALV)	443	B
SRT_S_12	31+650-31+800 (RGC/BTL-PLMa/ALV)	413	B
SRT_S_L18	~31+900(ALV)	603	B
DH-S47	31+950 (dissesto + ALV)	479 ⁽²⁾	B
MASW 7	Deviazione per Potenza L1-S50 (AVF)	373	B
MASW 8	Deviazione per Potenza L1-S53 (AVF)	309	C

⁽¹⁾Vs equivalente a una profondità di 28 m

⁽²⁾Vs equivalente a una profondità di 25 m

⁽³⁾Vs equivalente a una profondità di 27 m

Tabella 4-4 Suddivisione del tracciato in funzione della categoria di sottosuolo in base ai risultati prove MASW-DH e SRT

Progressiva iniziale	Progressiva finale	Unità geotecnica	categoria di suolo
0+000	12+700	BPb/BPa	C
12+700	13+200	ALV	B
14+400	14+700	SGH	B
15+000	15+300	SGH/AVF	B
16+150	17+110	FMS/AVF	B
20+300	21+100	FMS/ AVF / bn	B
22+800	23+200	bn-BTL-PLMa&b	B
25+500	28+100	TSG / BTL-PLMb	B
28+100	30+600	BTL-PLMb /RGC	C
31+760	32+120	BTL-PLMb / ALV /FMS	B

Per ciò che concerne l'amplificazione topografica, nel contesto di una descrizione generale del tracciato, si considera una categoria topografica T1 (*"Superficie pianeggiante e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ "*, v. Tabella 3.2.III al par.3.2.2. delle NTC2018). Pertanto, il fattore di amplificazione topografica risulta $S_T = 1$. Per la individuazione della classe topografica relativa a singole opere, si rimanda alle relazioni specialistiche di pre-dimensionamento nelle quali viene esplicitata l'assunzione per ciascun caso.

Il fattore di sito S e l'azione sismica di progetto $a_{max} = S \cdot a_g$ ottenuti lungo il tracciato per i diversi periodi di ritorno sono riportati in **Tabella 4-5**.

Tabella 4-5 Valori dei coefficienti di sito S e dell'accelerazione di progetto a_{max}

STATO LIMITE	Punto	tratta	T_R , anni	a_g (g)	SS (-)	ST (-)	S (-)	a_{max} (g)
SLO	1	0+000 - 12+700	120	0.069	1.50	1.00	1.50	0.1035
	2	12+700 - 28+100;		0.088	1.20	1.00	1.20	0.1056
	3	28+100 – 30+600		0.097	1.50	1.00	1.50	0.1455
	4	31+760 – 32+120; 34+000 – 34+500		0.102	1.20	1.00	1.20	0.1224
SLD	1	0+000 - 12+700	201	0.084	1.50	1.00	1.50	0.1260
	2	12+700 - 28+100;		0.112	1.20	1.00	1.20	0.1344
	3	28+100 – 30+600		0.125	1.50	1.00	1.50	0.1875
	4	31+760 – 32+120; 34+000 – 34+500		0.132	1.20	1.00	1.20	0.1584
SLV	1	0+000 - 12+700	1898	0.180	1.41	1.00	1.41	0.2538
	2	12+700 - 28+100;		0.292	1.12	1.00	1.12	0.3270
	3	28+100 – 30+600		0.336	1.22	1.00	1.22	0.4099
	4	31+760 – 32+120; 34+000 – 34+500		0.356	1.06	1.00	1.06	0.3773
SLC	1	0+000 - 12+700	2475	0.195	1.39	1.00	1.39	0.2710
	2	12+700 - 28+100;		0.324	1.09	1.00	1.09	0.3531
	3	28+100 – 30+600		0.371	1.17	1.00	1.17	0.4341
	4	31+760 – 32+120; 34+000 – 34+500		0.393	1.02	1.00	1.02	0.4401

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

5 CAMPAGNE DI INDAGINE UTILIZZATE PER LO STUDIO GEOTECNICO

Per la redazione del presente studio sono stati principalmente utilizzati i risultati delle indagini geognostiche in sito e geotecniche di laboratorio della campagna eseguita da Italferr, iniziata in primavera-estate 2021 (Doc.Rif.[24][26][28]– fase PFTE) e terminata in Luglio 2022 (Doc. Rif.[25][27][29] – fase “PFTE+”). Per la preparazione del presente documento, sono stati tenuti in conto i risultati della campagna “PFTE+” pervenuti fino alla data del 3 Giugno 2022 (Tabella 5-2).

Inoltre, ove presenti, sono state consultate le indagini pregresse disponibili ed ubicate a distanza minore di 1 km ai due lati dell’asse del tracciato, come per esempio alcuni sondaggi eseguiti nel contesto di progetti ANAS, Doc.Rif. [42], ubicati nell’area di studio e riguardanti alcune delle stesse formazioni geologiche presenti lungo il tracciato in esame.

5.1 CAMPAGNA DI INDAGINE ITALFERR 2021 (PFTE)

Nel contesto della precedente fase PFTE, la campagna di indagini eseguita da ITALFERR è consistita in 42 sondaggi, 11 prove DPSH, 12 stendimenti di tomografia sismica a rifrazione (SRT), 8 rilievi sismici MASW e 8 HVSR.

Nei fori di sondaggio si sono eseguite le seguenti tipologie di prove:

- prove sismiche tipo Down-Hole (10);
- prove SPT;
- prove di permeabilità Lefranc;
- prove pressiometriche tipo Menard e prove dilatometriche.

Sono state anche eseguite tre prove penetrometriche statiche con piezocono CPTU ed alcuni fori di sondaggio sono stati attrezzati con piezometri o con inclinometri. Inoltre sulle carote di natura prevalentemente coesiva sono stati eseguiti Vane Test e/o prove con penetrometro tascabile (Pocket Penetrometer, PP). Sono stati anche prelevati campioni rimaneggiati e indisturbati su cui eseguire prove di laboratorio (determinazione dei limiti di Atterberg, determinazione delle principali grandezze fisiche del campione, analisi granulometriche, prove di taglio diretto, prove triassiali, prove edometriche).

In Tabella 5-1 sono riportati gli identificativi dei sondaggi a carotaggio continuo con le rispettive lunghezze e tipologie di prove eseguite.

ID Sond	Prof. [m]	Prove in situ						Campioni			Prove di laboratorio				
		SPT	Pocket Pen.	Perm. CV	Perm. CC	Press./Dilat		CI	CR	CL	TD (su CI)	TD (su CR)	CU	UU	EDOM.
						MPM	DRT								
L1-S37	30	si	si	2	-	3	0	3	1	2	3	0	0	1	0
L1-S38	30	si	si	2	-	3	0	4	0	-	3	0	1	2	0
L1-S39	50	si	si	3	-	1	1	3	1	2	3	0	0	1	0
L1-S40	30	si	si	2	-	0	3	0	4	3	0	3	0	0	0
L1-S41	40	si	si	3	-	2	0	2	4		1	0	1	0	2
L1-S43	30	si	si	2	-	2	0	4	0		3	0	0	3	2
L1-S43bis_1	40	si	si	2	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
L1-S44	30	si	si	3	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
L1-S46	65	no	no	2	-	0	3	4	0		3	0	1	2	2
L1-S47	40	si	si	3	-	1	1	2	3	0	2	0	0	0	0
L1-S49	70	no	si	2	-	0	3	0	6		0	4	0	0	0
L1-S50	30	si	si	2	-	1	2	2	2	0	1	0	1	0	1
L1-S51	40	si	si	3	0	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
L1-S52	50	si	si	Prove LUgeon: 2		0	3	-	-	-	-	-	-	-	-
L1-S53		si	si	2	-	3	0	4	0		2	0	1	0	3

Con riferimento ai campioni prelevati all'interno dei sondaggi, la dicitura "CR" si riferisce a campioni rimaneggiati, utilizzati prevalentemente per quantificare pesi specifici, limiti di Atterberg, composizioni granulometriche, ecc.; la dicitura "CI" si riferisce invece a campioni indisturbati. Questi ultimi sono stati utilizzati per quantificare, oltre alle grandezze già elencate per i campioni CR, anche i parametri di resistenza (tramite prove di taglio diretto e triassiali) e rigidità (tramite prove di compressibilità edometrica). I campioni con dicitura "CL" si riferiscono a campioni di natura litoide, che rappresentano una minima parte rispetto al totale prelevato (7 su 135).

5.2 CAMPAGNA DI INDAGINE ITALFERR 2021-2022 (PFTE+)

Nel contesto della fase di arricchimento del "PFTE+" la campagna di indagine è consistita in 36 sondaggi (di cui 35 erano disponibili alla data della redazione del presente documento), 15 stendimenti di tomografia sismica a rifrazione (SRT) per la caratterizzazione dei dissesti, e 3 stendimenti di geolettica finalizzati allo studio sulla eventuale presenza cavità nella Formazione di Travertino di Santa Maria di Sperlonga.

Nei fori di sondaggio si sono eseguite le seguenti tipologie di prove:

- prove sismiche tipo Down-Hole (4);

ID Sond	Prof.	Prove in situ						Campioni			Prove di laboratorio					
	[m]	SPT	Pocket Pen.	Perm. CV	Perm. CC	Perm. LU	Press./Dilat		CI	CR	CL	TD	TD residuo	CIU	UU	EDOM.
L1-S75	30	si	no	3	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
L1-S95	30.5	si	no	2	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
L1-S97	30	si	si	3	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
L1-S79	37	si	si	2	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-

Per quanto riguarda le diciture CI, CR e CL, si prega di riferirsi a quanto indicato sotto la Tabella 5-1. In questa fase di indagini relative al PFTE+ si è recuperata una percentuale maggiore di campioni di natura litoide (10 su 78, i.e. circa un 13%, rispetto al 5% della fase PFTE).

Per i dettagli circa l'ubicazione delle prove svolte si rimanda agli specifici elaborati (Doc. Rif. [24] e [28]).

5.3 CAMPAGNE DI INDAGINE PREGRESSE

A seguire si riportano i sondaggi utilizzati nel presente studio ed eseguiti nelle campagne di indagine di ANAS relative al seguente progetto:

- "Progetto definitivo ed esecutivo dell'intervento di Adeguamento funzionale dell'esistente Svincolo di Eboli al km 30+000 e sistemazione della viabilità locale esistente" – anno 2021;

Tabella 5-3 Sintesi dei sondaggi geognostici disponibili dalla campagna indagini "Adeguamento Svincolo di Eboli" [42]

sigla	Coordinate WGS84		Quota [m s.l.m.]	Strumentazione	Prof. [m]
	E	N			
S1	503993,22	4495365,58	80,47	-	15
S2	503917,75	4495126,67	76,45	Piezometro-	15
S3	504018,05	4495145,50	76,12	-	15

Questi tre sondaggi interessano la unità geologica del Supersintema Battipaglia-Persano a litofacies più fine/coesiva (BP_a). Per l'ubicazione di queste prove e ulteriori dettagli si rimanda alle carte geologiche / planimetria di ubicazione delle indagini (Doc. [33]).

	<p>NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA</p>												
<p>RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RC2I</td> <td>A1R11</td> <td>GE</td> <td>GE0000001</td> <td>A</td> <td>33 di 270</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	33 di 270
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	33 di 270								

6 INDICAZIONI SULLA FALDA

Le caratteristiche idrogeologiche generali dell'area in esame sono descritte in uno specifico capitolo della Relazione Geologica (Doc.Rif. [30]).

I livelli di falda sono stati definiti a partire delle valutazioni idrogeologiche riportate negli specifici elaborati e sulla base delle letture piezometriche disponibili effettuate nell'ambito della campagna Italferr 2021 successivamente integrata nel 2022 per l'arricchimento progettuale di cui al presente PFTE+. In particolare, la Tabella 6-1 contiene una sintesi delle misure eseguite nei piezometri installati. I valori dei livelli di falda sono espressi in metri come soggiacenza della stessa dal piano campagna. Nella stessa tabella sono indicati i sondaggi presi a riferimento.



NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA
LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E
INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
 RC2I A1R11 GE GE0000001 A 34 di 270

Tabella 6-1 Letture di soggiacenza effettuate nei piezometri 2021-2022. Nei campi con sfondo blu è evidenziato il dato di soggiacenza minima (falda più alta)

Codice	Tipo	Tratto fenestrato (m da p.c.)	Soggiacenza (m da p.c.)											
			giu-21	lug-21	ago-21	set-21	nov-21	dic-21	gen-22	feb-22	mar-22	mar-22	apr-22	mag-22
L1-S1	TA	7.0 - 40.0	27.00	26.80	26.89	26.97	27.06	27.14	27.08	26.97		27.11	27.17	27.07
L1-S2	TA	3.0 - 30.0	29.80	secco	secco	secco	non misurabile	secco	secco	secco		secco	secco	secco
L1-S5	TA	3.0 - 40.0			7.86	6.96	7.91	2.55	4.80	5.80	4.01	6.17	4.70	5.45
L1-S6	TA	3.0 - 40.0				in pressione	in pressione	in pressione	in pressione	in pressione		in pressione	in pressione	in pressione
L1-S7	TA	3.0 - 40.0	3.60	3.70	4.92	4.30	4.84	3.30	3.54	3.86		4.05	3.23	3.89
L1-S8	TA	3.0 - 40.0				7.14	non misurabile	6.30	5.95	6.32		6.53	6.30	6.49
L1-S9	TA	3.0 - 40.0			3.93	4.19	5.06	3.56	3.40	3.80		4.05	3.99	3.10
L1-S10	TA	3.0 - 40.0				18.52			non misurabile	17.64		18.00	18.08	17.88
L1-S11	TA	3.0 - 60.0	19.40	21.50	22.10	22.28	23.01	6.31	17.81	21.65		19.81	18.10	18.89
L1-S12	TA	4.0 - 28.0				27.90	28.05	27.12	27.31	27.68		27.76	27.80	27.75
L1-S15	TA	3.0 - 40.0				10.34	14.25	9.42	9.68	11.93	11.68	11.83	10.10	10.43
L1-S16	TA	3.0 - 40.0				31.34	non misurabile	38.05	secco	secco		secco	secco	secco
L1-S18	TA	3.0 - 40.0				2.28	2.31	1.48	0.62	1.77		1.87	1.94	4.55
L1-S18bis	CC	8.0 - 12.0					non misurabile	non misurabile	2.28	2.69		2.02	0.52	
L1-S19	TA	15.0 - 35.0				17.16	13.17	15.81	6.90	17.09		17.18	17.07	
L1-S20	TA	33.0 - 54.0	42.90	42.70	42.70	42.70	42.59	42.61	42.59	42.59		42.58	42.58	42.60
L1-S23	CC	27.0 - 35.0	3.80	3.90	4.40	4.52	4.50	0.55	0.74	0.77		0.78	0.75	1.45
L1-S23bis	CC	8.0 - 12.0					non misurabile	0.95	1.02	0.60		0.95	1.03	1.43
L1-S24	TA	3.0 - 40.0	5.60	5.90	6.14	6.16	6.35	3.48	4.32	4.85		4.25	4.10	5.00
L1-S25	TA	6.0 - 20.0			2.95	3.06	3.26	2.86	2.94	2.77		2.97	4.74	4.91
L1-S26	TA	97.50 - 115.50			4.67	4.86	non misurabile	non misurabile	5.50	5.55		5.62	5.61	

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RC2I A1R11 GE GE0000001 A 35 di 270

Codice	Tipo	Tratto fenestrato (m da p.c.)	Soggiacenza (m da p.c.)											
			giu-21	lug-21	ago-21	set-21	nov-21	dic-21	gen-22	feb-22	mar-22	mar-22	apr-22	mag-22
L1-S27	CC	43.0 - 51.0	5.90	5.90	5.72	6.25	5.97	4.56	4.75	4.73		4.83	5.06	5.06
L1-S30	TA	50.0 - 62.0				42.25	non misurabile	non misurabile	non misurabile	non misurabile		non misurabile	non misurabile	non misurabile
L1-S31	TA	51.0 - 63.0		37.30	39.32	39.80	37.44	37.52	37.66	37.46		37.52	37.60	37.69
L1-S34	TA	25.0 - 37.0			7.85	7.83	7.92	5.56	6.24	7.10		7.20	6.60	7.11
L1-S35	CC	22.0 - 30.0			secco	secco	secco	secco	secco	secco		secco	secco	secco
L1-S37	TA	3.0 - 30.0		24.00	24.00	24.00	23.98	23.98	24.02	24.01		23.95	23.92	23.94
L1-S38	TA	3.0 - 30.0	11.30	11.40	12.48	12.52	29.53	10.77	10.92	21.00		11.67	11.10	11.32
L1-S39	TA	3.0 - 48.0		39.00	39.27	39.21	39.33	39.53	39.58	39.73		39.80	39.80	39.89
L1-S40	TA	9.0 - 21.0		24.60	25.25	25.28	21.15	18.89	20.88	22.13		21.21	21.50	21.76
L1-S43	CC	8.0 - 16.0		5.30	5.00	5.16	5.38	2.68	3.18	2.97		3.04	3.11	3.21
L1-S43bis	CC	23.0 - 27.0					17.40	3.84	2.57	in pressione		2.32	10.83	12.80
L1-S44	TA	3.0 - 18.0			3.88	3.99	non misurabile	non misurabile	1.77	2.34		2.36	1.89	2.24
L1-S46	CC	71.0 - 79.0	28.10	28.30	28.43	28.35	35.06	non misurabile	non misurabile	non misurabile		28.41	28.29	25.03
L1-S47	TA	3.0 - 40.0		0.00	1.48	1.65			1.86	in pressione		2.06	1.77	1.87
L1-S49	TA	46.0 - 61.0	14.50	14.60	14.86	14.91	15.06	14.82	15.04	15.01		15.16	14.79	14.91
L1-S50	CC	9.0 - 17.0			10.53	10.59	10.50	9.65	9.86	10.08		9.95	9.86	9.86
L1-S51	TA	26.0 - 41.0				34.60	34.54	34.50	34.61	34.69		34.67	34.64	34.68
L1-S52	TA	30.0 - 42.0			3.98	4.10	4.55	1.15	2.04	2.78		2.74	1.67	4.49
L1-S53	TA	3.0 - 24.0	2.60	2.30	2.50	2.74	3.38	2.08	1.91	1.69		1.80	1.63	3.83
L1-S54	TA	3.0 - 30.0									4.51	4.70	3.82	4.49
L1-S55	TA	3.0 - 55.0									20.87	20.93	21.05	20.84
L1-S56	TA	3.0 - 30.0										22.13	21.96	22.13
L1-S57	TA	3.0 - 30.0										5.08	5.28	
L1-S58	TA	3.0 - 40.0										non misurabile	non misurabile	non misurabile
L1-S61	TA	35.0 - 47.0											7.48	11.20
L1-S63	TA	3.0 - 30.0									0.95	4.16	4.09	4.19



NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
 LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA
 LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E
 INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA
 PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
 RC2I A1R11 GE GE0000001 A 36 di 270

Codice	Tipo	Tratto fenestrato (m da p.c.)	Soggiacenza (m da p.c.)												
			giu-21	lug-21	ago-21	set-21	nov-21	dic-21	gen-22	feb-22	mar-22	mar-22	apr-22	mag-22	
L1-S64	TA	3.0 – 20.0												7.95	7.84
L1-S65	TA	95.3 – 103.7													
L1-S69	TA	3.0 - 30.0													25.99
L1-S70	TA	3.0 - 35.0												non misurabile	23.94
L1-S71	TA	3.0 - 30.0												7.70	non misurabile
L1-S72	TA	3.0 - 40.0									23.95	31.44	32.13	33.90	
L1-S73	TA	3.0 - 30.0											11.44	11.45	
L1-S75	CC	19.0 - 20.0													2.70
L1-S77	TA	79.0 – 100.0													
L1-S79	TA	0 - 19.40													
L1-S81	CC	18.0 - 21.0										7.62	8.20		
L1-S82	CC	18.0 - 21.0									19.77	10.16	2.59	3.53	
L1-S83	CC	18.0 - 21.0										1.50	1.58	3.89	
L1-S84	CC	18.0 - 21.0										7.69	4.12	3.66	
L1-S86	CC	18.0 - 21.0										0.37	0.49	0.68	
L1-S87	CC	18.0 - 21.0											3.01	4.62	
L1-S88	CC	18.0 - 21.0											6.10	6.28	
L1-S89	CC	18.0 - 21.0											3.65	4.46	
L1-S90	CC	20.0 - 22.0												6.07	
L1-S91	CC	18.0 - 21.0												13.93	14.19
L1-S93	CC	18.0 - 21.0												20.45	
L1-S94	CC	18.0 - 21.0												2.95	
L1-S95	CC	18.0 - 21.0												1.48	
L1-S97	CC	4.0 – 6.0													
L1B-S1	TA	0.0 - 25.0				4.77	4.58	5.57	3.77	8.11	8.3				

*TA = Tubo Aperto / CC = Celle di Casagrande

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	37 di 270

La falda è indicata negli elaborati grafici Doc.Rif. [31] e [32]; per l'andamento assunto in progetto si farà riferimento al profilo geotecnico allegato al presente progetto Doc.Rif. [33].

6.1 ANALISI CHIMICHE

Nella seguente tabella si raccolgono i risultati delle analisi chimiche eseguite sui campioni di acque sotterranee raccolte; gli stessi risultati sono poi mostrati in forma grafica, con l'indicazione dei limiti associati alle diverse classi di esposizione del calcestruzzo, con riferimento alla Tabella 2 della normativa EN206:2013.

Tabella 6-2 Risultati delle analisi chimiche svolte su campioni di acque sotterranee

		L1-S5	L1-S9	L1-S15	L1-S19	L1-S20	L1-S24	L1-S26	L1-S37	L1-S44	L1-S47
profondità	(m)	7	5	13	18	43	5	6	25	3	3
pH	-	7.14	7.76	7.76	7.47	7.53	7.01	8.56	7.23	7.09	8.29
Solfati	(mg/L)	35	19.3	10.5	78	48	7.3	21.2	28	32	256
Solfati - I.M.	±	11	5.8	3.2	23	14	2.2	6.4	9	10	77
Magnesio	(mg/L)	46	49	33	19.2	24.9	7.6	3.3	8.1	14.6	102
Magnesio - I.M.	±	14	15	10	5.8	7.5	2.3	1	2.4	4.4	30
Azoto ammoniacale	(mg/L)	0.1	<0.1	0.16	0.18	0.13	0.33	0.62	<0.1	<0.1	0.15
CO2 aggressiva	(mg/L)	27	35	31	<15	22	16	19	17	<15	<15

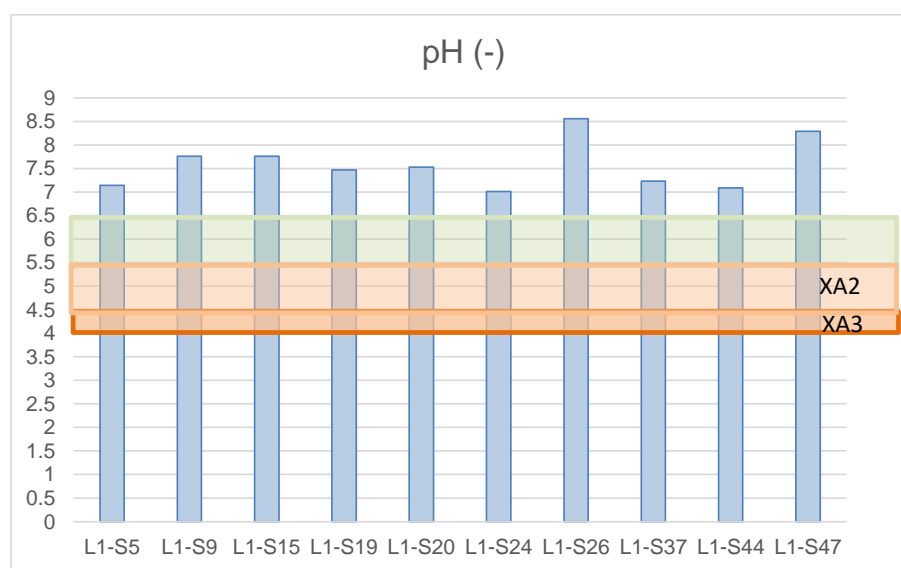


Figura 6-1 Risultati delle analisi chimiche su campioni di acque (pH)

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	38 di 270

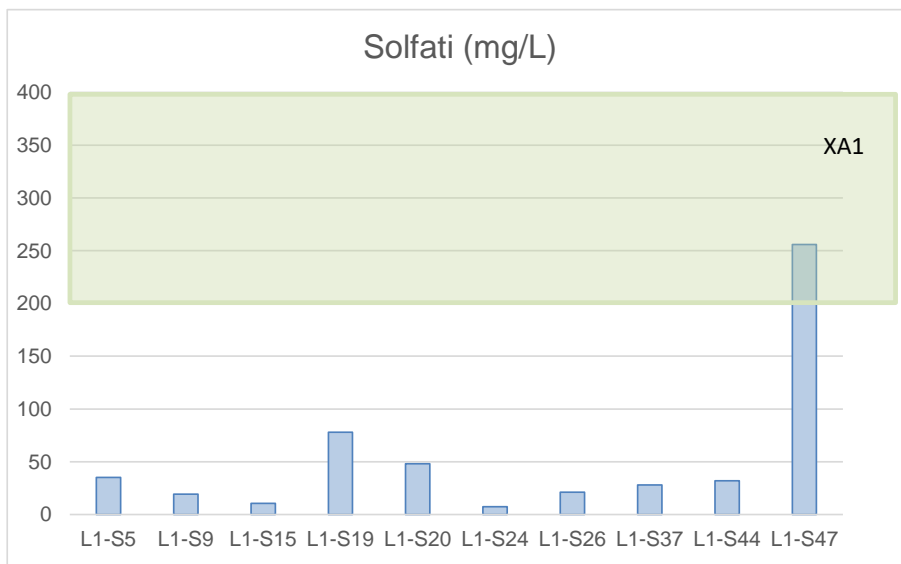


Figura 6-2 Risultati delle analisi chimiche su campioni di acque (Solfati)

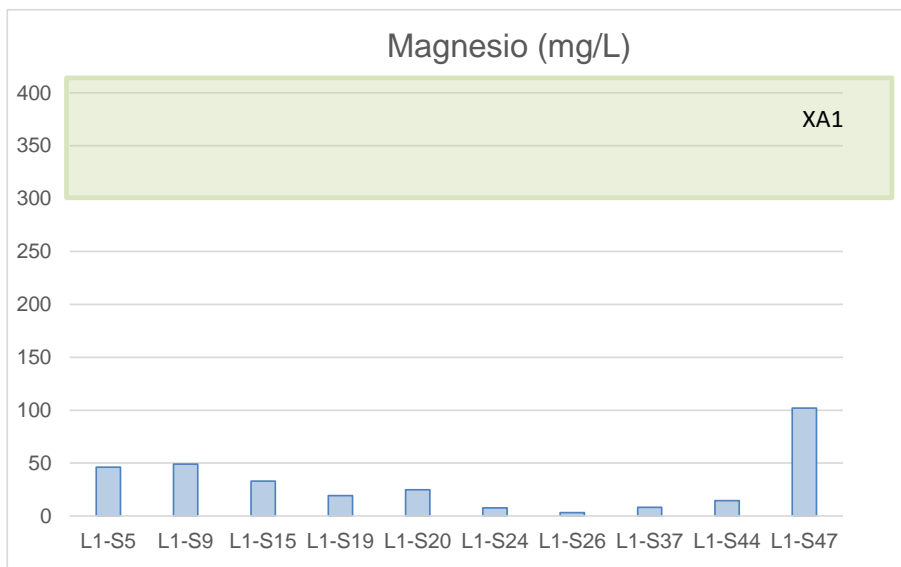


Figura 6-3 Risultati delle analisi chimiche su campioni di acque (Magnesio)

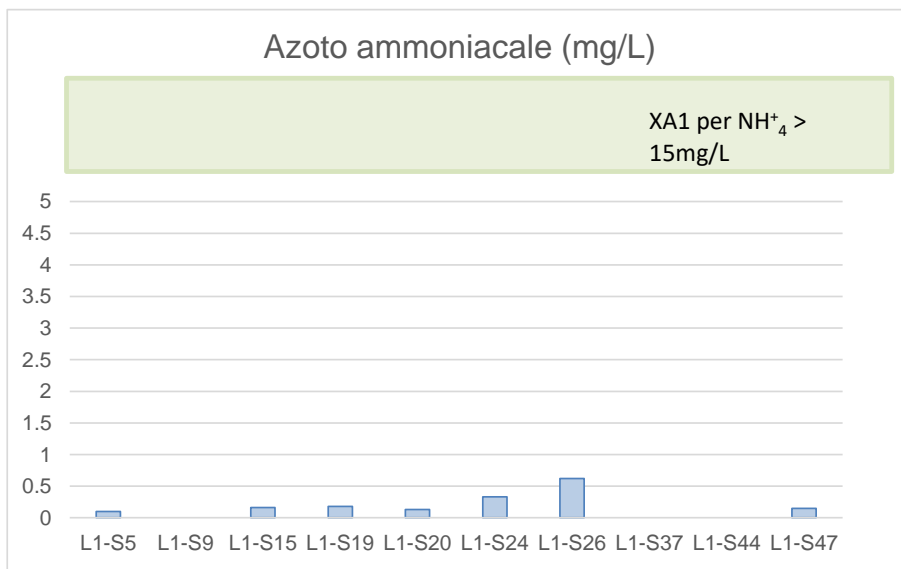


Figura 6-4 Risultati delle analisi chimiche su campioni di acque (Azoto ammoniacale)

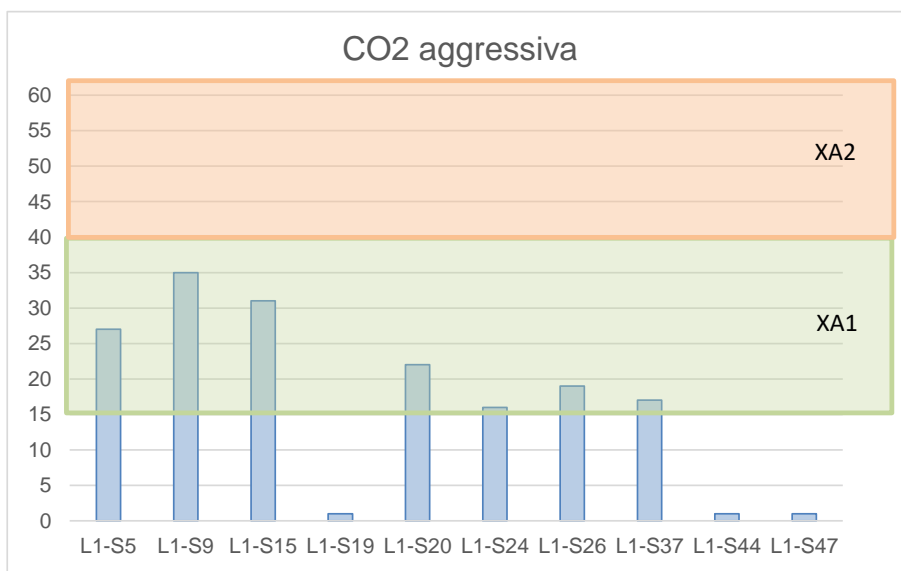


Figura 6-5 Risultati delle analisi chimiche su campioni di acque (CO₂ aggressiva)

	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

7 UNITÀ GEOTECNICHE

A partire dal modello geologico locale e sulla base dell'interpretazione dei risultati delle indagini disponibili, sono state identificate le unità geotecniche di riferimento. Per l'individuazione di tali unità sono stati analizzati e correlati i dati stratigrafici corrispondenti alle verticali di sondaggio delle diverse campagne di indagine e i risultati delle prove in sito e di laboratorio disponibili.

Nei profili geotecnici sono rappresentati in maniera distinta le verticali di indagine delle campagne Italferr 2021 e 2022 e le verticali relative a campagne di indagine pregresse (con riferimento al progetto Doc.Rif.[42]).

I criteri e le correlazioni utilizzate per la interpretazione delle prove geotecniche in sito e di laboratorio e la definizione dei valori caratteristici dei parametri meccanici delle singole unità geotecniche sono illustrati rispettivamente ai capitoli 7 e 8.






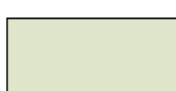


Sulla base di quanto disponibile si è deciso di far generalmente corrispondere le **unità geotecniche** a quelle geologiche, fatta eccezione per i depositi a3, b2 e bn, accorpati in un'unica unità geotecnica denominata DEP, e delle BTL-PLMb e BTL-PLMc considerate come unica unità geotecnica (denominata BTL-PLMb). Di seguito sono elencate le unità in ordine di età geologica crescente, mostrando il colore corrispondente alla legenda geologica/geotecnica utilizzata per identificarle. I rapporti stratigrafici sono illustrati nei profili geotecnici (Doc. [33]).

È opportuno ricordare che la presente relazione tratta unicamente le unità geotecniche che interessano i settori delle opere "all'aperto" (rilevati, trincee, viadotti e gallerie artificiali) del tracciato in esame, rimandando agli elaborati relativi alle Gallerie Naturali per quanto riguarda le tratte in sotterraneo.

Tabella 7-1: Schema riassuntivo delle unità geotecniche e relativa corrispondenza con quelle geologiche






RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	41 di 270

UNITÀ GEOLOGICHE	UNITÀ GEOTECNICHE	
Depositi in formazione (a3)	 DEP	<p>Questa unità geotecnica comprende i depositi non distinti in base al bacino di pertinenza assimilabili tra loro dal punto di vista della granulometria generalmente grossolano. Ghiaie e sabbie a granulometria da grossolana a media (bn), sabbie, limi e limi sabbiosi con ciottoli e blocchi (b2), deposito clastico eterometrico (a3).</p>
Depositi in formazione (b2)		
Depositi completamente formati (bn)		
Supersintema di Battipaglia-Persano (BPa)	 BPa	<p>La facies grossolana, BPa, è costituita da depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi (conglomerati e brecce calcaree a matrice sabbiosa, mal stratificati e da ghiaie sabbiose e travertinose, oltre che da livelli lenticolari di travertino detritico biancastro).</p>
Supersintema di Battipaglia-Persano (BPb)	 BPb	<p>La facies più fine, BPb, è costituita da depositi prevalentemente limoso-argillosi (alternanze di limi argillosi, limi sabbiosi e limi con localmente sabbie ghiaiose – sabbie).</p>
Sintema di S.Licandro (LDC)	 LDC	<p>Limi argillosi/argille limose, alternati a livelli (pluri)metrici di sabbie ghiaiose.</p>
Sintema di Bivio – Ghiaie di Cerreto (RGC)	 RGC	<p>Ghiaie, brecce e conglomerati da sciolti a ben cementati, con elementi eterometrici, di natura carbonatica. Si presentano sia in intervalli caratterizzati da una stratificazione più o meno definita, sia in passaggi decisamente caotici.</p>
Sintema di Bivio – Travertino di S.Maria di Sperlonga (TSG)	 TSG	<p>Sabbie travertinose con diversi gradi di cementazione. Localmente includono anche sottili livelli limo-argillosi.</p>
Sintema di Palomonte e Bottiglieri (BTL-PLMa)	 BTL-PLMa	<p>La facies più grossolana è visibile in affioramento ed è costituita da depositi conglomeratico-ghiaiosi alternati a sabbie.</p>
Sintema di Palomonte e Bottiglieri (BTL-PLMb)	 BTL-PLMb	<p>La facies più fine è osservata esclusivamente nei sondaggi ed è costituita da depositi limoso-sabbiosi e limoso-argillosi.</p>
Sintema di Palomonte e Bottiglieri (BTL-PLMc)		

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	42 di 270

UNITÀ GEOLOGICHE	UNITÀ GEOTECNICHE	
Argille ed argille siltose di Saginara (SGH)		Argille siltose, siltiti, marne argillose e rare sabbie, a stratificazione poco distinta
Tufiti di Tusa (TUT)		Successione di arenarie e calcareniti a grana media, micacee, tenere; marne argillose a frattura concoide, siltiti e arenarie fini poco cementate in strati sottili e talora calcari marnosi in strati medi, argilliti scagliettate, con diffuse venature di calcite; strati e banchi di argille marnose, marne calcaree.
Argille Varicolori Superiori (ALV)		Argille, argille siltose marnose a cui si intercalano calcari e calcari marnosi. Negli affioramenti maggiormente litoidi, le argille sono caratterizzate da stratificazione sottile o molto sottile e aspetto scagliettato.
Formazione di Monte S.Arcangelo (FMS)		Alternanze irregolari di calcari marnosi e argille marnose e argilliti; in subordine sono presenti calcareniti gradate e laminate, marne siltose e areniti micacee. Gli strati calcarei più massivi, di spessore anche metrico, si intercalano alla frazione più fine costituita da livelli di argilliti e marne argillose, di spessore da centimetrico a metrico.
Argille Varicolori Inferiori (AVF):		Argilliti, argilliti siltoso-marnose, argilliti quarzolitiche e argilliti scagliose solitamente molto tettonizzate con minori interstrati calcareo-marnosi. In sondaggio si presentano localmente caoticizzate.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

8 CRITERI E CORRELAZIONI UTILIZZATI PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

8.1 CONSIDERAZIONI GENERALI

Tra i criteri adottati per la caratterizzazione geotecnica dei terreni si è tenuto conto che nell'area di studio sono presenti sia unità riconducibili ad un comportamento prettamente coesivo, sia unità a comportamento più spiccatamente granulare.

In particolare, le unità geotecniche **BPb**, **LDC**, **BTL-PLMb**, **SGH**, **TUT**, **ALV**, **FMS** e **AVF** sono state considerate a comportamento prevalentemente coesivo, mentre le unità **DEP**, **BPa**, **RGC**, **TSG** e **BTL-PLMa** a comportamento granulare.

In funzione di tale schematica suddivisione sono state implementate le correlazioni ritenute più significative per la determinazione dei parametri di resistenza e di deformabilità di interesse, a partire dai risultati delle prove in sito e delle prove di laboratorio.

8.2 TERRENI COESIVI

Di seguito si riportano i criteri e correlazioni utilizzati per caratterizzare i terreni prevalentemente coesivi.

8.2.1 Parametri di stato e caratteristiche fisiche

La valutazione dei parametri di stato e delle caratteristiche fisiche verrà fatta principalmente sulla base dell'interpretazione delle prove di laboratorio.

In particolare, verranno criticamente discussi i dati relativi ai pesi di volume, limiti di Atterberg, ecc. e sarà stimato il grado di sovraconsolidazione $OCR = \sigma_{vmax}' / \sigma_{vo}'$, essendo σ_{vmax}' la pressione di preconsolidazione desumibile dalle prove edometriche con la nota costruzione di Casagrande e σ_{vo}' la pressione verticale efficace geostatica.

Ove appropriato, l'OCR verrà valutato anche sulla base della seguente espressione (Koutsoftas and Ladd, 1985 - Doc. Rif. [7]):

$$\frac{s_u}{\sigma_{vo}'} = (0.22 \pm 0.03) \cdot OCR^{0.8}$$

dove $s_u = c_u$ = resistenza al taglio in condizioni non drenate determinata con prove di laboratorio o con l'interpretazione delle prove CPTU o SPT in accordo a quanto descritto nel paragrafo successivo.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

Inoltre, il valore di OCR potrà anche essere stimato sulla base della resistenza alla punta misurata dalle prove CPTU, secondo la seguente formulazione di Robertson (2009), Doc. Rif. [5])

$$OCR = 0.25 (q_t)^{1.25}$$

La classificazione dei terreni in esame sarà altresì completata verificando la distribuzione dei dati ottenuti dalle prove di laboratorio sulla Carte di Plasticità di Casagrande e sulla Carta dell'Attività. I citati diagrammi consentiranno di individuare le classi in termini di natura (organica e inorganica), compressibilità, plasticità e attività, quest'ultima di particolare importanza per individuare terreno potenzialmente soggetti a consolidazione secondaria.

8.2.2 Parametri di resistenza

8.2.2.1 Condizioni non drenate

La resistenza al taglio non drenata c_u dei terreni coesivi è stata valutata facendo riferimento ai risultati delle prove di laboratorio disponibili e sulla base delle misurazioni effettuate in sito, oppure facendo ricorso a specifiche correlazioni con prove SPT e CPTU, come qui specificato.

8.2.2.1.1 Coesione non drenata da prove di laboratorio

Le prove di laboratorio disponibili nel presente progetto per la misura della c_u sono

- n.12 triassiali TxUU,
- n.1 ELL (Espansione Libera Laterale)

Nel successivo capitolo 8 verranno confrontati e discussi i valori ottenuti dalle citate prove.

8.2.2.1.2 Coesione non drenata da pocket penetrometer e torvane

Una prima utile valutazione sull'andamento della c_u con la profondità per ogni sondaggio sarà effettuata stimandone i valori dalle resistenza misurate con il penetrometro (*pocket penetrometer*) e con lo scissometro tascabile (*pocket vane test*); nello specifico la coesione non drenata sarà considerata pari alla metà della resistenza misurata dal primo (moltiplicata per un fattore riduttivo pari a 0,8, Look (2004) Doc.Rif. [8]) e pari allo stesso valore della resistenza misurata dal secondo. I valori così ricavati, consentiranno di produrre dei profili con la profondità del parametro da comparare ai valori ottenuti con le altre procedure.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

8.2.2.1.3 Coesione non drenata da prove CPTU

In caso di disponibilità di prove CPTU, la resistenza al taglio non drenata c_u , associabile a condizioni triassiali di compressione, verrà anche stimata sulla base della seguente espressione fornita da Lunne et al., (1985) Doc. Rif. [9], valevole per terreni a grana fina ($I_c > 2.6$):

$$c_u = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{N_{kt}}$$

essendo

- σ_{v0} = pressione verticale totale;
- q_t = resistenza di punta corretta.
- N_{kt} = coefficiente adimensionale compreso tra 10 e 20. Questo coefficiente sarà esplicitato caso per caso all'interno del capitolo 9.

Gli autori evidenziano che il valore di N_{kt} tende ad aumentare all'aumentare della plasticità e a diminuire all'aumentare della sensitività, fino a raggiungere valori prossimi a 6 nei casi di terreni a grana fina particolarmente sensitivi con $B_q = \frac{U_2 - U_o}{q_t - \sigma_{v0}} = 1$.

8.2.2.1.4 Coesione non drenata da prove SPT

La resistenza al taglio non drenata di materiali saturi sotto falda, associabile a quella di prove triassiali di compressione e carico, consolidate alle tensioni efficaci geostatiche, può essere stimata adottando la correlazione empirica proposta da Stroud (1974) Doc. Rif. [10], dalla quale risulta:

$$c_u = f_1 N_{SPT} \text{ (kPa)}$$

dove f_1 = coefficiente variabile in funzione dell'indice di plasticità come da Figura 8-1.

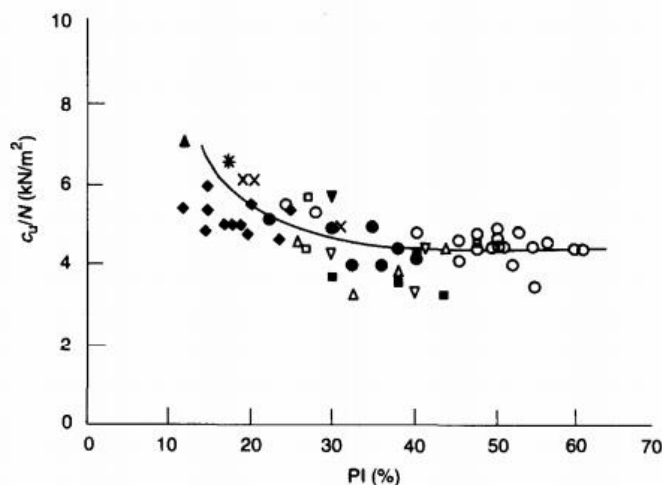


Figura 8-1: Variazione del coefficiente f1 in funzione dell'indice di plasticità

8.2.2.2 Condizioni drenate

8.2.2.2.1 Angolo d'attrito e coesione efficace da prove di laboratorio

Le prove di laboratorio disponibili nel presente progetto per la misura della angolo di attrito e della coesione efficace sono:

- n.8 triassiali TxCU;
- n. 34 TD.

Nel successivo capitolo 8 verranno confrontati e discussi i valori ottenuti dalle citate prove.

8.2.2.2.2 Angolo d'attrito da prove CPTU

In caso di disponibilità di prove CPTU, gli angoli di resistenza al taglio in termini di tensioni efficaci saranno valutati dalla seguente correlazione empirica (Mayne, P.W., Campanella, R.G.,2005 Doc.Rif. [12]):

$$\phi'(^{\circ}) = 29.5^{\circ} \cdot B_q^{0,121} \cdot [0,256 + 0,336 \cdot B_q + \log(Q_t)]$$

valevole per

- terreni a grana fina normal consolidati (o leggermente sovraconsolidati) per i quali si assume $c'=0$;

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	47 di 270

- intervalli di $\varphi' = 20^\circ \div 45^\circ$;
- $B_q = 0.1 \div 1.0$.

8.2.2.2.3 Angolo d'attrito da Indice di Plasticità

In mancanza di ulteriori dati su cui basarsi, si può ricorrere allo studio di Lambe and Whitman (1979) Doc.Rif. [6]; gli autori hanno identificato una correlazione che esprime l'angolo di attrito in funzione dell'Indice di plasticità per i materiali coesivi. Questa correlazione è riprodotta nella **Figura 8-2**, e può essere espressa dalla seguente equazione: $\varphi' = 50 - 14\log(PI)$

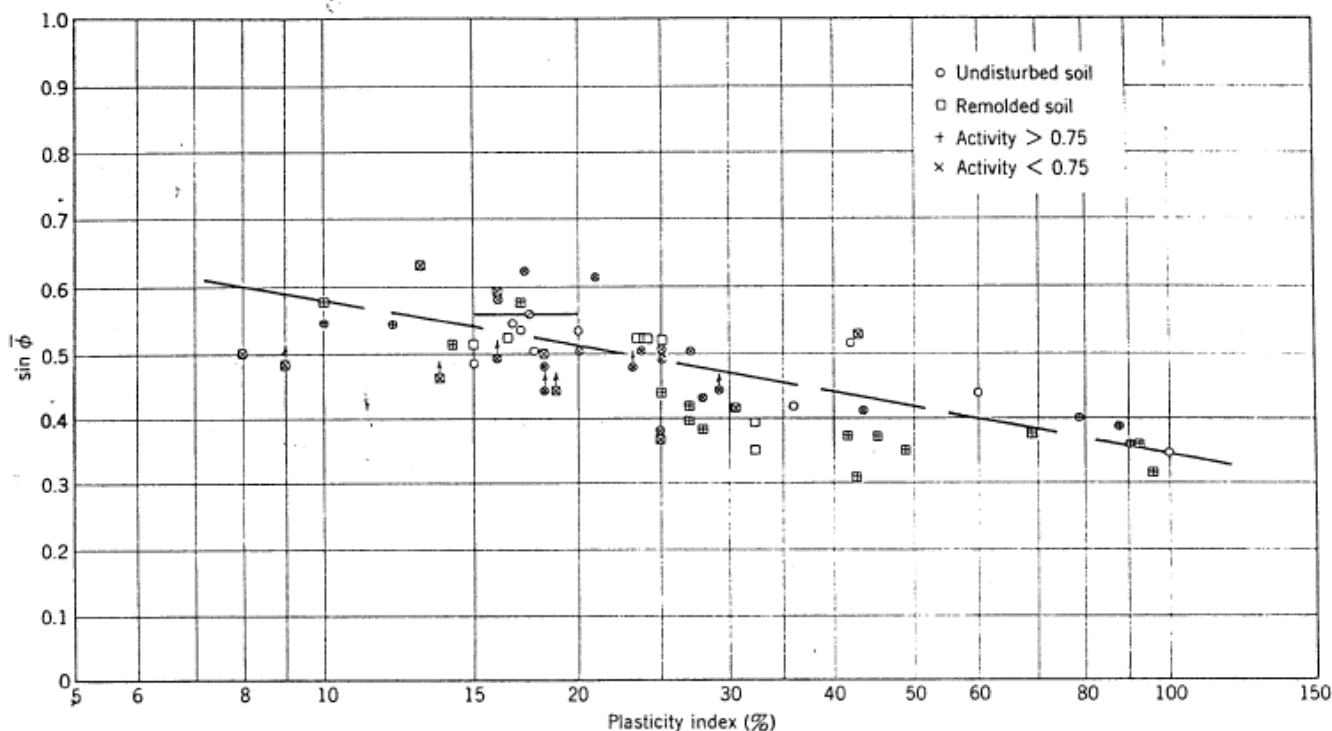


Figura 8-2: Dipendenza dell'angolo di attrito con l'Indice di Plasticità (Kenney, 1959) [6]

8.2.3 Parametri di rigidità

In questo paragrafo verranno brevemente descritte le procedure che saranno utilizzate per assegnare alle unità coesive i valori dei moduli di rigidità.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

8.2.3.1 Parametri edometrici determinati da prove di laboratorio

In prima istanza saranno valutati i principali parametri ricavabili dalle prove edometriche disponibili, che per il caso in esame risultano in numero di 19. A seguire si riportano definizioni e descrizioni sintetiche dei citati parametri.

8.2.3.1.1 Coefficienti di compressibilità e modulo edometrico

A partire dai risultati delle prove edometriche, sarà possibile valutare i parametri di compressibilità C_c (indice di compressione) e C_s (indice di rigonfiamento), ovvero rispettivamente le pendenze della curva di compressione vergine e della curva di scarico ricostruite nel piano $\log \sigma'_v - e$.

Sarà poi calcolato il Modulo Edometrico ($E_{ed}=M$) applicando la seguente espressione valevole per il tratto di compressione vergine

$$M = 2,3 \cdot \frac{(1 + e_0)}{C_c} \cdot \sigma'_v$$

Nel caso di condizione di sovraconsolidazione (i.e. condizione di scarico), nella precedente espressione può essere sostituito C_c con C_s per ottenere il valore del modulo nel tratto di rigonfiamento.

8.2.3.1.2 Coefficiente di consolidazione primaria

I coefficienti di consolidazione primaria c_v , applicabili a problemi di flusso in direzione verticale, saranno ricavati dalla seguente relazione:

$$\frac{k}{\gamma_w \cdot m_v} = c_v$$

dove

- $m_v = 1/E_{ed}$;
- $k^1 =$ coefficiente di permeabilità ottenuto da prova edometrica.

¹ Ai fini applicativi il valore di c_v potrà essere anche ricavato a partire da dati di permeabilità e moduli ottenuti da prove in sito che, solitamente, risultano maggiormente rappresentative per questioni di scala e per il frequente disturbo dei campioni sotto posti a prove edometriche.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

8.2.3.1.3 Coefficiente di consolidazione secondaria

Per i terreni coesivi in grado di sviluppare fenomeni di consolidazione secondaria (i.e. argille attive) è necessario stimare il coefficiente di consolidazione secondaria $C_{\alpha\varepsilon}$, al fine di calcolare i cedimenti dovuti alle deformazioni viscoso dello scheletro solido del terreno.

La scelta dei terreni a cui attribuire un comportamento viscoso rilevante sarà basata sulla valutazione delle carte di plasticità e di attività.

Il calcolo del coefficiente $C_{\alpha\varepsilon}$ sarà effettuato a partire dai risultati delle prove edometriche, confrontando i valori ottenuti con quelli disponibili in letteratura per terreni simili. Per ogni prova edometrica disponibile, saranno estratti i valori

$$C_{\alpha\varepsilon} = \Delta\varepsilon / \Delta\log[t] = (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) / (\log[t_1] - \log[t_2])$$

come rapporto tra la variazione di deformazione tra due istanti di tempo t_1 e t_2 e la variazione logaritmica di tali tempi, prendendo a riferimento la porzione terminale dei diagrammi “deformazione-tempo”, cioè la pendenza della retta della consolidazione secondaria individuata nel piano semilogaritmico $\varepsilon - \log t$ (vedi esempio in Figura 8-3).

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	50 di 270

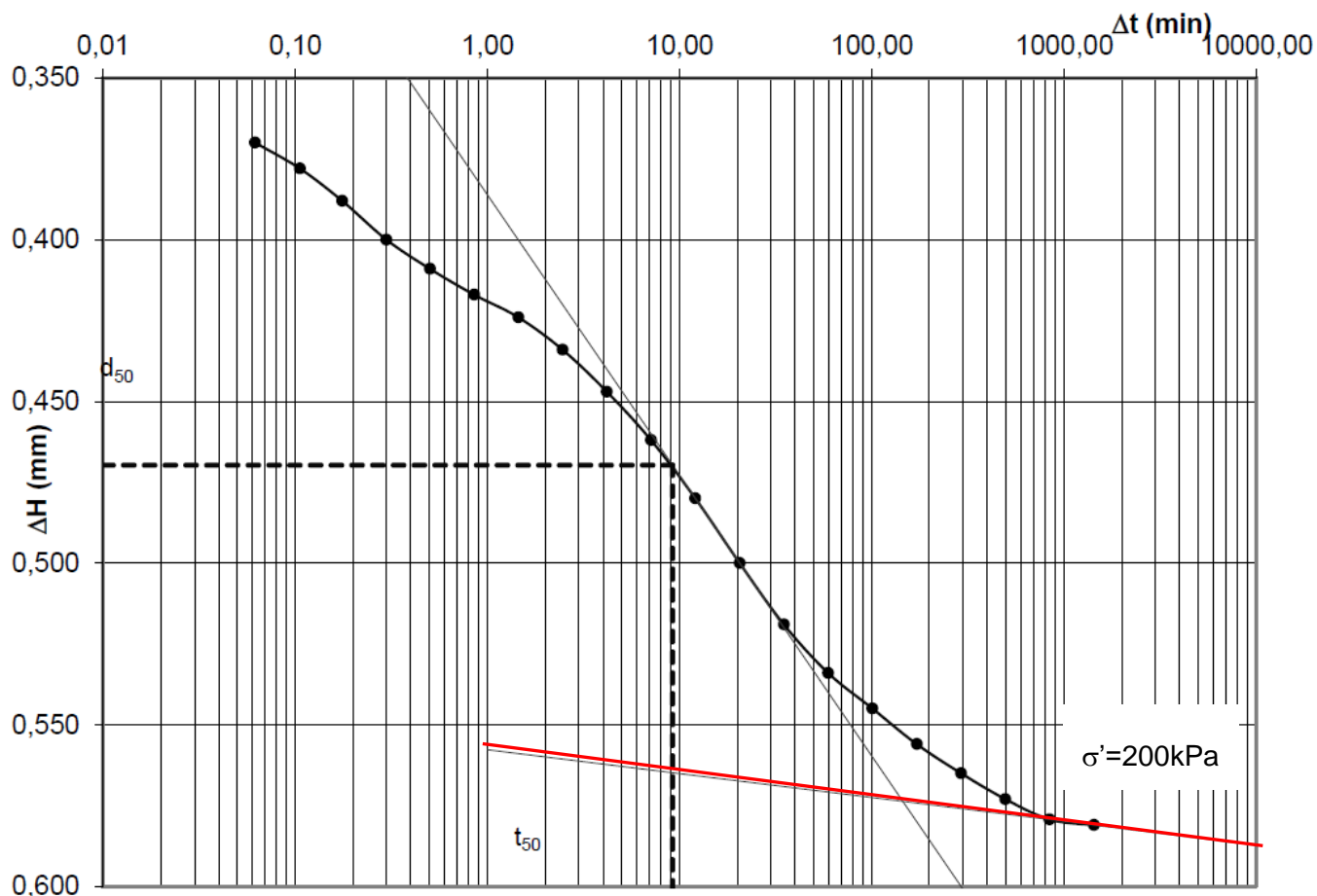


Figura 8-3: Esempio di costruzione per la valutazione del coefficiente di consolidazione secondaria (retta rossa per la valutazione del coefficiente $c_{\alpha\varepsilon}$), da L1-S3- CI2.

Si sottolinea infine che, nell'ambito del presente studio, il coefficiente di consolidazione secondaria è $c_{\alpha\varepsilon}$, cioè è riferito ad una curva $\varepsilon - \log t$ (ovvero, non è il coefficiente C_{α} valutato su una curva $e - \log t$).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

8.2.3.2 Parametri edometrici da correlazioni

8.2.3.2.1 Correlazioni da CPT

Per i terreni a grana fina intercettati dalle CPTU verrà valutato il modulo edometrico $M=E_{ed}$ anche applicando la correlazione di Robertson (2009), Doc.Rif. [13], per terreni a comportamento a grana fina (valevole per $I_c > 2.2$):

$$M = \alpha_M (q_t - \sigma_{v0})$$

in cui

$$\alpha_M = Q_t \quad \text{when } Q_t < 14$$

$$\alpha_M = 14 \quad \text{when } Q_t > 14$$

8.2.3.3 Modulo elastico a basse deformazioni

I moduli elastici di taglio (G_0) e di Young (E_0) a basse deformazioni possono essere ricavati dai valori delle velocità delle onde di taglio V_s utilizzando le seguenti equazioni:

$$G_0 = \frac{\gamma_t}{9,81} \cdot (V_s)^2 \quad (\text{kPa})$$

$$E_0 = G_0 \cdot 2 \cdot (1 + \nu')$$

essendo

- γ_t = peso di volume naturale del terreno in kN/m^3 ;
- ν' = rapporto di Poisson del terreno;
- V_s = velocità di propagazione delle onde di taglio in m/s .

La velocità di propagazione delle onde di taglio V_s può essere invece ottenuta da misure dirette tramite prove geofisiche *Down-Hole*, *Cross-Hole*, *S-CPTU*, ecc. o eventualmente estratte da correlazioni con altre prove in sito tipo SPT e CPT.

8.2.3.4 Modulo elastico operativo in condizioni drenate

Da Prove Pressiometriche e Dilatometriche in foro

Nell'ambito della campagna di indagini geognostiche, fino alla data 03-06-2022, sono state effettuate un totale di n°. 52 prove Pressiometriche di tipo Menard per la caratterizzazione geotecnica dei materiali e n° 57 prove Dilatometriche per la caratterizzazione geomeccanica.

La prova pressiométrica si effettua entro un sondaggio di diametro convenzionale e consiste nell'applicare progressivamente una pressione radiale, per mezzo di una sonda dilatabile, all'interno del sondaggio, misurando lo spostamento che induce nel terreno circostante. Una volta raggiunta la pressione massima ammissibile, si procede a scaricare il pressimetro, per gradi, misurando le deformazioni durante la fase di scarico. Nella prova di tipo Menard (MPM), la sonda espandibile è installata in un foro precostituito. In base alla tipologia e alle caratteristiche del terreno indagato, si ottiene la curva pressioni-deformazioni, nella quale si distinguono una fase iniziale (o di messa in contatto della sonda con le pareti del sondaggio), una fase elastica lineare ed un'ultima fase plastica (o di deformazioni irreversibili), fino al punto di rottura del materiale.

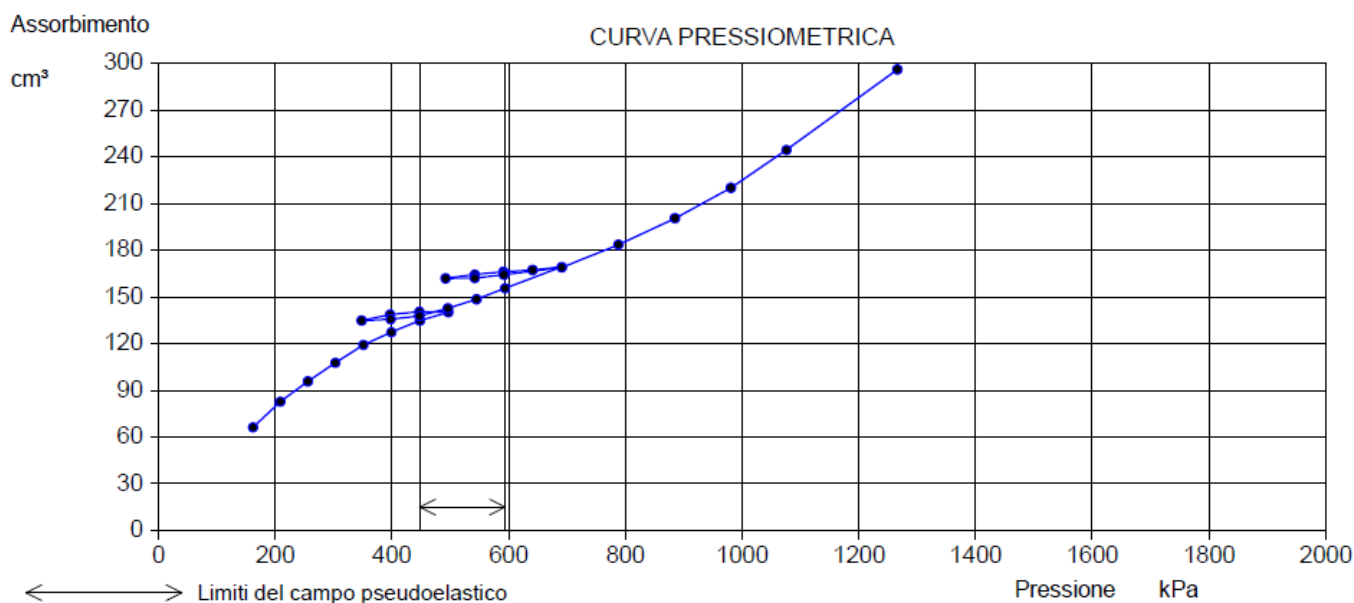


Figura 8-4: Esempio di curva pressiométrica con identificazione del campo elastico (prova P1 in L1-S1)

In base a questa curva si calcola la pressione di scorrimento (P_F , ovvero la pressione alla quale il materiale cessa di comportarsi elasticamente), e la pressione limite (P_L , che rappresenta la pressione

alla quale avviene la rottura del terreno. Infine si ottiene il modulo di deformazione pressiométrico E_p , in base alla seguente espressione:

$$E_p = (1 + \nu) \cdot M \cdot r,$$

dove ν è il coefficiente di Poisson, M è la rigidità del terreno (calcolata dalla pendenza del tratto elastico della curva pressiométrica) e r è il raggio del foro del sondaggio.

Una volta ottenuto il modulo pressiométrico, è possibile ricavare il modulo di Young (E) applicando un fattore reologico α in funzione del tipo di materiale e del suo grado di consolidazione (si veda Tabella sottostante): $E = E_p / \alpha$.

Tabella 8-1: Fattori reologici di Menard, Doc.Rif. [15]

Soil type	Peat		Clay		Silt		Sand		Sand and gravel	
	E/p_L^*	α	E/p_L^*	α	E/p_L^*	α	E/p_L^*	α	E/p_L^*	α
Over-consolidated			> 16	1	> 14	2/3	> 12	1/2	> 10	1/3
Normally consolidated	For all values	1	9-16	2/3	8-14	1/2	7-12	1/3	6-10	1/4
Weathered and/or remoulded			7-9	1/2		1/2		1/3		1/4
Rock	Extremely fractured $\alpha = 1/3$		Other $\alpha = 1/2$			Slightly fractured or extremely weathered $\alpha = 2/3$				

Per la descrizione della prova dilatometrica (DMT) si rimanda agli appositi elaborati (Doc.Rif.[24]) e documenti bibliografici (Doc.Rif.[16] e [17]). Al fine di descrivere la modalità di interpretazione di questa prova, si ricorda che ad ogni profondità investigata, vengono rilevati due valori di pressione:

A = pressione necessaria per controbilanciare la pressione del terreno ed iniziare il movimento della membrana (pressione di distacco);

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	54 di 270

B = pressione necessaria per ottenere una dilatazione del centro della membrana contro il terreno di 1.1 mm.

Le formule base per l'elaborazione dei dati DMT e le principali correlazioni sono riassunte in **Tabella 8-2**. Le letture di pressione A , B devono essere corrette per mezzo dei valori ΔA , ΔB determinati mediante calibrazione, per tenere conto della rigidità della membrana, e convertite in p_0 , p_1 .

I due valori di pressione determinati p_0 e p_1 vengono elaborati ottenendo tre "parametri indice":

I_D Indice di Materiale

K_D Indice di Spinta Orizzontale

E_D Modulo Dilatometrico

Dai parametri indice I_D , K_D , E_D , applicando le correlazioni usuali (TC16 2001, Doc.Rif.[16]), è possibile ricavare il valore di M , Modulo edometrico (terreni sia coesivi che incoerenti).

Tabella 8-2: Formule base per l'elaborazione delle prove DMT (TC16 2001, Doc.Rif. [16]&[17])

SIMBOLO	DESCRIZIONE	FORMULE BASE DI ELABORAZIONE DMT	
p_0	Prima Lettura Corretta	$p_0 = 1.05 (A - Z_M + \Delta A) - 0.05 (B - Z_M - \Delta B)$	
p_1	Seconda Lettura Corretta	$p_1 = B - Z_M - \Delta B$	
I_D	Indice di Materiale	$I_D = (p_1 - p_0) / (p_0 - u_0)$	
K_D	Indice di Spinta Orizzontale	$K_D = (p_0 - u_0) / \sigma'_{v0}$	
E_D	Modulo Dilatometrico	$E_D = 34.7 (p_1 - p_0)$	
		Z_M = Lettura al manometro quando "aperto" all'atm. Se ΔA , ΔB sono misurate con lo stesso manometro usato per le letture A , B correnti, porre $Z_M = 0$ (Z_M è compensata) u_0 = pressione neutra pre-inserimento σ'_{v0} = tensione geostatica pre-inserimento E_D NON è un modulo di Young E . E_D deve essere usato solo DOPO averlo combinato con K_D (Storia Tensionale). Prima ricavare $M_{DMT} = R_M E_D$, poi ad es. $E \approx 0.8 M_{DMT}$	
M	Modulo Verticale Drenato Confinato	$M_{DMT} = R_M E_D$ se $I_D \leq 0.6$ $R_M = 0.14 + 2.36 \log K_D$ se $I_D \geq 3$ $R_M = 0.5 + 2 \log K_D$ se $0.6 < I_D < 3$ $R_M = R_{M,0} + (2.5 - R_{M,0}) \log K_D$ con $R_{M,0} = 0.14 + 0.15 (I_D - 0.6)$ se $K_D > 10$ $R_M = 0.32 + 2.18 \log K_D$ se $R_M < 0.85$ porre $R_M = 0.85$	

Modulo operativo ricavato da E_0

Il comportamento dei terreni a grana fine risulta non lineare; i moduli elastici risultano infatti funzione sia della pressione efficace media corrente sia del livello di deformazione indotto o del grado di mobilitazione della resistenza al taglio.

In relazione a quanto sopra la scelta dei moduli di deformazione per le analisi ingegneristiche viene a dipendere anche dal metodo di analisi adottato

Nel caso di ricorso a metodi di calcolo elastico-non lineari, i dati di ingresso per le analisi sono essenzialmente:

- I moduli elastici iniziali di cui al paragrafo 8.2.3.3.
- Le curve di degrado del modulo in funzione del livello di deformazione o di spostamento indotto misurate in laboratorio o ricavabili dalla letteratura tecnica. Tipiche curve di degrado del modulo di taglio G in funzione del livello di deformazione di taglio γ indotto, proposte da Vucetic & Dobry (1991), sono riportate nella Figura 8-5.

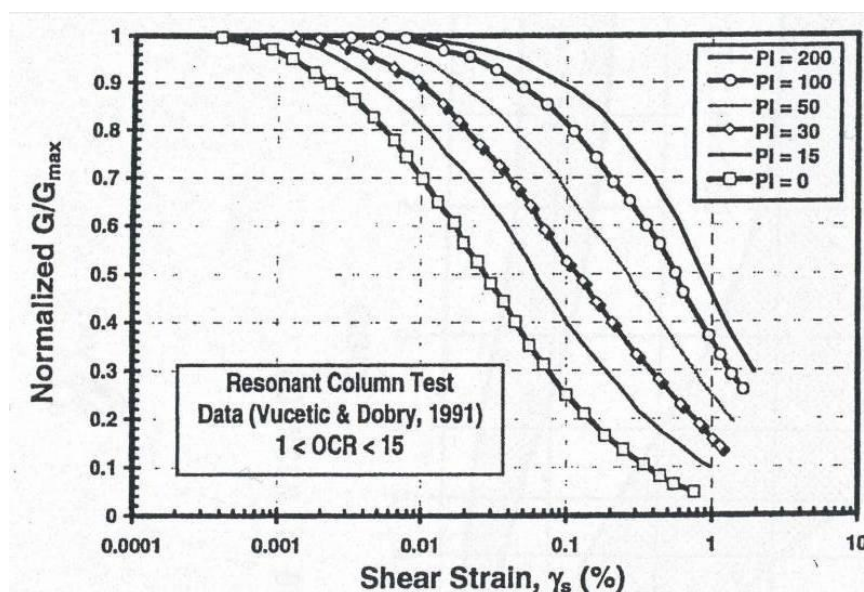


Figura 8-5: Curve sperimentali del rapporto G/G_{max} da prove di colonna risonante ciclica (Vucetic & Dobry, 1991), Doc.Rif.[14]

Nel caso in cui la progettazione faccia ricorso a metodi di calcolo elastico-lineari o elastico-lineari-plastici, per la stima dei moduli “operativi” da associare allo specifico problema al contorno verranno fatte le seguenti assunzioni “convenzionali”:

- nell’analisi di fondazioni profonde e dirette i moduli di Young “operativi” E_{op} sono pari a circa $1/5 \cdot E_0$, ciò in considerazione del fatto che:

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	56 di 270

- o o gli spostamenti totali e differenziali ammissibili per l'opera sono molto contenuti (i cedimenti ammissibili sono infatti generalmente inferiori a $0.01 \cdot B$, essendo B la dimensione minore della fondazione);
- o o da ciò deriva che, in base alla normativa vigente e alla pratica corrente, tale tipo di opere è caratterizzato infatti da coefficienti di sicurezza nei confronti della rottura per capacità portante generalmente superiori a $2.5 \div 3$;
- nel calcolo dei cedimenti dei rilevati i moduli di Young "operativi" E_{op} sono pari a circa $(1/5 \div 1/10) \cdot E_0$; per tali strutture in terra possono essere infatti ammessi cedimenti totali e differenziali maggiori di quelli delle fondazioni profonde e dirette.

8.2.3.5 Modulo elastico operativo in condizioni drenate da correlazioni

Come citato da Franch (2014) Doc.Rif. [18], in termini generali, si può considerare in prima approssimazione la correlazione proposta da Stroud (1974) che relazione l'Indice di Plasticità (IP) con il rapporto $E[kPa]/N_{spt}$.

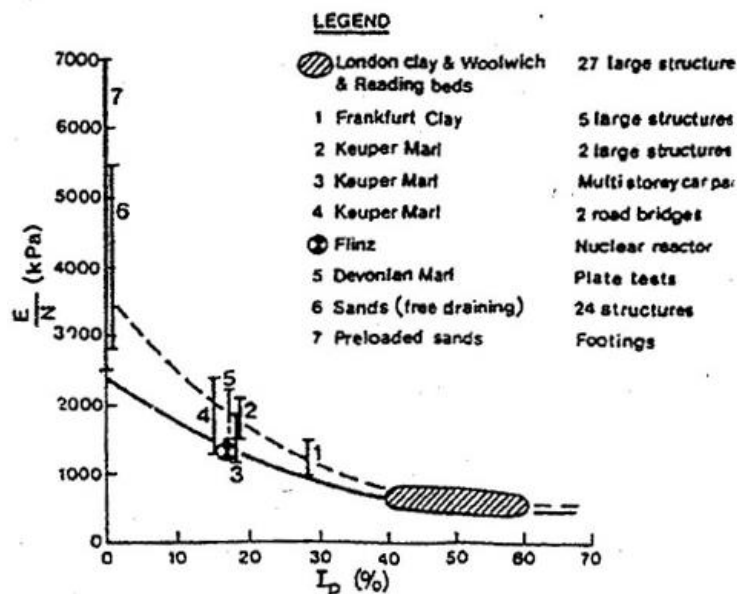


Figura 8-6: Risultati sperimentali di Stroud (1974), Doc.Rif.[18]

L'intervallo ottenuto da questa correlazione pu+o essere approssimato dalle seguenti equazioni:

Limite superiore, $E[kPa] = N_{spt} \cdot (-0.008 \cdot IP^3 + 1.732 \cdot IP^2 - 127.2 \cdot IP + 3703)$

Limite inferiore, $E[kPa] = N_{spt} \cdot (-0.003 \cdot IP^3 + 0.859 \cdot IP^2 - 72.04 \cdot IP + 2410)$

8.2.3.6 Modulo elastico operativo in condizioni non drenate

Per il modulo elastico in condizioni non drenate, potrà essere fatto riferimento a quanto indicato dal lavoro di Duncan e Buchignani (1976), nel quale il modulo E_u è fornito in relazione alla coesione non drenata ($c_u=s_u$) e del grado di sovraconsolidazione OCR, in dipendenza dall'indice di plasticità (vedi Figura 8-7).

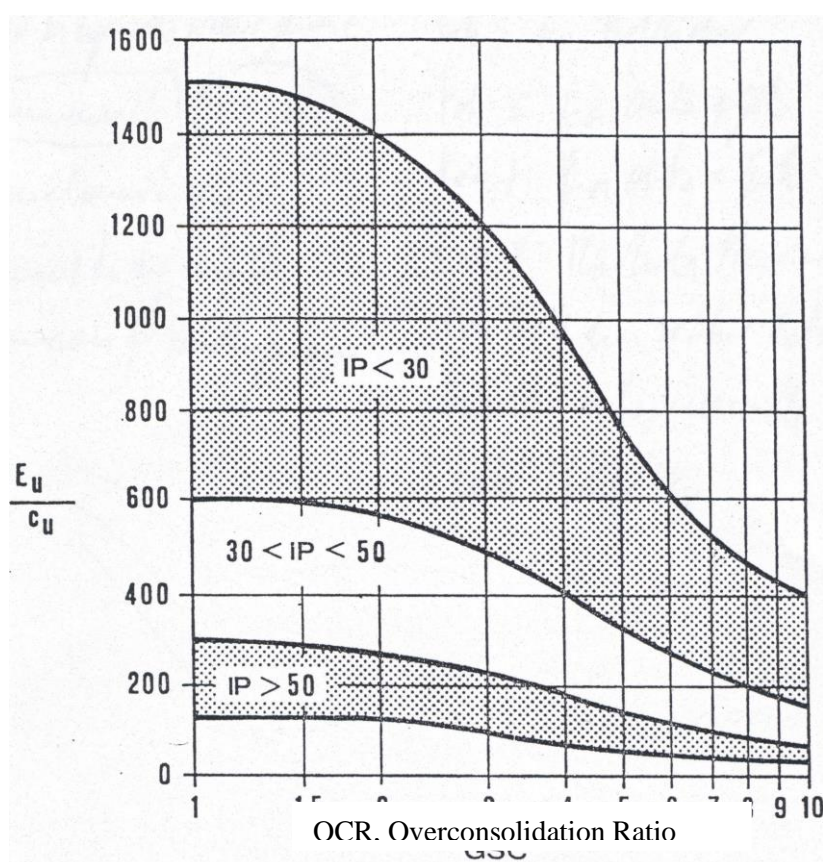


Figura 8-7: Modulo di Young operativo in condizioni non drenate, Doc.Rif.[19]

Il grado di sovraconsolidazione (OCR) indicato nella figura è inteso essere il rapporto tra la pressione di preconsolidazione σ_p' e la pressione verticale efficace geostatica σ_{vo}' .

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

8.2.4 Permeabilità

I dati relativi alla permeabilità dei terreni in esame potranno essere ricavati secondo diverse procedure, nella fattispecie si sono principalmente consultati i risultati delle prove di permeabilità in foro (es: *LeFranc*).

8.3 TERRENI GRANULARI

In questa sezione si riportano i criteri utilizzati per caratterizzare i terreni prevalentemente granulari.

In conseguenza del fatto che in tali materiali risulta difficile prelevare campioni indisturbati, la caratterizzazione geotecnica è affidata principalmente all'interpretazione delle prove in situ (mediante correlazioni empiriche) e delle prove di classificazione di laboratorio effettuate su campioni rimaneggiati.

L'interpretazione delle prove in situ è finalizzata a determinare principalmente le seguenti caratteristiche:

- stato iniziale del deposito;
- parametri di resistenza al taglio;
- parametri di deformabilità;
- coefficienti di permeabilità.

8.3.1 Stato iniziale e caratteristiche fisiche

8.3.1.1 Peso di volume

Per la valutazione del peso di volume verrà fatto riferimento ai risultati delle specifiche prove di laboratorio.

8.3.2 Parametri di resistenza

8.3.2.1 Angolo d'attrito da prove di laboratorio

Nei soli casi in cui siano disponibili campioni indisturbati si potrà fare riferimento alle prove di laboratorio eseguite, ma, data la natura prevalentemente grossolana dei terreni qui trattati, andrà

sempre tenuto conto dell'effettiva rappresentatività dei campioni prelevati. Questi potrebbero, infatti, essere stati estratti da passaggi contenenti matrice fina che, seppur consentendo il prelievo indisturbato, non necessariamente rappresentano il comportamento atteso dell'unità in studio.

8.3.2.2 Angolo d'attrito da correlazioni

8.3.2.2.1 Correlazione da SPT

La correlazione di Peck, Hanson e Thornburn (1974) è approssimabile con la seguente equazione Wolff (1989), rappresentata in

$$\varphi'(^{\circ}) = 27,1 + 0,3 \cdot C_N \cdot N_{SPT} - 0,00054 \cdot (C_N \cdot N_{SPT})^2$$

$$C_N = \frac{2}{1 + \frac{\sigma_{v0}}{p_a}}$$

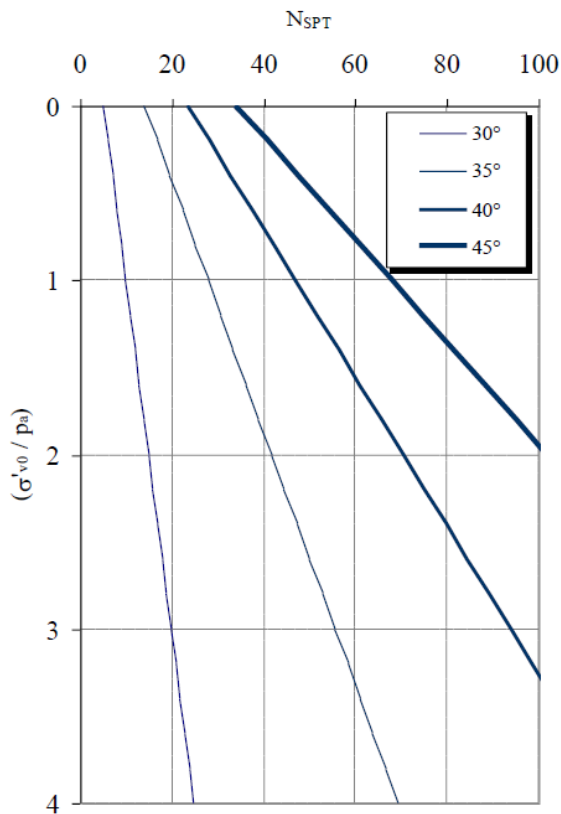
per sabbie fini

$$C_N = \frac{3}{2 + \frac{\sigma_{v0}}{p_a}}$$

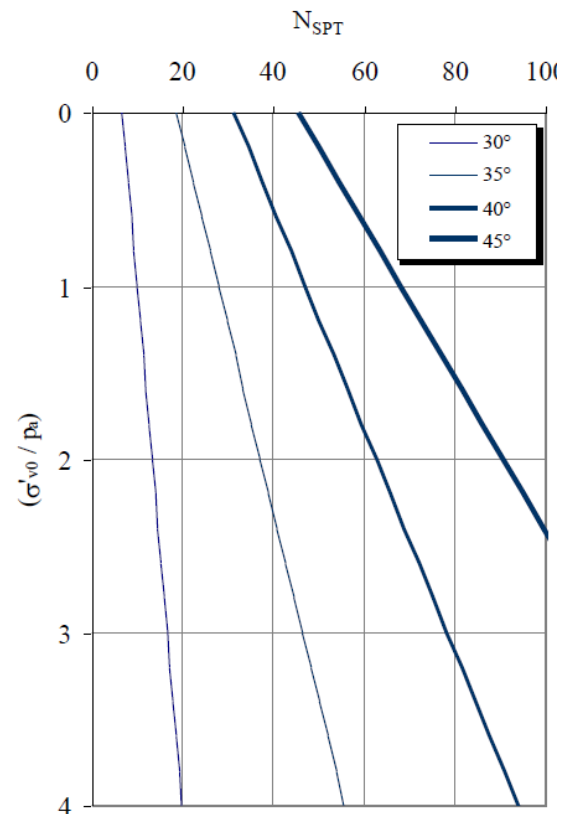
per sabbie grosse

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	60 di 270



Sabbie fini



Sabbie grosse

Figura 8-8: Stima di ϕ' da N_{SPT} applicando correlazione proposta da Wolff (1989)

In alternativa o come termine di confronto si potrà applicare anche Kulhawy e Maine (1980) – Doc.Rif. [20], i quali propongono:

$$\phi' = \arctan \left[\frac{N_{SPT}}{12,2 + 20,3 \cdot \left(\frac{\sigma'_{v0}}{P_a} \right)} \right]^{0,34}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

8.3.3 Parametri di rigidezza

8.3.3.1 Modulo elastico operativo a basse deformazioni

I criteri per la stima del modulo elastico a basse deformazioni sono gli stessi descritti per i terreni a grana fina, cioè riferiti al calcolo di E_0 e G_0 a partire dai valori delle velocità delle onde di taglio V_s .

$$G_0 = \frac{\gamma_t}{9,81} \cdot (V_s)^2 \quad (\text{kPa})$$

$$E_0 = G_0 \cdot 2 \cdot (1 + \nu')$$

Si rimanda al paragrafo 8.2.3.3 per il dettaglio relativo all'ottenimento dei necessari valori di velocità a partire da indagini geofisiche o da correlazioni con CPT e SPT.

8.3.3.2 Modulo elastico operativo da colpi SPT

Le caratteristiche di deformabilità dei depositi incoerenti possono essere stimate a partire dall'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche SPT applicando il metodo di Denver (1982) Doc.Rif. [21], secondo il quale il modulo di Young E' può essere calcolato come:

$$E' = S_1 \cdot N_{\text{SPT}} + S_2$$

dove S_1 e S_2 sono costanti che assumono valori in funzione della granulometria e della litologia, come in tabella sottostante.

Tabella 8-3 Costanti proposte da Denver (1982)

Tipo di terreno	S_1	S_2
Sabbie argillose	0,316	1,58
Sabbie sature	0,478	7,17
Sabbie NC	0,756	18,75
Sabbie OC	1,04	36,79

8.3.4 Permeabilità

I coefficienti di permeabilità k sono determinabili sulla base dei risultati delle prove di permeabilità *Lefranc* in foro di sondaggio; in alternativa o per conferma essi possono essere stimati sulla base della letteratura disponibile.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

9 DETERMINAZIONE DEI VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

La definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici è stata effettuata con i criteri e le correlazioni illustrati al precedente capitolo. Nel seguito si riportano e discutono i dati relativi a ciascuna unità geotecnica già individuata nel capitolo 7, differenziando l'approccio di caratterizzazione in base alla natura coesiva o incoerente ad essa associata, come da capitolo 8.

Nella presente relazione si farà riferimento ad una caratterizzazione generale delle unità individuate, rimandando alle specifiche relazioni di calcolo o di pre-dimensionamento per la descrizione degli effettivi parametri assunti nelle verifiche inerenti alle singole problematiche geotecniche.

Le unità geotecniche sono analizzate seguendo un ordine crescente di età geologica, dalle più recenti a quelle più antiche.

9.1 DEPOSITI DEP

In questo paragrafo si analizzano i dati a disposizione per caratterizzare i depositi in formazione (a3, b2) e quelli completamente formati (bn), non distinti in base al bacino di appartenenza. Si tratta di materiali a grana grossa, che nella relazione geologica vengono descritti come segue:

- **a3:** Detrito di falda, depositi grossolani, eterometrici, con frammenti angolosi o appena smussati, riferibili ad antiche falde detritiche e con detritico-alluvionali.
- **b2:** Coltre detritico-alluvionale, coltre detritica incoerente, a supporto di matrice limoso-argillosa, con clasti eterometrici, a spigoli vivi derivanti da processi di alterazione in situ e paleosuoli con fenomeni di pedogenesi ancora in atto
- **bn:** Depositi alluvionali terrazzati, ghiaie e sabbie addensate e/o pedogenizzate, poste fino a 15-20 m al di sopra del letto fluviale, depositi alluvionali incisi o terrazzati, depositi di conoide torrentizi inattivo e inciso.

Come già anticipato nel capitolo 7, ai fini della caratterizzazione, questi tre gruppi geologici saranno accorpati in un'unica unità geotecnica, identificata come DEP, associando intervalli di parametri di resistenza e deformabilità medi rispetto a quelli di seguito discussi. La caratterizzazione proposta per l'unità DEP verrà poi riassunta nella **Tabella 10-1** del capitolo successivo.

Nel seguente grafico sono rappresentati i dati N_{spt} registrati in situ per l'unità DEP, per comodità qui ancora differenziati in a3, b2 e b.

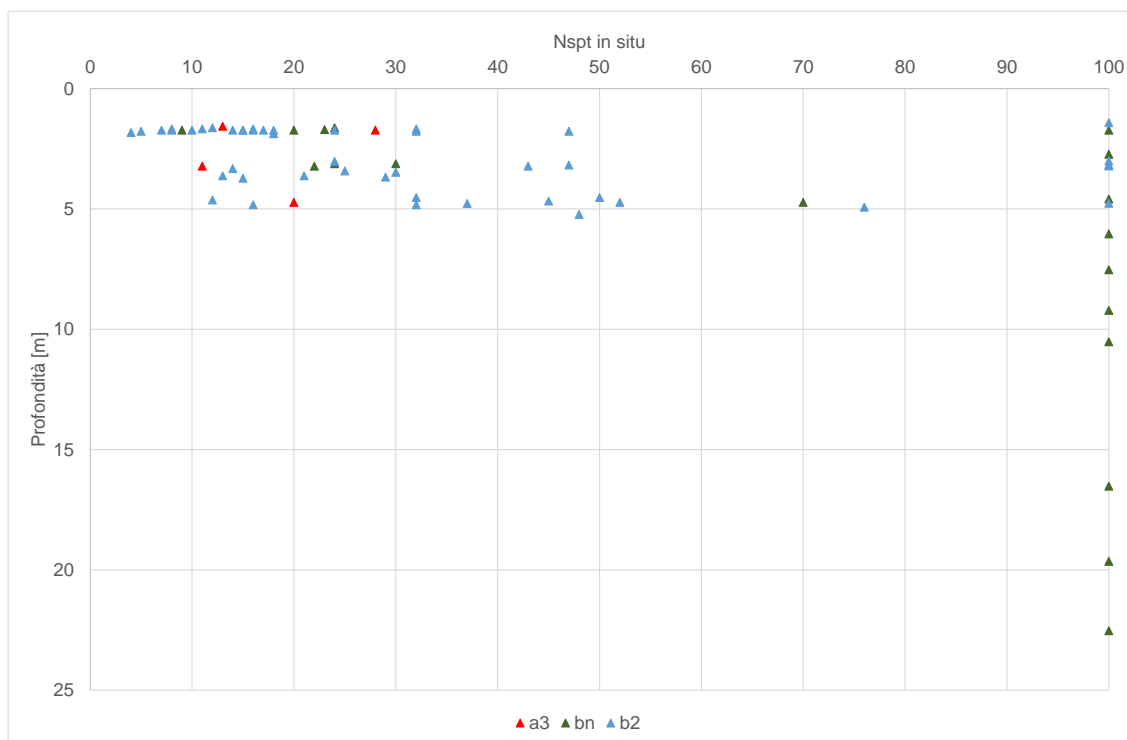


Figura 9-1: Valori Nspt registrati in situ per le unità dei Depositi

Inoltre, nei depositi a3 e b2, sono state eseguite tre prove penetrometriche dinamiche continue: DPSH-1, DPSH-3 e DPSH-7 (rappresentate dalle linee continue in **Figura 9-2**). Poichè le correlazioni empiriche esistenti in letteratura per la stima dei parametri geotecnici fanno principalmente riferimento alle prove SPT, si è proceduto ad applicare una correzione dei risultati delle prove continue per tenere in conto le diverse modalità esecutive. Il criterio utilizzato è stato quello di confrontare le diverse energie specifiche di infissione delle prove SPT e delle prove continue, e quindi applicare il relativo coefficiente ai risultati della prova.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

			PROVA SPT	PROVA DPSH
M	kg	peso massa battente	63,5	63,5
H	cm	altezza di caduta	76,2	75
A	cm ²	Area base punta conica	20,4	20,0
δ	cm	passo di avanzamento	30	20
M'	kg/m	peso aste	6,5	6,3

Considerando le proprietà del penetrometro utilizzato nelle indagini del progetto PFTE (tipo DPSH), si ottiene un rapporto di energia rispetto alle SPT $Q_{DPSH}/Q_{SPT}=1,5$; si è quindi applicato questo fattore per convertire le N20 del DPSH nelle N30 delle prove SPT.



Figura 9-2: Valori N20 registrati dalle DPSH e corrispettivi valori Nspt stimati tramite il coefficiente correttivo che tiene in conto le diverse energie specifiche delle prove.

Riassumendo, unendo i risultati in termine di N_{spt}, si ottiene il seguente andamento con la profondità.

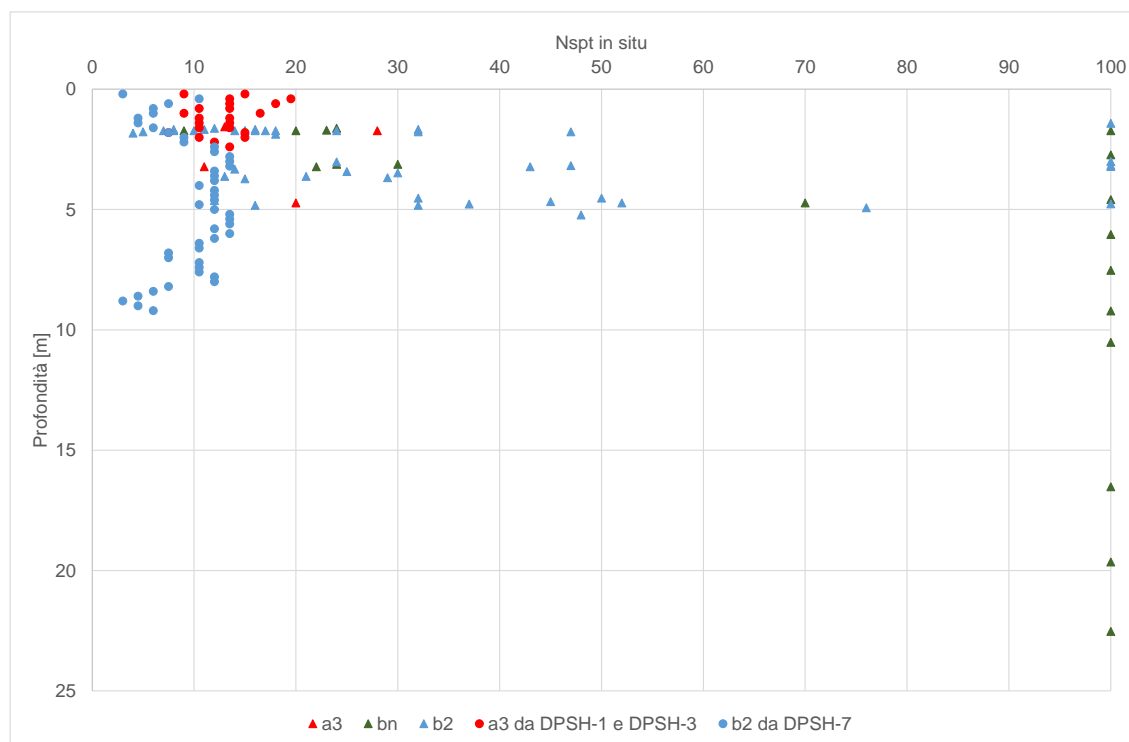


Figura 9-3: Valori N_{spt} in situ per le unità dei Depositi

Si osserva che i depositi superficiali (in genere con profondità minore di 5 m) presentano un N_{spt} caratteristico compreso tra 10 e 20. E' opportuno porre in evidenza che tra le progressive 20+900 e 21+150, in corrispondenza del sondaggio S67, nei depositi *bn* le SPT in foro hanno fornito "Rifiuto".

9.1.1 Parametri di stato e caratteristiche fisiche

I principali parametri inerenti alle caratteristiche fisiche dei materiali che formano l'Unità DEP sono riassunti nella Tabella 9-6, suddivisi per campioni e profondità di prelievo. Nella figura successiva, invece, i valori dei pesi dell'unità di volume sono riportati graficamente in relazione alla profondità.

Tabella 9-1 Riassunto caratteristiche fisiche –DEP

Sondaggio	Unità	Campione	Prof.media	γ	G	S	L	A	Wn	WL	Ip	lc
			[m]	[kN/m3]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	-
L1-S67	DEP	CR1	5.5	-	49	37	10	4	-	Non det.	NP	-
L1-S67	DEP	CR2	13.3	-	61	28	9	2	-	Non det.	NP	-
L1-S67	DEP	CR4	32.7	21.24	35	33	19	13	-	25	13	-
L1-S60	DEP	CI1	4.7	19.93	0	1	71	28	18.2	49	25	1.23
L1-S88	DEP	CR1	3.3	20.02	-	-	-	-	14.2	-	-	-
L1-S89	DEP	CR1	24,725	20.37	33	16	35	16	12.6	-	-	-

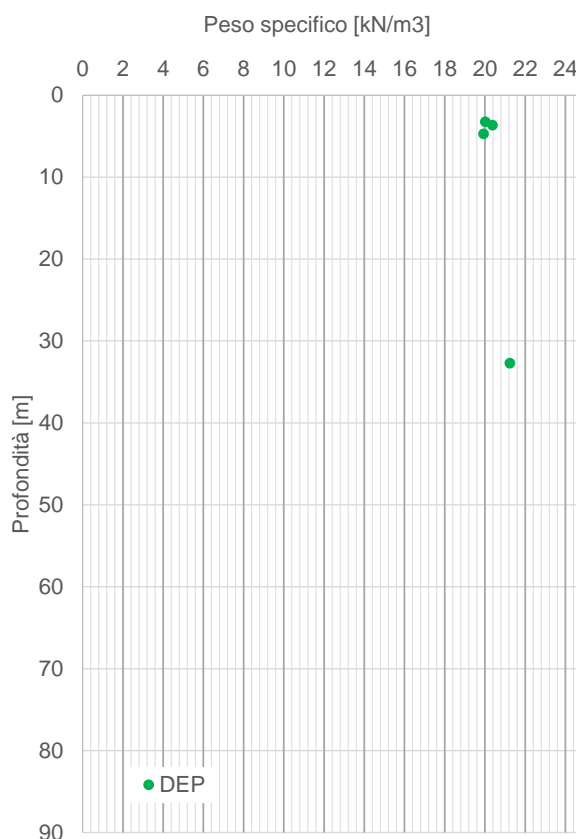


Figura 9-4: Andamento con la profondità dei pesi dell'unità di volume

9.1.2 Parametri di resistenza

Per stimare l'angolo di attrito è stata applicata la correlazione di Wolff (CN per sabbie grosse, si veda paragrafo 8.3.2.2.1), ottenendo l'andamento con la profondità riportato in **Figura 9-5**.

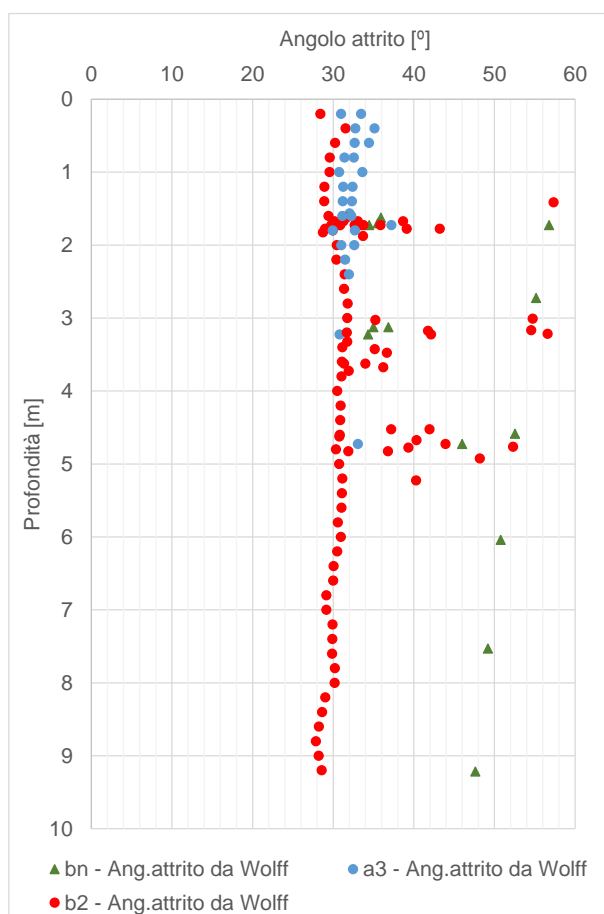


Figura 9-5: Andamento con la profondità dell'angolo di attrito per i depositi (corr.di Wolff, 1989)

Tabella 9-2 Stima angolo di attrito per i depositi (correlazione di Wolff a partire da N_{spt} e da D_{PSH})

φ' (°)	a3	b2	bn
Valore medio (da SPT; da D _{PSH})	33;32	37;30	43;-
Valore minimo (da SPT; da D _{PSH})	31;30	29;28	31;-

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	68 di 270

In base alla tabella precedente si nota che il valor minimo di angolo di attrito stimato presenta una variabilità limitata (28-31°), mentre il valor medio presenta una maggior variabilità (30-43°). Sulla base di quanto discusso si ritiene di poter selezionare un intervallo rappresentativo compreso tra 28° e 35°.

Per completezza si mostrano i risultati relativi all'unica prova di taglio diretto realizzata in questa unità, nel campione CI1 estratto da L1-60. In base a questa prova si ottengono valori di angolo di attrito pari a 22° e di coesione efficace di 22 kPa; questi risultati non vengono considerati rappresentativi del comportamento incoerente dell'unità DEP in quanto il materiale testato presenta un importante percentuale da limo con argilla.

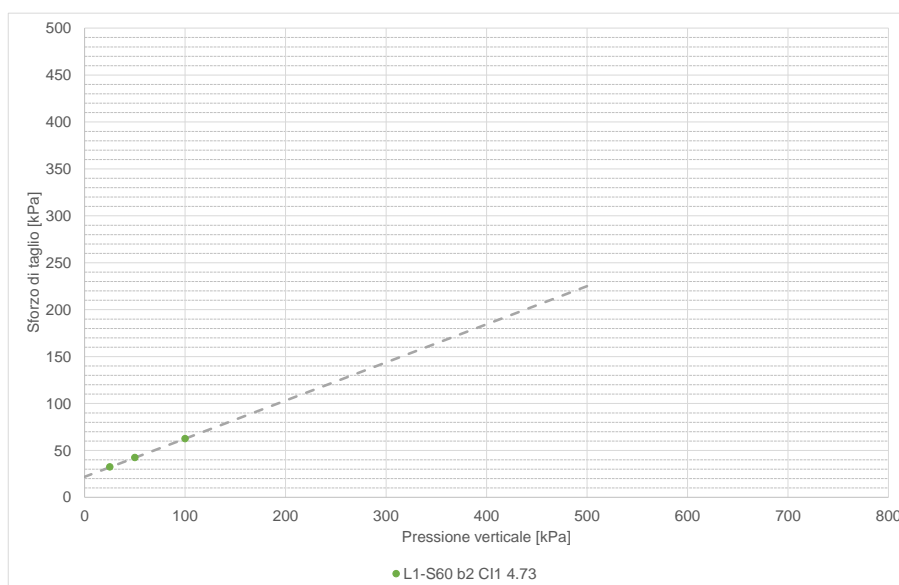


Figura 9-6: Unità DEP - interpretazione delle prove di taglio diretto

9.1.3 Parametri di rigidezza

Per avere una stima delle caratteristiche di rigidezza di questa unità, è stata applicata la correlazione di Denver (1982) secondo il quale il modulo di Young E' può essere calcolato come: $E' = S_1 \cdot N_{SPT} + S_2$, dove S_1 e S_2 sono costanti che assumono valori in funzione della granulometria e della litologia, come in **Tabella 8-3**. Applicando i parametri $S_1 = 0,756$ e $S_2 = 18,75$ relativi a Sabbie NC si ottiene quanto riportato nella **Figura 9-7**.

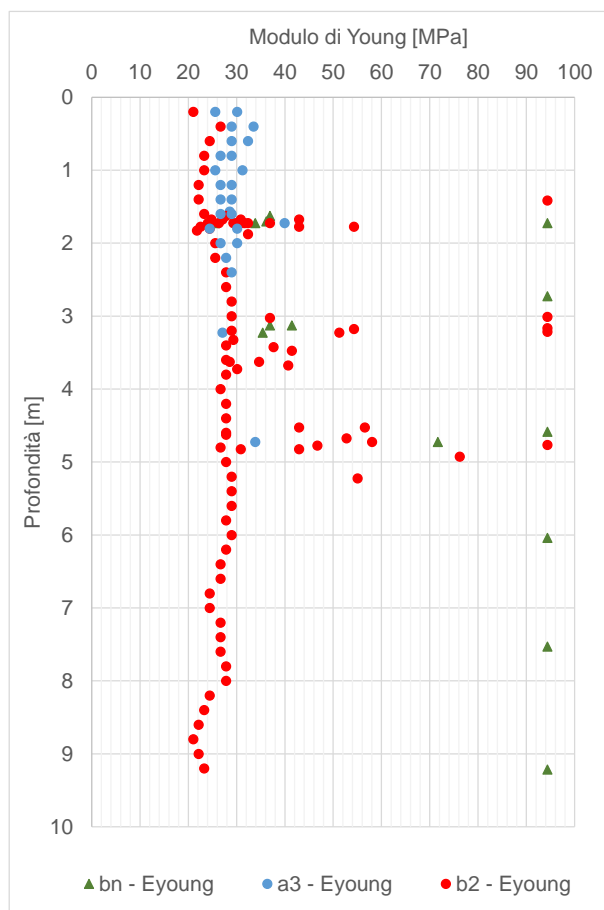


Figura 9-7: Andamento con la profondità del modulo di deformazione per i depositi (corr.di Denver)

Tabella 9-3 Stima Modulo di deformazione (corr.di Denver a partire da N_{spt} e da DPSH)

E' (MPa)	a3	b2	bn
Valore medio (da SPT; da DPSH)	32;28	44;26	70;-
Valore minimo (da SPT; da DPSH)	27;24	22;21	26;-

In base alla tabella precedente si nota che il valor minimo di Modulo di Deformazione stimato presenta una variabilità limitata (21-27 MPa), mentre il valor medio presenta una maggior variabilità (26-70 MPa). Si opta per un intervallo di valori compreso tra 20 MPa e 50 MPa.

Nel sondaggio S67 sono state realizzate 3 prove dilatometriche i cui risultati sono rappresentati nelle figure sottostanti (la terza prova realizzata a profondità di 47,5 m non viene rappresentata in quanto

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	70 di 270

“fuori scala”; in ogni caso si evidenzia come il risultato associato a questa profondità - Mod.Press.=1850 MPa → Edef.=1500 MPa- sia in linea con i risultati della prova DH).

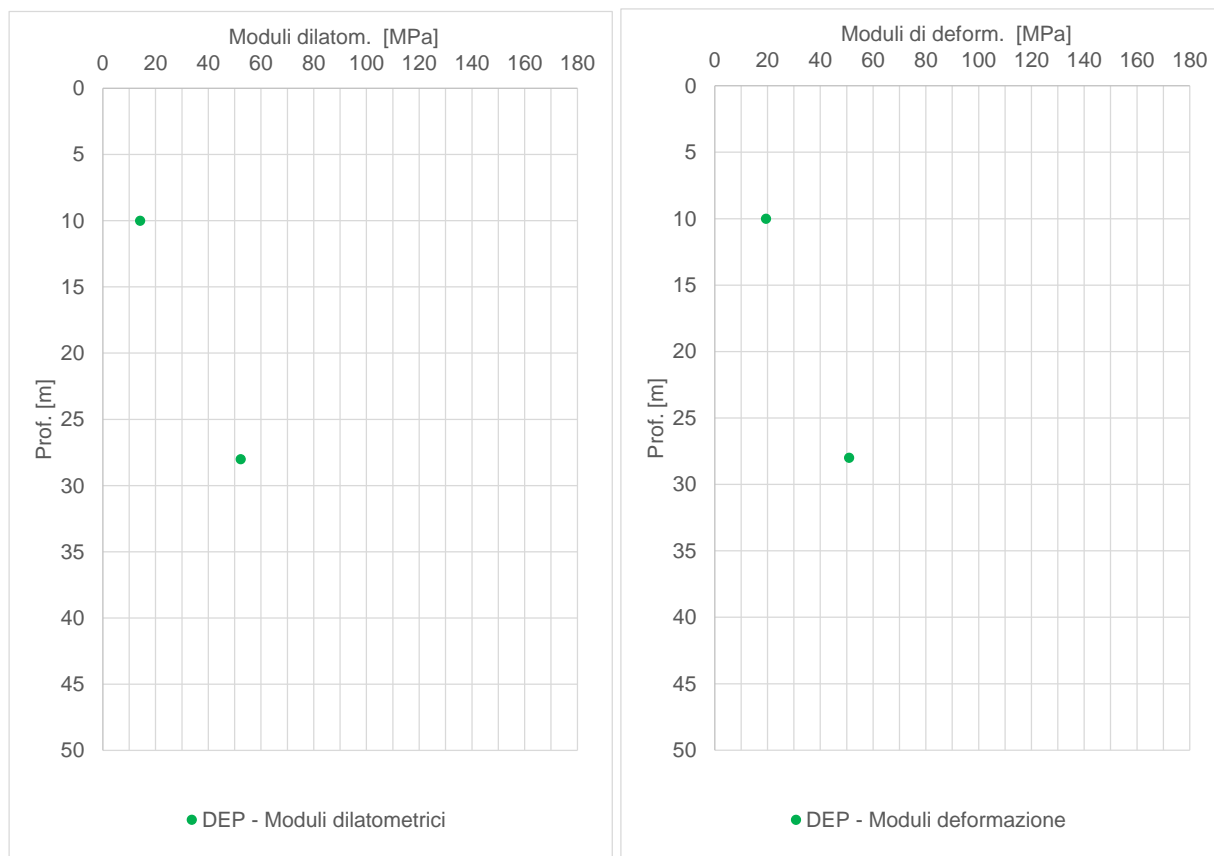


Figura 9-8: Unità DEP – Moduli di deformazione ricavati da prove in-situ

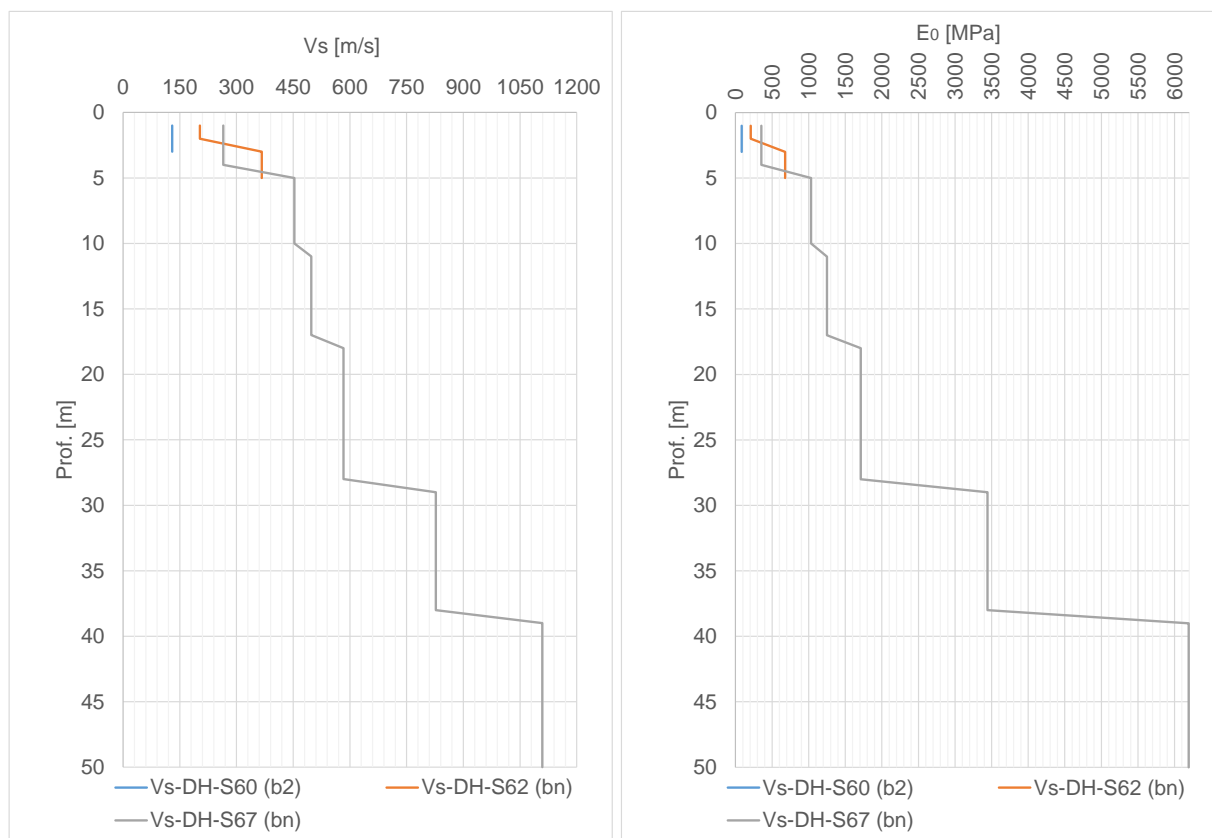


Figura 9-9: Andamento di Vs registrata nelle prove DH (a sinistra) e corrispondenti valori di E_0 (a destra)

In base ai grafici precedenti, si propongono i seguenti intervalli di Moduli E_0 e E_{op} , variabili con la profondità, in cui E_{op} è stato assunto come $1/10 E_0$.

Tabella 9-4: Sommario dei moduli E_0 ed $E_{operativo}$ a partire da prove DH – DEP

unità	<10m	10-30m	>30m
E_0 [MPa]	150-300	300-400	800
E_{op} [MPa]	15-30	30-40	80

9.1.4 Permeabilità

Sono state realizzate 14 prove di permeabilità tipo Lefranc a carico variabil, di cui 4 hanno dato come risultato “assorbimento nullo”. In Tabella 9-52 sono riportati i valori dei coefficienti di permeabilità ottenuti dalle restanti 10 prove e riferibili all’unità DEP indagata.

Tabella 9-5 Risultati delle prove Lefranc sull'unità DEP

Sondaggio	Unità	Prof.prova (m)		k (m/s)
L1-S75	DEP	1.5	2.6	8.07E-06
L1-S75		4	6	3.26E-06
L1-S82		4.3	5.8	1.40E-07
L1-S87		3	4.7	3.08E-07
L1-S93		2.9	4.5	8.65E-07
L1-S67		7	7.5	2.68E-06
L1-S67		15.8	16.5	2.08E-04
L1-S67		31.3	33	2.28E-08
L1-S97		0.3	1.5	6.86E-07
L1-S15		2.8	4.1	3.41E-07

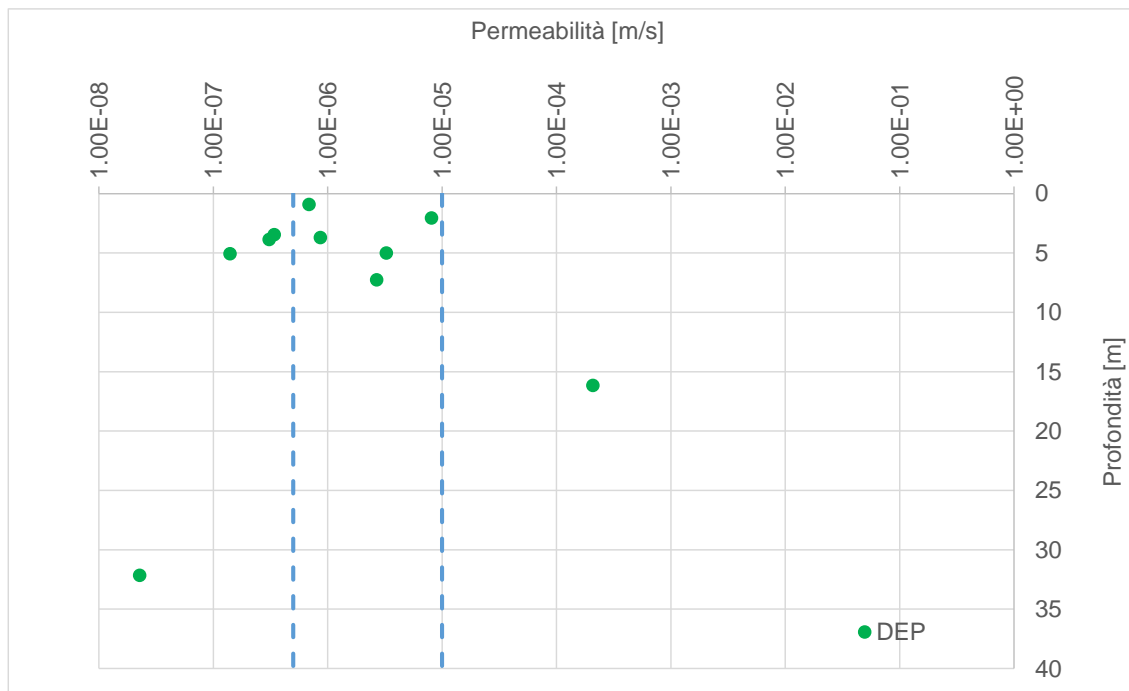


Figura 9-10: Valori di permeabilità dell'unità DEP

9.2 UNITÀ BP

All'interno di questa unità si possono distinguere due sotto-unità geotecniche in funzione delle caratteristiche granulometriche dei depositi:

- **BP_a** si riferisce a depositi con facies più grossolane (Figura 9-11 – a sinistra), costituiti da conglomerati e breccie calcaree a matrice sabbiosa, mal stratificati e da ghiaie sabbiose. Il comportamento geotecnico dell'unità BP_a verrà associato a quello di un terreno granulare;
- **BP_b** sono depositi più fini (Figura 9-11 – a destra), formati da alternanze di sabbie ghiaiose, sabbie poligeniche, limi sabbiosi e limi. Il comportamento geotecnico dell'unità BP_b verrà associato a quello di un terreno coesivo per la prevalente presenza di materiale fine riscontrata.

L'assunzione di associare un differente comportamento geotecnico (granulare per BP_a e coesivo per BP_b) è giustificata anche in base alle granulometrie riportate in Tabella 9-6 e rappresentate in Figura 9-14.

Le figure sottostanti mostrano i materiali appartenenti a queste due sub-unità geotecniche, come rinvenuti in affioramento e così come si presentano estratti dai carotaggi, rispettivamente.



RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	74 di 270



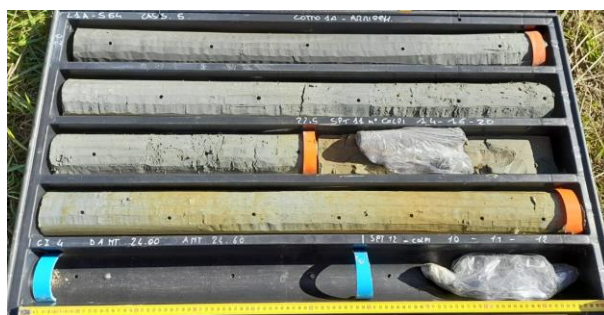
L 1-S 14: Casseta n. 5 da 20.0 a 25.0 m: Ghiaie sabbiose e sabbie con ghiaia deb. limose, a matrice avana, con alcune sottili intercalazioni a matrice limoso-sabbiosa marrone.



L 1-S 1: Casseta n. 2 da 5.0 a 10.0 m: Limo con argilla sabbioso, di colore da marrone chiaro a scuro, con dispersi scarsi inclusi litici di natura carbonatica. Struttura assente/omogenea; asciutto. Da molto a estremamente consistente, a consistenza crescente con la profondità.



L 1-S 55: Casseta n. 8 da 35.0 a 40.0 m: Para/ortoconglomerati cementati, ad elementi poligenici generalmente arrotondati con prevalenti dimensioni di ghiaia media e grossa e sparsi ciottoli.



L 1-S 54: Casseta n. 5 da 20.0 a 25.0 m: Argilla con limo debolmente sabbiosa, a tratti sabbiosa.

Figura 9-11: Fotografie rappresentative dell'unità BPa (a sinistra) e BPb (a destra)

La caratterizzazione dell'unità BP si basa sui dati ricavati dai seguenti sondaggi: L1-S1, L1-S2, L1-S3, L1-S7, L1-S11, L1-S14, L1-S10, L1-S17, L1-S20, L1-S54, L1-S55bis, L1-S55, L1-S56, L1-S57, L1-S58, L1-S81, L1-S5, L1-S6, L1-S8, L1-S9, L1-S12, L1-S15, L1-S16, L1-S18 e L1-S19.

Nel grafico seguente si mostrano i risultati delle prove SPT realizzate nell'unità BPa, con comportamento geotecnico "terreno a grana grossa". Si può notare che circa il 70% ha dato come risultato "Rifiuto" ed un 15% ha dato come risultato valori di SPT superiori a 30; solo un 15% mostra valori di SPT inferiori a 30.

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	75 di 270

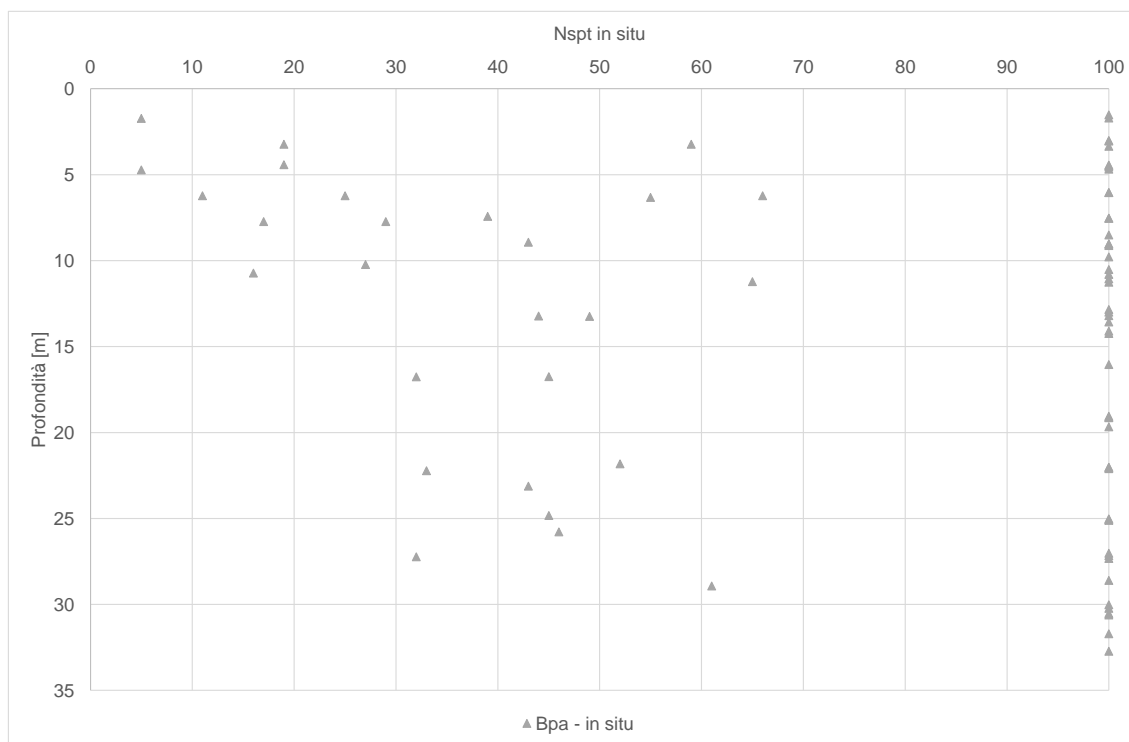


Figura 9-12: Andamento di Nspt con la profondità per l'unità BPa

Per completezza, nel seguente grafico si mostra l'andamento dei valori di Nspt registrati in situ, eseguiti sull'unità geotecnica BPb.

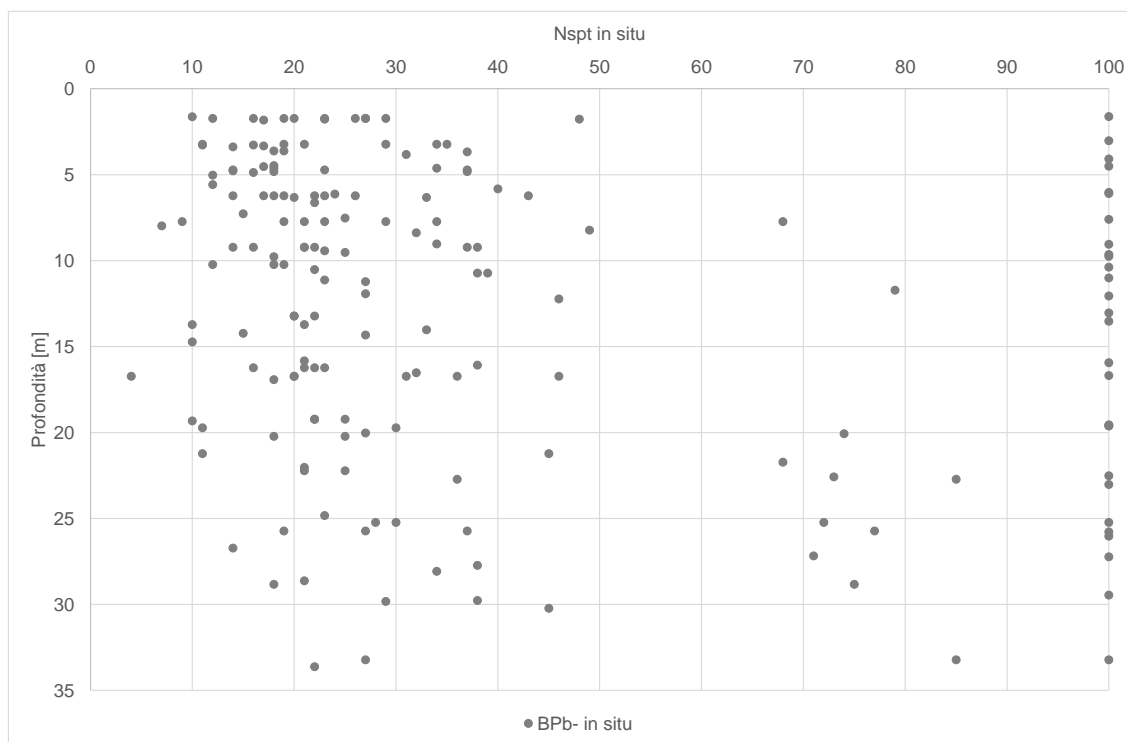


Figura 9-13: Andamento di Nspt con la profondità per l'unità BPb

9.2.1 Parametri di stato e caratteristiche fisiche

I principali parametri inerenti alle caratteristiche fisiche e le relative proprietà indice dei due sottogruppi che formano l'Unità BP sono riassunti nella Tabella 9-6, suddivisi per campioni e profondità di prelievo. Nella **Figura 9-15** successiva, invece, i valori degli stessi parametri sono riportati graficamente.

Tabella 9-6 Riassunto caratteristiche fisiche – BP

Sond.	Unità	Camp.	Prof.	γ	G	S	L	A	Wn	WL	Ip	Ic	e ₀
			[m]										
L1-S11	BPa	CR2	12,15	-	62	25	12	1	-	non det.	NP	-	-
L1-S11	BPa	CR4	36,75	-	2	23	71	4	25,3	31	22	0,6	-
L1-S11	BPa	CR5	55,175	-	23	18	58	1	19,2	29	18	0,9	-

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE000001	A	77 di 270

Sond.	Unità	Camp.	Prof. media	γ	G	S	L	A	Wn	WL	Ip	lc	e ₀
			[m]	[kN/m ³]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	-	-
L1-S14	BPa	CR1	5,05	-					-	-	-	-	-
L1-S14	BPa	CR3	20,7		53	27	15	5	-	non det.	NP	-	-
L1-S14	BPa	CR4	24,725	-	51	25	20	4	-	non det.	NP	-	-
L1-S14	BPa	CR5	27,775	-	39	34	21	6	-	21	15	-	-
L1-S14	BPa	CR6	39,55	-	40	27	29	4		non det.	NP	-	-
L1-S20	BPa	CR1	28,45	-	63	24	10	3	-	non det.	NP	-	-
L1-S20	BPa	CR2	39,75	-	39	41	13	7		24	13	-	-
L1-S1	BPb	CI1	5,25	18,44	0	5	91	4	27,2	62	33	1,2	0,739
L1-S1	BPb	CI2	14,25	17,66	46	12	41	1	34,7	61	31	0,9	0,867
L1-S1	BPb	CR3	19,3	-	7	55	36	2	-	non det.	NP	-	-
L1-S1	BPb	CI4	28,28	18,84	23	51	26	0	33	non det.	NP	-	-
L1-S1	BPb	CR5	36,225	-	34	38	25	3	-	non det.	NP	-	-
L1-S3	BPb	CI1	5,75	18,93	0	5	90	5	25,4	31	20	0,5	0,708
L1-S3	BPb	CI2	12,75	18,15	0	6	90	4	32	75	32	1,0	0,859
L1-S3	BPb	CI3	20,55	19,13	0	21	76	3	25,5	49	20	0,8	-
L1-S3	BPb	CI4	28,25	19,42	0	46	52	2	23,8	29	17	0,4	-
L1-S7	BPb	CI1	5,35	19,42	21	24	31	24	25,6	39	16	0,6	0,617
L1-S7	BPb	CR2	12,2	-	71	7	11	11	-	66	29	-	-
L1-S7	BPb	CI3	19,75	19,52	2	19	60	19	25,1	45	24	0,9	-
L1-S7	BPb	CR4	28,2		42	19	27	12	-	40	20	-	-
L1-S7	BPb	CR5	36,9	-	0	10	85	5	-	29	NP	-	-
L1-S11	BPb	CI1	7,75	19,33	2	22	75	1	24,4	31	18	0,5	-

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	78 di 270

Sond.	Unità	Camp.	Prof. media	γ	G	S	L	A	Wn	WL	Ip	Ic	e_0
			[m]	[kN/m ³]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	-	-
L1-S11	BPb	CI3	21,75	20,11	6	7	72	15	21,9	43	17	0,8	-
L1-S14	BPb	CI2	13,25	20,70	49,0	16,0	35,0	0,0	18,2	non det.	NP	-	0,495
L1-S2	BPb	CR1	4,225		1	30	60	9		non det.	NP	-	
L1-S2	BPb	CI2	10	17,66	11	12	56	21	32,4	57	30	0,8	0,804
L1-S2	Bpa	CR3	17,275		37	20	35	8		31	10	-	
L1-S2	BPb	CR4	25,25		35	27	30	8		48	23	-	
L1-S54	BPb	CI1	3,2	17,77	1	10	40	49	31,6	59	38%	0,72	
L1-S54	BPb	CI2	9,275	15,53	0	6	73	21	53,1	58	25%	0,20	
L1-S54	BPb	CI3	13,8	17,58	5	43	24	28	33,6	40	26%	0,25	
L1-S54	BPb	CI4	24,3	19,36	0	9	53	38	24,7	43	25%	0,73	
L1-S55bis	BPb	CI1	5,45	20,13	23	25	44	8	13,9	23	6%	1,52	
L1-S55bis	BPb	CI2	15,35										
L1-S55bis	BPb	CI3	23,25										
L1-S55bis	BPb	CI4	33,75										
L1-S55	BPb	CI1	5,175		35	20	36	9	15,7	28	9%	1,37	
L1-S55	BPb	CI3	27,25	19,61	0	38	45	17	20,6	36	18%	0,86	
L1-S55	BPb	CI5	44,975	19,54	0	1	87	12	22,6	33	14%	0,74	

La tabella precedente riassume la caratterizzazione fisica riferita ad entrambe le unità BPb (granulare) e BPb (coesiva). Nel sondaggio L1-S55 sono stati estratti campioni di natura litoide - CL4a, CL4b, CL4c – definiti come arenaria, conglomerato e breccia.

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	79 di 270

Nei seguenti grafici si mostrano i valori di contenuto “ghiaia + sabbia” e “limo + argilla” sulla base dei quali è stato individuato il tipo di comportamento assunto (granulare per BPa e coesivo per BPb), che verrà anche confermato dai risultati dei limiti di Atterberg e carta di plasticità corrispondente (si veda Figura 9-17). In base alla Figura 9-14, si può notare come la maggior parte dei dati associati a BPa mostra un contenuto a grana grossa generalmente maggiore del 60%, mentre la maggior parte dei dati associati a BPb mostra un contenuto a grana fine prevalentemente maggiore del 50%.

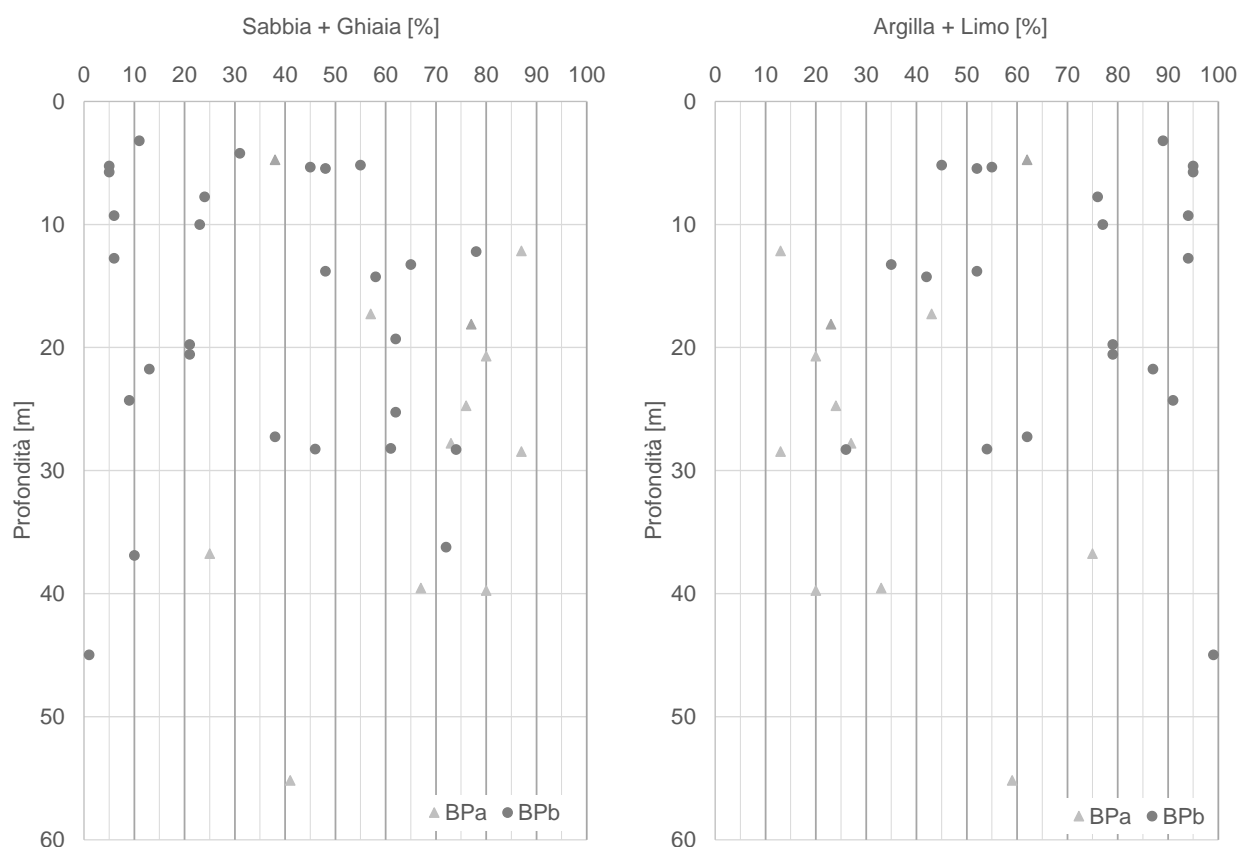


Figura 9-14: Contenuto di Ghiaia+Sabbia e Limo+Argilla per le due sub-unità BPa e BPb

Di seguito, i grafici saranno riferiti alla sola unità coesiva BPb (eccetto quello corrispondente al peso specifico) a cui sono riconducibili i campioni indisturbati sui quali è stata eseguita la caratterizzazione fisica completa da laboratorio.

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	80 di 270

Con riferimento ai grafici di Figura 9-15, i pesi dell'unità di volume presentano una limitata variabilità essendo i valori compresi tra 15.5 e 20.7 kN/m³. L'indice dei vuoti assume valori compresi tra 0.5-0.9, ed il valore rappresentativo può essere assunto pari a 0.8.

L'andamento dell'indice di plasticità di Figura 9-16 indica una condizione tra POCO PLASTICA ($5 < I_p < 15$) e PLASTICA ($15 < I_p < 40$). La consistenza è generalmente PLASTICA ($0.5 < I_c < 0.75$) e SOLIDO-PLASTICA ($0.75 < I_c < 1$), come riscontrabile dai valori dell'indice di consistenza riportati nel grafico della stessa figura.

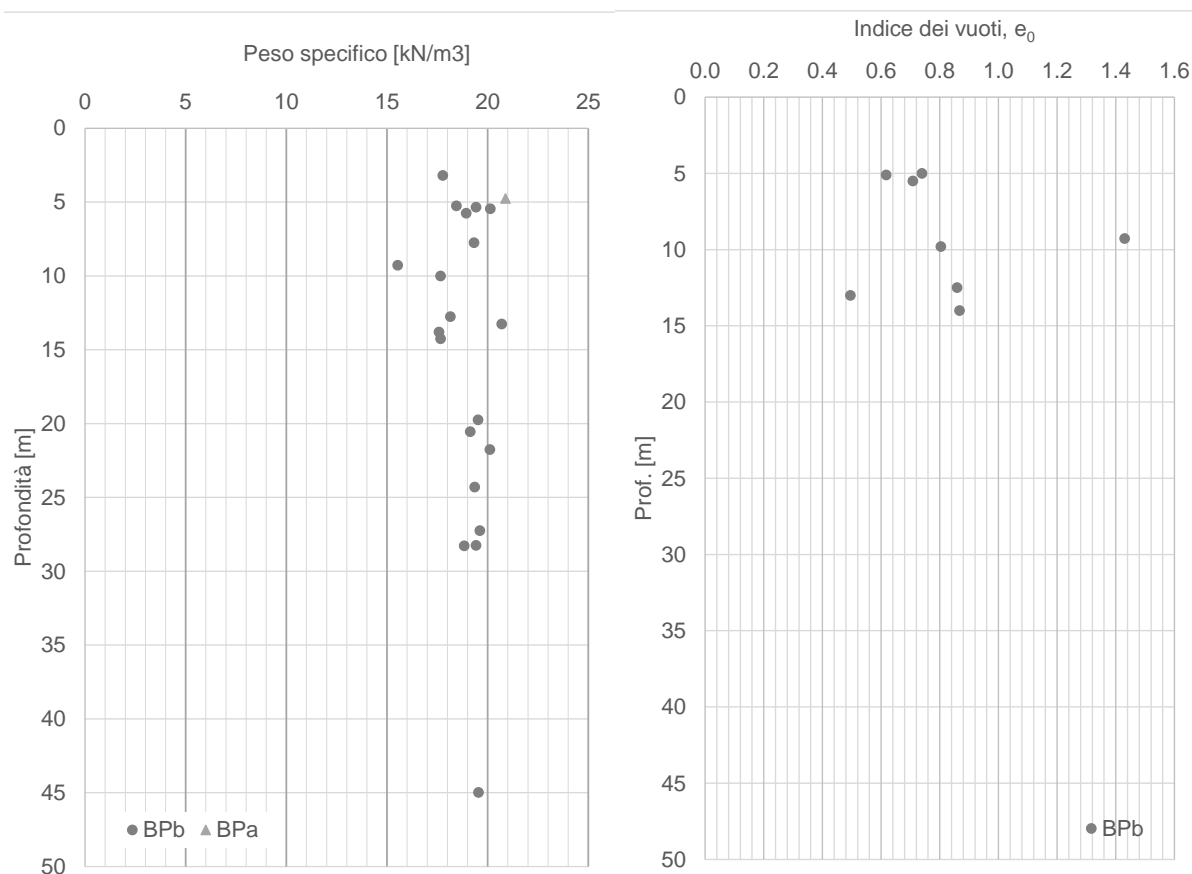


Figura 9-15: Andamenti con la profondità dei pesi dell'unità di volume e dell'indice dei vuoti

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	81 di 270

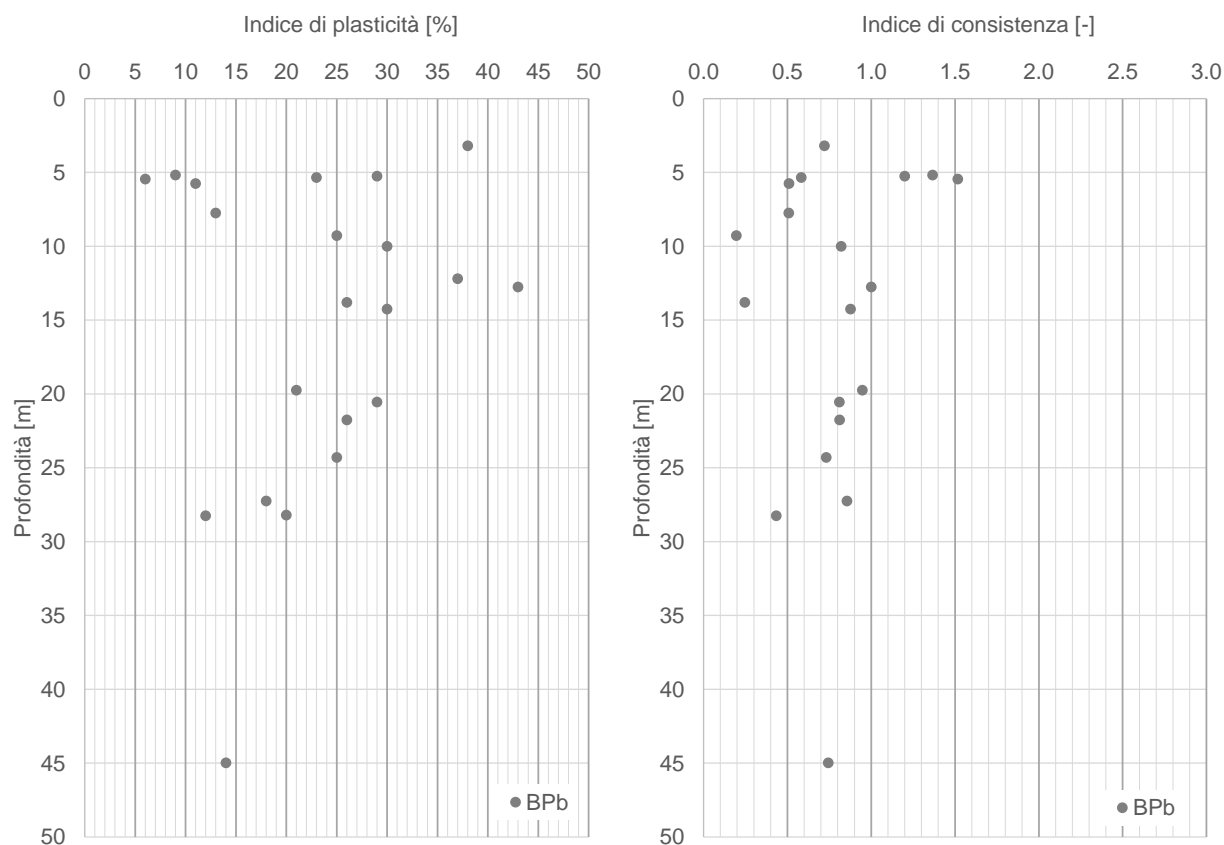


Figura 9-16: Andamenti con la profondità degli indici di Plasticità e di Consistenza

La distribuzione dei dati nella Carta di Plasticità di Casagrande (Figura 9-17) classifica i terreni generalmente come argillosi inorganici, anche se molto prossimi alla retta A, a conferma della grande percentuale di limo presente; l'unità BPb risulta caratterizzata da plasticità variabile (da bassa ad alta). Per quanto riguarda la carta di Attività i terreni BPb sono classificabili come ATTIVI e NORMALI.

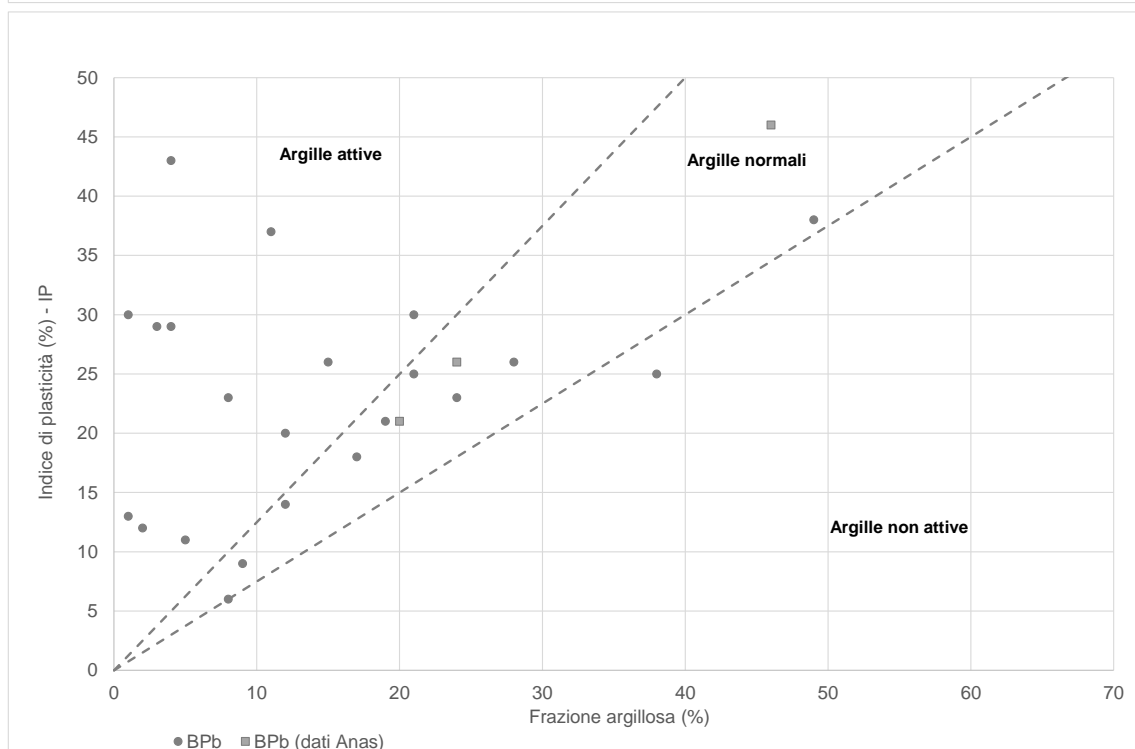
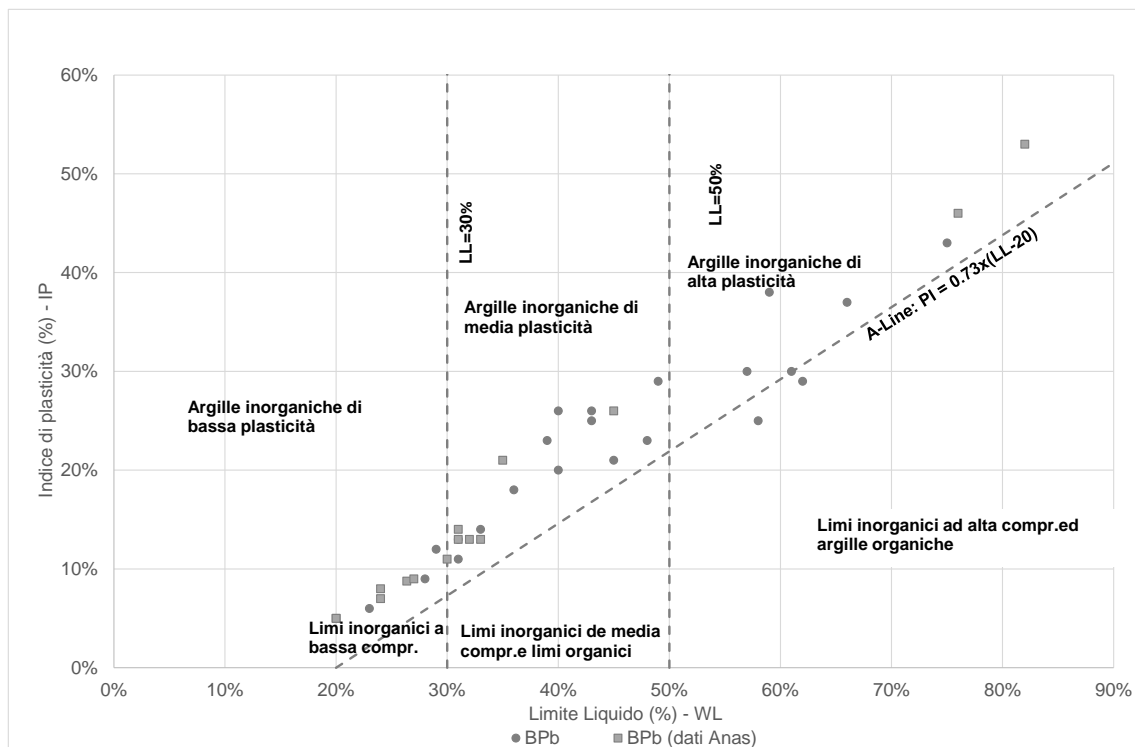


Figura 9-17: Carta di Plasticità (in alto) e Carta di attività (in basso)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

A partire dalle prove edometriche effettuate, si è ottenuto il seguente andamento del grado di sovraconsolidazione: si può considerare un OCR pari a 2,5 nei primi 10 m superficiali, che a maggiori profondità tende a ridursi.

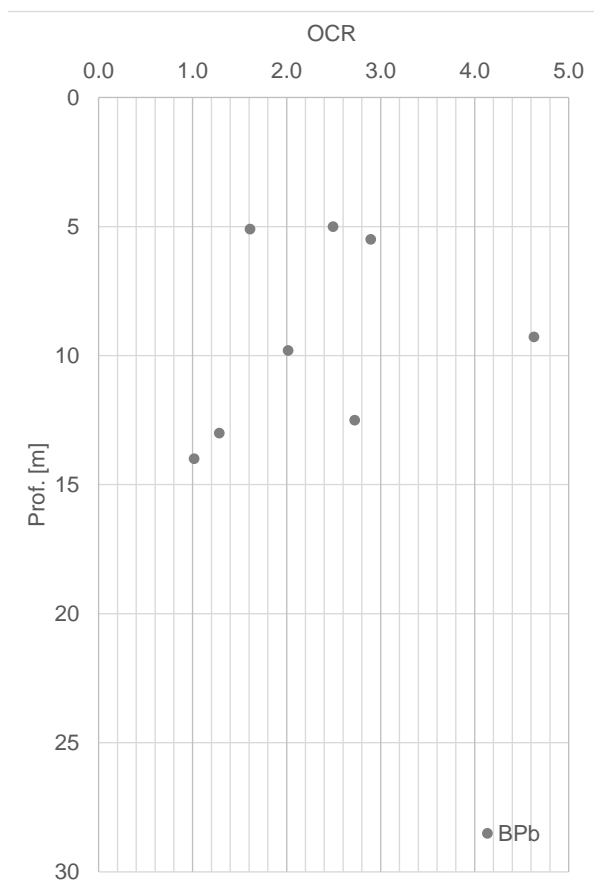


Figura 9-18: Andamenti con la profondità dell'indice di sovra-consolidazione OCR

9.2.2 Parametri di resistenza

9.2.2.1 Condizioni non drenate

Sulla base di quanto anticipato in precedenza, questo paragrafo sarà riferito solo all'unità coesiva **BPb**. In Figura 9-19 si riportano gli andamenti con la profondità della coesione non drenata c_u ottenuti dalle prove in situ (nello specifico da prove con penetrometri tascabili), dalle correlazioni con N_{SPT} (si veda paragrafo 8.2.2.1.4, considerando $f_1=4,5$) e, dove disponibili, confrontati con i risultati scaturiti dalle prove di laboratorio triassiali di tipo non consolidato non drenato (Figura 9-19). Inoltre, a titolo di confronto, nel grafico è stata aggiunta la correlazione della legge lineare di Koutsoftas and Ladd

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	84 di 270

(1985); se ne può dedurre una sovraconsolidazione più evidente nella parte superficiale in quanto i punti si discostano molto dalla retta NC (in verde), con evidente riduzione in profondità.

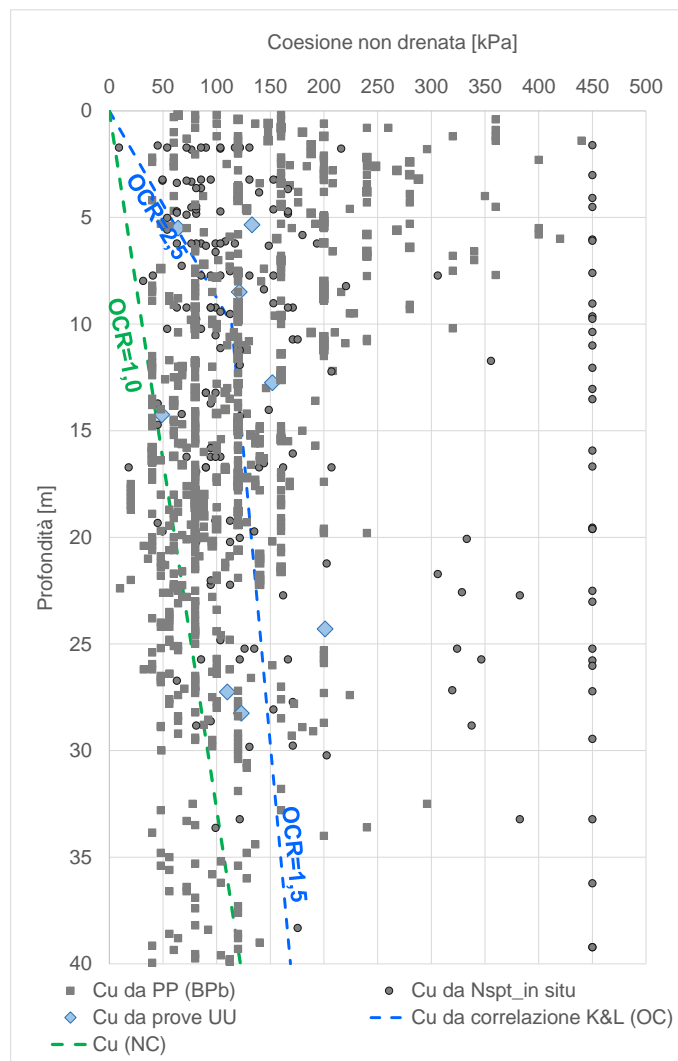


Figura 9-19: Andamento di c_u con la profondità per l'unità BPb

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

Per completezza, nella seguente tabella si riportano i risultati relativi alle prove triassiali non consolidate non drenate eseguite sui campioni prelevati in BPb.

Tabella 9-7 Risultati delle prove triassiali non consolidate non drenate (UU)

Sondaggio	Unità	Campione	Prof.media	C _u (valore medio)
			[m]	[kPa]
L1-S1	BPb	CI2	14,25	49
L1-S3	BPb	CI2	12,75	152
L1-S3	BPb	CI4	28,25	123
L1-S7	BPb	CI1	5,35	133
S1 (Anas)	BPb	CI1	5,5	64
S2 (Anas)	BPb	CI2	8,5	121
L1-S54	BPb	CI4	24,3	201
L1-S55	BPb	CI3	27,25	110
L1-S55bis	BPb	CI2	15,35	103 (*)

(*) in questa prova sono stati testati solo due provini

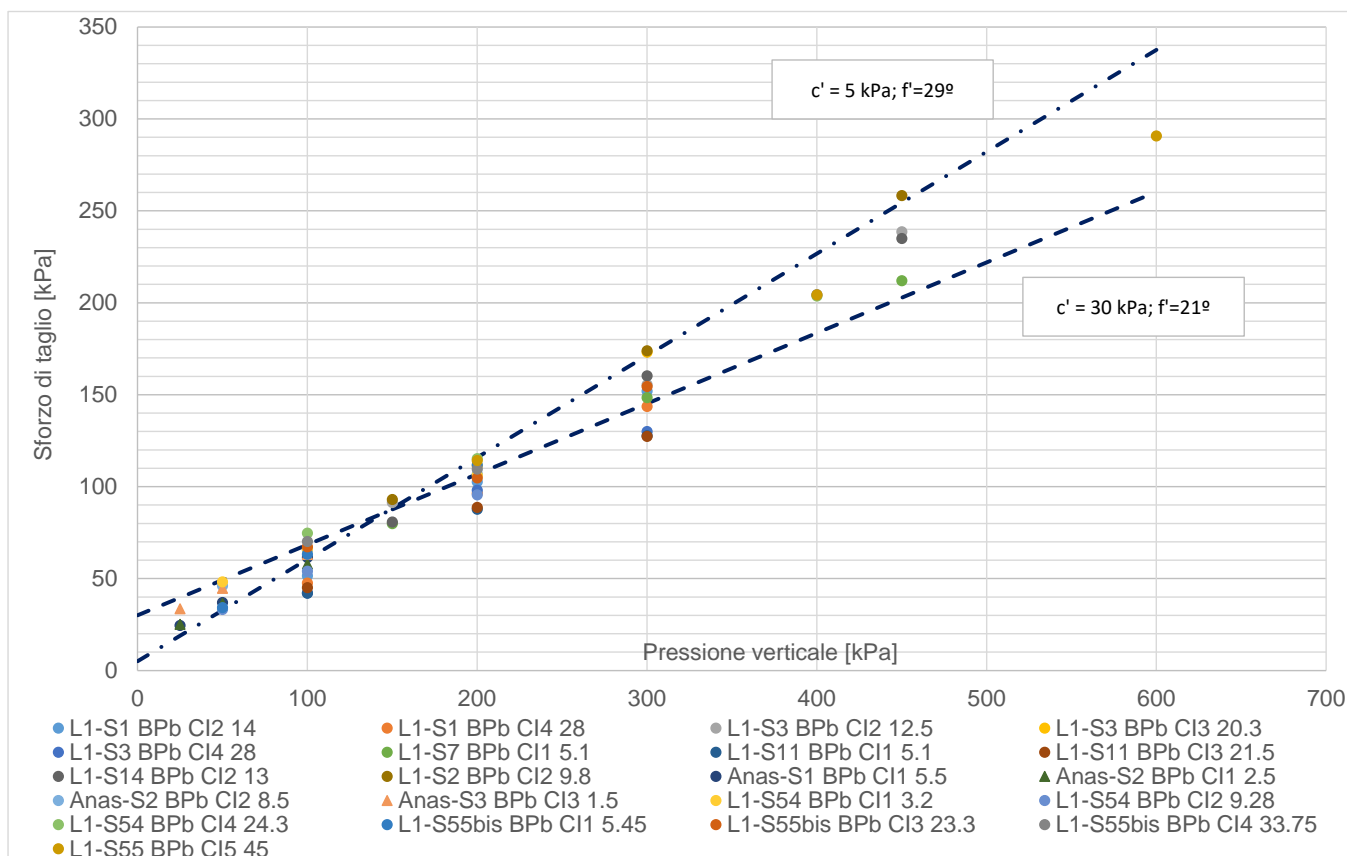
Come già anticipato, i valori di coesione non drenata relativi all'unità di interesse sono stati estratti da prove in situ, prove di laboratorio e correlazioni con SPT. Facendo riferimento al precedente grafico di Figura 9-19, si ritiene di poter considerare un intervallo di valori pari a $c_u=50-200$ kPa.

9.2.2.2 Condizioni drenate

Partendo dalle prove di taglio diretto disponibili per l'unità coesiva **BPb**, i dati sono stati cumulati in modo da ottenere una regressione su più prove. Come riscontrabile dalla Figura 9-20 le interpolazioni restituiscono i seguenti intervalli: $\phi'=21-29^\circ$ – $c'=5-30$ kPa.

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	86 di 270


Figura 9-20 – Unità BPb - interpretazione delle prove di taglio diretto

Sono state inoltre eseguite 4 prove triassiali consolidate non drenate su campioni indisturbati, ottenendo valori perfettamente in linea con quelli ottenuti dalle prove di taglio diretto.

Tabella 9-8 Risultati delle prove triassiali consolidate non drenate (CU)

Sondaggio	Unità	Campione	Prof.media	Angolo di attrito	coesione
			[m]	[°]	[kPa]
L1-S1	BPb	CI1	5,25	28	5
L1-S3	BPb	CI1	5,75	28	12
L1-S54	BPb	CI3	13,8	32.8	22.6
L1-S55bis	BPb	CI2	15,35	30.8	42.9

Per caratterizzare la resistenza in termini di angolo di attrito per l'unità incoerente **BPa**, si utilizzeranno correlazioni basate su N_{spt} , come visto nel paragrafo 8.3.2.2.1. Il seguente grafico mostra i risultati della correlazione di Wolff (1989) – considerando CN per sabbie fini, al fine di ottenere risultati leggermente più cautelativi – e di quella proposta da Kulhawy & Maine (1980). Il *range* individuato per questo parametro è $\phi'=30-38^\circ$, escludendo i valori elevati considerabili come una eccessiva sovrastima.

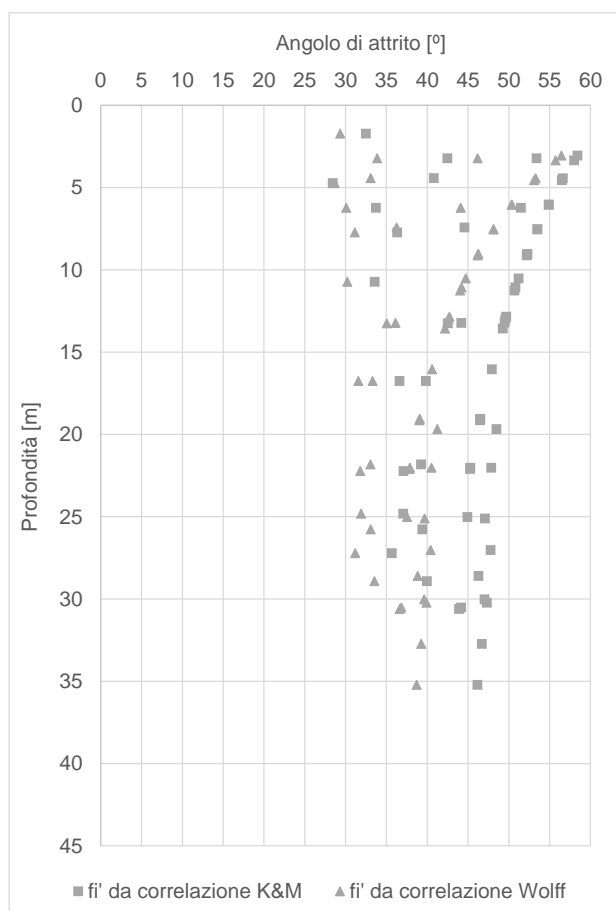


Figura 9-21 – Unità BPa – stima angolo di attrito tramite correlazioni da N_{spt}

9.2.3 Parametri di rigidezza

9.2.3.1 Modulo elastico da prove in situ

Nei sondaggi S1, S2, S3, S05, S06, S08, S09, S10, S12, S15, S16, S18, S19, S7, S11, S14, S54, S55, S55bis, S56 e S58 sono state eseguite 31 prove pressiometriche di tipo Menard e 13 prove dilatometriche, i cui risultati sono indicati nel grafico di Figura 9-22 per BPa e in Figura 9-23 per BPb. A

partire dai moduli pressiometrici si possono ricavare i moduli di Young (E_{def}) applicando il coefficiente reologico α , in funzione del terreno e del grado di consolidazione. Nei seguenti grafici, con riferimento all'unità BPa, i dati associati a moduli pressiometrici >200MPa (per esempio la prova in L1-S18 a 10 m di profondità) non sono stati rappresentati (fuori scala).

Il coefficiente reologico α considerato è stato preso in coerenza dai certificati delle prove di laboratorio; per completezza viene indicato nella seguente tabella con riferimento a ciascuna prova.

Tabella 9-9: Tabella di conversione da moduli pressiometrici a moduli di Young tramite coeff.reologico α

Sond.	unità	prova	profondità centro della cella	modulo pressiometrico	α	Modulo di Young
			[m]	[MPa]		[MPa]
L1S1	BPb	P1	11,7	13,6	1/2	27,3
L1S1	BPb	P2	32	37,4	2/3	55,9
L1S2	BPb	P1	8,9	19,6	2/3	59,5
L1S3	BPb	P1	11,5	9,03	1/2	18,1
L1S3	BPb	P2	31	11,8	1/2	23,6
L1S7	BPb	P1	15,4	7,1	2/3	10,7
L1S11	BPb	P3	47,4	39,6	1	39,6
L1S14	BPb	P1	12	3,9	1/2	7,9
L1S54	BPb	P1	4	15,3	2/3	22,8
L1S54	BPb	P2	18,5	17,5	2/3	26,1
L1S55bis	BPb	P1	10,5	11,3	2/3	34,2
L1S55	BPb	P1	10,5	3,5	1/2	7,0
L1S55	BPb	P2	29	9,0	1/2	18,0
L1S56	BPb	P1	5	26,5	1/2	53,0
L1-S05	BPb	P1	11	30,6	2/3	45,6
L1-S05	BPb	P2	31,7	37,2	2/3	55,5
L1-S06	BPb	P1	10,8	9,1	1/2	18,2
L1-S06	BPb	P2	29,6	17,1	2/3	25,6
L1-S08	BPb	P1	11	39,4	1/2	78,9
L1-S09	BPb	P1	10,6	18,2	1/2	36,5
L1-S10	BPb	P1	11,5	17,9	2/3	26,7
L1-S12	BPb	P1	4,2	8,6	1/2	17,2
L1-S12	BPb	P3	18,6	14,8	1/2	29,6
L1-S15	BPb	P1	10,5	18,4	1/2	36,8
L1-S16	BPb	P1	10,5	24,5	1/2	49,1
L1S11	Bpa	P2	28,4	13,0	1/2	26,1
L1S7	Bpa	P2	30	7,2	1/2	14,5

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	89 di 270

Sond.	unità	prova	profondità centro della cella	modulo pressiometrico	α	Modulo di Young
			[m]	[MPa]		[MPa]
L1S11	Bpa	P1	10,5	7,0	1/2	13,7
L1S14	BPa	P2	40,5	75,0	1/2	150,1
L1-S12	Bpa	P2	10.4	59.9	3/5	99.8
L1-S19	Bpa	P1	14.7	15.3	1/2	30.7

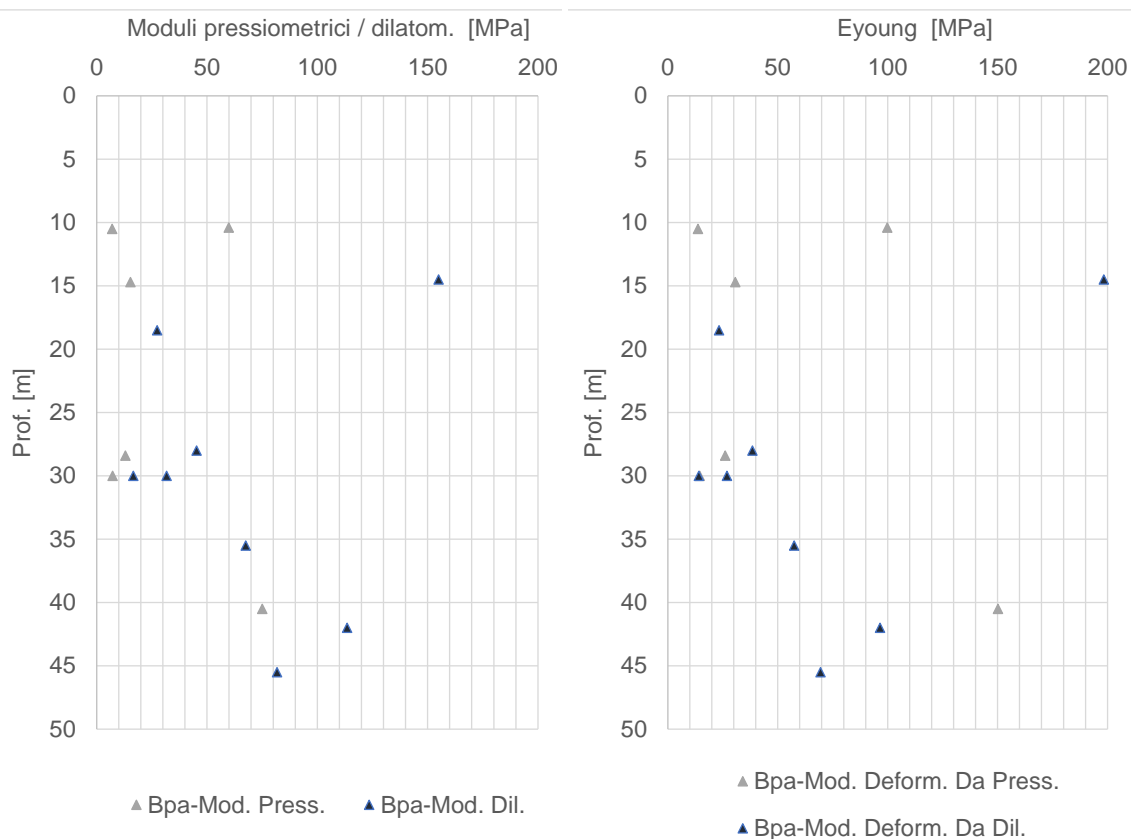


Figura 9-22: Unità BPa – Moduli di deformazione ricavati da prove in-situ

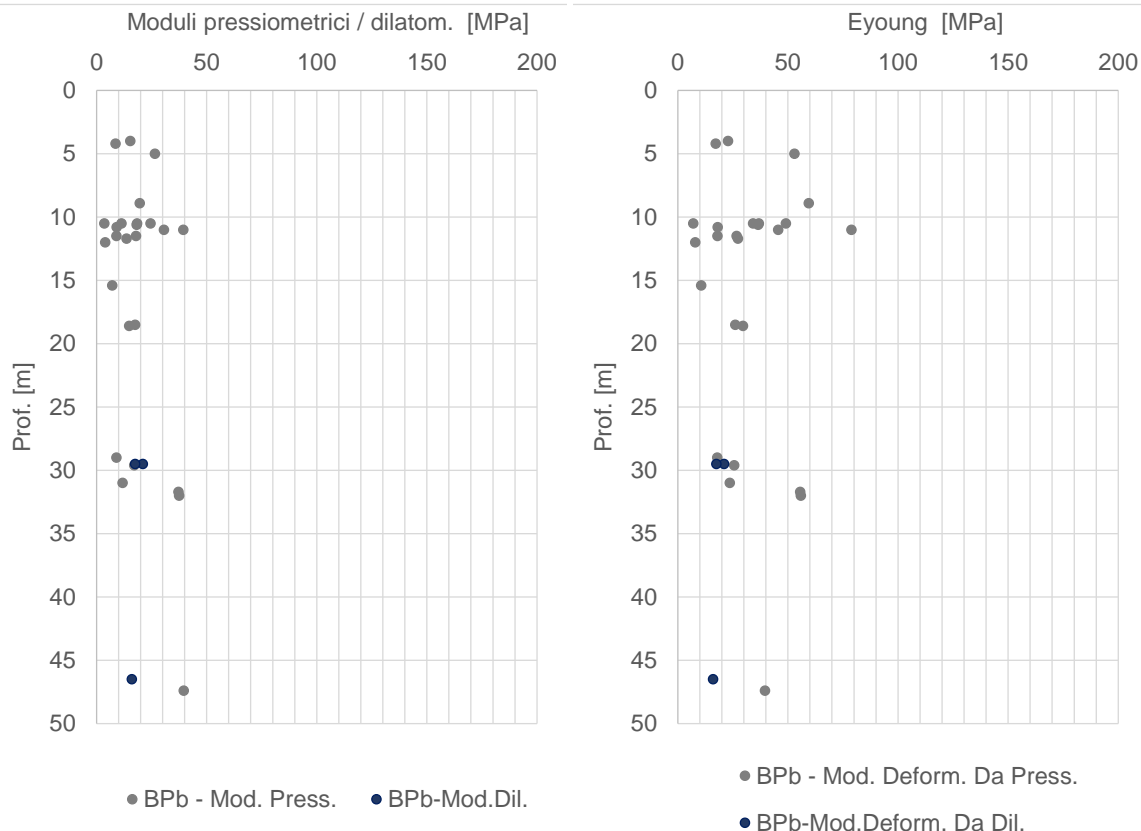


Figura 9-23: Unità BPb – Moduli di deformazione ricavati da prove in-situ

9.2.3.2 Modulo elastico operativo da SPT

Le caratteristiche di rigidità dei depositi a grana grossa BPa possono essere stimate a partire dall'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche SPT applicando il metodo di Denver (1982) descritto nel paragrafo 8.3.3.2. Si sono adottate le costanti associate alle sabbie NC (Tabella 8-3).

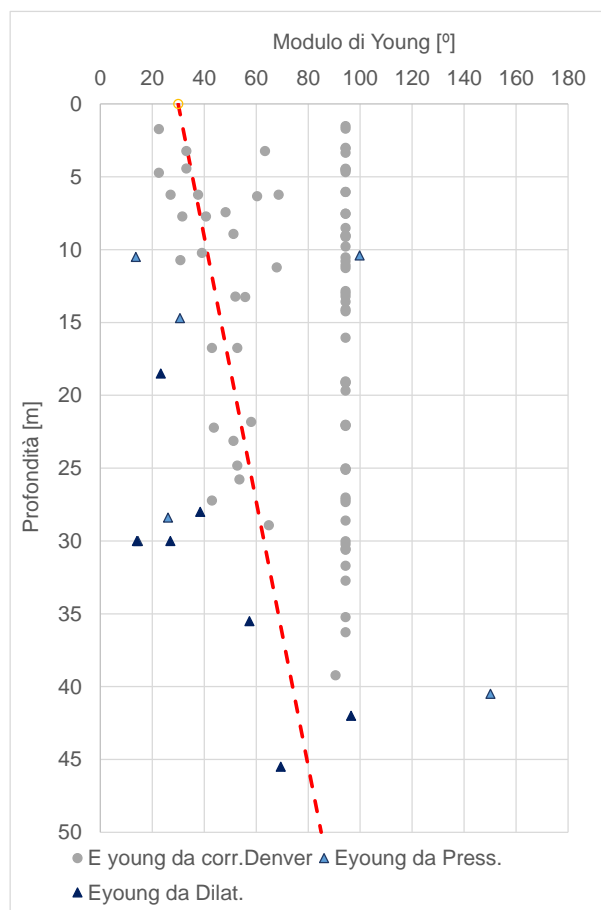


Figura 9-24: Unità BPa – Andamento del modulo di deformazione a partire da prove SPT.

Si può osservare un andamento crescente con la profondità; l'intervallo di variazione proposto nel grafico precedente è pari a 30-90 MPa.

9.2.3.3 Parametri edometrici determinati da prove di laboratorio

I principali parametri edometrici ricavati dalle prove di laboratorio sono riassunti nella Tabella 9-10 e sono ovviamente riferiti alla sola sub-unità coesiva **BPb**

Tabella 9-10: Sommario dei parametri ottenuti dalla elaborazione di tutte le prove edometriche disponibili

Sondaggio	campione	Prof. [m]	e_0	OCR	Cr	RR	Cc	CR	Cs	SR	Cs/cc
L1-S1	CI1	5	0,739	2,5	0,010	0,006	0,22	0,13	0,067	0,039	30%
L1-S1	CI2	14	0,867	1,0	0,020	0,009	0,22	0,12	0,050	0,027	23%
L1-S2	CI2	9,8	0,804	2,0	0,015	0,008	0,19	0,11	0,035	0,018	18%
L1-S3	CI1	5,5	0,708	2,9	0,009	0,005	0,22	0,13	0,068	0,039	31%

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	92 di 270

Sondaggio	campione	Prof. [m]	e ₀	OCR	Cr	RR	Cc	CR	Cs	SR	Cs/cc
L1-S3	CI2	12,5	0,859	2,7	0,017	0,009	0,24	0,13	0,072	0,039	30%
L1-S7	CI1	5,1	0,617	1,6	0,022	0,013	0,15	0,09	0,070	0,043	46%
L1-S14	CI2	13	0,495	1,3	0,027	0,017	0,10	0,07	0,015	0,010	15%
L1-S54 (*)	CI2	9,27	1,43	4,6	0,070	0,029	0,43	0,18	0,062	0,025	14%

(*) questa prova non si considera rappresentativa, nel grafico 9-26 si vede che si discosta dagli altri risultati.

Per ciascuna prova sono state effettuate le ricostruzioni di Casagrande per la determinazione della tensione di preconsolidazione; ne è derivato che i terreni risultano leggermente sovra-consolidati, con OCR decrescente con la profondità (**Figura 9-18**).

A partire dal valore di e₀ e Cc ricavati dalle prove edometriche, è possibile stimare il modulo edometrico per un certo stato tensionale. Il grafico di **Figura 9-25** mostra i moduli edometrici stimati per lo stato tensionale corrispondente alla profondità di prelievo dei campioni (90kPa < σ'_v < 250kPa); i valori sono estremamente bassi (1-3 MPa). Per una pressione pari a 400 KPa si sono stimati moduli di deformazione edometrica di circa 8-10 MPa.

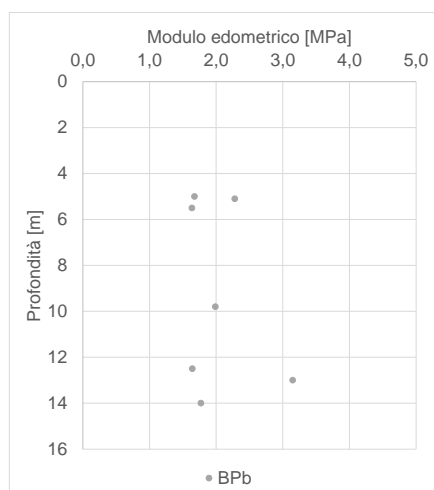


Figura 9-25: Unità BP – Moduli edometrici ottenuti dalle prove edometriche

Si ritiene che i moduli edometrici che si ricavano dai parametri e₀, Cc ottenuti dalle prove edometriche rappresentino una sensibile sottostima dei moduli rispetto a quelli misurati da prove in situ; questo può essere dovuto a fattori di disturbo durante il campionamento e/o all'effettiva rappresentatività dei provini sottoposti a prova rispetto al generale comportamento atteso in sito.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

I coefficienti di compressione C_c calcolati sono stati posti a confronto, nella Figura 9-26, con tipici intervalli di variazione indicati dalla letteratura (vedi Lancellotta, 2009), in dipendenza dall'indice dei vuoti iniziale e_0 ; ne deriva una più che soddisfacente coerenza.

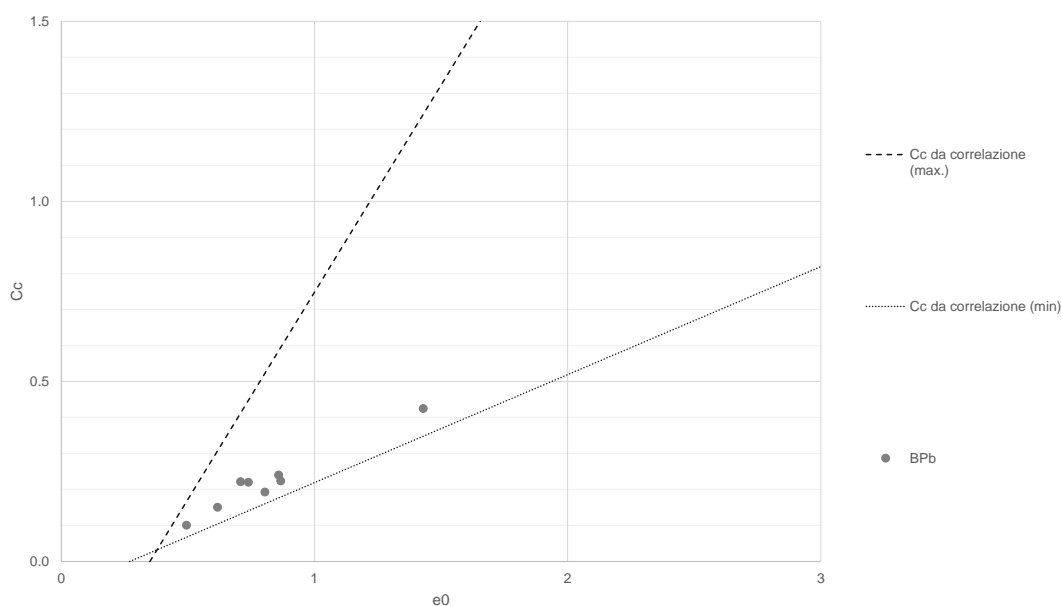


Figura 9-26: Valori di C_c calcolati per le diverse unità e confronto con indicazioni di letteratura (Lancellotta,2009)

Dalle prove edometriche sono stati anche ricavati i coefficienti di consolidazione secondaria, come già riportato nello specifico paragrafo. Partendo dalle prove edometriche disponibili sui campioni S2-C1, S3-C2 e S14-C2 (dove è stato applicato metodo di Casagrande), è stato ricavato il coefficiente di consolidazione come rapporto tra la variazione di deformazione tra due istanti di tempo t_1 e t_2 e la variazione logaritmica di tali tempi, prendendo a riferimento la porzione terminale dei diagrammi “deformazione-tempo”, cioè la pendenza dell’asintoto inclinato nel piano semilogaritmico ε –logt. Il coefficiente è stimato dunque come

$$C_{\alpha\varepsilon} = \Delta\varepsilon/\Delta\log t$$

ottenendone l’andamento riportato nel grafico di Figura 9-27, in relazione dalla pressione di prova.

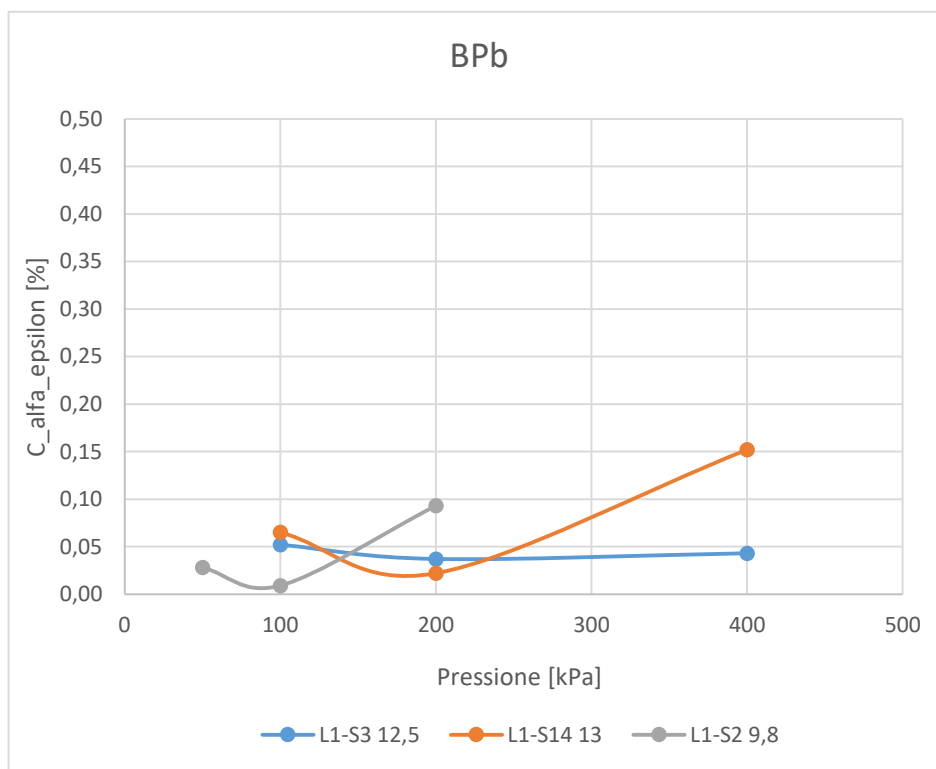


Figura 9-27: Andamento di $C_{\alpha\epsilon}$ in relazione alla pressione di prova

Considerando le basse pressioni di prova (50-400 kPa), si è considerato il valor medio delle prove, ottenendo un valore di $C_{\alpha\epsilon}$ operativo pari a 0,058%.

9.2.3.4 Modulo elastico operativo in condizioni drenate

I valori dei moduli operativi sono stati estratti a partire dai moduli a basse deformazioni ottenuti dai valori di G_0 , derivanti dai valori di V_s , a loro volta ricavati da prove Down Hole e MASW.

Nella Figura 9-28 si rappresentano i valori di V_s misurati nelle prove geofisiche ed in **Figura 9-29** si diagrammano i moduli E_0 stimati sulla base dei risultati di queste prove. Si nota come in genere, le prove MASW danno come risultati valori di V_s (e quindi di E_0) più cautelativi rispetto alle prove DH.

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	95 di 270

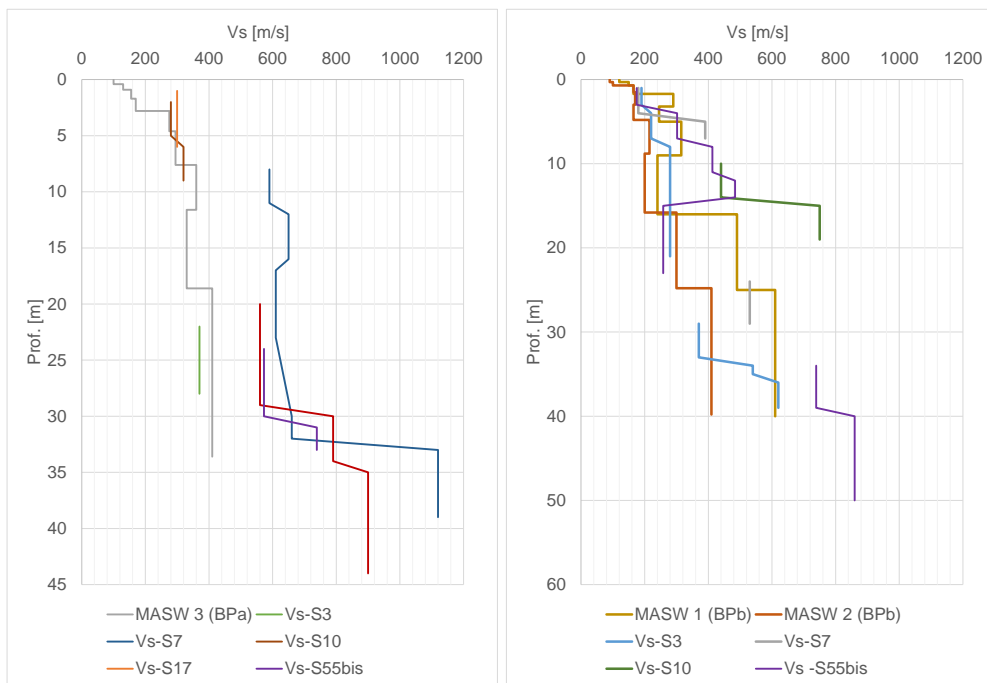


Figura 9-28: Andamento di Vs registrata nelle sub-unità BPa (a sinistra) e BPb (a destra)

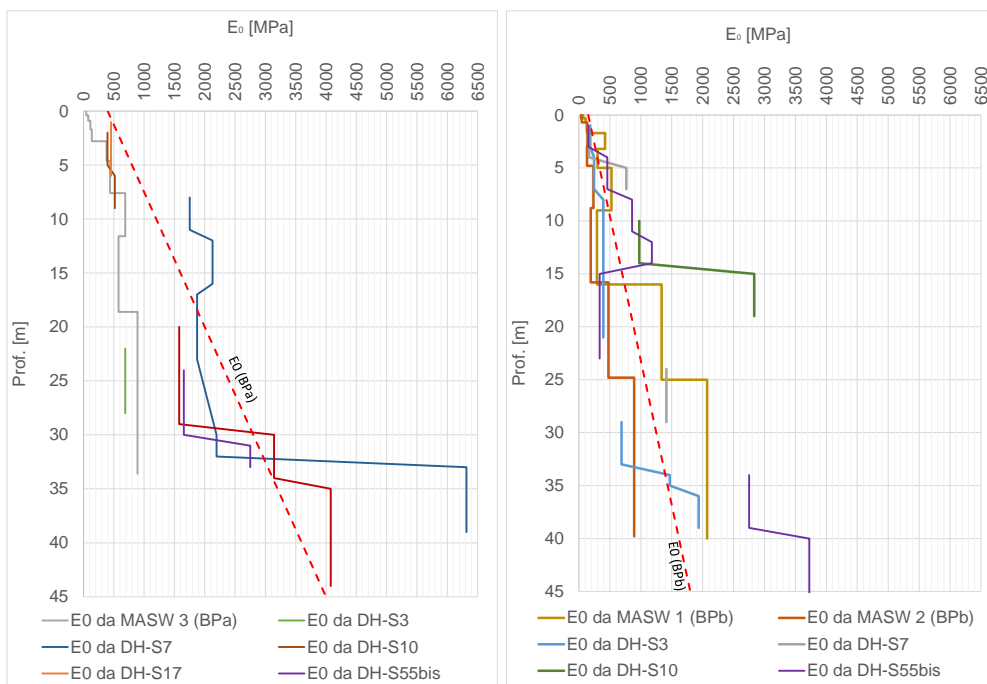


Figura 9-29: Andamento del modulo E_0 con la profondità nelle sub-unità BPa (a sinistra) e BPb (a destra)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA					
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC2I	A1R11	GE	GE000001	A	96 di 270

Dai precedenti grafici si nota come E_0 mostra valori crescenti con la profondità in entrambe le sub-unità; per le unità BPa e BPb si possono assumere i seguenti intervalli.

Tabella 9-11: Sommario dei moduli E_0 ed $E_{operativo}$ a partire da prove DH - BPa

unità		<20m	20-30m	>30m
BPa	E_0 [MPa]	400-500	600-1500	2000-3000
	E_{op} [MPa]	20-50	30-150	100-300

Tabella 9-12: Sommario dei moduli E_0 ed $E_{operativo}$ a partire da prove DH - BPb

unità		<15m	15-30m	>30m
BPb	E_0 [MPa]	150-250	400-700	700-1800
	E_{op} [MPa]	7.5-25	20-70	35-180

Come valori di riferimento, nella tabella precedente, è riportato l'intervallo che può assumere il modulo elastico operativo E_{op} , valutato in funzione dei due livelli di operatività individuati:

- il limite inferiore è caratteristico di livelli deformativi tipici di problemi di cedimento (problemi di carico), e come tali più bassi ($E_{op}=1/20 \cdot E_0$);
- il limite superiore è caratteristico nel caso di analisi di scavi o di opere di sostegno ($E_{op}=1/10 \cdot E_0$), quindi in presenza di problemi di scarico, dove si possono considerare valori più elevati.

9.2.4 Permeabilità

Nell'ambito della campagna d'indagine sono state eseguite 56 prove di permeabilità tipo Lefranc sull'unità BP (19 su BPa e 37 su BPb) – 51 a carico variabile ed 5 a carico costante. In Tabella 9-13 sono riportati i valori dei coefficienti di permeabilità ottenuti dalle prove e riferibili alle varie unità indagate, con indicazione dei valori ritenuti rappresentativi per entrambe le sub-unità.

Tabella 9-13 Risultati delle prove Lefranc - BP

sondaggio	Unità	Prof. Prova (m)		k (m/s)
L1-S2(*)	BPa	16	16,5	2,20E-04
L1-S11		14	15	1,07E-05

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	97 di 270

sondaggio	Unità	Prof. Prova (m)		k (m/s)
L1-S11(*)	BPa	30	30,5	1,03E-04
L1-S14		5,5	6	7,30E-06
L1-S14		31,4	32	1,72E-05
L1-S17(*)		5,5	6	8,94E-04
L1-S20(*)		35,7	36	1,17E-04
L1-S18		1,7	6,4	2,19E-06
L1-S19		10,1	11	4,87E-08
L1+-S55bis		31	31,6	1,14E-06
L1+-S56		5,3	7,2	2,97E-08
L1+-S56		14,8	16	4,38E-07
L1-S81		4,3	6	1,96E-05
L1-S57		4,4	6	2,56E-08
L1-S58(*)		7,7	8,25	5,38E-04
L1-S58		14,7	16,53	7,19E-08
L1-S06		7,2	8	1,10E-07
L1-S15		14,6	15	3,18E-06
L1-S15		29,5	30,6	6,93E-04
L1-S1	BPb	5,77	7,5	1,41E-06
L1-S1		16,27	18	2,29E-06
L1-S1		31,5	33	3,30E-06
L1-S2		4,7	6	3,27E-07
L1-S3		6	6,5	4,97E-08
L1-S3		16	16,5	6,90E-09
L1-S3		31,5	32	7,52E-08
L1-S5		5,8	9	3,04E-07
L1-S5		14,7	16,5	3,40E-07
L1-S5		31,2	33,4	2,76E-08

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	98 di 270

sondaggio	Unità	Prof. Prova (m)		k (m/s)
L1-S9	BPb	4,4	6,4	1,24E-06
L1-S9		14,8	16	4,08E-08
L1-S9		29,8	31,3	7,89E-08
L1-S10		4,2	5,9	2,48E-07
L1-S10		14,7	16,5	3,32E-08
L1-S10		28,2	30	2,89E-08
L1-S7		5,7	6,9	4,49E-07
L1-S7		16,2	17,9	8,68E-09
L1-S7		29,8	32,5	1,33E-07
L1-S11		6	7,5	3,79E-06
L1-S14		16	16,5	4,96E-07
L1-S12		11,5	15,85	6,76E-07
L1-S12		4,1	5,5	Assorbimento nullo
L1+-S54		4,3	6	Assorbimento nullo
L1+-S54		13,3	14,1	4,63E-08
L1+-S55bis		5	5,6	3,13E-06
L1+-S55bis		16,2	17,7	4,02E-07
L1+-S55		5,5	6,1	2,86E-06
L1+-S55		14,8	15,9	8,33E-06
L1+-S55		29,5	30,5	4,87E-06
L1-S06		14,7	16,5	1,87E-06
L1-S08		5,8	7,3	6,74E-06
L1-S08		14,7	16,7	1,62E-07
L1-S08		29,6	31,6	3,72E-08
L1-S16		5	5,5	3,08E-06
L1-S16		16	16,5	4,71E-06

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	99 di 270

sondaggio	Unità	Prof. Prova (m)		k (m/s)
L1-S06	BPb	29.7	33	prova abortita

(*) prova a Carico Costante

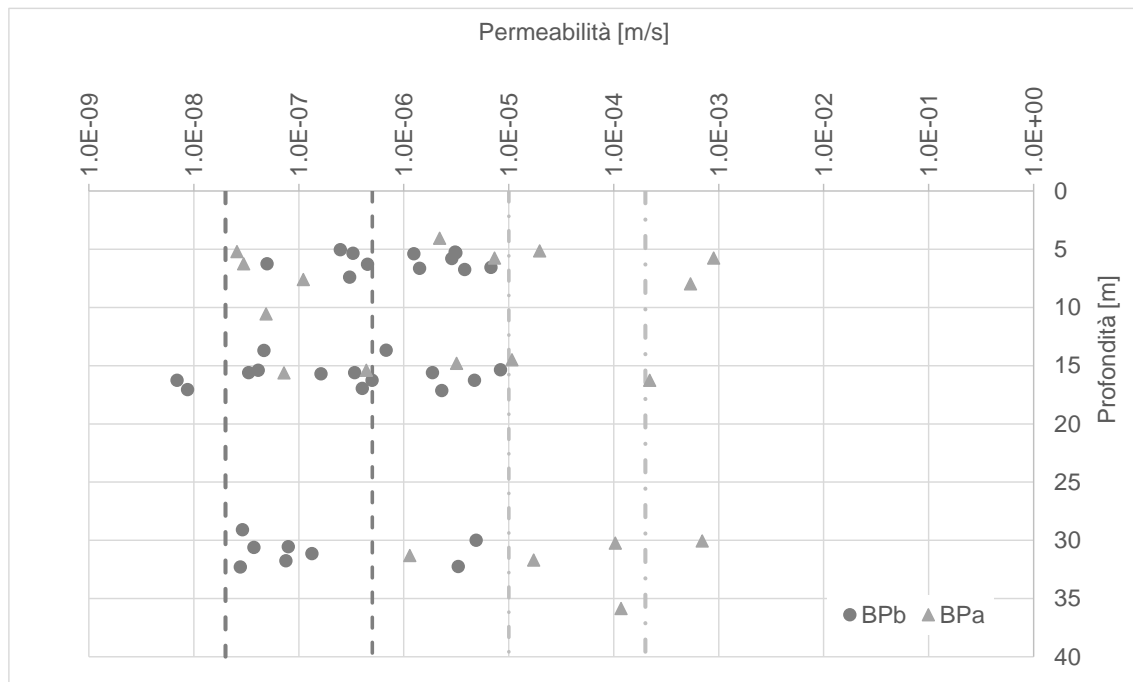


Figura 9-30: Valori di permeabilità registrati nelle prove LeFranc – BP

	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

9.3 UNITÀ LDC

La Relazione Geologica descrive genericamente questa unità come “ghiaie con livelli di sabbie, sabbie con ciottoli e lenti limose pedogenizzate che presentano una tessitura da *matrix-* a *clast-supported*, e sono caratterizzati da clasti centimetrico-decimetrici, da arrotondati a sub-arrotondati, immersi in una matrice limoso-sabbiosa”.



Figura 9-31: Parete sub-verticale costituita dai conglomerati LDC

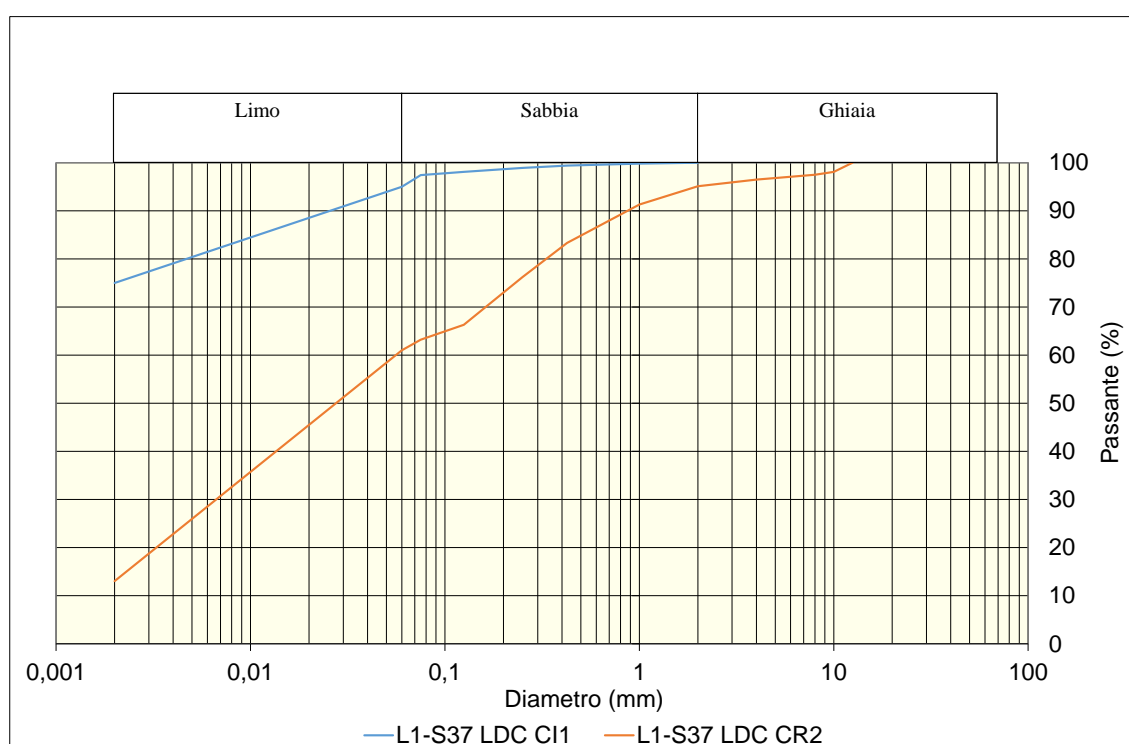
Dall’analisi delle caratteristiche e dei parametri ottenuti dai sondaggi, dalle prove in sito e di quelle di laboratorio, come riportato nei paragrafi che seguono, il comportamento dell’unità LDC è stato però associato ad un terreno coesivo.

9.3.1 Parametri di stato e caratteristiche fisiche

Dal punto di vista della caratterizzazione fisica, si hanno a disposizione i seguenti dati ottenuti da campioni indisturbati e rimaneggiati.

Tabella 9-14 Riassunto caratteristiche fisiche – LDC

Sondaggio	Unità	Campione	Prof.media	Peso specifico	G	S	L	A	Wn	WL	Ip	lc	e ₀
			[m]	[kN/m ³]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	-	-
L1-S37	LDC	CI1	2,9	17,8	0	5	20	75	36,3	82	41	1,1	0,921
L1-S37	LDC	CR2	7,7	-	5	34	48	13	-	Non det.	NP	-	-


Figura 9-32: Analisi granulometriche su campioni estratti da L1-S37

I campioni dal punto di vista granulometrico si descrivono come “argilla limosa debolmente sabbiosa” e “limo con sabbia argilloso”. Il peso specifico del materiale è pari a 18kN/m³ (un'unica prova su CI1-S37).

9.3.2 Parametri di resistenza

9.3.2.1 Condizioni non drenate

Si hanno a disposizione 5 prove Nspt, eseguite nel foro L1-S37, i cui valori sono riportati nella figura seguente.

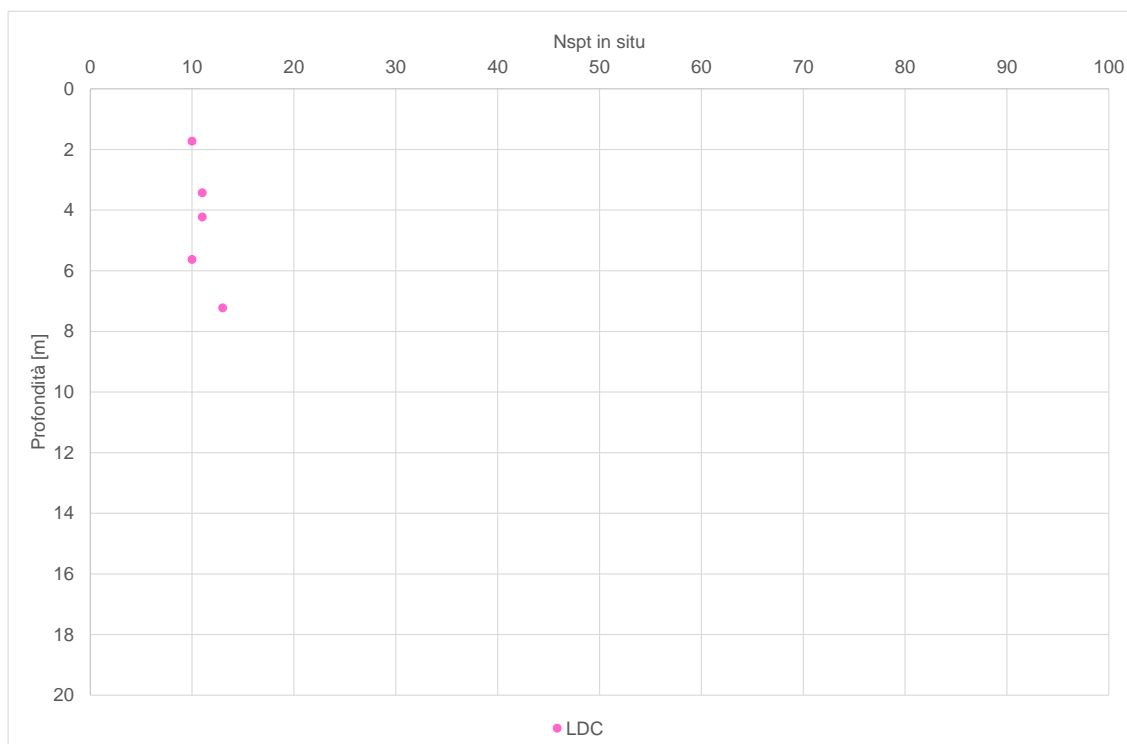


Figura 9-33: Risultati di Nspt per unità LDC

Come anticipato, l'unità è geologicamente descritta come "ghiaie con sabbie, sabbie con ciottoli e lenti limose", però dalla descrizione del materiale del sondaggio L1-S37 l'unità LDC, presente fino a 10 m di profondità, è identificata come "limo e argilla" e "alternanza di prevalenti argille sabbiose e limi argilloso-sabbiosi".

Per quanto sopra detto, si applicano le correlazioni basate su Nspt tenendo conto della natura prevalentemente coesiva del materiale individuato in L1-S37.

Tabella 9-15 Stima coesione non drenata per LDC

	$c_u=4.5 \cdot N_{spt} (PI=41\%)$
Valore medio	50
Valore minimo	45

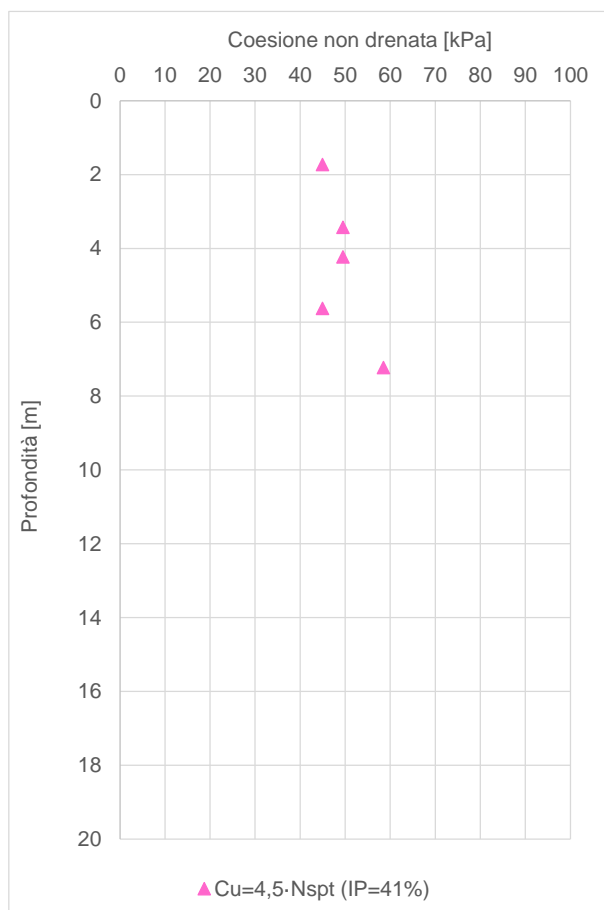


Figura 9-34: Stima coesione non drenata per LDC

9.3.2.2 Condizioni drenate

In assenza di altri dati, per individuare un riferimento sul valore dell'angolo di attrito si utilizza la correlazione in funzione dell'Indice di Plasticità come visto nel paragrafo 8.2.2.2.3, da cui deriva:

$\varphi' = 50 - 14\log(IP)$	IP	Angolo di attrito
	41%	27,4°

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

9.3.3 Parametri di rigidezza

In mancanza di ulteriori dati, per avere una stima delle caratteristiche di rigidezza di questa unità, si è deciso di applicare le correlazioni proposte da Stroud (si rimanda al paragrafo 8.2.3.5) secondo le quali l'intervallo assunto dal modulo di Young E' può essere calcolato come:

$E \text{ [kPa]} = N_{spt} \cdot (-0.003 \cdot IP^3 + 0.859 \cdot IP^2 - 72.04 \cdot IP + 2410)$	Limite inferiore: 8 MPa (7-9 MPa)
$E \text{ [kPa]} = N_{spt} \cdot (-0.008 \cdot IP^3 + 1.732 \cdot IP^2 - 127.2 \cdot IP + 3703)$	Limite superiore: 9 MPa (8-11 MPa)

Per quanto riguarda il modulo elastico in condizioni non drenate, si può assumere che per l'unità LDC $E_u = 400 \cdot c_u$ (si rimanda al paragrafo 8.2.3.6), quindi $E_u = 18000 \text{ kPa} = 18 \text{ MPa}$.

Volendo stimare un valore del modulo drenato si può quindi applicare il rapporto $E' \approx E_u / 1.15$ che conduce a $E' = 15 \text{ MPa}$.

9.3.4 Permeabilità

Dal punto di vista idrogeologico, in base alla relazione geologica, i depositi del Sistema di S.Licandro (LDC) fanno parte del complesso ghiaioso-sabbioso, caratterizzato da una permeabilità variabile da media a alta. La conducibilità idraulica di questo complesso varia mediamente da valori compresi tra $1 \cdot 10^{-7}$ e $5 \cdot 10^{-4}$ m/s. Considerando che il materiale appartenente a questa unità ed estratto nei sondaggi eseguiti è caratterizzato come "argilla limosa debolmente sabbiosa" e "limo con sabbia argilloso", si è assegnato un intervallo di permeabilità compreso tra $1 \cdot 10^{-7}$ m/s e $1 \cdot 10^{-5}$ m/s.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

9.4 UNITÀ RGC

Questa unità si riferisce alle Ghiaie di Cerreto appartenenti al Sintema di Bivio; consistono in ghiaie, breccie e conglomerati con clasti eterometrici organizzati in livelli caotici o stratiformi, e livelli fini limoso-sabbiosi o limoso-argillosi. Dal punto di vista geologico si definiscono depositi terrazzati di ambiente di conoide appartenenti al Pleistocene Medio.

Le figure sottostanti mostrano i materiali appartenenti a questa-unità geotecnica, come rinvenuti in affioramento e così come si presentano estratti dai carotaggi, rispettivamente.



	
Ghiaia con matrice sabbiosa limosa, a tratti prevalente ghiaia da sub-angolosa ad arrotondata, con sparsi clasti più grossolani. Materiale generalmente disgregato da carotaggio, con rare evidenze di debole cementazione.	Depositi ghiaiosi rappresentati da alternanza di strati di ghiaie ciottolose con matrice sabbiosa deb.limosa e ghiaie deb.ciottolose con abbondante matrice sabbiosa e limosa.
L 1-S 75: Cassetta n. 6 da 25.0 a 30.0 m	L 1-S 95: Cassetta n. 2 da 5.0 a 10.0 m

Figura 9-35: Fotografie rappresentative dell'unità RGC



Figura 9-36: Ghiaie scarsamente cementate ad elementi eterometrici immersi in una matrice sabbiosa.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

Si fa presente che questi valori non sono stati considerati rappresentativo dell'unità, intesa come materiale con comportamento granulare, in quanto il campione è composto da limo con argilla e sabbia.

9.4.2 Parametri di resistenza

9.4.2.1 Condizioni non drenate

Per completezza si riporta il risultato della prova triassiale non consolidata non drenata realizzata sul campione CI2 del sondaggio L1-S89 (limo con argilla e sabbia), non considerato rappresentativo al fine della caratterizzazione dell'unità RGC intesa come materiale con comportamento geotecnico di terreno a grana grossa.

Tabella 9-16 Risultati delle prove triassiali non consolidate non drenate (UU)

Sondaggio	Unità	Campione	Prof.media	c _u (valore medio)
			[m]	[kPa]
L1-S89	RGC	CI2	9,75	133

9.4.2.2 Condizioni drenate

Per completezza si mostrano i risultati relativi all'unica prova di taglio diretto realizzata in questa unità, nel campione CI12 estratto da L1-89. In base a questa prova si ottengono valori di angolo di attrito pari a 25° e di coesione efficace di 22 kPa; questi risultati non vengono considerati rappresentativi del comportamento incoerente dell'unità RGC in quanto il materiale testato è composto da limo con argilla e sabbia.

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	108 di 270

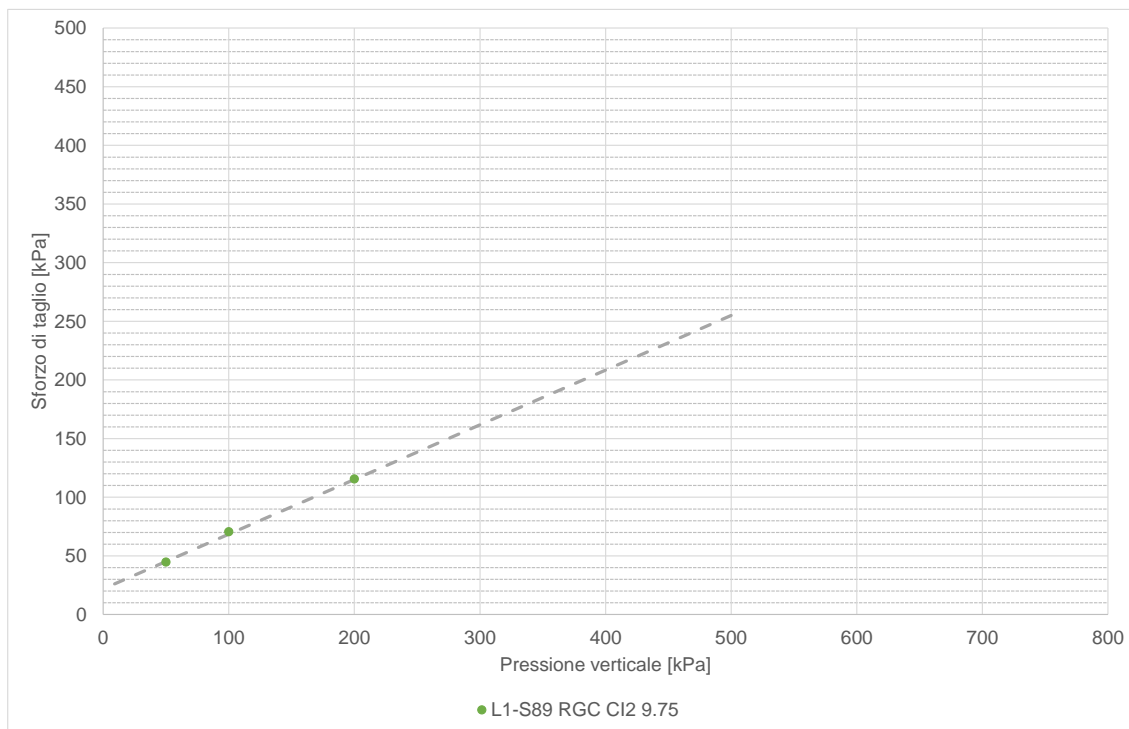


Figura 9-38: Unità RGC - interpretazione delle prove di taglio diretto

Quindi, per stimare l'angolo di attrito interno, si propone utilizzare la correlazione di Wolff e quella di Kulhawy e Maine (si veda paragrafo 8.3.2.2.1), ottenendo l'andamento con la profondità riportato in **Figura 9-39**.

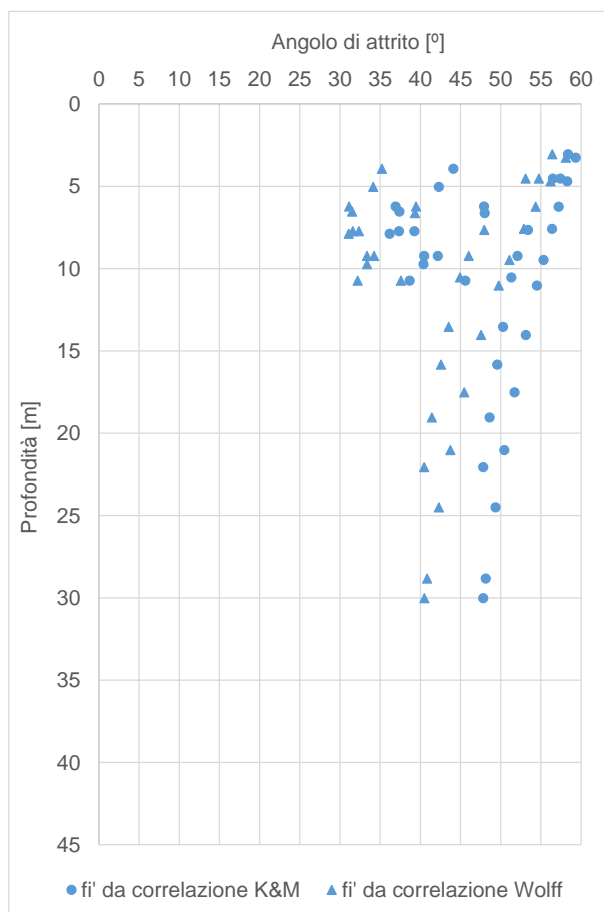


Figura 9-39: Andamento con la profondità dell'angolo di attrito per unità RGC

Tabella 9-17 Stima angolo di attrito per unità RGC

	Corr.di K&M	Corr.di Wolff
Valore medio	49	43
Valore minimo	36	31

In base alla tabella precedente si nota che il valor minimo di angolo di attrito stimato presenta una variabilità compresa tra 31° e 36°, mentre il valor medio presenta una variabilità compresa tra 43° e 49°. Si opta selezionare un intervallo di valori compreso tra 30° e 38°.

9.4.3 Parametri di rigidezza

Per avere una stima delle caratteristiche di rigidezza di questa unità, si propone applicare il metodo di Denver (1982) secondo il quale il modulo di Young E' può essere calcolato come: $E' = S_1 \cdot N_{SPT} + S_2$, dove S_1 e S_2 sono costanti che assumono valori in funzione della granulometria e della litologia, come in **Tabella 8-3**. Applicando i parametri $S_1 = 0,756$ e $S_2 = 18,75$, si ottiene:

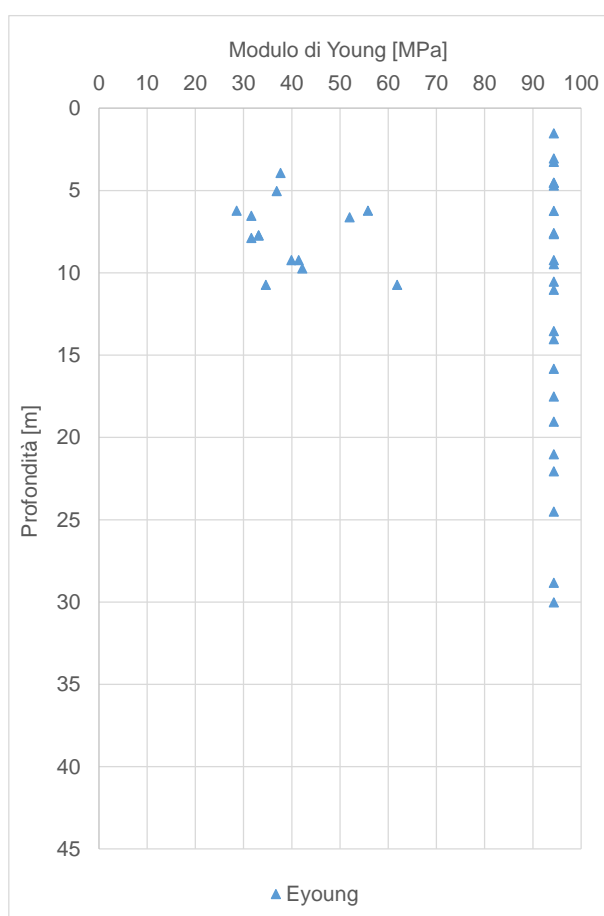


Figura 9-40: Andamento con la profondità del modulo di deformazione per unità RGC (corr.di Denver)

Tabella 9-18 Stima Modulo di deformazione (corr.di Denver)

	RGC
Valore medio	74
Valore minimo	29

In base alla tabella precedente si osserva un valor minimo di Modulo di Deformazione stimato pari a 29 MPa ed un valor medio pari a 74 MPa; si opta selezionare un intervallo di valori compreso tra 30 MPa e 60 MPa.

9.4.4 Permeabilità

Nell'ambito della campagna d'indagine sono state eseguite 3 prove di permeabilità tipo Lefranc a carico variabile sull'unità RGC; in **Tabella 9-19** sono riportati i valori dei coefficienti di permeabilità ottenuti dalle prove e riferibili alle varie unità indagate, con indicazione dei valori ritenuti rappresentativi per entrambe le sub-unità.

Tabella 9-19 Risultati delle prove Lefranc - RGC

sondaggio	Unità	Prof. Prova (m)		k (m/s)
L1-S75	RGC	15	17	1,93E-08
L1-S95		3	4,65	1,80E-06
L1-S95		15	16,5	3,45E-07

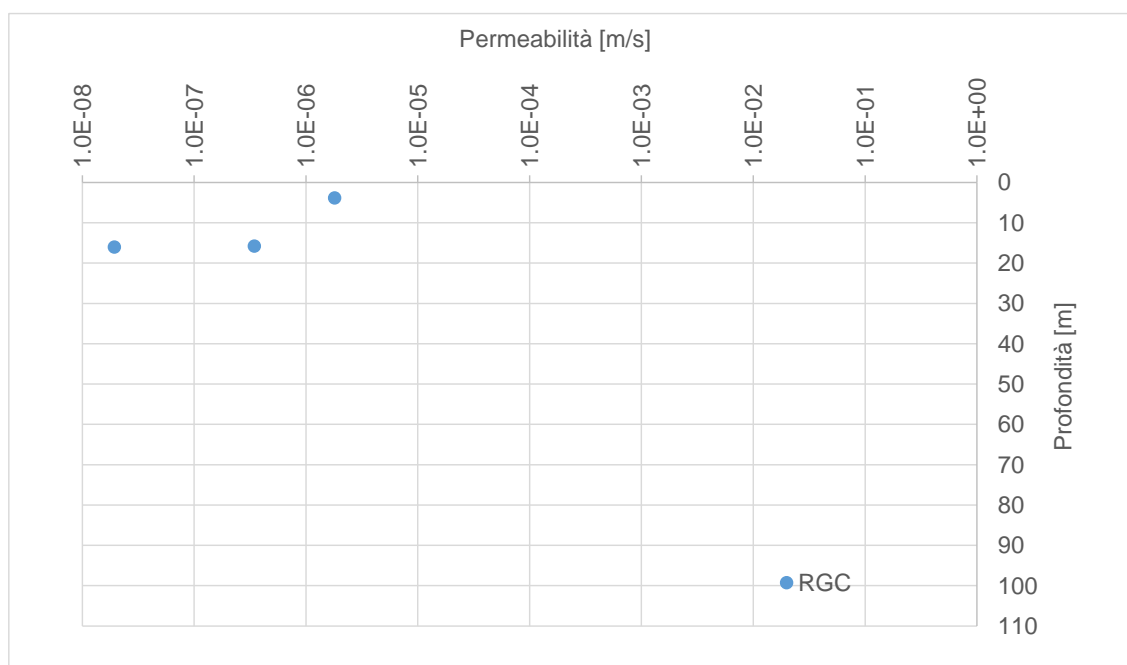


Figura 9-41: Valori di permeabilità registrati nelle prove Lefranc – RGC

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

9.5 UNITÀ TSG

Questa unità geotecnica appartiene al Sintema di Bivio e si riferisce ai cosiddetti Travertini di S.Maria di Sperlonga che consistono in travertini bianco-giallastri e travertini detritici in strati medio-spessi e spessi. All'interno si possono rinvenire sottili livelli limo-argillosi palustri.

Di seguito si mostrano alcune fotografie per rendere l'idea dell'aspetto che può avere questo materiale, in affioramento e così come si estrae dai sondaggi.



Figura 9-42: Affioramenti sub-verticali di TSG

La TSG è geologicamente definita come “Successione travertinosa semi-coerente, rappresentata da prevalenti sabbie fini limose calcaree intercalate da passaggi poco differenziabili da cm a dm di sabbie e sabbie limose a grana media e medio-fine, raramente a grana medio-grossa, a tratti con diffusi granuli fitoermali mm; rare e sottili intercalazioni (3÷10cm) di travertini litoidi biancastri, bianco-ocra e avana, da vacuolari a compatti, da poco a mediamente cementati (quelli compatti e/o poco vacuolari)”.

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	113 di 270



Sabbie travertinose da deb. limose a limose a prevalente granulometria medio-grossa (di tipo fitoclastico), giallastre e/o ocracee, con dispersi frammenti e noduli fitoclastici/travertinosi mm.

L 1-S 37: Cassetta n. 3 da 10.0 a 15.0 m



Limo e argilla marrone-ocraceo con deb. sfumature e bande oca bruno e grigiastro, con sparsi litici travertinosi sub-mm÷mm; alcune punteggiature nerastre; reazione media a HCl. Struttura massiva. Molto consistente.

L 1-S 34: Cassetta n. 4 da 15.0 a 20.0 m



Sabbia calcárea ghiaiosa deb.limosa o limosa. Componente sabbiosa mista da fine a grossa.e travertinose da deb. limose a limose a prevalente granulometria medio-grossa.

L 1-S 70: Cassetta n. 3 da 10.0 a 15.0 m



Fino a 27,3 m argilla con limo deb.sabbiosa o sabbiosa; frazione litica ad elementi travertinosi; oltre 27,3 m sabbie limose travertinose.

L 1-S 71: Cassetta n.6 da 25.0 a 30.0 m

In questa unità, in maniera molto puntuale, sono state estratte carote con aspetto litoide ed alle quali è stato assegnato un valore di RQD. Considerando i limitati dati a disposizione in termini di ammasso roccioso, non si è proceduto ad eseguire la caratterizzazione con approccio della meccanica delle rocce per questa unità.

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	114 di 270



Travertini litoidi variamente cementati di aspetto da fitoclastico a fitoermale, con sporadiche sottili intercalazioni semi-coerenti (deb. cementate) di sabbie calcaree/fitoclastiche simili e di sabbie limose molto fini e/o limi sabbiosi.

L 1-S 39: Cassetta n. 5 da 20.0 a 25.0 m

Il materiale è stato considerato con comportamento di materiale granulare/incoerente, anche se in alcuni sondaggi sono stati prelevati carote di materiali limoso/argillosi. Considerando le pareti sub-verticali visibili in affioramento e i risultati delle prove geofisiche in foro (che verranno commentate più avanti), si è deciso di associare alla unità in considerazione un'aliquota di coesione per tenere conto della cementazione.

La caratterizzazione inclusa nei seguenti paragrafi si basa sui dati ottenuti dai sondaggi L1-S31, L1-S34, L1-S37, L1-S38, L1-39, L1-S40, L1-S69, L1-S70, L1-S71, L1-S72 e L1-S73.

Nel grafico seguente si mostrano i risultati delle prove SPT realizzate nell'unità TSG, anche se si reputa che questo tipo di prova non sia in grado di descrivere in maniera totalmente rappresentativo il comportamento del materiale, in particolar modo con riferimento all'effetto della cementazione.

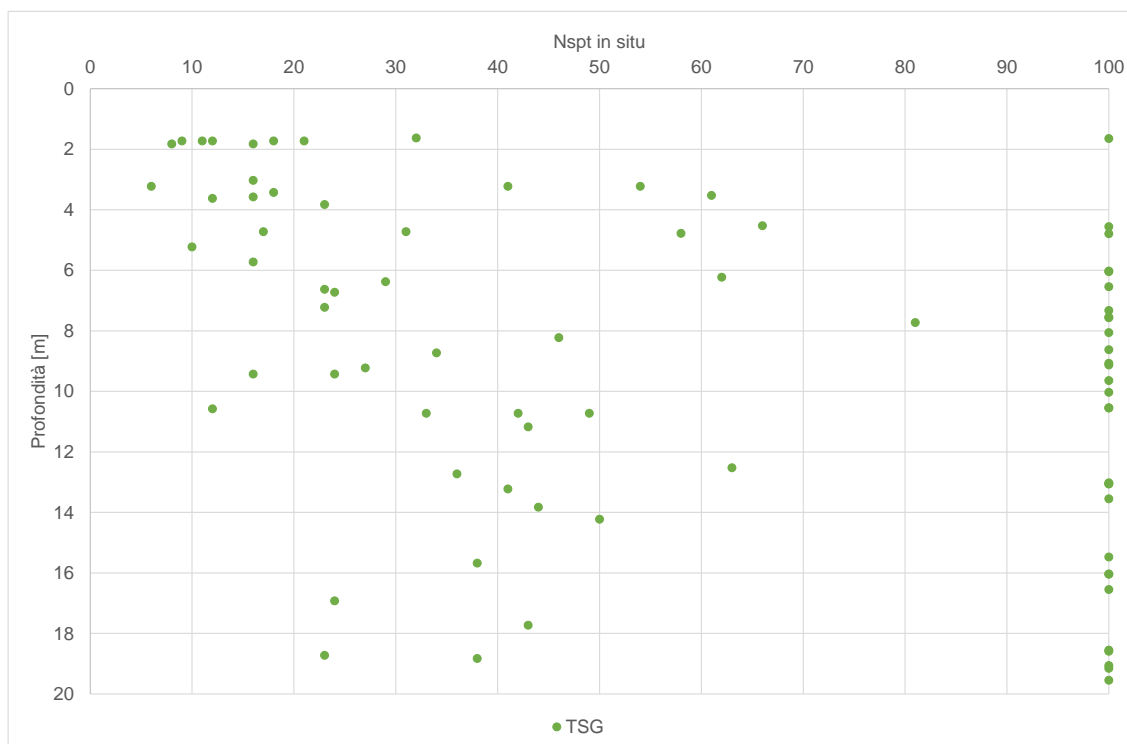


Figura 9-43: Andamento di Nspt con la profondità per l'unità TSG

9.5.1 Parametri di stato e caratteristiche fisiche

I principali parametri inerenti alle caratteristiche fisiche e le relative proprietà indice dell'unità TSG sono riassunti nella Tabella 9-20, suddivisi per campioni e profondità di prelievo. Nelle figure seguenti, invece, i valori degli stessi parametri sono riportati graficamente.

Tabella 9-20 Riassunto caratteristiche fisiche - TSG

Sondaggio	Unità	Campione	Prof.media	Peso specifico	G	S	L	A	Wn	WL	Ip	Ic
			[m]	[kN/m ³]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	-
L1-S38	TSG	CI1	3,3	20,31	6	19	45	30	17,5	45	17	1,6
L1-S38	TSG	CI2	7,75	19,03	9	42	38	11	19,8	32	-	-
L1-S38	TSG	CI3	13,8	19,82	8	39	40	13	23,3	33	-	-
L1-S40	TSG	CR1	6,25	-	35	34	30	1	-	non det.	-	-
L1-S40	TSG	CR2	12,2	-	16	43	39	2	-	non det.	-	-
L1-S40	TSG	CR3	16,8	-	26	44	25	5	-	non det.	-	-
L1-S40	TSG	CR7	26,22	-	21	50	20	9	-	non det.	-	-

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE000001	A	116 di 270

Sondaggio	Unità	Campione	Prof.media	Peso specifico	G	S	L	A	Wn	WL	Ip	Ic
			[m]	[kN/m ³]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	-
L1-S39	TSG	CR1	5,25	-	21	41	34	4	-	non det.	-	-
L1-S39	TSG	CI2	12,31	16,19	67	30	3	0	27,2	non det.	-	-
L1-S39	TSG	CI3	20,75	15,70	51	39	10	0	29,2	non det.	-	-
L1-S72	TSG	CR1	4,25	18,72	8	61	24	7	20,7	25	8	0,54
L1-S72	TSG	CR2	6,55	18,60	8	29	50	13	27,5	31	7	0,50
L1-S72	TSG	CR3	13,6	20,13	32	40	15	13	19,4	37	23	0,77
L1-S72	TSG	CR3A	22,4	19,93	1	10	50	39	20,1	59	35	1,11
L1-S72	TSG	CR5	32,75		40	28	18	14	11	30	19	1,00
L1-S71	TSG	CI4	23,25	19,31	1	9	42	48	24,4	68	44	0,99
L1-S31	TSG	CI1	40.8	16,97	1	22	56	21	36,1	non det.	-	-
L1-S31	TSG	CR2	49.3	-	1	54	31	14	-	36	11	-
L1-S31	TSG	CR3	51.0	-	5	54	29	12	-	30	12	-
L1-S31	TSG	CR4	54.8	-	7	56	29	8	-	non det.	-	-
L1-S31	TSG	CR5	61.3	-	10	49	36	5	-	non det.	-	-
L1-S34	TSG	CR1	23.6	-	0	13	46	41	-	54	32	-
L1-S34	TSG	CR2	28.3	-	47	47	5	1	-	non det.	-	-

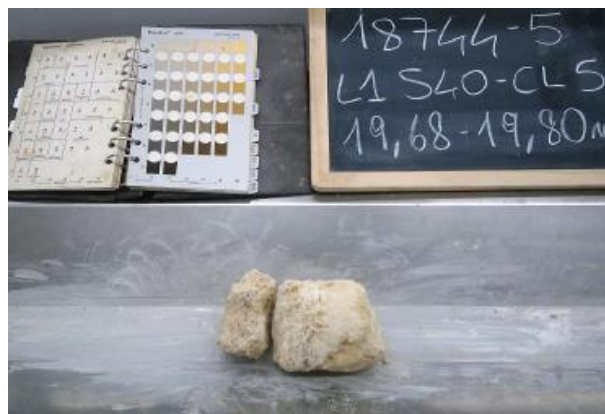
Oltre ai campioni elencati nella tabella anteriore, si sono estratti 5 campioni litoidi (CL4, CL5 e CL6 di L1-S40 e CI4, CI5 di L1-S39); si è eseguita una sola prova per determinare il peso specifico (su CI4-S39 a 28 m di profondità) ottenendo un valore di 24.4 kN/m³.

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	117 di 270



L 1-S 39: campione CI4, 28.0-28.5 m prof.



L 1-S 40: campione CL5, 19.68-19.8 m prof.

Si osserva che solamente i primi 3 campioni elencati in Tabella 9-20 presentano un contenuto di argilla >10%; questo dato conferma la validità della scelta di trattare questo materiale con comportamento granulare piuttosto che coesivo.

Con riferimento al grafico di Figura 9-44, i pesi dell'unità di volume presentano una certa variabilità mostrando valori compresi tra 16 e 20 kN/m³. Mediamente si può individuare un valore medio di 18 kN/m³.

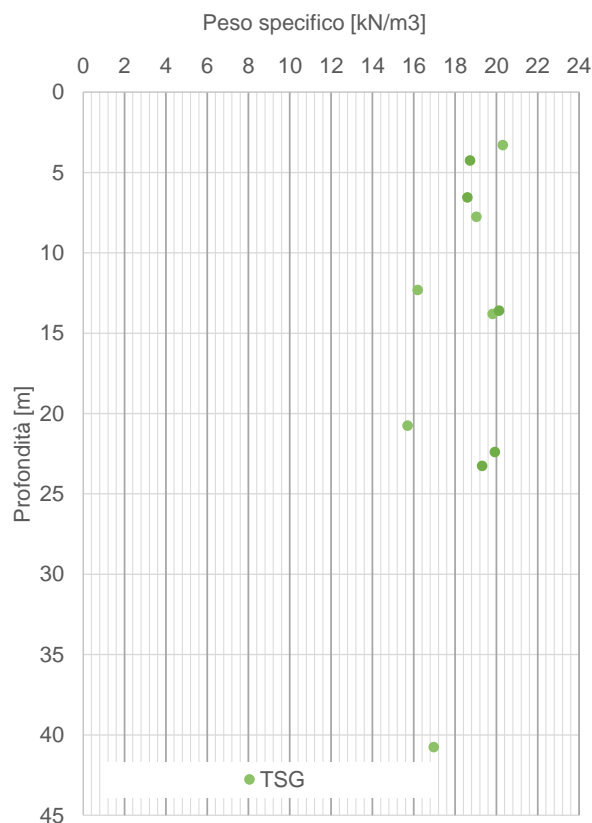


Figura 9-44: Andamenti con la profondità dei pesi dell'unità di volume

9.5.2 Parametri di resistenza

9.5.2.1 Condizioni non drenate

Per completezza si riportano i risultati delle prove triassiali non consolidate non drenate realizzata sui campioni con contenuto di argilla >10% (CI2 e CI3 prelevati da L1-S38); come già anticipato, essendo l'unità TSG caratterizzata come materiale con comportamento granulare, queste prove non si considerano rappresentative al fine della caratterizzazione geotecnica.

Tabella 9-21 Risultati delle prove triassiali non consolidate non drenate (UU)

Sondaggio	Unità	Campione	Prof.media	c _u (valore medio)
			[m]	[kPa]
L1-S38	TSG	CI2	7,75	440
L1-S38	TSG	CI3	13,80	115

Sondaggio	Unità	Campione	Prof.media	c _u (valore medio)
			[m]	[kPa]
L1-S71	TSG	CI4	23,25	216

9.5.2.2 Condizioni drenate

In questo paragrafo vengono riassunti i risultati derivanti dalle prove di taglio diretto disponibili per l'unità in esame. I dati sono stati cumulati in modo da ottenere un intervallo di valori riferiti a più prove (Figura 9-45). Come riscontrabile dalla figura sottostante per TSG, i dati riportati nel grafico restituiscono i seguenti intervalli: $\varphi' = 25-34^\circ$ – $c' = 15-20$ kPa. Le rette indicate in figura si associano alla componente più granulare ($\varphi' = 34^\circ$ – $c' = 15$ kPa) e a quella più coesiva ($\varphi' = 25^\circ$ – $c' = 20$ kPa).

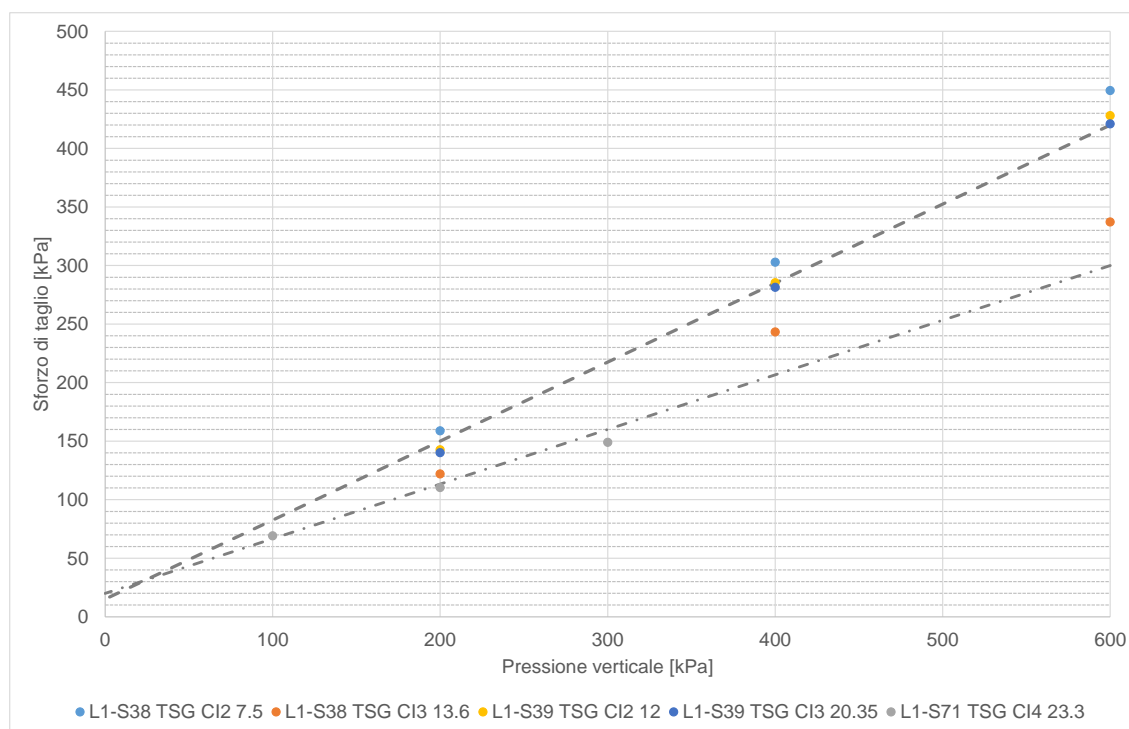


Figura 9-45: Unità TSG - interpretazione delle prove di taglio diretto

A fini di confronto, per valutare l'angolo di attrito interno di questa unità, si propone utilizzare la correlazione di Wolff e quella di Kulhawy e Maine (si veda paragrafo 8.3.2.2.1), ottenendo l'andamento con la profondità riportato in **Figura 9-46**.

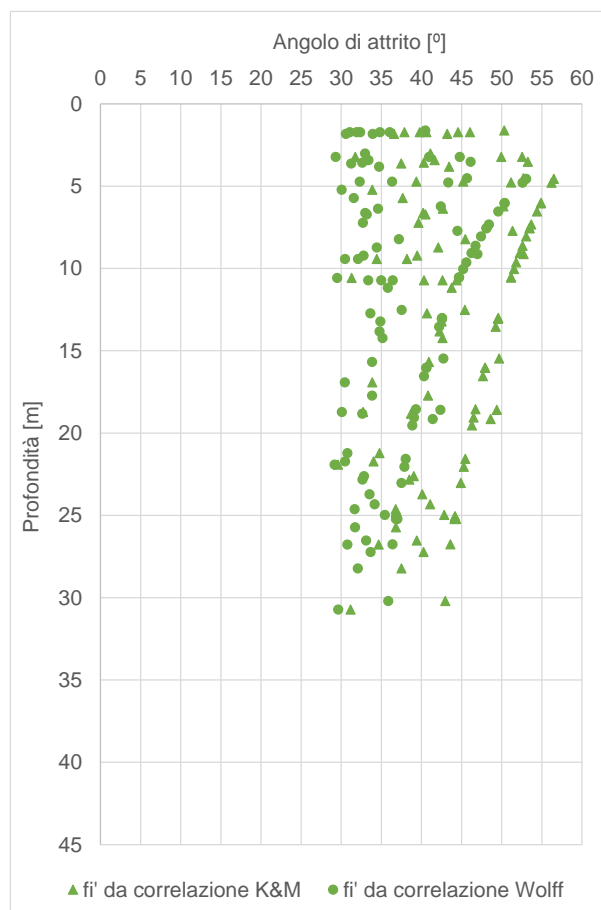


Figura 9-46: Andamento con la profondità dell'angolo di attrito per unità TSG

Su due porzioni limoso-argillose si sono realizzate due prove triassiali consolidate non drenate ottenendo:

Tabella 9-22 Risultati delle prove triassiali consolidate non drenate (CU)

Sondaggio	Unità	Campione	Prof.media	Angolo di attrito	coesione
			[m]	[°]	[kPa]
L1-S38	TSG	CI1	3,30	27	0
L1-S31	TSG	CI1	40,75	29	10

Anche questi dati vengono indicati per completezza di informazione, ma non se ne terrà in conto per la caratterizzazione geotecnica dell'unità TSG, in quanto ritenuti non rappresentativi.

9.5.3 Parametri di rigidezza

9.5.3.1 Modulo elastico da prove in situ

Si sono considerate le prove disponibili al momento della redazione della presente relazione: 20 prove pressiometriche di tipo Menard e 11 prove dilatometriche, eseguite nei sondaggi S31, S33, S34, S35, S36, S37, S38, S39, S40, S69, S70, S71, S72 e S73. I risultati sono rappresentati nel grafico di Figura 9-47.

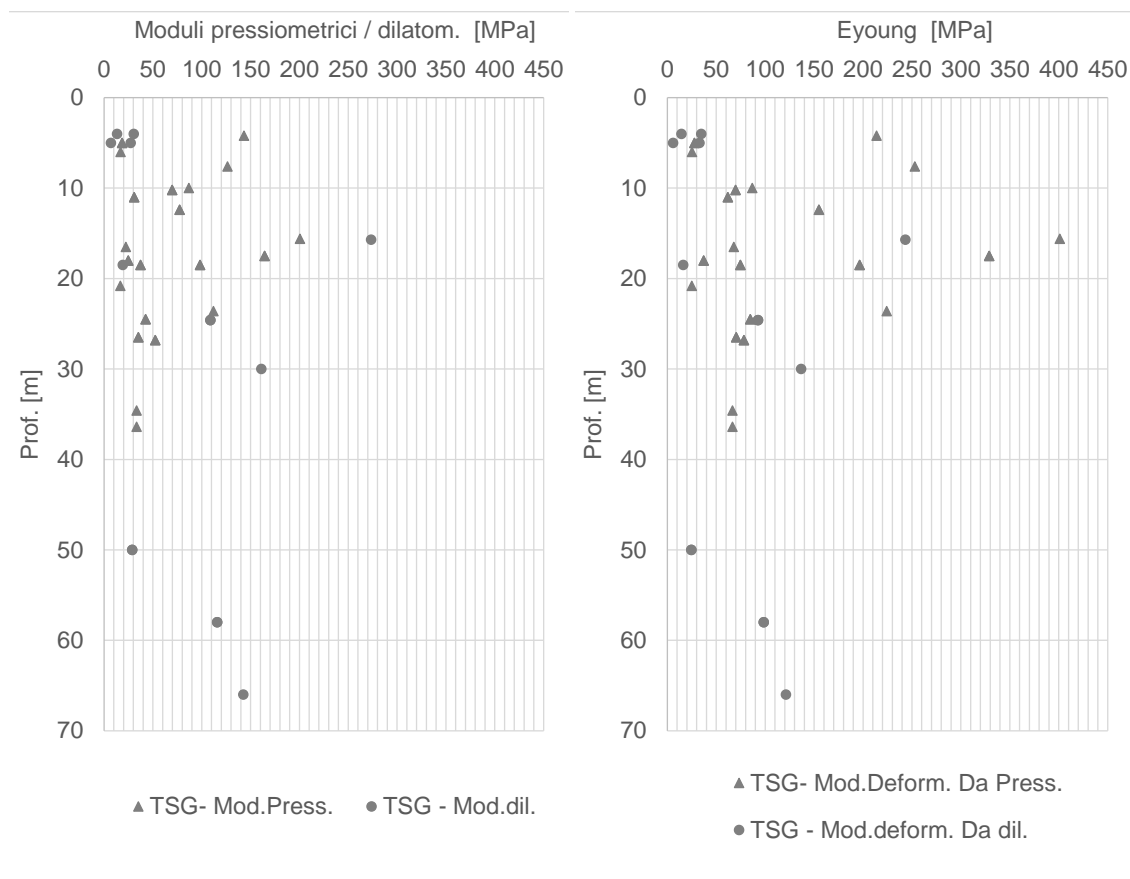


Figura 9-47: Unità TSG – Moduli di deformazione ricavati da prove in-situ

Il coefficiente reologico α considerato è stato preso in coerenza dai certificati delle prove di laboratorio; per completezza viene indicato nella seguente tabella in relazione a ciascuna prova.

Tabella 9-23: Tabella di conversione da moduli pressiometrici a moduli di Young tramite coeff.reologico α

			profondità centro della cella	modulo pressiometrico	α	Modulo di Young
			[m]	[MPa]		[MPa]
L1S37	TSG	P1	11	30,9	1/2	61,8
L1S37	TSG	P2	17,5	164,4	1/2	328,9
L1S35	TSG	P1	18,5	37,4	1/2	74,8
L1S35	TSG	P2	26,5	35,2	1/2	70,5
L1S35	TSG	P3	36,4	33,3	1/2	66,6
L1S36	TSG	P1	12,4	77,5	1/2	154,9
L1S36	TSG	P2	18,5	98,3	1/2	196,5
L1S36	TSG	P3	26,8	52,5	2/3	78,3
L1S37	TSG	P3	24,5	42,5	1/2	84,9
L1S38	TSG	P1	5	18,5	2/3	27,6
L1S38	TSG	P2	10,2	69,7	1	69,7
L1S38	TSG	P3	18	24,9	2/3	37,1
L1S39	TSG	P1	10	86,8	1	86,8
L1S40	TSG	P1	7,6	126,4	1/2	252,9
L1S40	TSG	P2	15,6	200,5	1/2	400,9
L1S40	TSG	P3	23,6	112,1	1/2	224,1
L1-S71	TSG	P2	16,5	22,4	1/3	68,0
L1-S72	TSG	P1	6	16,9	2/3	25,2
L1-S72	TSG	P2	20,8	16,8	2/3	25,0
L1-S33	TSG	P1	4,2	143,2	2/3	213,8

9.5.3.2 Modulo elastico operativo in condizioni drenate

Nella Figura 9-48 si rappresentano i valori di Vs misurati nelle prove geofisiche e si diagrammano i moduli E_0 stimati sulla base dei risultati di queste prove. Si nota come in questo caso, le prove MASW danno come risultati valori di Vs (e quindi di E_0) meno cautelativi rispetto alle prove DH.

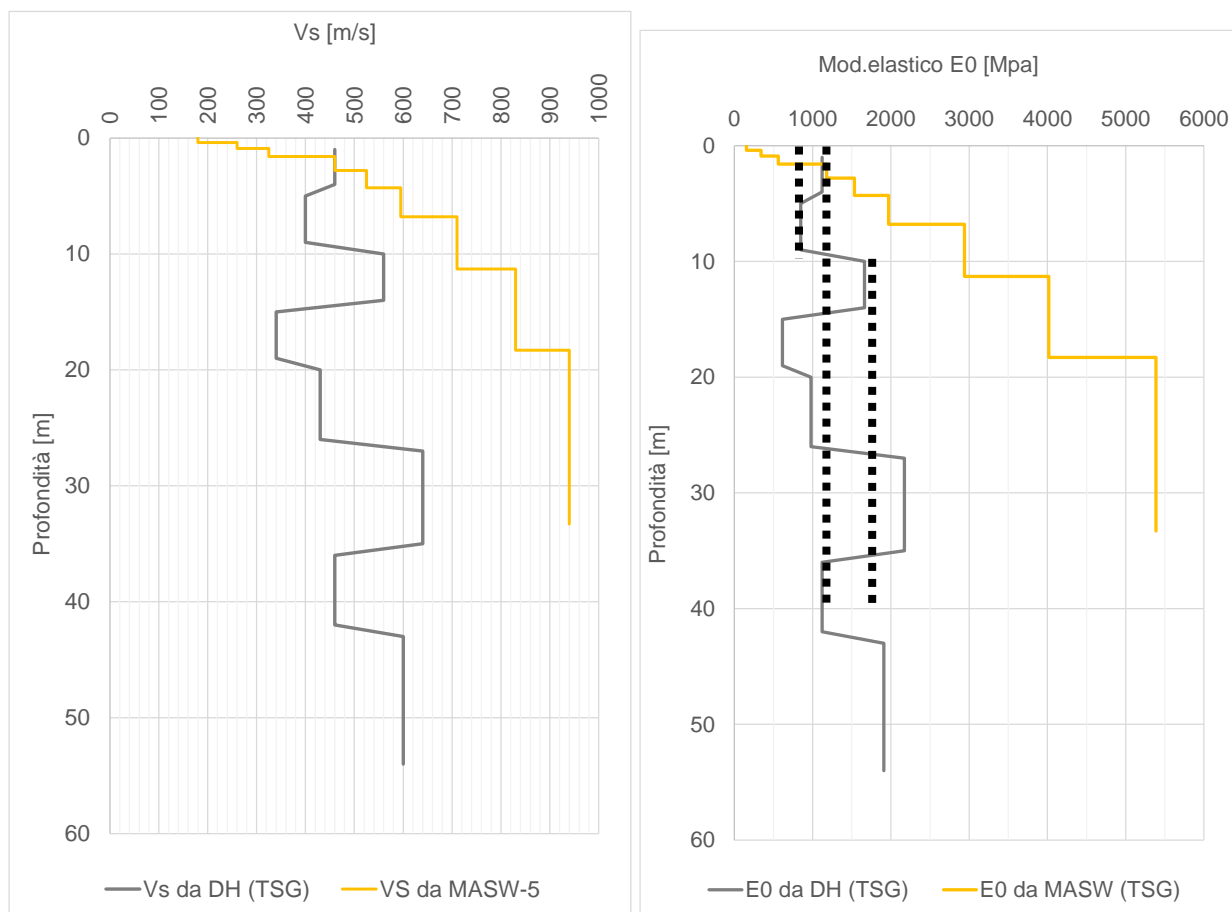


Figura 9-48: Andamento di Vs registrata nelle prove DH in L1-S36 e MASW-5 (a sinistra) e andamento di E0 stimato (a destra)

Basandosi sui risultati delle prove Down-Hole, si individuano i seguenti intervalli di valore di E_0 e di E_{op} .

Tabella 9-24: Sommario dei moduli E_0 ed $E_{operativo}$ a partire da prove DH – TSG

	0-10 m	10-40 m
E_0 [MPa]	600-1000	1000-1500
E_{op} [MPa]	60-200	100-300

Come valori di riferimento, nella tabella precedente, è riportato l'intervallo che può assumere il modulo elastico operativo E_{op} , valutato in funzione dei due livelli di operatività individuati:

- il limite inferiore è caratteristico di livelli deformativi tipici di problemi di cedimento (problemi di carico), e come tali più bassi ($E_{op}=1/10 \cdot E_0$);

- il limite superiore è caratteristico nel caso di analisi di scavi o di opere di sostegno ($E_{op}=1/5 \cdot E_0$), quindi in presenza di problemi di scarico, dove si possono considerare valori più elevati.

9.5.3.3 Permeabilità

Si sono considerati i risultati delle 27 prove di permeabilità di tipo Lefranc a carico variabile eseguite; in **Tabella 9-45** sono riportati i valori dei coefficienti di permeabilità ottenuti dalle prove e riferibili all'unità indagata, TSG.

Tabella 9-25 Risultati delle prove Lefranc sull'unità TSG

Sondaggio	Prof. Prova (da m a m)		k (m/s)
L1-S31	50,3	52,1	3,48E-08
L1-S31	62,8	65	9,91E-08
L1-S37	11,5	13	2,91E-07
L1-S37	21,8	23,5	6,82E-08
L1-S38	4,2	6	1,39E-06
L1-S38	14,7	17,5	2,01E-07
L1-S39	4,2	5,6	2,97E-07
L1-S39	14,7	17,3	2,35E-07
L1-S39	30,75	32,2	2,42E-07
L1-S40	9	10,5	2,78E-07
L1-S40	19	20,5	7,76E-08
L1-S33	6,2	7,3	3,46E-06
L1-S34	25	26,5	5,62E-05
L1-S36	13,2	15,2	6,39E-08
L1-S36	23,7	26	1,08E-06
L1-S70	4,8	6,2	2,11E-07
L1-S70	16,3	17,4	2,11E-08
L1-S71	4,3	6	6,48E-09

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	125 di 270

L1-S71	13,3	15,45	4,78E-08
L1-S72	7,2	8,5	7,43E-07
L1-S72	17,8	18,5	4,51E-08
L1-S72	24	25,2	3,10E-08
L1-S73	4,4	6,2	4,79E-08
L1-S69	4,3	5	1,52E-07
L1-S69	16,2	17,5	8,28E-06

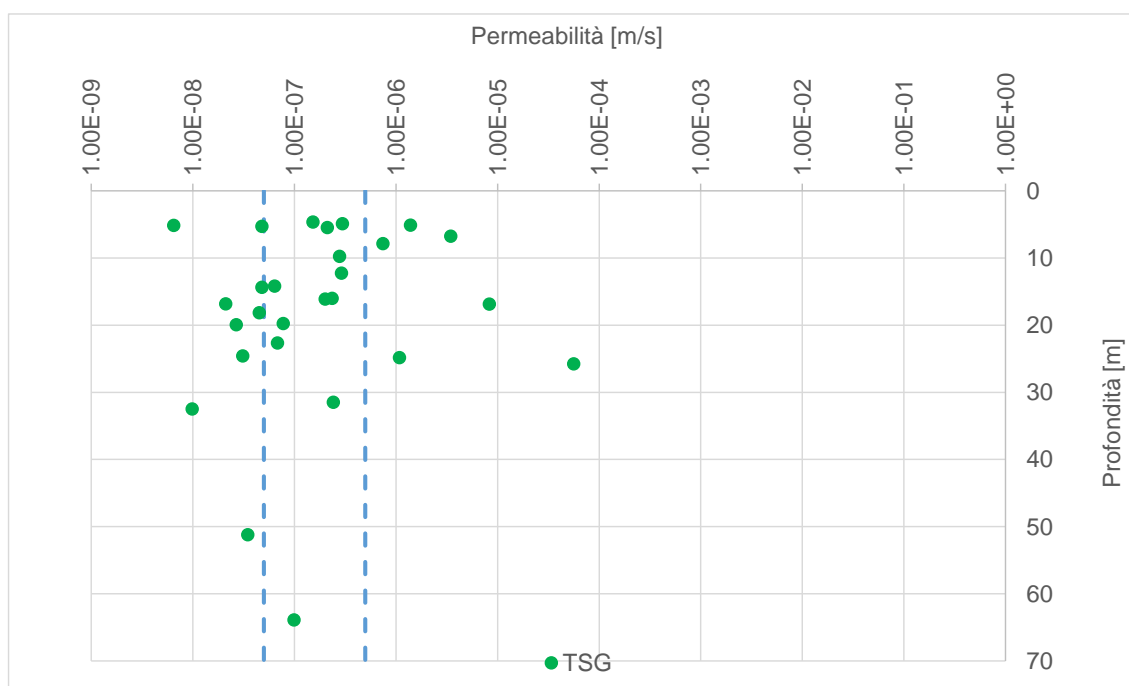


Figura 9-49: Valori di permeabilità dell'unità TSG

Si propone associare all'unità TSG, una permeabilità compresa tra 5E-8 e 5E-7 m/s.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

9.6 UNITÀ BTL-PLM

Il sintema di Palomonte-Bottiglieri è formato da conglomerati e brecce poligenici, localmente con intervalli caotici e stratodii (Sintema di Palomonte, PLM) ed alternanze di conglomerati poligenici, sabbie laminate e argille (Sintema di Bottiglieri, BTL). In affioramento appare la facies grossolana di questa unità caratterizzata da una certa cementazione (BTL-PLMa), mentre i livelli più fini (BTL-PLMb), sono quelli maggiormente identificati nelle cassette geologiche e che sono i più rappresentativi lungo il profilo geologico considerato. Di seguito una foto che rappresenta uno scavo aperto in questo materiale.



Figura 9-50: Scavo aperto in BTL-PLMa

Quindi, come fatto per l'unità BP, anche nell'unità BTL-PLM, si procede a distinguere due sub-unità, basandosi sulla visione del materiale estratto (si veda Figura 9-51) e confermato dalle analisi granulometriche eseguite, come si può osservare da Tabella 9-26:

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	127 di 270

- BTL-PLMa, depositi conglomeratico-ghiaiosi con elementi eterometrici e poligenici, da cementati a sciolti, alternati a sabbie giallastre con stratificazione parallela e rare argille grigie. La matrice, laddove presente, è limoso-sabbiosa mentre gli intervalli privi di matrice fine sono caratterizzati da clasti centimetrico-decimetrici ben arrotondati immersi in una matrice grossolana ghiaiosa;
- BTL-PLMb, depositi limoso-sabbiosi e limoso-argillosi grigi, alternati a lenti sabbioso-ghiaiose, prive di stratificazione. Si ricorda che questa unità geotecnica include l'unità geologica BTL-PLMc, descritta come facies a prevalenti breccie *clast-supported*, costituite da clasti centimetrici da spigolosi a subarrotondati poligenici in matrice argillosa, estremamente addensata e talora sub-cementata, proveniente da fenomeni di trasporto di massa (es. debris-flow). Sebbene la descrizione geologica faccia pensare ad un materiale granulare (breccie *clast-supported*), osservando le cassette (si veda **Figura 9-52**) ed analizzando i risultati delle prove di laboratorio eseguite (granulometrie, limiti di Atterberg), si è stabilito inglobare include l'unità geologica BTL-PLMc all'unità geotecnica BTL-PLMb a cui è associato un comportamento coesivo.



BTL-PLMa

L 1-S 41: Cassetta n. 5 da 20.0 a 25.0 m



BTL-PLMb

L 1-S 32: Cassetta n. 7 da 30.0 a 35.0 m



L 1-S 93: Cassetta n.5 da 20.0 a 25.0 m: Sabbia



L 1-S 87: Cassetta n.2 da 5.0 a 10.0 m: Argille

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

limosa ghiaiosa, a tratti con ghiaia.	limose con sporadici livelletti sabbiosi.
---------------------------------------	---

Figura 9-51: Foto rappresentative delle due sub-unità BTL-PLMa (a sinistra) e BTL-PLMb (a destra).


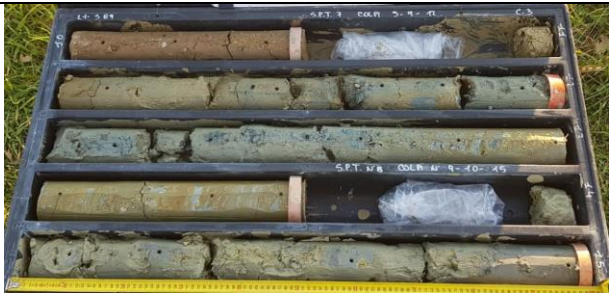
	
<p>L 1-S 87: Casseta n.6 da 25.0 a 30.0 m: Successione di aspetto caotico, costituita da argille limose sabbiose ghiaiose con percentuali irregolarmente variabili di sabbia e ghiaia.</p>	<p>L 1-S 89: Casseta n.3 da 10.0 a 15.0 m: Deposito di aspetto caotico, costituito da matrice argillosa sabbiosa, caratterizzata da presenza di marne e marne argillose</p>

Figura 9-52: Foto rappresentative della sub-unità geologica BTL-PLMc.

A conferma del fatto che l'unità del Sistema Palomonte-Bottiglieri abbia una componente coesiva, si mostrano i risultati delle prove penetrometriche CPTU43bis_1 e CPTU43bis_2. Come si può notare la maggior parte della profondità investigata può essere classificata come limi argillosi-argille limose.

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	129 di 270

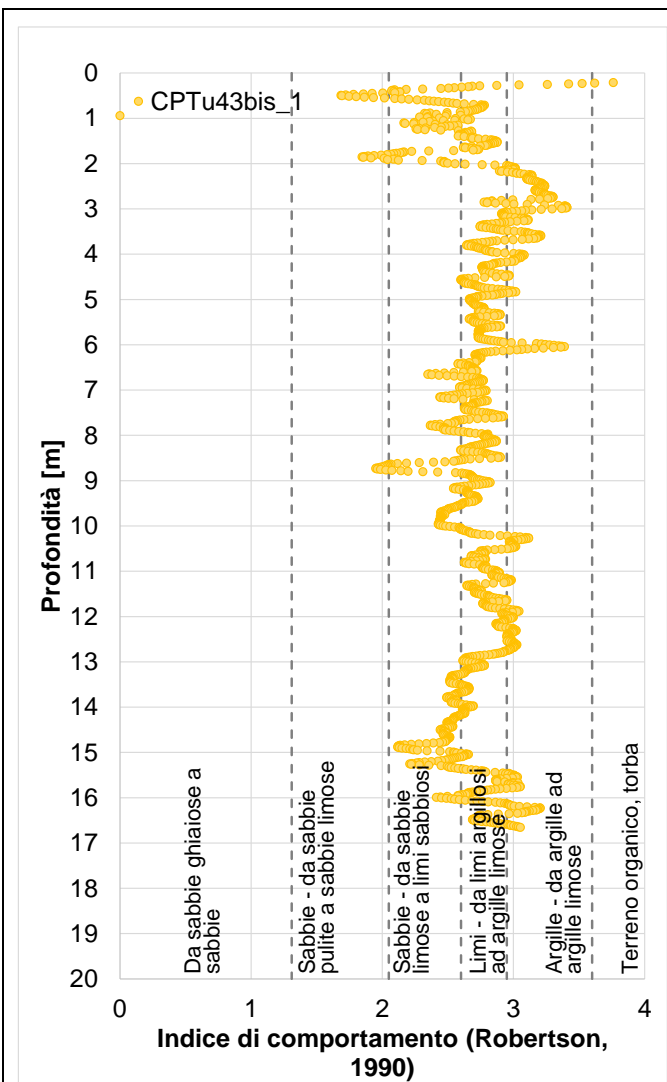


Figura 9-54 Analisi dell'Indice di comportamento per la prova CPTu43bis_1 (BTL-PLMb)

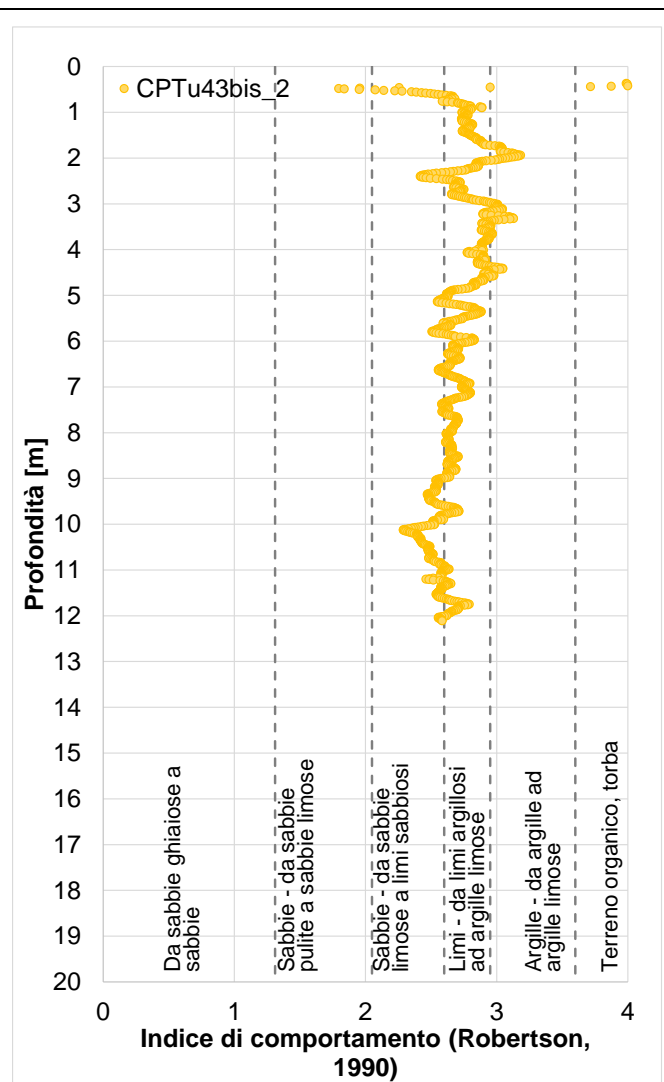


Figura 9-55 Analisi dell'Indice di comportamento per la prova CPTu43bis_2 (BTL-PLMb)

La caratterizzazione inclusa nei seguenti paragrafi si basa sui dati ottenuti dai sondaggi L1-S32, L1-S38, L1-S39, L1-S41, L1-S43, L1-S44, L1-S46, L1-S30, L1-S33, L1-S34, L1-S31, L1-S43bis, L1-S47, L1-S73, L1-S88, L1-S87, L1-S91, L1-S93, L1-S94, L1-S97, L1-S89 e L1-S90 (oltre che dalle prove CPTU mostrate nelle figure precedenti).

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	130 di 270

Nel grafico seguente si mostrano i risultati delle prove SPT realizzate nella sub-unità BTL-PLMa, con comportamento geotecnico “terreno a grana grossa”; si nota che i valori di SPT possono assumere valori pari a 35-45 così come risultare “rifiuto”.

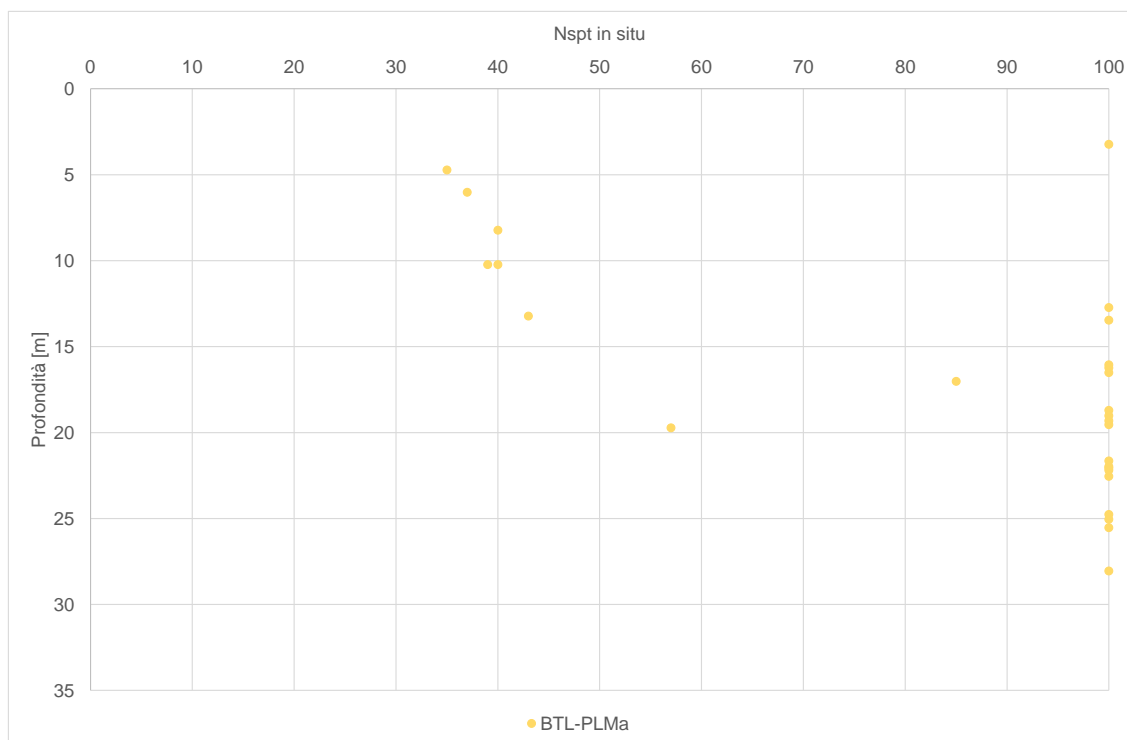
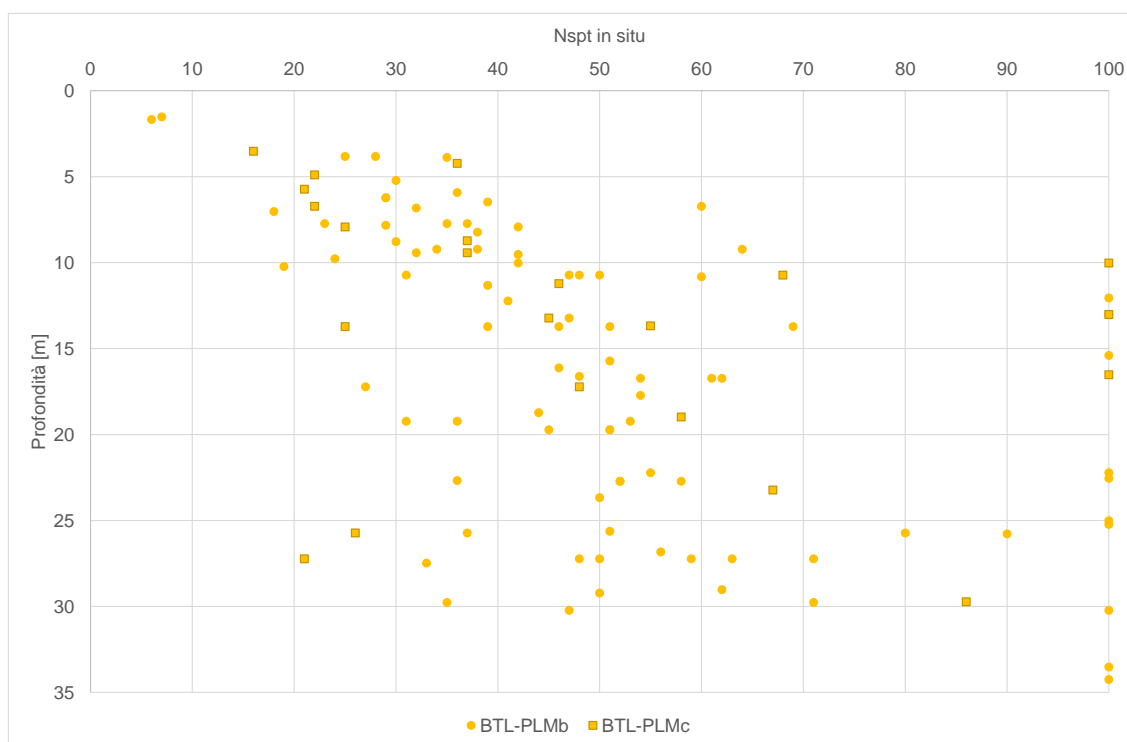


Figura 9-56: Andamento di Nspt con la profondità per l'unità BTL-PLMa

Per completezza, nel seguente grafico si mostra l'andamento dei valori di Nspt registrati in situ, eseguiti sull'unità geotecnica BTL-PLMb. In questo grafico si distinguono le due sub-unità geologiche BTL-PLMb e BTL-PLMc per far vedere come i risultati ottenuti per le due sub-unità sono comparabili.


Figura 9-57: Andamento di Nspt con la profondità per l'unità BTL-PLMb e BTL-PLMc

9.6.1 Parametri di stato e caratteristiche fisiche

I principali parametri inerenti alle caratteristiche fisiche e le relative proprietà indice dell'Unità BTL-PLM sono riassunti nella Tabella 9-26, suddivisi per campioni e profondità di prelievo, distinguendo tra le due facies (BTL-PLMa e BTL-PLMb). Nelle figure seguenti, invece, i valori degli stessi parametri sono riportati graficamente.

Tabella 9-26 Riassunto caratteristiche fisiche – BTL-PLM

Sondaggio	Unità	Campione	Prof.media	Peso	G	S	L	A	Wn	WL	Ip	Ic	e ₀
			[m]	specifico									
L1-S32	BTL-PLMa	CI2	12,25	21,19	32	19	30	19	15,3	36	19	-	-
L1-S32	BTL-PLMa	CR3	21,2	-	57	19	14	10	-	32	13	-	-
L1-S41	BTL-PLMa	CR3	20,2	-	66	29	4	1	-	31	14	-	-
L1-S41	BTL-PLMa	CR4	27,85	-	49	28	14	9	-	31	13	-	-
L1-S41	BTL-PLMa	CR5	31,8	-	13	25	42	20	-	43	18	-	-
L1-S41	BTL-PLMa	CR6	38,5	-	1	16	51	32	-	44	20	-	-
L1-S31	BTL-PLMa	CR6	68,85	-	1	29	47	23	Non det.	40	14	-	-

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	132 di 270

Sondaggio	Unità	Campione	Prof.media	Peso	G	S	L	A	Wn	WL	Ip	Ic	e ₀
			[m]	[kN/m ³]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	-	-
L1-S32	BTL-PLMb	CR4	27,77		26	20	31	23	-	40	18		-
L1-S32	BTL-PLMb	CR5	29,75		11	12	46	31	-	39	17		-
L1-S38	BTL-PLMb	CI4	23,0	18,34	1	7	67	25	29,1	73	28	1,6	
L1-S41	BTL-PLMb	CI1	6,25	19,52	2	16	48	34	24,2	48	25	1,0	0,602
L1-S41	BTL-PLMb	CI2	13,25	20,21	0	6	56	38	20,7	47	21	1,3	0,602
L1-S43	BTL-PLMb	CI1	3,425	19,23	0	5	43	52	26,2	64	39	1,0	0,695
L1-S43	BTL-PLMb	CI2	8,3	19,52	0	3	44	53	23,6	66	41	1,0	0,632
L1-S43	BTL-PLMb	CI3	14,7	19,62	0	4	48	48	22,9	56	27	1,2	-
L1-S43	BTL-PLMb	CI4	25,1	18,84	0	3	44	53	28,6	61	34	1,0	-
L1-S89	BTL-PLMb	CI3	15,3	20,07	0	44	38	18	17,4	32	19	0,77	
L1-S89	BTL-PLMb	CR4	25,25	20,39					16,5			-	-
L1-S88	BTL-PLMb	CI2	6,125	19,99	6	20	54	23	17,5	50	22	1,48	-
L1-S88	BTL-PLMb	CI5	25,25	18,40	0	0	37	63	30,3	85	60	0,91	-
L1-S88	BTL-PLMc	CI4	15,8	-	55	27	12	6	17,2	32	13	1,14	-
L1-S34	BTL-PLMb	CI3	36,95	19,82	6	20	50	24	19,3	43	17	1,4	0,502
L1-S34	BTL-PLMb	CI4	42,05	18,44	0	6	35	59	26,8	73	46	1,0	-
L1-S47	BTL-PLMb	CR1	4,3	-	11	10	43	36	Non det.	50	30	-	-
L1-S47	BTL-PLMb	CR2	8,85	-	21	20	35	24	Non det.	39	20	-	-
L1-S47	BTL-PLMb	CR3	12,3	-	57	16	19	8	Non det.	38	21	-	-

Per maggiore chiarezza, mi mostrano i dati granulometrici in formato grafico, a conferma della distinzione in due sub-unità: la più grossolana BTL-PLMa, caratterizzata da una predominanza di sabbie e ghiaie, e la più fine BTL-PLMb dove predominano argille e limi.

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	133 di 270

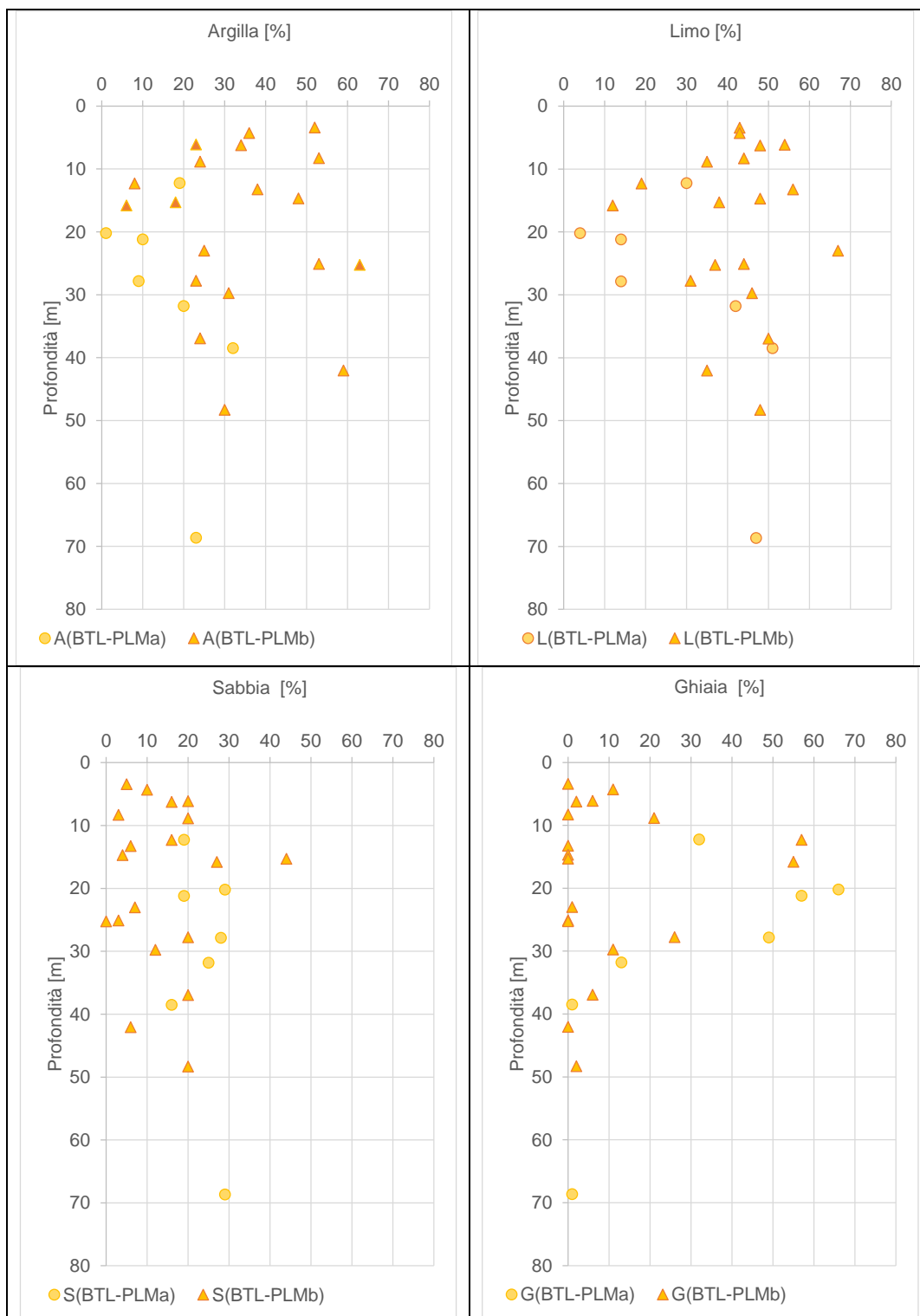


Figura 9-58: Composizione granulometrica delle due sub-unità BTL-PLMa e BTL-PLMb.

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	134 di 270

Nel seguito i grafici si riferiranno esclusivamente alla sub-unità coesiva BTL-PLMb, ad eccezione di quello dei pesi dell'unità di volume che include i risultati disponibili su entrambe sub-unità.

Con riferimento ai grafici di Figura 9-59, i pesi dell'unità di volume presentano una certa variabilità mostrando valori compresi tra 18.3 e 21.2 kN/m³. Per le due sub-unità si assumono i seguenti valori medi: 21 kN/m³ per BTL-PLMa e 19.5 kN/m³ per BTL-PLMb. L'indice dei vuoti ottenuto nelle prove edometriche effettuate sui campioni appartenenti alla sub-unità BTL-PLMb è compreso tra 0.6-0.7 e può essere assunto mediamente pari a 0.65.

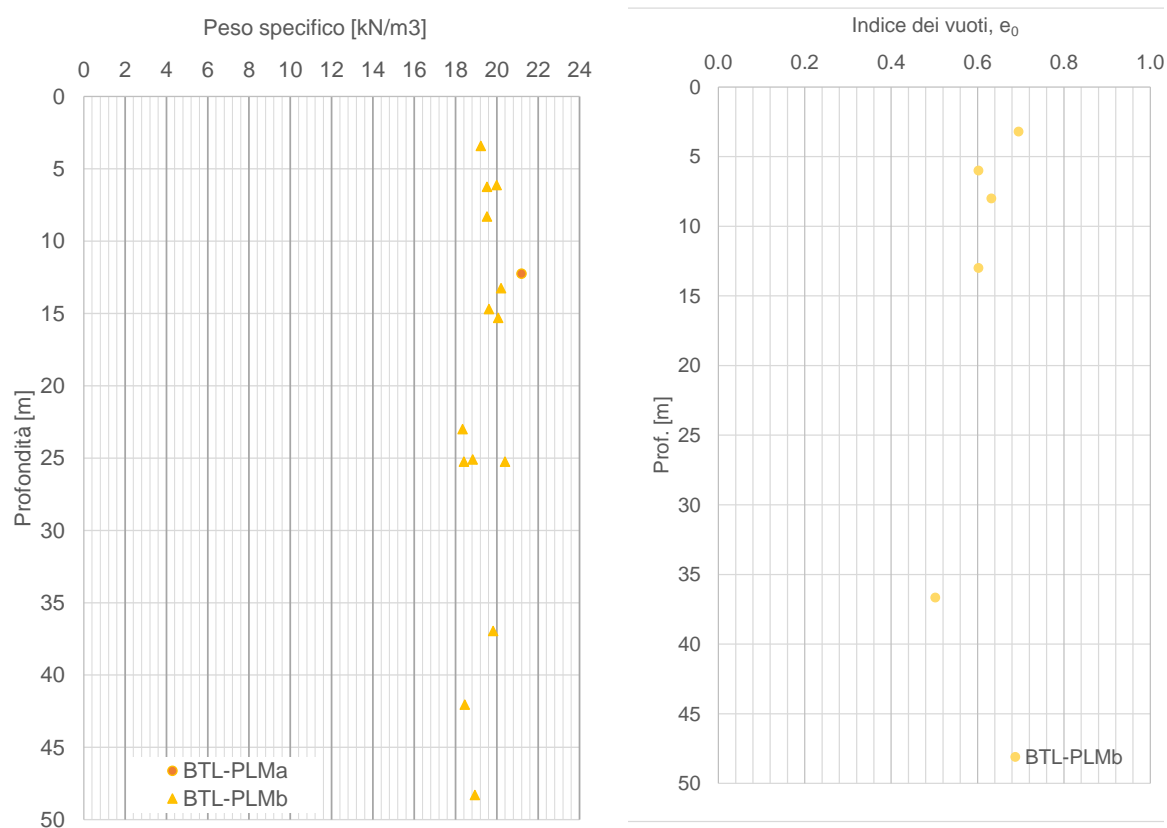


Figura 9-59: Andamenti con la profondità dei pesi dell'unità di volume (per BTL-PLMa e BTL-PLMb) e dell'indice dei vuoti (solo per BTL-PLMb).

Per la sub-unità di natura coesiva BTL-PLMb, l'andamento dell'indice di plasticità di **Figura 9-60** indica una condizione PLASTICA (15<I_p<40) confermando la componente argillosa nel materiale; si

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	135 di 270

può osservare che l'indice di Plasticità nei primi 25 m è compreso in un intervallo di valori leggermente superiori ($20 < I_p < 40$), rispetto a profondità maggiori ($15 < I_p < 30$, con un'unica eccezione $I_p = 45\%$).

La consistenza è generalmente SEMISOLIDA-SOLIDA come riscontrabile dai valori dell'indice di consistenza ($I_c \geq 1$) riportati nel grafico della stessa figura. L'indice di consistenza minore (0.8, corrispondente a consistenza SOLIDO-PLASTICA) è associata a un campione estratto a 15 m di profondità.

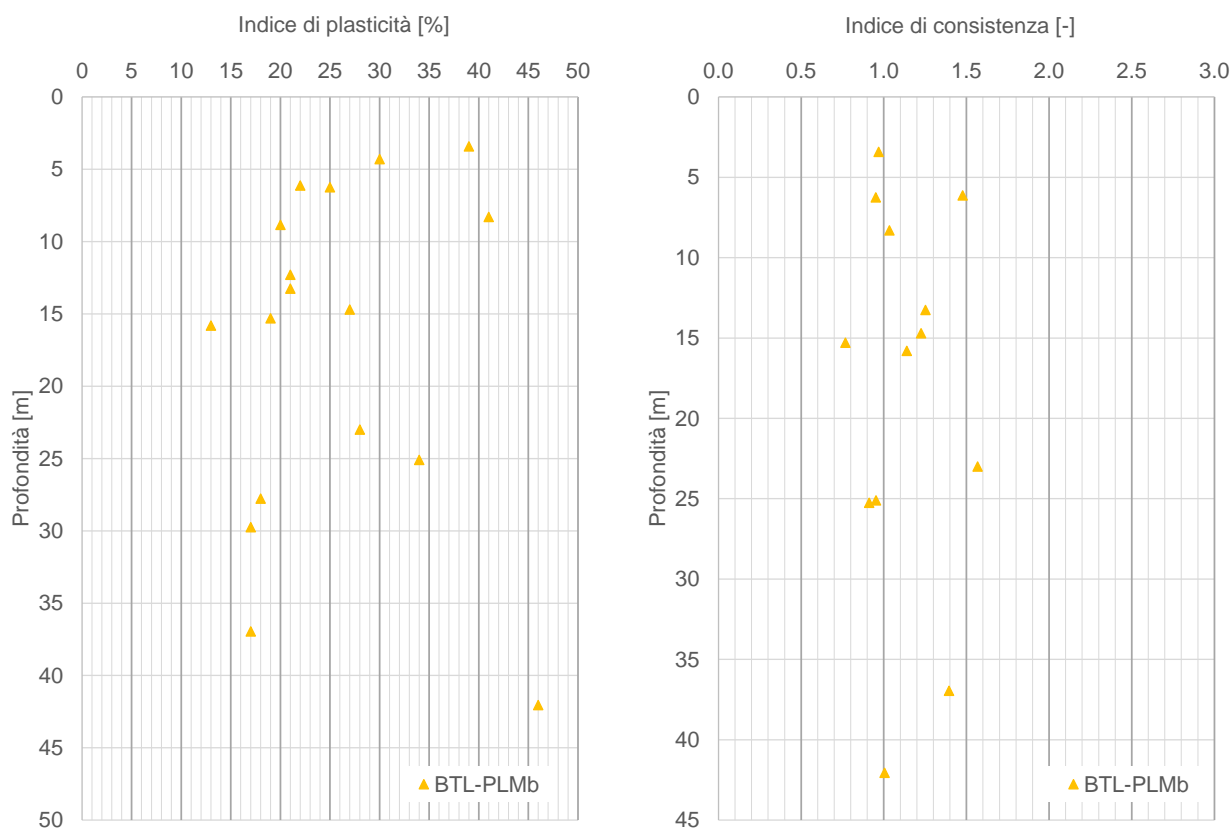


Figura 9-60: Andamenti con la profondità degli indici di Plasticità e di Consistenza (BTL-PLMb)

La distribuzione dei dati nella Carta di Plasticità di Casagrande (**Figura 9-61**) classifica i terreni generalmente come argillosi inorganici, di media-alta plasticità. Per quanto riguarda la carta di Attività, i terreni sono possono essere classificati come predominantemente INATTIVI-NORMALI.

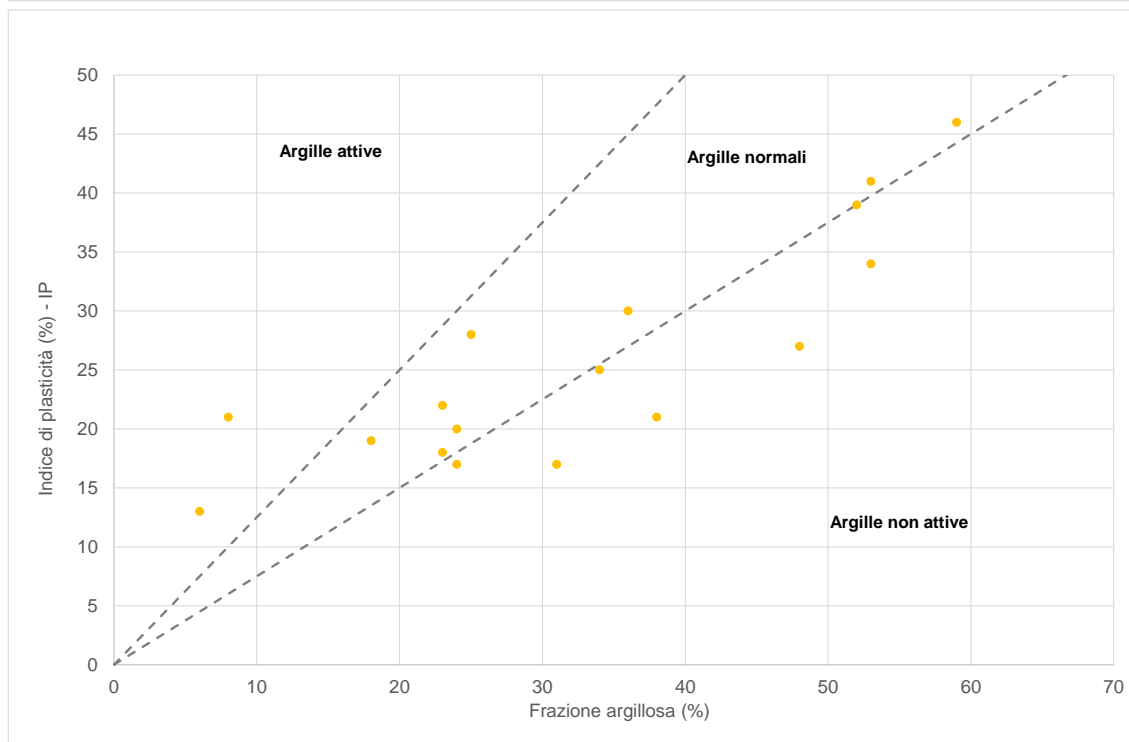
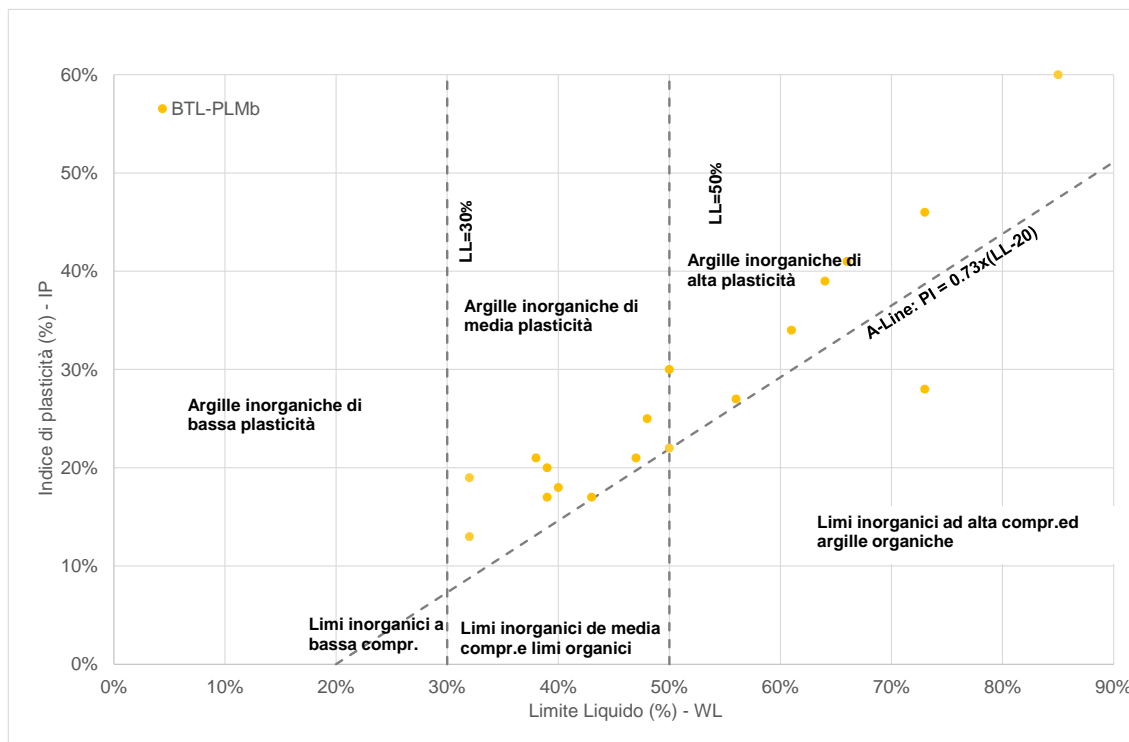


Figura 9-61 Carta di Plasticità (in alto) e Carta di attività (in basso) per la sub-unità BTL-PLMb

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	137 di 270

Il seguente grafico mostra l'indice di sovraconsolidazione (OCR) stimato a partire da 4 prove edometriche e quello ottenuto nelle due prove CPTu eseguite su questo materiale. In base alle edometriche si osserva che questo materiale si trova in condizioni di sovra-consolidazione, decrescente con la profondità (OCR=4 fino a 10 m e OCR=2,5 oltre i 10 m); invece le prove CPTu identificano valori di OCR minore (in genere $1 < OCR < 2$) e con un leggero andamento crescente con la profondità. Sulla base di queste osservazioni, si propone assegnare maggior rilievo all'interpretazione delle prove edometriche e l'OCR considerato sarà pari a 3 fino a 10 m e a 2 oltre i 10 m. Dalla prova effettuata a oltre 35 m di profondità (L1-S34. C13) si è ottenuto un OCR inferiore all'unità, confermando l'andamento decrescente di questo parametro con la profondità.

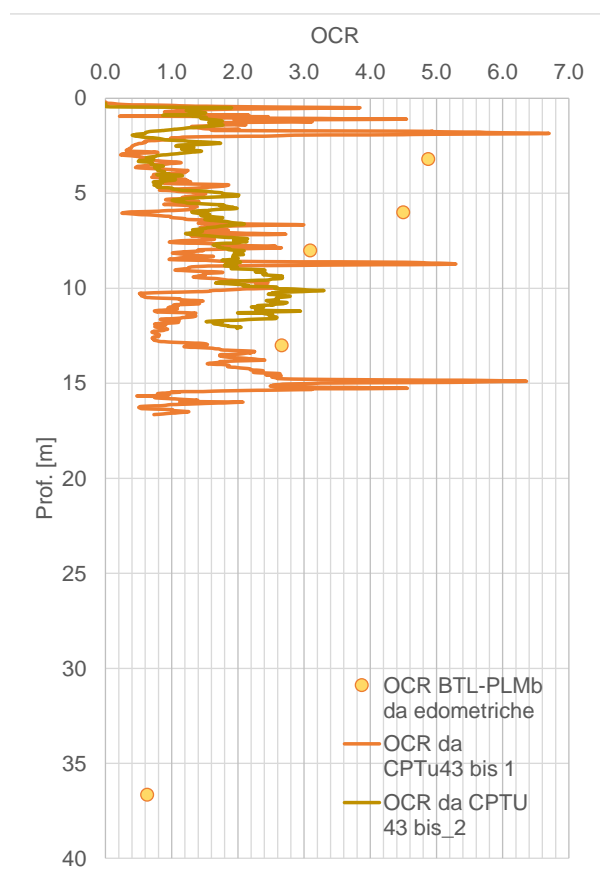


Figura 9-62: Andamento dell'indice OCR con la profondità (BTL_PLMb)

9.6.2 Parametri di resistenza

9.6.2.1 Condizioni non drenate

In Figura 9-63 si riportano gli andamenti della coesione non drenata c_u con la profondità, ottenuti dalle prove in situ (nello specifico da prove con penetrometri tascabili), dalle correlazioni con N_{SPT} (si veda paragrafo 8.2.2.1.4, considerando $f_1=4,5$) e, dove disponibili, confrontati con i risultati scaturiti dalle prove di laboratorio triassiali di tipo non consolidato non drenato (Tabella 9-27).

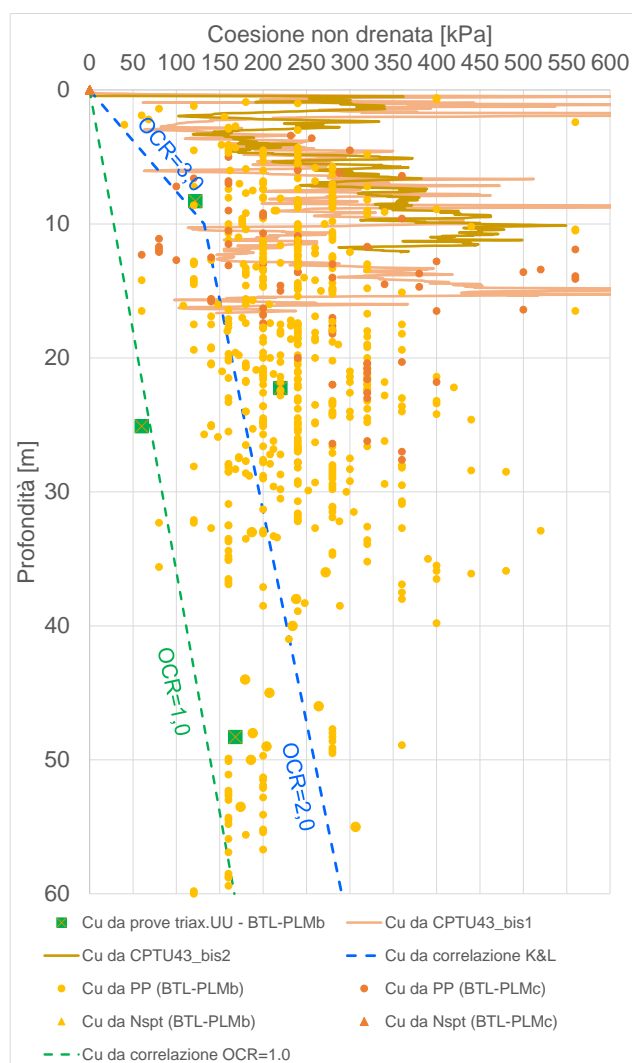


Figura 9-63: Andamenti di c_u con la profondità per l'unità BTL-PLMb

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

Nell'unità BTL-PLMb sono state eseguite 2 prove CPTu sulla cui base si sono ricavati valori di c_u generalmente maggiori di quelli stimati con altri metodi. Inoltre nel grafico è stata aggiunta la correlazione della legge lineare di Koutsoftas and Ladd (1985) con $OCR=3$ (per i primi 10 m) e $OCR=2$ (oltre i 10 m); si può dedurre che il grado di sovraconsolidazione associato allo strato superficiale ($OCR=3$) sia leggermente sottostimato rispetto ai dati di coesione non drenata rappresentati, mentre il grado di sovraconsolidazione associato agli strati profondi ($OCR=2$) ben si approssima ai dati raccolti.

Per completezza nella seguente tabella si riportano i risultati (in termini medi) relativi alle prove triassiali non consolidate non drenate realizzate.

Tabella 9-27 Risultati delle prove triassiali non consolidate non drenate (UU)

Sondaggio	Unità	Campione	Prof.media	c_u (valore medio)
			[m]	[kPa]
L1-S43	BTL-PLMb	CI2	8,30	122
L1-S43	BTL-PLMb	CI4	25,10	60
L1-S88	BTL-PLMb	CI5	22,25	220
L1-S39	BTL-PLMb	CI6	48,3	168

Come già anticipato, i valori di coesione non drenata relativi all'unità di interesse sono stati estratti da prove in situ, prove di laboratorio e correlazioni con SPT. Facendo riferimento al precedente grafico di Figura 9-63, si ritiene opportuno considerare un intervallo di valori pari a $c_u=100-250$ kPa.

9.6.2.2 Condizioni drenate

In questo paragrafo vengono riassunti i risultati derivanti dalle prove di taglio diretto disponibili per la facies fino di questa unità (BTL-PLMb). I dati sono stati cumulati in modo da ottenere un *range* di valori riferiti a più prove (Figura 9-64). Come riscontrabile dalla figura sottostante per BTL-PLMb, i dati riportati nel grafico restituiscono i seguenti intervalli: $\varphi'=19-27^\circ$ – $c'=5-25$ kPa.

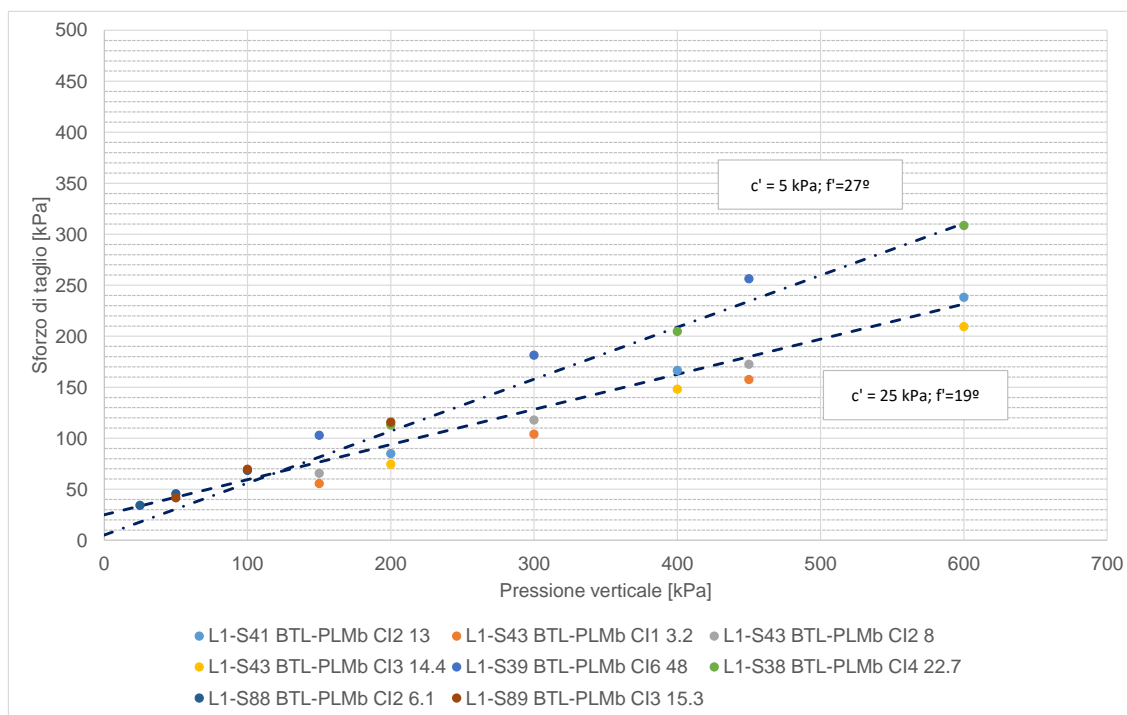


Figura 9-64: Unità BTL-PLMb - interpretazione delle prove di taglio diretto

Si sono realizzate 4 prove triassiali consolidate non drenate ottenendo valori in linea con quelli provenienti dalle prove di taglio diretto.

Tabella 9-28 Risultati delle prove triassiali consolidate non drenate (CU)

Sondaggio	Unità	Campione	Prof.media	Angolo di attrito	coesione
			[m]	[°]	[kPa]
L1-S41	BTL-PLMb	CI1	6,25	27	16
L1-S43	BTL-PLMb	CI4	25,10	21	33
L1-S34	BTL-PLMb	CI3	36,9	28	15
L1-S34	BTL-PLMb	CI4	42,0	18	9

A partire dall'analisi delle prove CPTU43bis_1 e CPTU43bis_2, applicando la correlazione descritta al paragrafo 8.2.2.2, si è stimato un angolo di attrito medio intorno a 30°; si reputa che questa correlazione offra una sovrastima di ϕ' per l'unità BTL-PLMb.

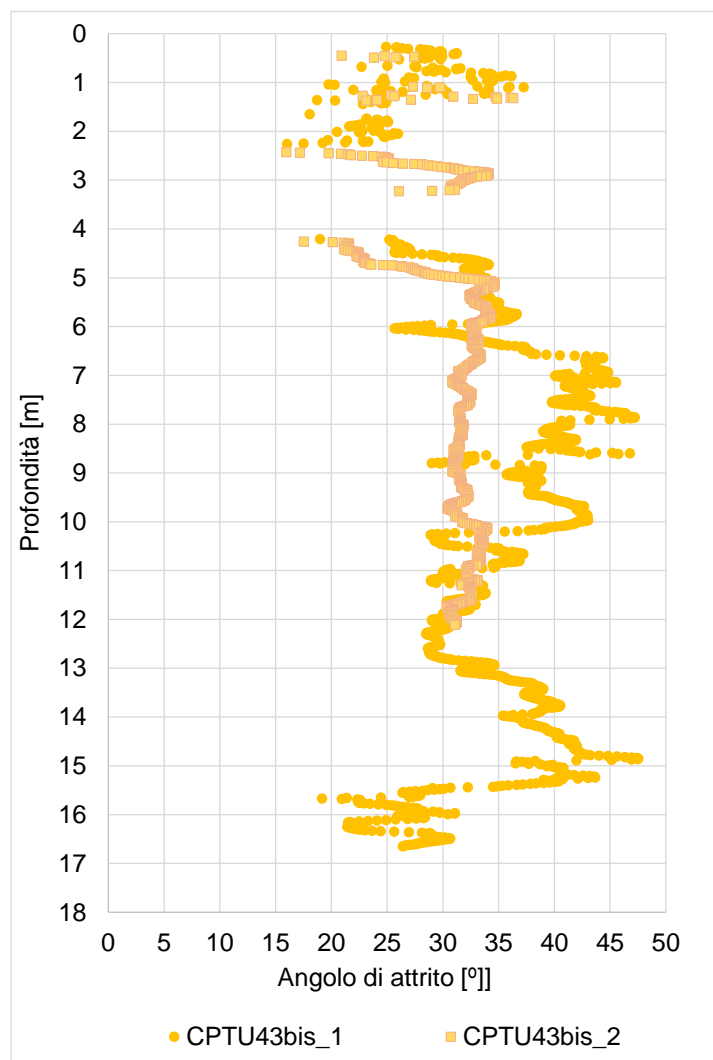


Figura 9-65: Stima dell'angolo di attrito a partire dalle prove CPTU su BTL-PLMb.

Per caratterizzare la resistenza in termini di angolo di attrito per la facies grossolana BTL-PLMa, si utilizzeranno correlazioni basate da N_{spt} , come visto nel paragrafo 8.3.2.2.1. Il seguente grafico mostra i risultati della correlazione di Wolff (1989) – considerando CN per sabbie fini, al fine di ottenere risultati leggermente più cautelativi – e di quella proposta da Kulhawy & Maine (1980). Il range proposto per questo parametro è pari a $\phi' = 35-40^\circ$.

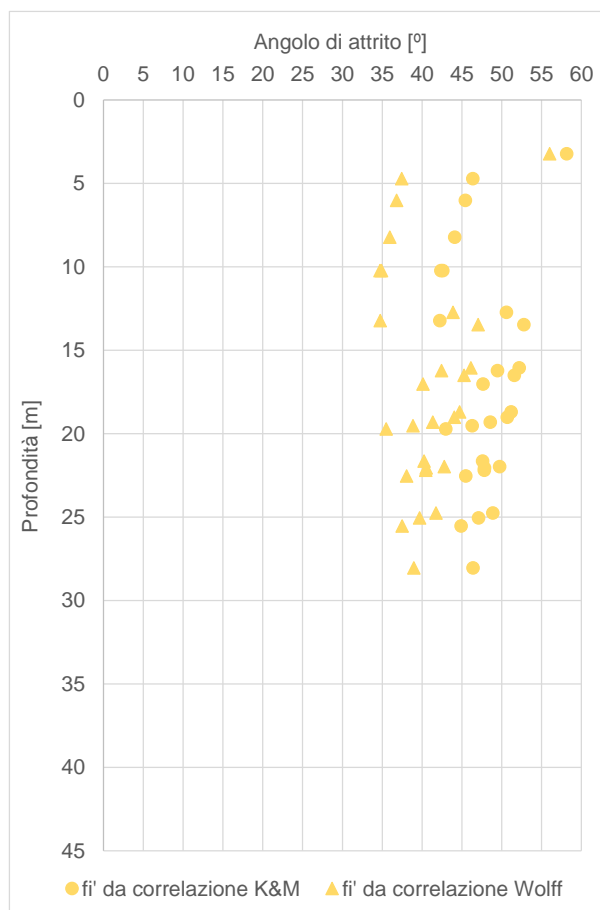


Figura 9-66 – Unità BTL-PLMa – stima angolo di attrito tramite correlazioni da Nspt

Tabella 9-29 Stima angolo di attrito per unità BTL-PLMa

	Corr.di K&M	Corr.di Wolff
Valore medio	48	41
Valore minimo	42	35

In base alla tabella precedente si nota che il valor minimo di angolo di attrito stimato presenta una variabilità compresa tra 35° e 42°, mentre il valor medio presenta una variabilità compresa tra 41° e 48°. Si opta selezionare un intervallo di valori compreso tra 35° e 40°.

9.6.3 Parametri di rigidezza

9.6.3.1 Modulo elastico da prove in situ

Sono state considerate le prove disponibili al momento della redazione della presente relazione: 6 prove pressiometriche di tipo Menard e 11 prove dilatometriche, eseguite nei sondaggi S30, S31, S33, S32, S34, S41, S43 e S73. I risultati sono rappresentati nel grafico di **Figura 9-67**.

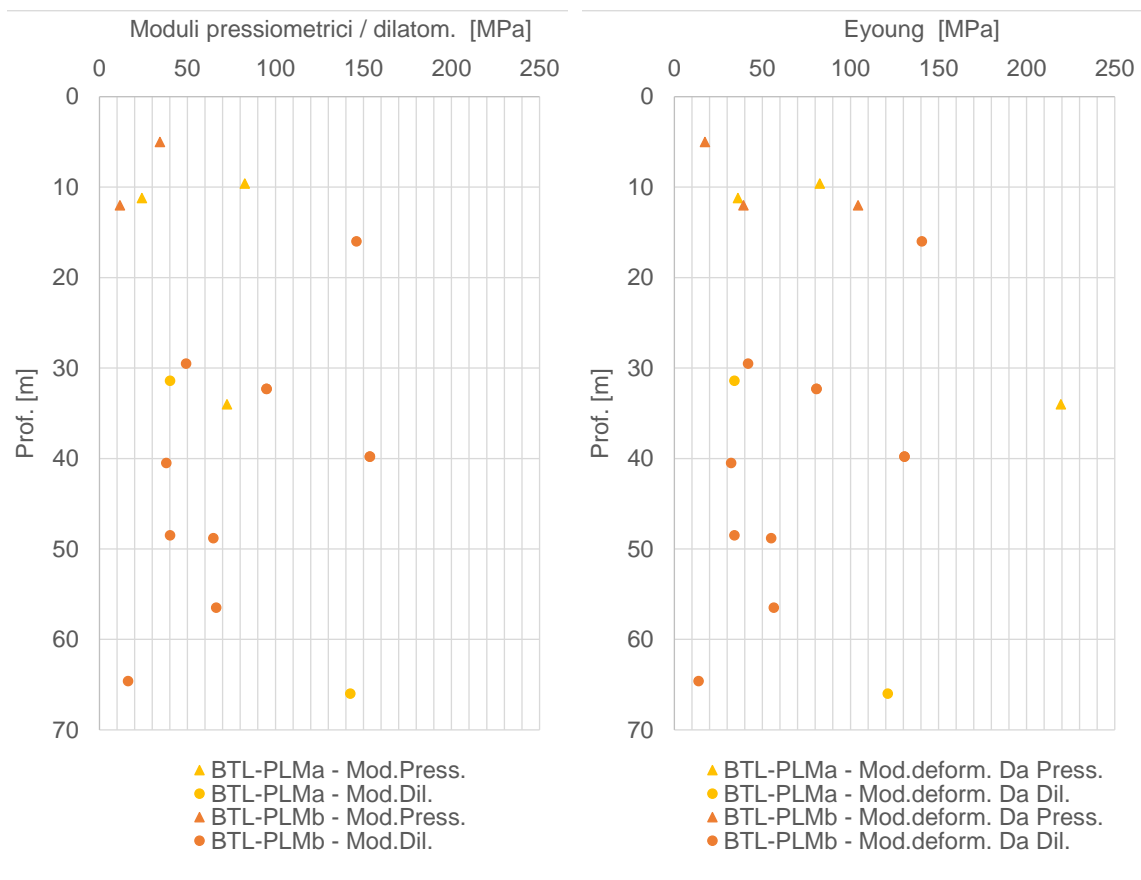


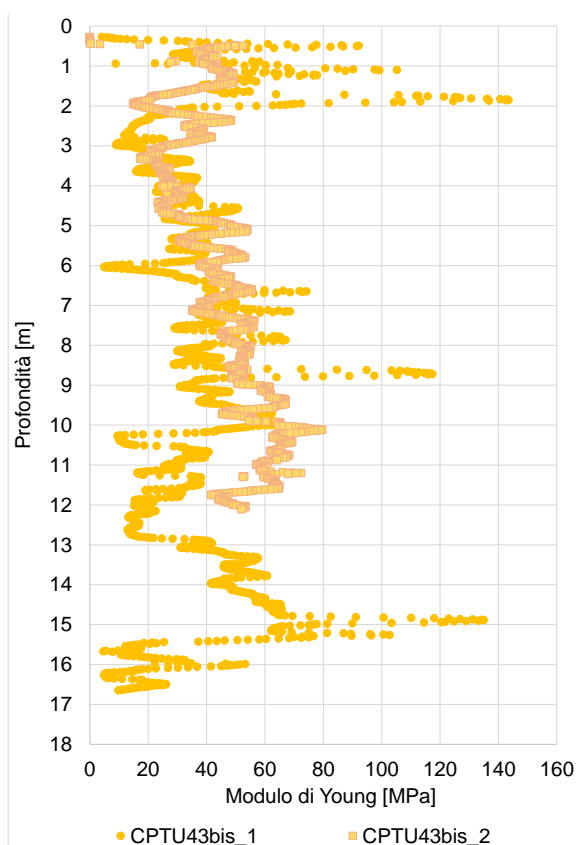
Figura 9-67: Unità BTL-PLM – Moduli di deformazione ricavati da prove in-situ

Il coefficiente reologico α considerato è stato assunto in coerenza dai certificati delle prove di laboratorio; per completezza viene indicato nella seguente tabella.

Tabella 9-30: Tabella di conversione da moduli pressiometrici a moduli di Young tramite coeff.reologico α

			profondità centro della cella	modulo pressiometrico	α	Modulo di Young
			[m]	[MPa]		[MPa]
L1S32	BTL-PLMa	P1	11,2	24,2	2/3	36,1
L1S41	BTL-PLMa	P2	34	72,4	1/3	219,5
L1-S33	BTL-PLMa	P2	9,6	82,6	1	82,6
L1S41	BTL-PLMb	P1	12	34,4	1/3	104,3
L1S43	BTL-PLMb	P1	5	11,6	2/3	17,4
L1S43	BTL-PLMb	P2	12	19,6	1/2	39,3

Nel seguente grafico si mostrano i valori di modulo di deformazione associati alla sub-unità BTL-PLMb, ottenuti tramite la correlazione basata sui risultati delle prove CPTu (si veda paragrafo 8.2.3.2.1); l'intervallo assunto da questo parametro è 20-60 MPa, in linea con i risultati delle prove pressiometriche e dilatometriche eseguite.



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

Figura 9-68: Unità BTL-PLMb – Mod.Young a partire da CPTu

9.6.3.2 Parametri edometrici determinati da prove di laboratorio

I principali parametri edometrici ricavati dalle prove di laboratorio sono riassunti nella Tabella 9-31.

Tabella 9-31: Sommario dei parametri ottenuti dalla elaborazione delle prove edometriche su BTL-PLMb

Sondaggio	campione	Prof. [m]	e_0	OCR	Cr	RR	Cc	CR	Cs	SR	Cs/cc
L1-S41	C11	6	0,602	4,5	0,004	0,003	0,13	0,08	0,061	0,038	13%
L1-S41	C12	13	0,602	2,7	0,010	0,005	0,20	0,123	0,055	0,034	20%
L1-S43	C11	3,2	0,695	4,9	0,010	0,005	0,22	0,132	0,091	0,054	22%
L1-S43	C12	8	0,632	3,1	0,006	0,004	0,20	0,123	0,080	0,049	20%
L1-S34	C13	36,65	0,506	0,6	0,029	0,019	0,19	0,129	0,041	0,027	19%

Per ciascuna prova sono state effettuate le ricostruzioni di Casagrande per la determinazione della tensione di preconsolidazione; ne è derivato che i terreni risultano sovra-consolidati, per lo meno fino a 10m di profondità.

I coefficienti di compressione C_c calcolati sono stati posti a confronto, nella Figura 9-69, con tipici intervalli di variazione indicati dalla letteratura (vedi Lancellotta, 2009), in dipendenza dall'indice dei vuoti iniziale e_0 ; i dati disponibili rientrano nell'intervallo individuato dalle due rette della correlazione.

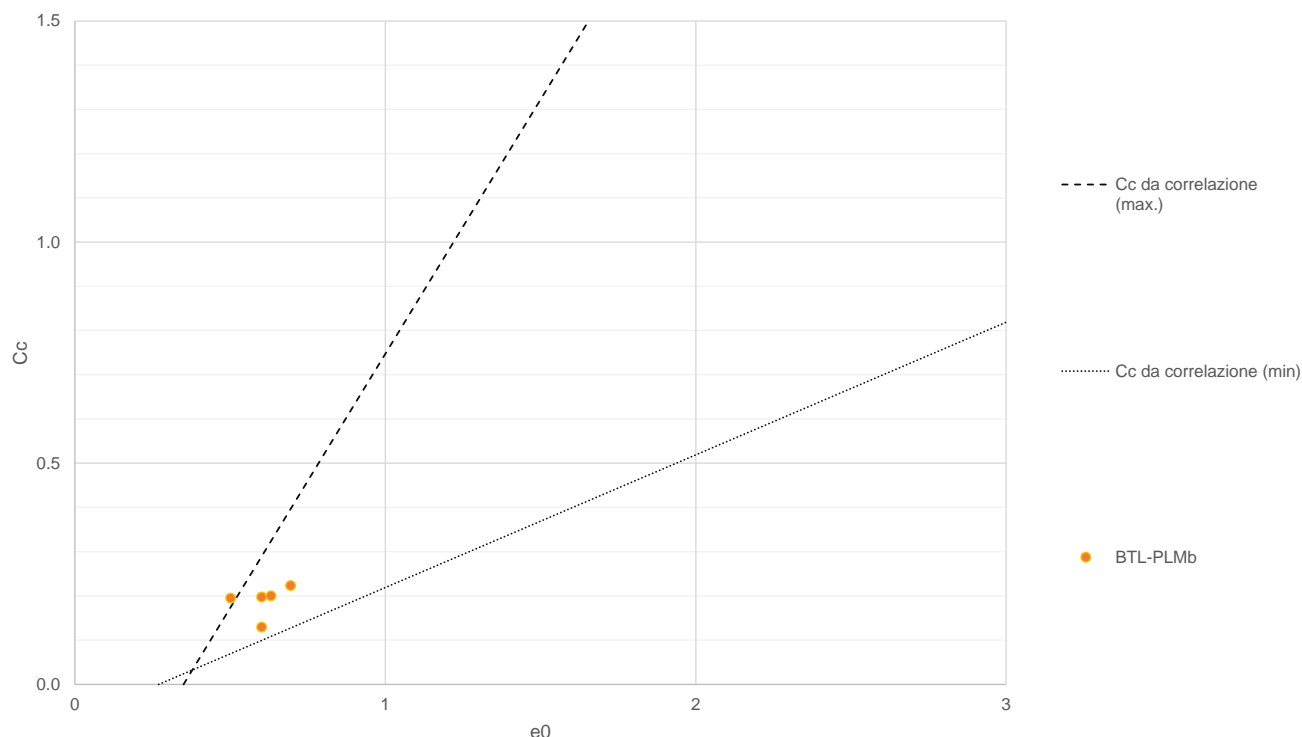


Figura 9-69: Valori di Cc calcolati per unità BTL-PLMb e confronto con indicazioni di letteratura (Lancellotta, 2009)

A partire dal valore di e_0 e C_c ricavati dalle prove edometriche è possibile stimare il modulo edometrico per una certo stato tensionale. Per una pressione pari a 400 KPa si sono stimati moduli di deformazione edometrica di circa 7-12 MPa.

$$M = 2,3 \cdot \frac{(1 + e_0)}{C_c} \cdot \sigma'_v$$

È opportuno evidenziare che i moduli edometrici che si ricavano dai parametri ottenuti dalle specifiche prove sono risultati sempre nettamente inferiori (di circa un ordine di grandezza) di quelli ottenuti da prove in situ, quali le prove pressiometriche. Questo non è da considerarsi sorprendente dal momento che non è inusuale che le prove edometriche forniscano una sensibile sottostima dei moduli, spesso dovuta a fattori di disturbo durante il campionamento e/o all'effettiva rappresentatività dei provini sottoposti a prova rispetto al generale comportamento atteso in sito.

Dalle prove edometriche sono stati anche ricavati i coefficienti di consolidazione secondaria, come già riportato nello specifico paragrafo. Partendo dalle prove edometriche disponibili sui campioni S41-

C1, S41-C2 e S43-C1, è stato ricavato il coefficiente di consolidazione come rapporto tra la variazione di deformazione tra due istanti di tempo t_1 e t_2 e la variazione logaritmica di tali tempi, prendendo a riferimento la porzione terminale dei diagrammi “deformazione-tempo”, cioè la pendenza dell’asintoto inclinato nel piano semilogaritmico $\varepsilon - \log t$. Il coefficiente è stimato dunque come

$$C_{\alpha\varepsilon} = \Delta\varepsilon/\Delta\log t$$

ottenendone l’andamento riportato nel grafico di Figura 9-27, in relazione dalla pressione di prova.

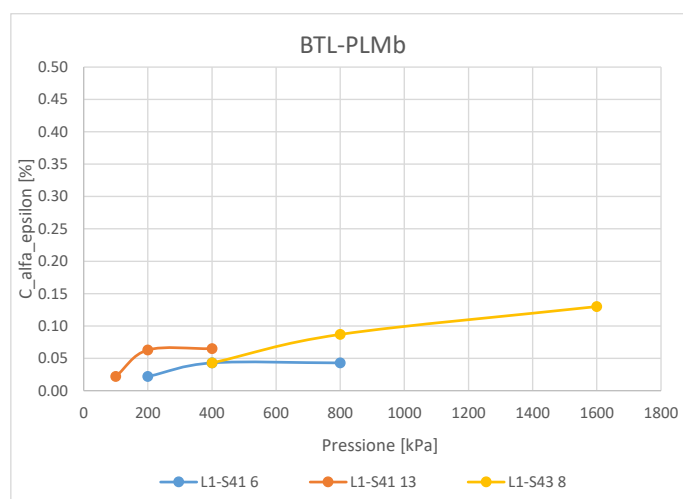


Figura 9-70: Andamento di $C_{\alpha\varepsilon}$ in relazione alla pressione di prova

Si è considerato il valor medio delle prove valutato per pressioni tra 200 e 800 kPa, ottenendo un valore di $C_{\alpha\varepsilon}$ operativo pari a 0,045%.

9.6.3.3 Modulo elastico operativo in condizioni drenate

I valori dei moduli operativi sono stati estratti a partire dai moduli a basse deformazioni ottenuti dai valori di G_0 , derivanti dai valori di V_s , a loro volta ricavati da prove in situ quali MASW e Down-Hole.

Nella Figura 9-71 si rappresentano i valori di V_s misurati nelle prove geofisiche ed in Figura 9-72 si diagrammano i moduli E_0 stimati sulla base dei risultati di queste prove. Si nota come in questo caso la prova MASW-6 eseguita per i primi 10m sul materiale BTL-PLMb e per i seguenti su BTL-PLMa, restituisca risultati valori di V_s (e quindi di E_0) in linea rispetto alle prove DH.

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	148 di 270

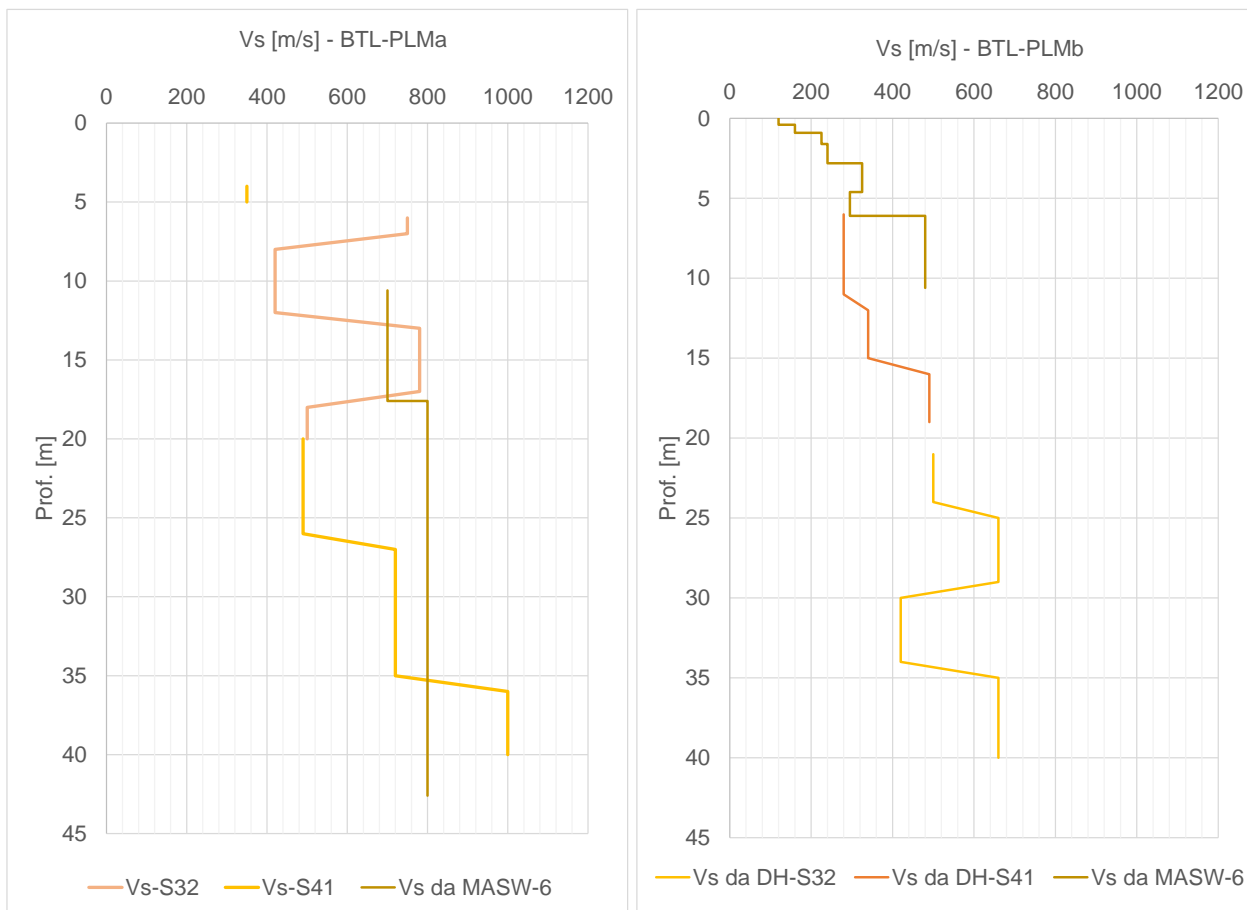


Figura 9-71: Andamento di Vs registrata nelle prove DH e MASW per le sub-unità BTL-PLMa (a sinistra) e BTL-PLMb (a destra)

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	149 di 270

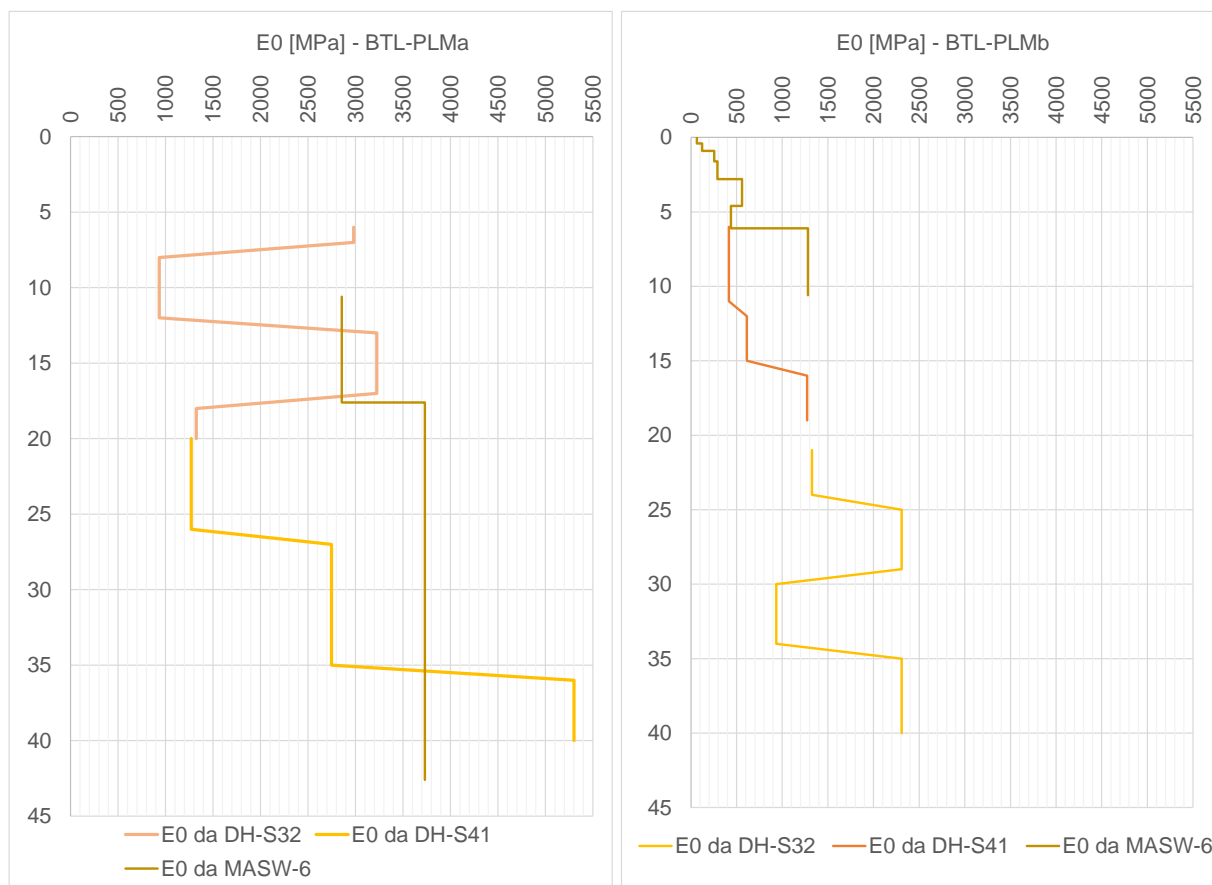


Figura 9-72: Andamento di E_0 stimato a partire da prove Down-Hole e MASW – BTL-PLM

In base ai precedenti grafici, per le unità BPa e BPb si possono assumere i seguenti intervalli.

Tabella 9-32: Sommario dei moduli E_0 ed $E_{operativo}$ a partire da prove DH – BTL-PLM

BTL-PLMa	E_0 [MPa]	900-2000
	E_{op} [MPa]	45-200
BTL-PLMb	E_0 [MPa]	500-1100
	E_{op} [MPa]	25-110

Come valori di riferimento, nella tabella precedente, è riportato l'intervallo che può assumere il modulo elastico operativo E_{op} , valutato in funzione dei due livelli di operatività individuati:

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE000001	A	150 di 270

- il limite inferiore è caratteristico di livelli deformativi tipici di problemi di cedimento (problemi di carico), e come tali più bassi ($E_{op}=1/20 \cdot E_0$);
- il limite superiore è caratteristico nel caso di analisi di scavi o di opere di sostegno ($E_{op}=1/10 \cdot E_0$), quindi in presenza di problemi di scarico, dove si possono considerare valori più elevati.

Sull'unità BTL-PLMb sono state eseguite 4 Linee di sismica a rifrazione (SRT_S_7-8-9-10) da cui si sono ottenuti valori di velocità di propagazione delle onde di taglio V_s in linea con quelle ottenuti da DH e MASW (si veda Figura 9-71), per esempio a partire dall'analisi della SRT_S_7 si è stimato un V_{s30} paria 360 m/s.

9.6.4 Permeabilità

Nell'ambito della campagna d'indagine, sono state eseguite 16 prove di permeabilità tipo Lefranc a carico variabile sull'unità in studio. In **Tabella 9-33** sono riportati i valori dei coefficienti di permeabilità ottenuti dalle prove e riferibili alle varie unità indagate.

Tabella 9-33 Risultati delle prove Lefranc sull'unità BTL-PLM

Sondaggio	Unità	Prof. prova (da m a m)		k (m/s)
L1-S32	BTL-PLMa	6,7 (1)	8	1,19E-07
L1-S32		14,7 (2)	16	3,39E-08
L1-S41		34,5 (3)	36	9,82E-08
L1-S44		20,9 (4)	23	5,07E-08
L1-S94		14,8 (5)	16,5	8,57E-07
L1-S32	BTL-PLMb	31,2	33	2,30E-08
L1-S41		6,5	8	6,97E-10
L1-S41		16	17,5	3,21E-08
L1-S43		4,35	6	1,84E-07
L1-S43		11,8	13	1,80E-08
L1-S30		50	50,5	1,19E-07
L1-S30		62	62,5	9,92E-08
L1-S33		34	34,5	4,93E-07
L1-S33		45	46,8	8,18E-05
L1-S34		25	26,5	5,62E-05

Sondaggio	Unità	Prof. prova (da m a m)		k (m/s)
L1-S44	BTL-PLMb	4,25	5,7	7,29E-07
L1-S44		10,5	13	1,96E-07
L1-S73		15	16,5	1,64E-09
L1-S88		2,8	5	4,43E-07
L1-S87		14,8	16,4	3,38E-08
L1-S88		14,8	16	2,93E-07
L1-S91		13,3	16,5	3,12E-08
L1-S93		14,9	16,5	2,24E-08
L1-S97		2,5	4	1,53E-08
L1-S43bis		4,9	6	ass.nullo
L1-S43bis		16,3	18,3	3,87E-08
L1-S89		16	17	ass.nullo
L1-S90		4,4	6	ass.nullo
L1-S90		16,4	17	ass.nullo

Si nota che le 5 prove Lefranc eseguite in BTL-PLMa danno valori di permeabilità bassi, considerando la natura granulare di questa sub-unità; controllando la descrizione stratigrafica, infatti si osserva che queste prove sono state eseguite a profondità dove la permeabilità è influenzata dalla presenza di materiale fine, in particolare:

- (1) Ghiaia media-grossa con limo debolmente sabbioso;
- (2) Ghiaia da fine a grossa, limosa debolmente argillosa;
- (3) Alternanza di livelli da sottili a medi di limi sabbiosi da deb. argillosi ad argillosi e argille limoso-sabbiose, complessivamente con ghiaia carbonatica da dispersa a diffusa, intercalati da livelli con spessore simile di sabbie argillose ghiaiose;
- (4) sabbia limosa ghiaiosa, intercalata da livelli a matrice limoso-sabbiosa deb. Argillosa;
- (5) Ghiaia ciottolosa con rari resti di matrice sabbiosa/limosa intercalata tra 15.2÷15.7 m da livello di limo sabbioso ghiaioso.

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	152 di 270

In base a questa considerazione, le prove di permeabilità eseguite su BTL-PLMa non si reputano rappresentative, e si propone assegnare a questa sub-unità un intervallo di permeabilità pari a $1E-5$ e $1E-7$.

La permeabilità associata a BTL-PLMb può essere dedotta in maniera grafica in **Figura 9-73**.

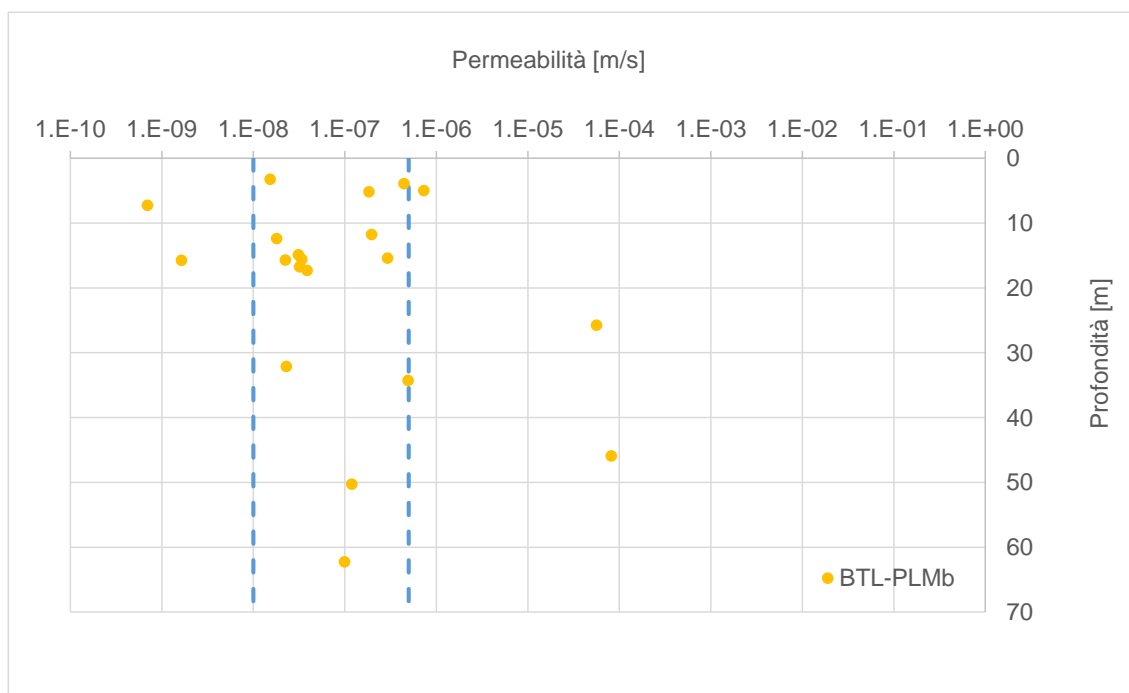


Figura 9-73: Valori di permeabilità dell'unità BTL-PLMb

	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

9.7 UNITÀ SGH

Le argille e argille siltose di Saginara consistono in una successione di argille siltose, siltiti, marne argillose e rare sabbie. In affioramento possono mostrarsi come arenarie massive intercalate alle argille (foto a sinistra) o come argille siltose con stratificazione mal definita (foto di destra).



Figura 9-74: Aspetto degli affioramenti delle Argilliti di Saginara

Lungo il tracciato in esame, questa unità si rinviene nei pressi del VI05 ed i sondaggi che l'hanno intercettata sono S-20 e S-21. Questa unità è stata inoltre investigate in aree relative a dissesti, come per esempio nei sondaggi S58, S61, S83 e S84.

Dalla descrizione stratigrafica riferita a S-21: nel complesso, materiale estremamente consistente, con livelli marnosi duri a resistenza estremamente/molto debole, spesso allentato da carotaggio. a manipolazione, tendenziale rottura a scaglie da minute a grossolane dei livelli a laminazione più sottile; i livelli siltoso-argillosi nella parte inferiore della successione denotano maggiore fragilità relativa, con conseguente accentuazione del comportamento pseudo-scaglioso.

Per completezza, nel seguente grafico si mostra l'andamento dei valori di N_{spt} registrati in situ, eseguiti sull'unità geotecnica SGH.

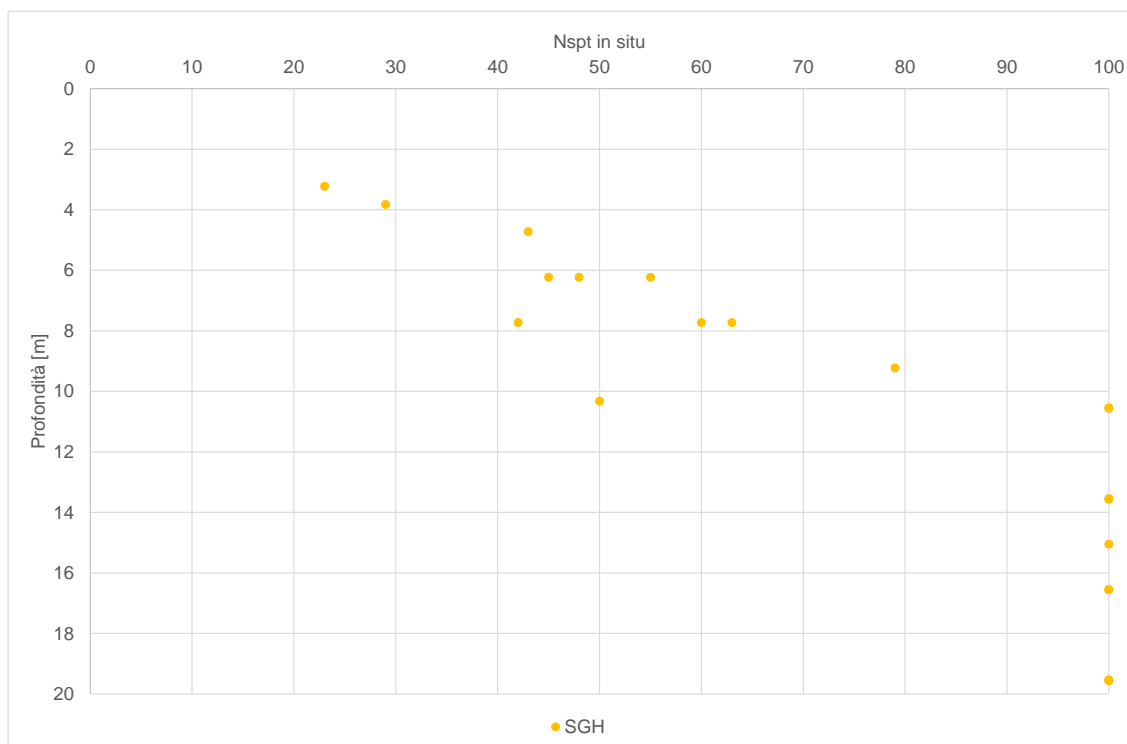


Figura 9-75: Risultati di Nspt per unità SGH

9.7.1 Parametri di stato e caratteristiche fisiche

I dati a disposizione su questa unità sono raccolti nella seguente tabella:

Tabella 9-34 Riassunto caratteristiche fisiche – SGH

Sondaggio	Unità	Campione	Prof.media [m]	Peso specifico [kN/m ³]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	Wn [%]	WL [%]	Ip [%]	Ic -	e ₀ -
L1-S20	SGH	CR3a	47.27		0	6	63	31		40	18	22	-
L1-S20	SGH	CR3b	47.54		0	12	58	30		41	18	23	-
L1-S20	SGH	CI4	52.7	21,19	0	12	58	30	12,8	40	19	21	-
L1-S58	SGH	CI3	24.25	20.21	0	1	52	47	16.4	58	41	1.01	-
L1-S60	SGH	CI2	14.25	19.92	0	4	68	28	17.2	58	32	1.28	-
L1-S83	SGH	CI1	3.3	20.01	1	2	77	20	16.6	59	17	2.49	-
L1-S83	SGH	CI2	9.75	20.33	0	1	64	35	15.9	54	37	1.03	-

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	155 di 270

Sondaggio	Unità	Campione	Prof.media [m]	Peso specifico [kN/m3]	G [%]	S [%]	L [%]	A [%]	Wn [%]	WL [%]	Ip [%]	Ic -	e ₀ -
L1-S83	SGH	CI3	15.75	20.35	0	1	65	34	16.3	58	38	1.10	-
L1-S83	SGH	CI4	26.25	20.46	0	1	73	26	16.3	56	30	1.32	-
L1-S83bis	SGH	CI1	2.75	20.25	0	1	72	27	14.8	51	26	1.39	-
L1-S83bis	SGH	CI2	6.25	20.36	0	1	71	28	16.3	48	29	1.09	-
L1-S84	SGH	CI2	9.55	20.06	0	0	65	35	17.8	58	34	1.18	-
L1-S84	SGH	CI3	15.75	20.73	0	0	67	33	14.7	56	31	1.33	-
L1-S84	SGH	CI4	26.25	20.64	0	0	65	35	15.8	61	36	1.26	-
L1-S84bis	SGH	CI1	2.7	20.21	0	1	68	31	15.9	52	34	1.06	-
L1-S84bis	SGH	CI2	6.3	20.34	0	1	63	36	16.5	61	42	1.06	-
L1-S60	SGH	CI3*	24.3	26.18	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*(campione litoide-marna)

Nelle figure successive si mostrano i grafici corrispondenti ai risultati delle prove di riconoscimento fisico sull'unità SGH.

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	156 di 270

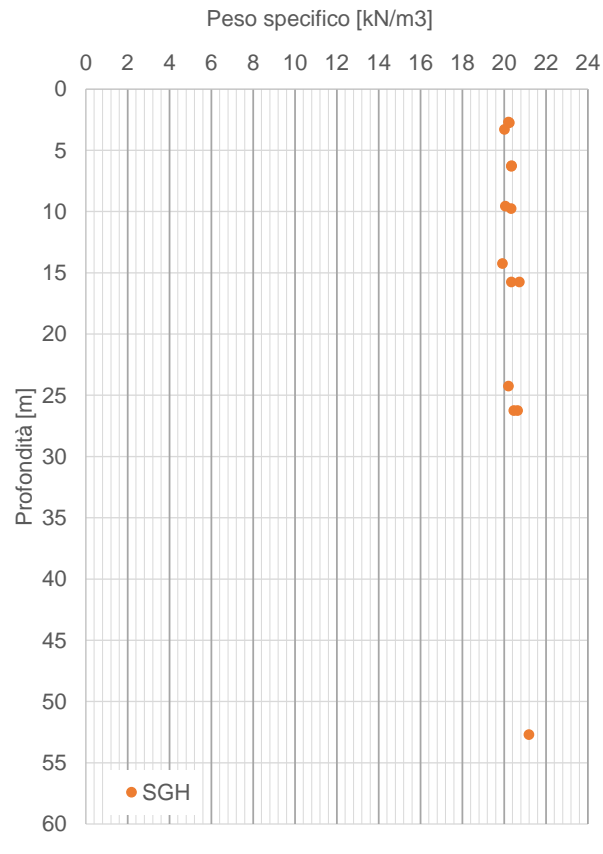


Figura 9-76: Andamento con la profondità dei pesi dell'unità di volume (SGH)

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	157 di 270

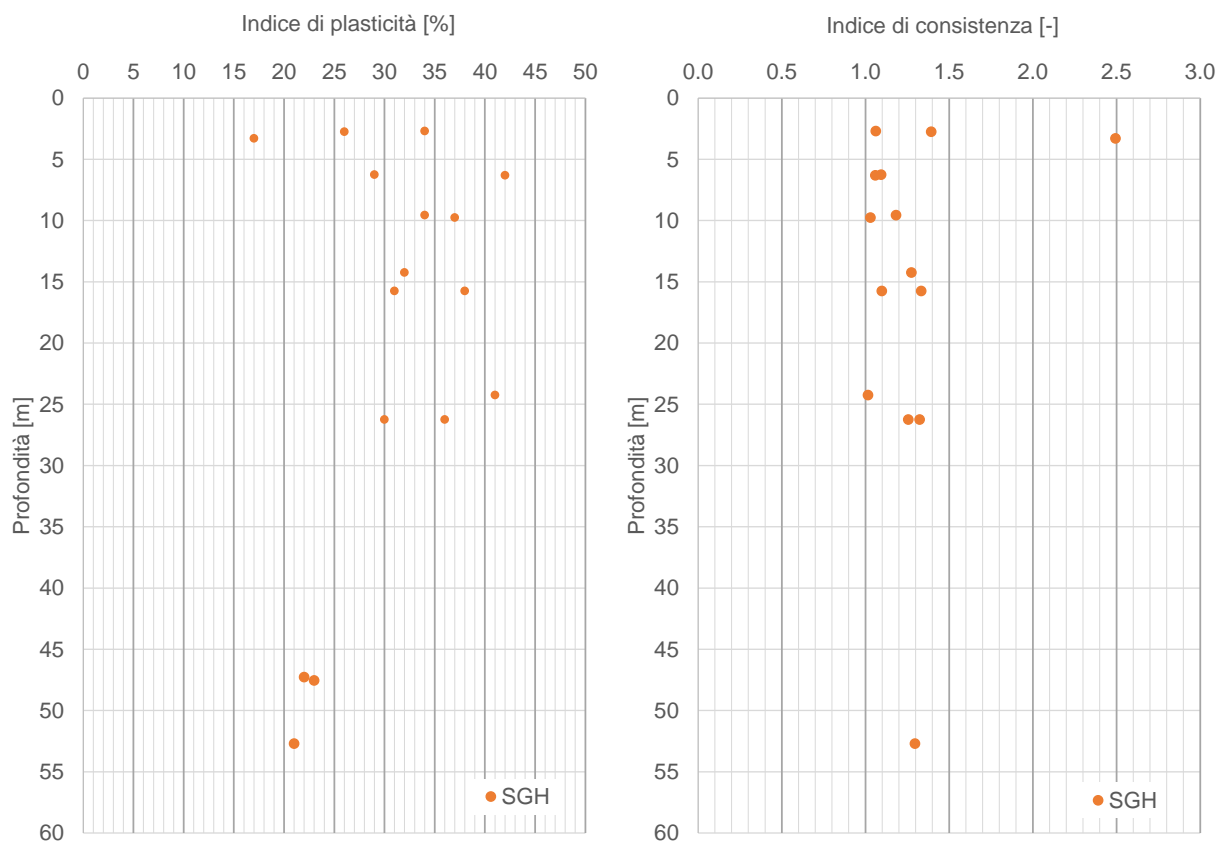


Figura 9-77: Andamenti con la profondità degli indici di Plasticità e di Consistenza

La distribuzione dei dati nella Carta di Plasticità di Casagrande (Figura 9-78) classifica i terreni generalmente come argillosi inorganici, di media e alta plasticità. Per quanto riguarda la carta di Attività i terreni SGH sono classificabili come NORMALI.

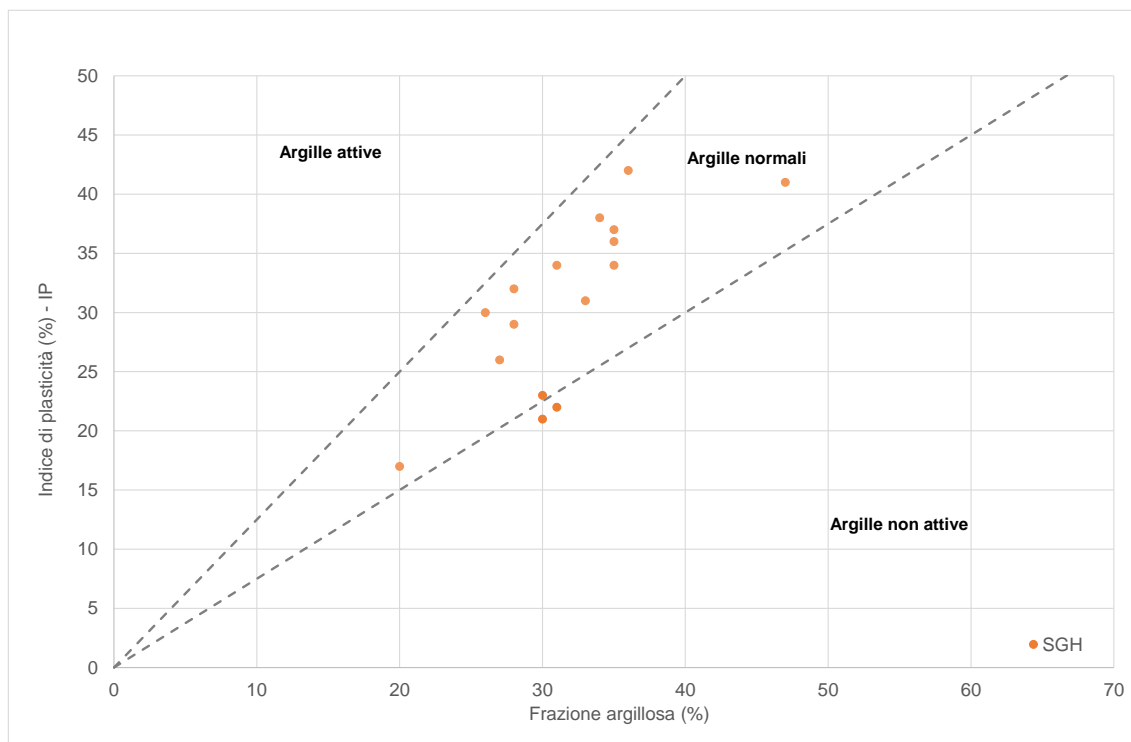
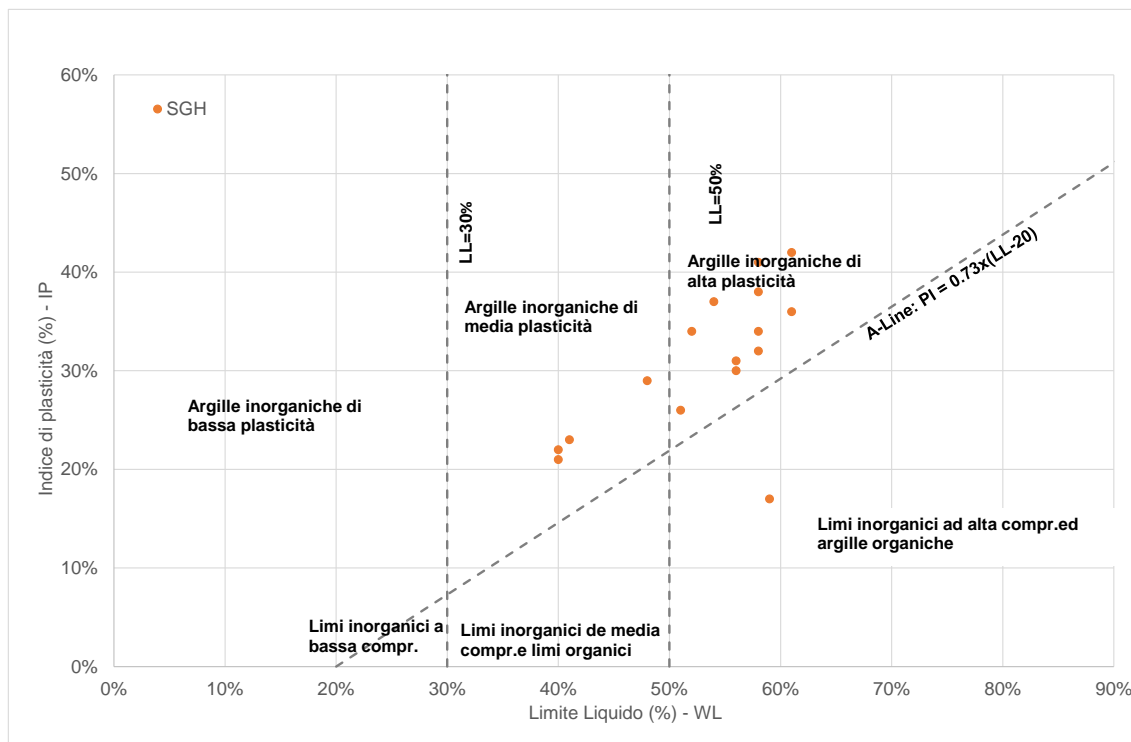


Figura 9-78: Carta di Plasticità (in alto) e Carta di attività (in basso)

9.7.2 Parametri di resistenza

9.7.2.1 Condizioni non drenate

In base alle prove con penetrometro tascabile si è ottenuto l'andamento di coesione non drenata c_u riprodotto in Figura 9-79; nello stesso grafico sono stati inclusi anche i risultati delle prove triassiali non consolidate non drenate (Tabella 9-35) ed i valori stimati tramite la correlazione basata sui valori delle prove SPT.

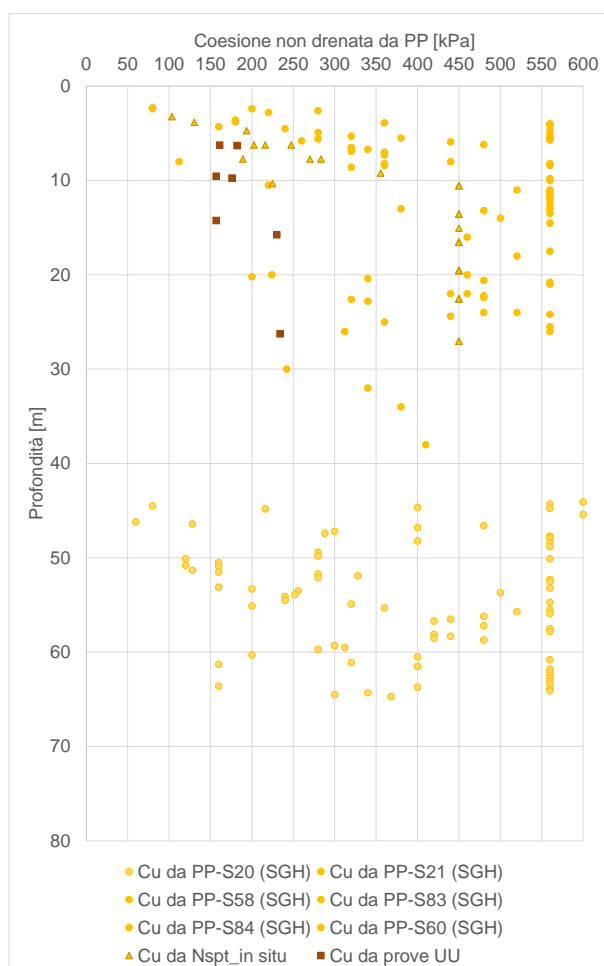


Figura 9-79: Andamento di c_u con la profondità per l'unità SGH

Tabella 9-35 Risultati delle prove triassiali non consolidate non drenate (UU)

Sondaggio	Unità	Campione	Prof.media	c _u (valore medio)
			[m]	[kPa]
L1-S60	SGH	CI2	14,25	157
L1-S83	SGH	CI2	9,75	176
L1-S83	SGH	CI3	15,75	230
L1-S83bis	SGH	CI2	6,25	161
L1-S84	SGH	CI2	9,55	157
L1-S84	SGH	CI4	26,25	234
L1-S84bis	SGH	CI2	6,3	182

Si può concludere che il range di valori assunto dalla coesione non drenata c_u è molto variabile (150 kPa < c_u < 550 kPa).

9.7.2.2 Condizioni drenate

Partendo dalle prove di taglio diretto disponibili per l'unità coesiva **SGH**, i dati sono stati cumulati in modo da ottenere una regressione su più prove. Come riscontrabile dalla Figura 9-80, le interpolazioni restituiscono i seguenti intervalli: $\phi' = 21-25^\circ$ – $c' = 20-40$ kPa

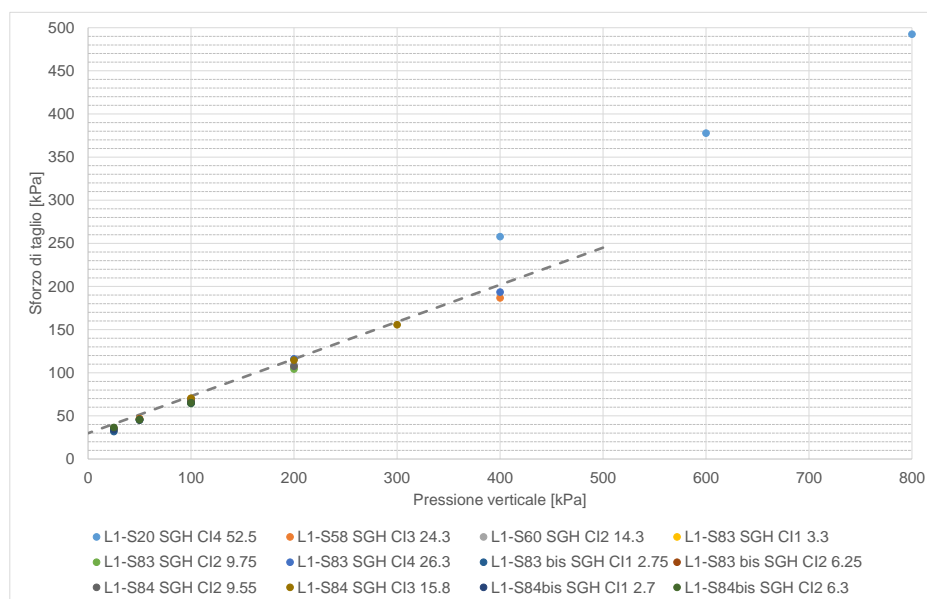


Figura 9-80 – Unità SGH - interpretazione delle prove di taglio diretto

9.7.3 Parametri di rigidezza

9.7.3.1 Modulo elastico a partire da prove in situ

Sono state considerate 3 prove dilatometriche, eseguite nei sondaggi S-21, S58 e S60, ed una prova pressiométrica eseguita nel sondaggio L1-S21 (coefficiente $\alpha=2/3$). I risultati sono rappresentati nel grafico di **Figura 9-81**.

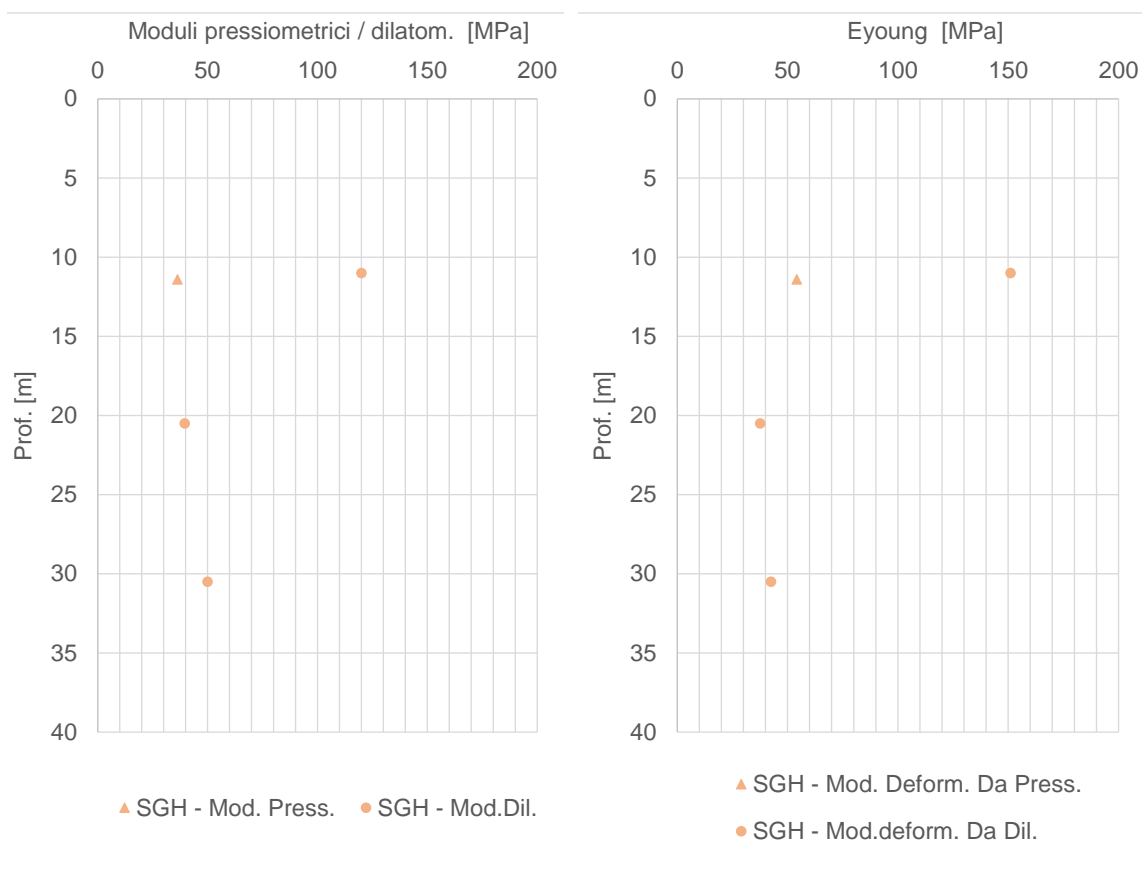


Figura 9-81: Unità SGH – Moduli di deformazione ricavati da prove in-situ

Dovuto al numero limitato di prove (un totale di 4), questi risultati non si considerano molto rappresentativi e solamente saranno tenuti in conto al fine di un confronto con i valori ottenuti da altre metodologie (vedi paragrafo successivo).

9.7.3.2 Modulo elastico operativo in condizioni drenate

I valori dei moduli operativi sono stati estratti a partire dai moduli a basse deformazioni ottenuti dai valori di G_0 , derivanti dai valori di V_s , a loro volta ricavati da prove Down Hole.

Nella Figura 9-82 si rappresentano i valori di V_s misurati nelle prove geofisiche (a sinistra) e si diagrammano i moduli E_0 stimati sulla base dei risultati di queste prove (a destra).

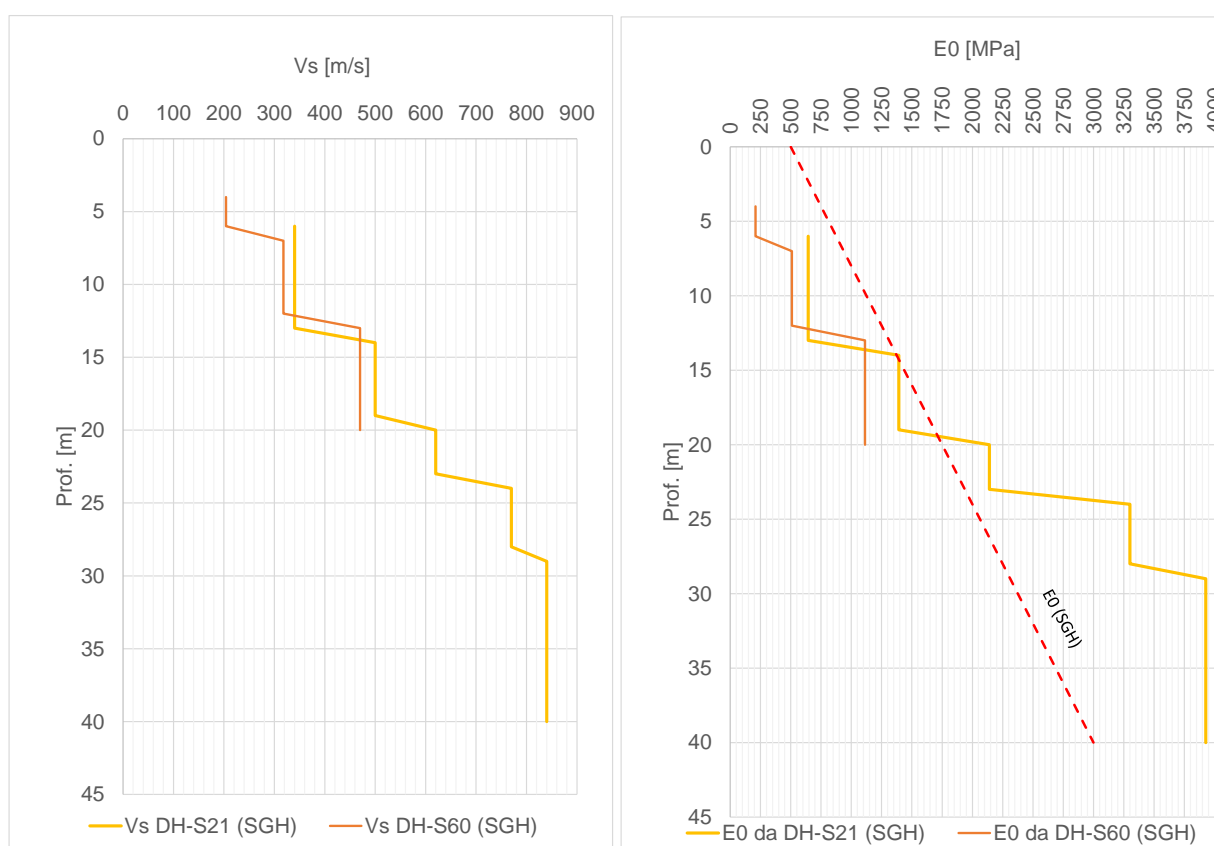


Figura 9-82: Andamento di V_s registrata nelle prove DH (a sinistra) e corrispondenti valori di E_0 (a destra)

Si apprezza un andamento di E_0 crescente con la profondità, che può essere riassunto come segue:

Tabella 9-36: Sommario dei moduli E_0 ed $E_{operativo}$ a partire da prove DH – SGH

unità	<10m	10-30m	>30m
E_0 [MPa]	500	500-2000	2000-3000
E_{op} [MPa]	50-100	50-400	200-600

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

Come valori di riferimento, nella tabella precedente, è riportato l'intervallo che può assumere il modulo elastico operativo E_{op} , valutato in funzione dei due livelli di operatività individuati:

- il limite inferiore è caratteristico di livelli deformativi tipici di problemi di cedimento (problemi di carico), e come tali più bassi ($E_{op}=1/10 \cdot E_0$);
- il limite superiore è caratteristico nel caso di analisi di scavi o di opere di sostegno ($E_{op}=1/5 \cdot E_0$), quindi in presenza di problemi di scarico, dove si possono considerare valori più elevati.

Non sono state eseguite MASW nè prove sismiche di rifrazione in questa unità.

9.7.3.3 Permeabilità

Si sono considerate le prove di permeabilità eseguite sull'unità in esame: 9 prove di tipo Lefranc di cui 8 a carico variabile ed 1 a carico costante; in **Tabella 9-37** sono riportati i valori dei coefficienti di permeabilità ottenuti dalle prove e riferibili all'unità indagata, SGH.

Tabella 9-37 Risultati delle prove Lefranc sull'unità SGH

Sondaggio	Prof. Prova (m)		k (m/s)
L1-S21	5,7	7,5	4,53E-05*
L1-S21	14,7	16	6,88E-07
L1-S21	29,7	31	1,14E-07
L1-S20	46,3	48	1,34E-10
L1-S83	4,3	6	ass.nullo
L1-S83	14,7	16,5	ass.nullo
L1-S84	4,3	6	ass.nullo
L1-S84	14,8	16,5	ass.nullo
L1-S60	14,5	16,5	ass.nullo

*questo risultato ottenuto dalla prova a CV non viene considerato rappresentativo dell'unità in esame, essendo stato eseguito in "Limo sabbioso con ghiaia e alcuni ciottoli, a tratti argilloso, con brevi passaggi di sabbia limosa con ghiaia"

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	164 di 270

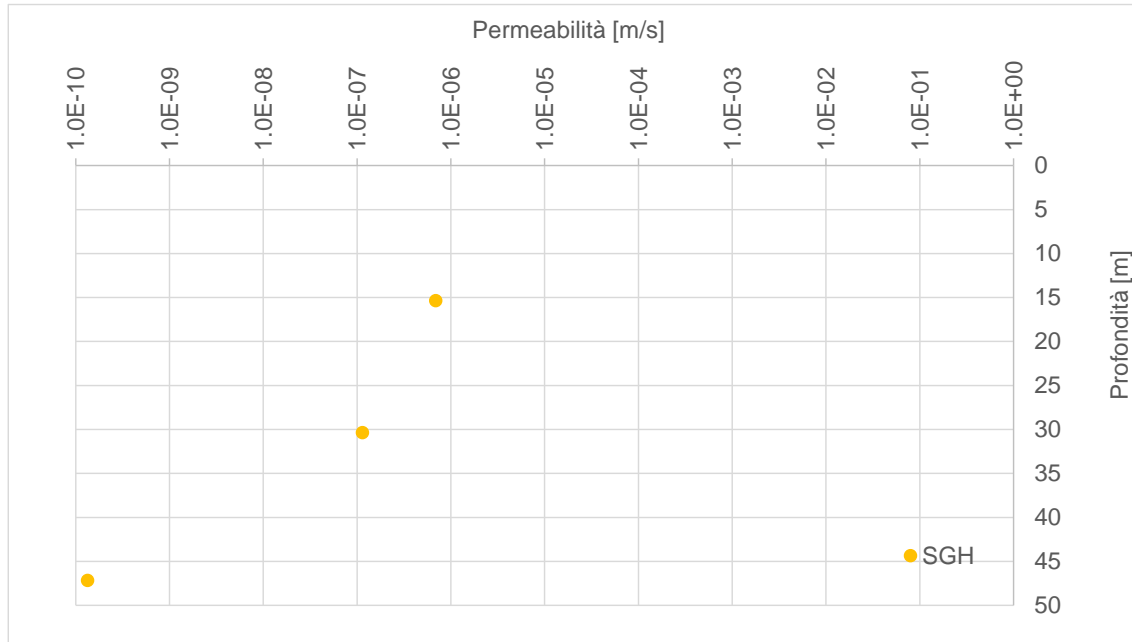


Figura 9-83: Valori di permeabilità dell'unità SGH

Si propone associare all'unità SGH, una permeabilità media di $1E-10$ m/s, considerando che 5 prove di permeabilità hanno dato come risultato "assorbimento nullo".

9.8 UNITÀ TUT

La Formazione delle Tufiti di Tusa intercettata lungo il tracciato presenta una litofacies arenaceo-marnosa; consiste in Arenarie micacee, marne argillose, siltiti, arenarie fini, calcari marnosi e areniti con siltite. È stata intercettata dai sondaggi L1-S26, L1-S58, L1-S60 e L1-S64, e come si può osservare dalle immagini successivi può essere identificata come roccia tenera. Ciononostante, a favore di sicurezza, questa unità verrà trattata come terreno a grana fine (i.e. con comportamento coesivo).



L 1-S 60: Cassetta n. 4 da 20.0 a 25.0 m

Marne calcaree mediamente resistenti e marne siltose poco meno resistenti intercalate da sottili livelli di marne argillose più deboli



L 1-S 64: Cassetta n. 2 da 5.0 a 10.0 m

Marne argillose fratturate (5.0-6.9 m), marna limosa litoide (6.9-8.1 m), marne argillose e argillose-limose (8.1-10.0 m). Litotipo litoide a debole resistenza.

Si fa presente che non sono disponibili prove di laboratorio per caratterizzare questa unità. Per completezza, nel seguente grafico si mostra l'andamento dei valori di N_{spt} registrati in situ, eseguiti sull'unità geotecnica TUT. Tutte le prove eseguite hanno dato come risultato "rifiuto".



NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA
LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO
INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	166 di 270

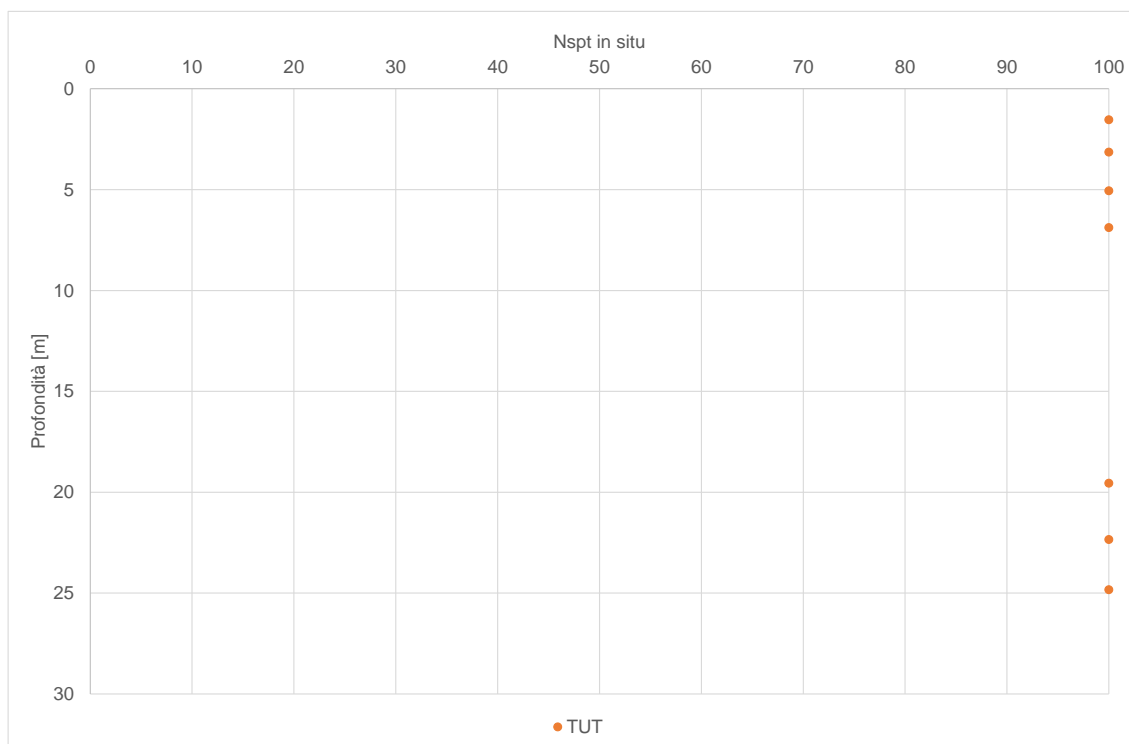


Figura 9-84: Andamento di Nspt con la profondità per l'unità TUT

9.8.1 Parametri di resistenza

Nel grafico seguente si mostra l'andamento di coesione non drenata c_u ottenuto a partire dalle prove con penetrometro tascabile e dalla correlazione basata sui valori delle prove SPT.

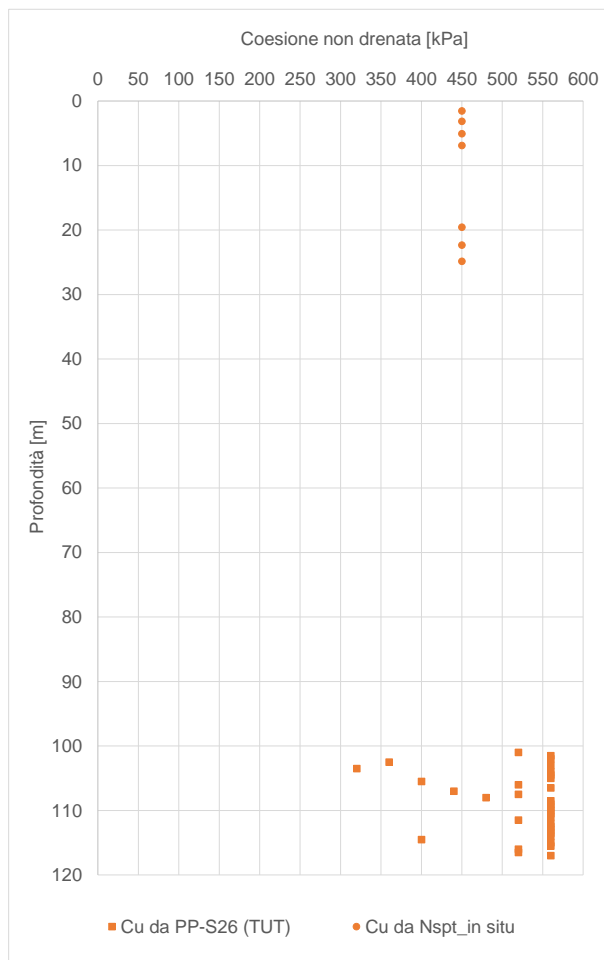


Figura 9-85: Stima coesione non drenata per TUT

9.8.2 Parametri di rigidezza

Per caratterizzare il materiale dal punto di vista della deformabilità, sono disponibili 4 prove dilatometriche eseguite nei sondaggi L1-S52 e L1-S26; le prove eseguite nel sondaggio L1-S26 fanno riferimento a profondità maggiori di 90 m, quindi non sono state considerate rappresentative ai fini della descrizione geotecnica per opere all'aperto.

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	168 di 270

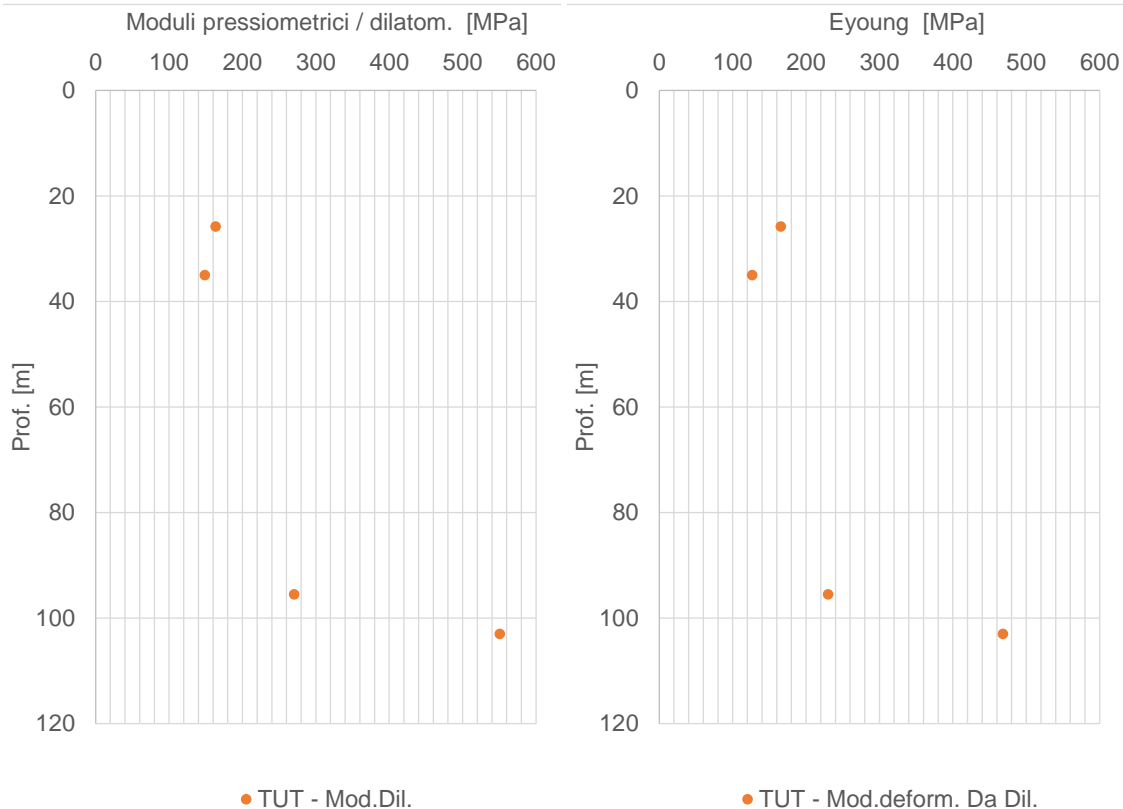


Figura 9-86: Unità TUT – Moduli di deformazione ricavati da prove in-situ

Si dispone di una prova geofisica Down-Hole, parzialmente eseguita in questo materiale; i risultati sono rappresentati in Figura 9-87.

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	169 di 270

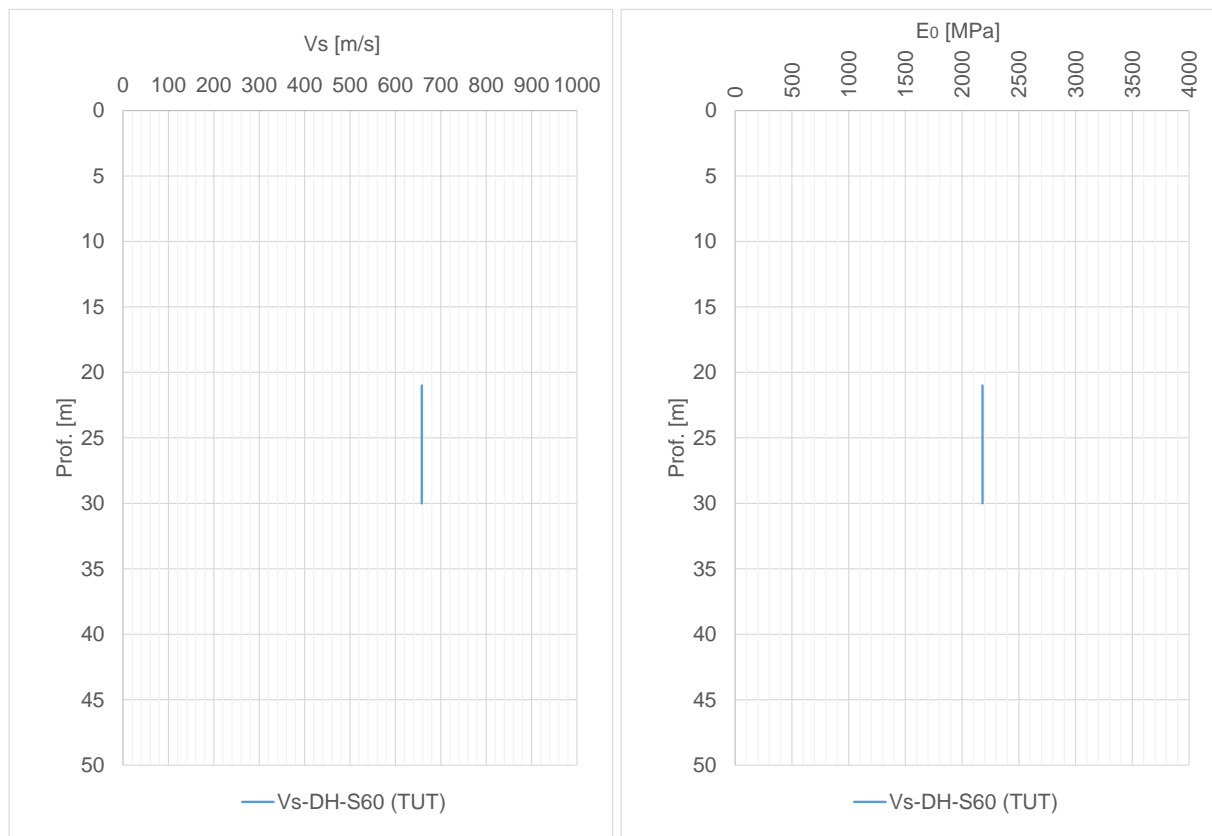


Figura 9-87: Andamento di Vs registrata nella prova DH-S60 (a sinistra) e corrispondenti valori di E₀ (a destra)

Si apprezza un andamento di E₀ crescente con la profondità, che può essere riassunto come segue:

Tabella 9-38: Sommario dei moduli E₀ ed E_{operativo} a partire da prove DH – TUT

unità	20-30m
E ₀ [MPa]	2000
E _{op} [MPa]	200-100

Come valori di riferimento, nella tabella precedente, è riportato l'intervallo che può assumere il modulo elastico operativo E_{op}, valutato in funzione dei due livelli di operatività individuati:

- il limite inferiore è caratteristico di livelli deformativi tipici di problemi di cedimento (problemi di carico), e come tali più bassi ($E_{op}=1/10 \cdot E_0$);

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

- il limite superiore è caratteristico nel caso di analisi di scavi o di opere di sostegno ($E_{op}=1/5 \cdot E_0$), quindi in presenza di problemi di scarico, dove si possono considerare valori più elevati.

9.8.2.1 Permeabilità

Si sono considerate le 2 prove di permeabilità di tipo Lefranc a carico variabile eseguite sull'unità in esame; in **Figura 9-88** sono riportati i valori dei coefficienti di permeabilità ottenuti dalle prove e riferibili all'unità indagata, TUT.

Inoltre si sono eseguite due prove di permeabilità di tipo Lugeon che hanno dato come risultato "assorbimento nullo" (L1-S52, LU_1 a 30,2 m di prof. e LU_2 a 45,5 m di prof.)

Tabella 9-39 Risultati delle prove Lefranc sull'unità TUT

Sondaggio	Prof. Prova (m)		k (m/s)
L1-S26	89,65	97,3	6,70E-09
L1-S26	104,5	111,6	2,45E-09

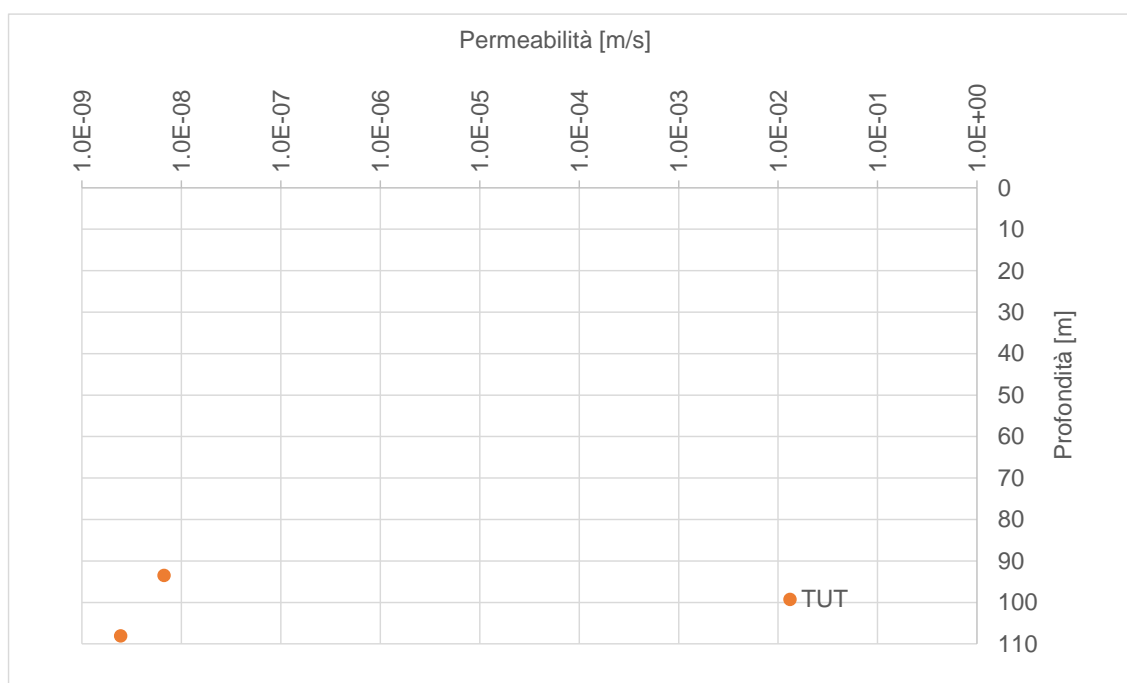


Figura 9-88: Valori di permeabilità dell'unità TUT

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	171 di 270

9.9 UNITÀ FMS

La Formazione di Monte S.Arcangelo (FMS), dalla visione del materiale estratto dai sondaggi, si identifica come materiale fortemente coesivo, predominantemente formato da limi con argilla. Puntualmente si rinvencono strati debolmente sabbiosi-ghiaiosi.



L 1-S 23: Cassetta n. 7 da 30.0 a 35.0 m



L 1-S 24: Cassetta n. 5 da 20.0 a 25.0 m



L 1-S 61: Cassetta n. 3 da 10.0 a 15.0 m

Alternanza stratificata e tettonizzata di argille marnose limoso-sabbiose e marne argillose limose, intercalate da livelli e/o trovanti stratoidi di calcari marnosi



L 1-S 64: Cassetta n. 4 da 15.0 a 20.0 m

Marne argillose intercalate da livelli e/o trovanti stratoidi di marne e marne calcaree, a resistenza variabile tra debole e media

Per completezza si mostra l'indice di comportamento del materiale, ottenuto a partire dalla prova CPTU18bis_2: come si nota il comportamento del materiale è al limite tra limi ed argille.

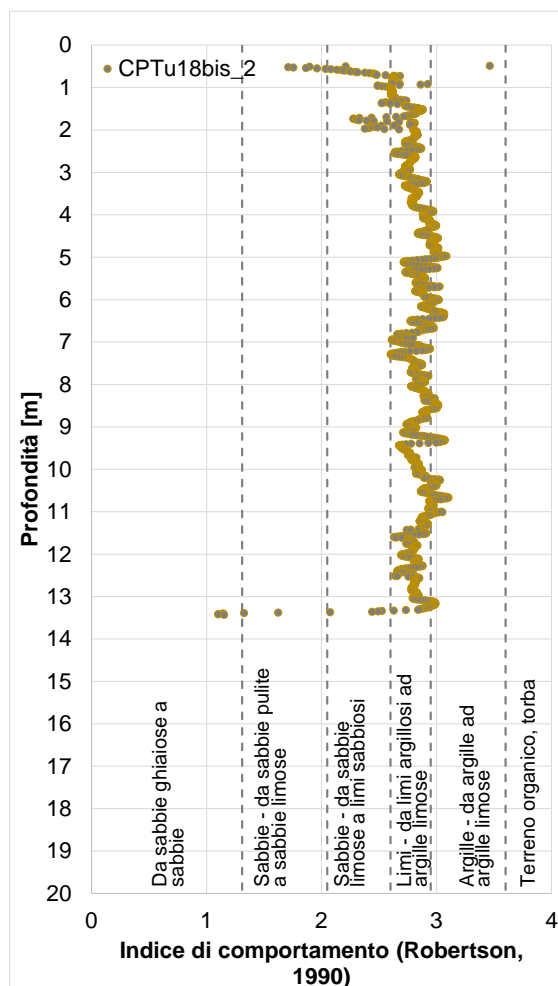
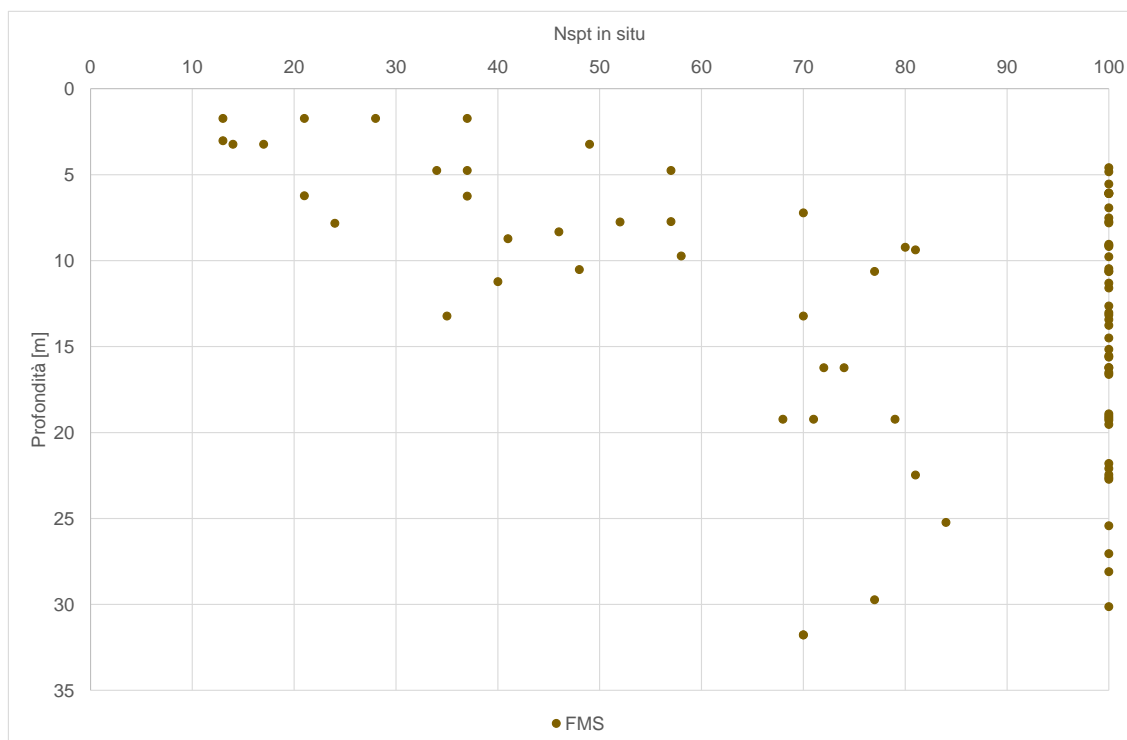


Figura 9-89 Analisi dell'Indice di comportamento per la prova CPTu18bis_2

La caratterizzazione inclusa nei seguenti paragrafi si basa sui dati ottenuti dai sondaggi L1-S19, L1-S25, L1-S23, L1-S24, L1-S27, L1-S28, L1-S29, L1-S47, L1-S60, L1-S61, L1-S62, L1-S65 e L1-S86.

Per completezza, nel seguente grafico si mostra l'andamento dei valori di N_{spt} registrati in situ, eseguiti sull'unità geotecnica FMS.


Figura 9-90: Risultati di Nspt per unità FMS

9.9.1 Parametri di stato e caratteristiche fisiche

I principali parametri inerenti alle caratteristiche fisiche e alle relative proprietà indice dell'Unità FMS sono riassunti nella Tabella 9-40, suddivisi per campioni e profondità di prelievo. Nelle figure seguenti, invece, i valori degli stessi parametri sono riportati graficamente.

Tabella 9-40 Riassunto caratteristiche fisiche – FMS

Sondaggio	Unità	Campione	Prof.media	Peso specifico	G	S	L	A	Wn	WL	Ip	Ic	e ₀
			[m]	[kN/m ³]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	-
L1-S23	FMS	CI1	22,25	20,11	0	2	66	32	16,3	50	21	1,2	--
L1-S23	FMS	CI2	29,725	20,40	0	2	70	28	19,4	40	19	1,0	0,565
L1-S23	FMS	CI3	36,235	21,39	0	2	53	45	12,8	48	19	1,2	--
L1-S23	FMS	CI4	42,125	18,54	0	11	59	30	8,3	39	19	1,5	-
L1-S23	FMS	CR5	24,275		0	2	56	42	-	52	19		-
L1-S24	FMS	CR1	5,175		3	7	43	47	-	51	22		-

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	174 di 270

Sondaggio	Unità	Campione	Prof.media	Peso specifico	G	S	L	A	Wn	WL	Ip	lc	e ₀
			[m]	[kN/m ³]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	-	-
L1-S24	FMS	CI2	14,15	21,97	0	2	64	34	11,2	50	21	1,3	-
L1-S24	FMS	CI3	22,25	20,50	0	3	54	43	14,2	50	19	1,2	-
L1-S24	FMS	CI4	28,25	20,50	0	1	55	44	18,1	49	20	1,1	-
L1-S24	FMS	CR5	36,4		0	4	60	36	-	44	24		-
L1-S24	FMS	CR6	37,75		17	7	50	26	-	51	20		-
L1-S27	FMS	CR1	28,75		41	23	25	11	-	26	15		-
L1-S27	FMS	CI2	33,75	16,38	2	11	61	26	17,5	42	24	1,4	-
L1-S27	FMS	CI3	36,3	19,33	5	7	62	26	24,7	58	23	1,0	0,612
L1-S27	FMS	CI4	40,25	19,03	0	3	69	28	21,4	49	36	2,1	-
L1-S27	FMS	CI5	47,25	19,91	0	17	59	24	14,5	48	35	2,6	0,390
L1-S24	FMS	CI4	28,25	20,50	0	1	55	44	18,1	49	20	1,2	-
L1-S24	FMS	CR5	36,4		0	4	60	36	-	44	24	1,0	-
L1-S24	FMS	CR6	37,75		17	7	50	26	-	51	20	1,2	-
L1-S27	FMS	CR1	28,75		41	23	25	11	-	26	15	1,5	-
L1-S27	FMS	CI2	33,75	16,38	2	11	61	26	17,5	42	24	-	-
L1-S65	FMS	CI1B (CL)	74.63	25,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L1-S65	FMS	CI5 (CL)	111.755	25,94	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L1-S65	FMS	CI1	73.945		1,0	41,0	32,0	26,0	10,9	52	18	1,21	
L1-S65	FMS	CI2A	92.035	21,22	2	4	55	39	12,7	48	18	1,18	
L1-S65	FMS	CI2B	92.75	20,94	3	10	46	41	13,4	45	18	1,17	
L1-S65	FMS	CI3	98.99	21,30	13	15	47	25	12,1	49	18	1,19	
L1-S65	FMS	CI4	104.25	21,42	9	10	61	20	12,3	48	17	1,15	
L1-S62	FMS	CI1	14.75	20,70	23	9	46	22	13,9	59	16	1,05	
L1-S62	FMS	CI4	45.15	20,32	14	21	48	17	17,2	41	21	1,19	
L1-S60	FMS	CI4	33.75	19,99	3	9	57	31	19,2	56	21	1,05	
L1-S86	FMS	CI1	9.15	20,51	7	18	50	25	15,4	41	18	1,11	
L1-S86	FMS	CR2	10.6	20,65	-	-	-	-	14,6				

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE000001	A	175 di 270

Sondaggio	Unità	Campione	Prof.media	Peso specifico	G	S	L	A	Wn	WL	Ip	lc	e ₀
			[m]	[kN/m ³]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	-	-
L1-S86	FMS	CI3	15.35	20,43	6	28	45	21	16,4	42	20	1,16	
L1-S28	FMS	CR2	12.5	-	0	9	66	25	-	46	46	-	
L1-S28	FMS	CR3	19.75	-	0	6	56	38	-	68	68	-	
L1-S28	FMS	CR4	26.75	-	0	12	56	32	-	37	37	-	
L1-S28	FMS	CR5	38.25	-	0	2	66	32	-	43	43	-	
L1-S29	FMS	CR7	36.25	-	0	14	60	26	-	43	43	-	

Nel sondaggio L1-S65 sono stati estratti campioni di natura litoide – C11b, C15 – definiti come argillite e marna.

Con riferimento ai grafici di Figura 9-91, i pesi dell'unità di volume presentano una certa variabilità mostrando valori compresi tra 16.5 e 21.5 kN/m³. Mediamente si può individuare un valore di 20 kN/m³. L'indice dei vuoti è compreso tra 0.4-0.6 e può essere assunto mediamente pari a 0.5.

L'andamento dell'indice di plasticità di Figura 9-92 indica una condizione generalmente PLASTICA (15<Ip<40) confermando la componente argillosa nell'unità.

La consistenza è generalmente SEMISOLIDA-SOLIDA come riscontrabile dai valori dell'indice di consistenza (Ic>1) riportati nel grafico della stessa figura.

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	176 di 270

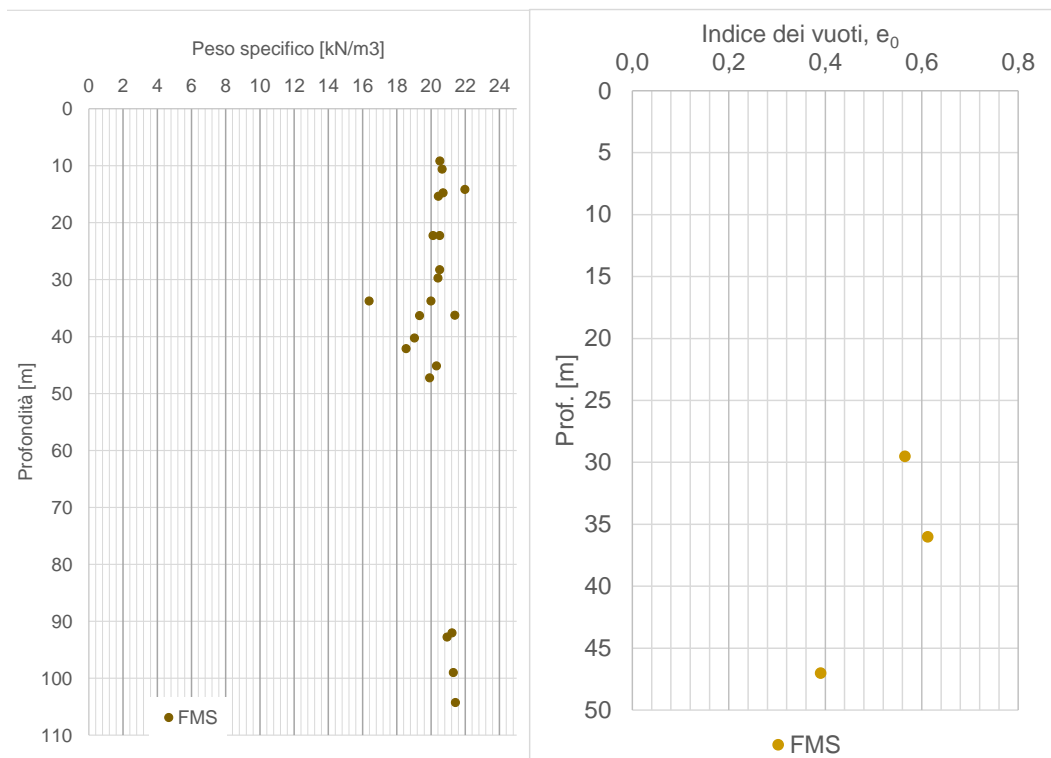


Figura 9-91: Andamenti con la profondità dei pesi dell'unità di volume e dell'indice dei vuoti

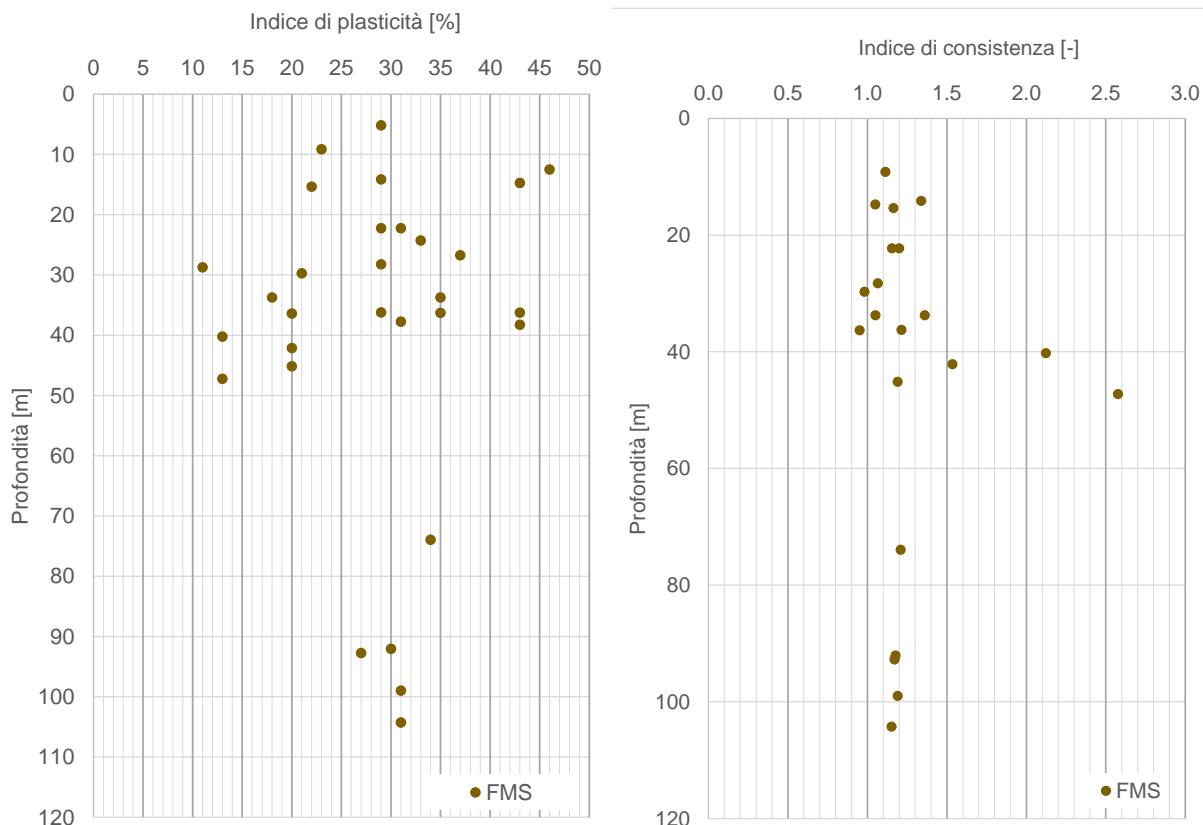


Figura 9-92: Andamenti con la profondità degli indici di Plasticità e di Consistenza

La distribuzione dei dati nella Carta di Plasticità di Casagrande (Figura 9-93) classifica i terreni generalmente come argillosi inorganici, di media-alta plasticità. Per quanto riguarda la carta di Attività, i terreni sono classificabili come INATTIVI-NORMALI, ricadendo un unico dato nel settore di Argille Attive; per questa ragione nel paragrafo 9.9.3.2 non verrà studiato il coefficiente di consolidazione secondaria.

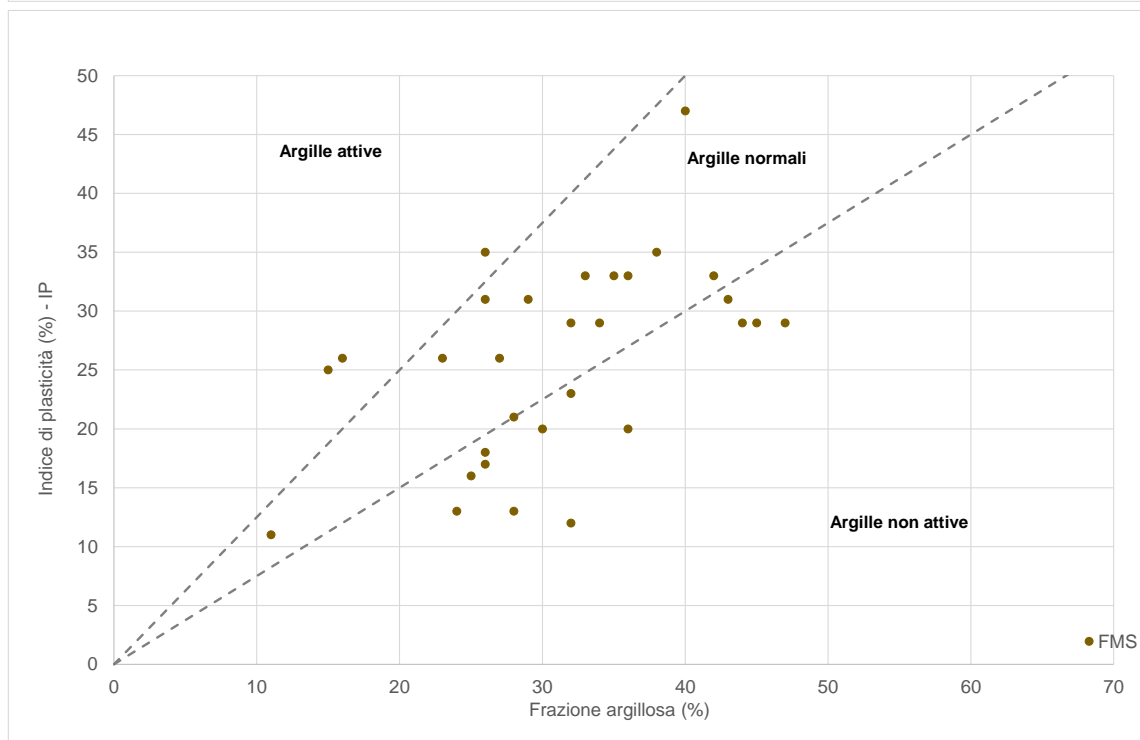
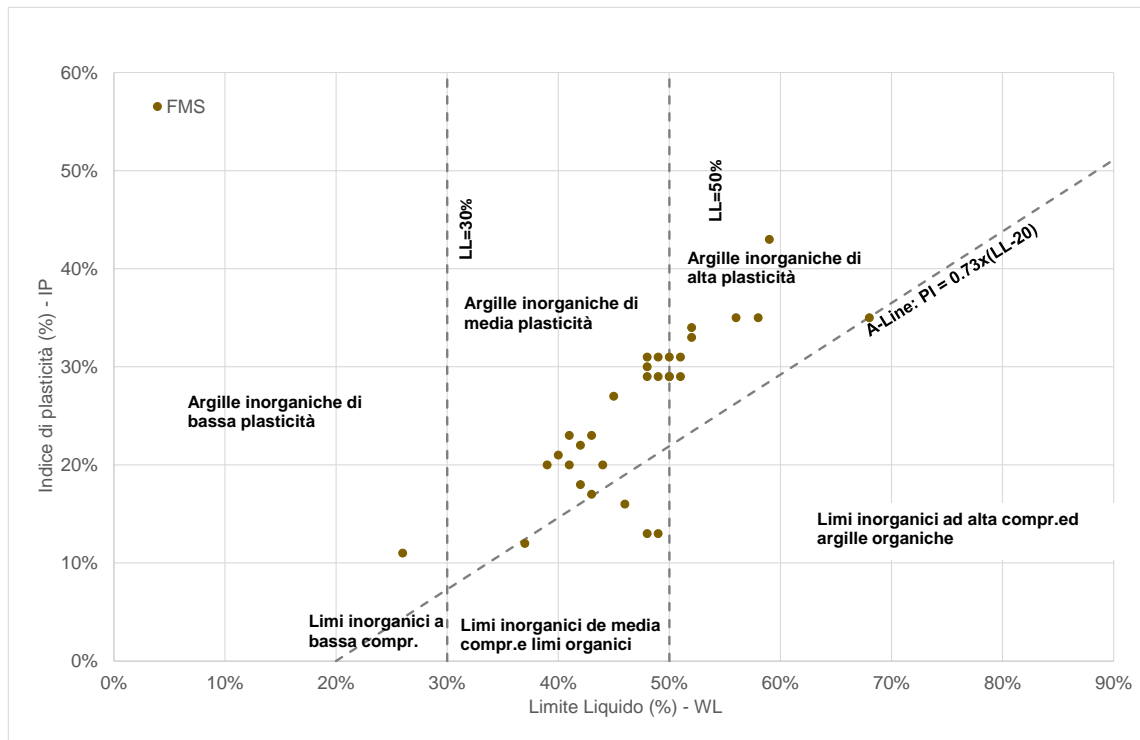


Figura 9-93: Carta di Plasticità (in alto) e Carta di attività (in basso)

Si sono eseguite 3 prove edometriche, su 2 delle quali si è potuto stimare l'indice di sovraconsolidazione (OCR) – si veda spiegazione al paragrafo 9.9.3.2; nel seguente grafico sono mostrati i valori di OCR stimati dalle due prove edometriche così come quelli ottenuti da correlazione con la prova CPTu 18bis_2. Come si osserva dal grafico seguente, per profondità <15 m il materiale ha un OCR compreso tra 1 e 2, mentre che a partire da 30 m di profondità, dalle prove edometriche risulterebbe che questa unità si trova in condizioni di normal-consolidazione. Come si farà notare più avanti, confrontando i valori di coesione non drenata ottenuti sia da prove in situ così come da correlazioni da N_{spt} con la linea di correlazione proposta da Koutsoftas and Ladd (1985) - Doc. Rif. [7]-, questo basso valore di OCR non sembra essere rappresentativo dello stato in situ di questo materiale.

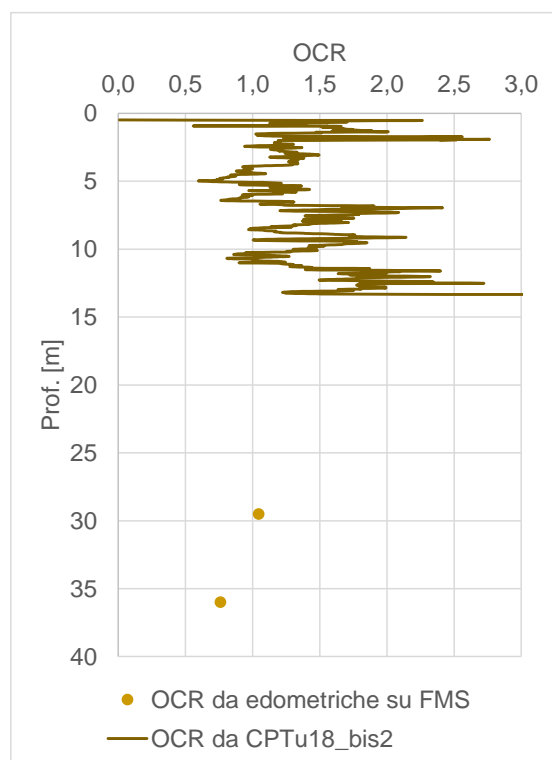


Figura 9-94: Andamento dell'indice OCR con la profondità (da prove edometriche e da CPTu)

9.9.2 Parametri di resistenza

9.9.2.1 Condizioni non drenate

In Figura 9-95 si riportano gli andamenti della coesione non drenata c_u con la profondità, ottenuti dalle correlazioni con N_{SPT} e confrontati con i risultati scaturiti dalle prove in situ tipo PP, CPTu e prove

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	180 di 270

pressiometriche. A titolo di confronto, è stata anche rappresentata la legge lineare di Koutsoftas and Ladd (1985) con $OCR=1$: si può notare che in generale i valori di c_u si collocano ben al di sopra della citata retta di normal-consolidazione.

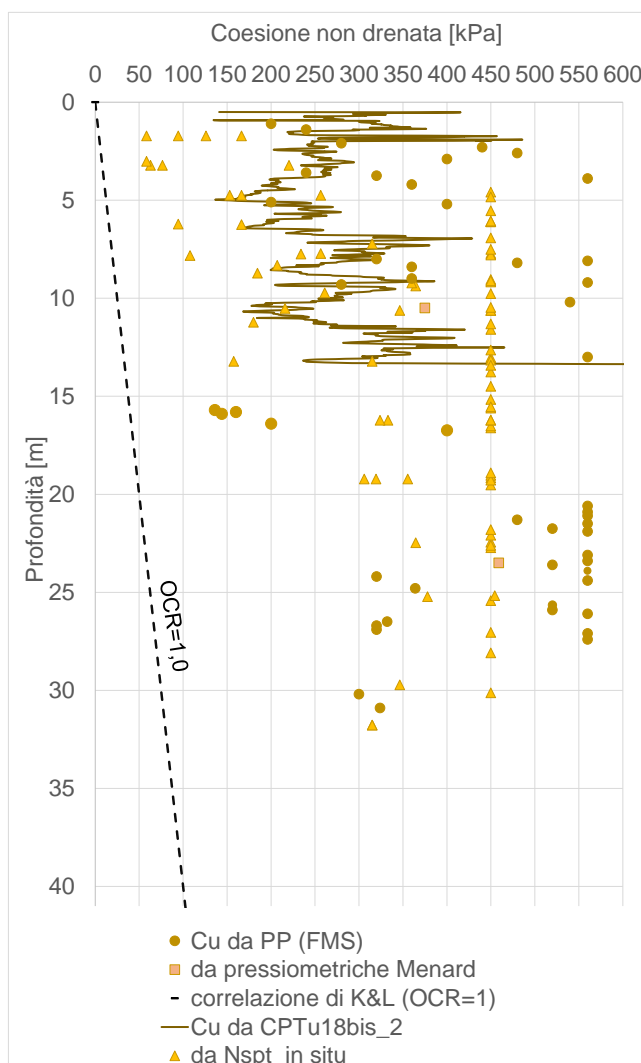


Figura 9-95: Andamenti di c_u con la profondità per l'unità FMS

Per completezza nella seguente tabella si riportano i risultati (in termini medi) relativi alle prove triassiali non consolidate non drenate realizzate.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

Tabella 9-41 Risultati delle prove triassiali non consolidate non drenate (UU)

Sondaggio	Unità	Campione	Prof.media	C _u (valore medio)
			[m]	[kPa]
L1-S60	FMS	CI4	33,75	229
L1-S62	FMS	CI4	45,15	299 (*)
L1-S24	FMS	CI4	28,25	85 (*)
L1-S27	FMS	CI4	40,25	86 (*)

(*) non considerata perchè testato solo un provino

Sulla base del grafico precedente, si ritiene di assegnare un valor di coesione non drenata crescente con la profondità:

- 200-350 kPa tra 0-15 m;
- 300-450 kPa tra 15-30 m.

9.9.2.2 Condizioni drenate

In questo paragrafo vengono riassunti i risultati derivanti dalle prove di taglio diretto disponibili per l'unità in esame. I dati sono stati cumulati in modo da ottenere un range di valori riferiti a più prove (Figura 9-96). Come riscontrabile dalla figura sottostante per le argille FMS, i dati riportati nel grafico restituiscono i seguenti intervalli: $\varphi' = 23-30^\circ$ – $c' = 20-40$ kPa.

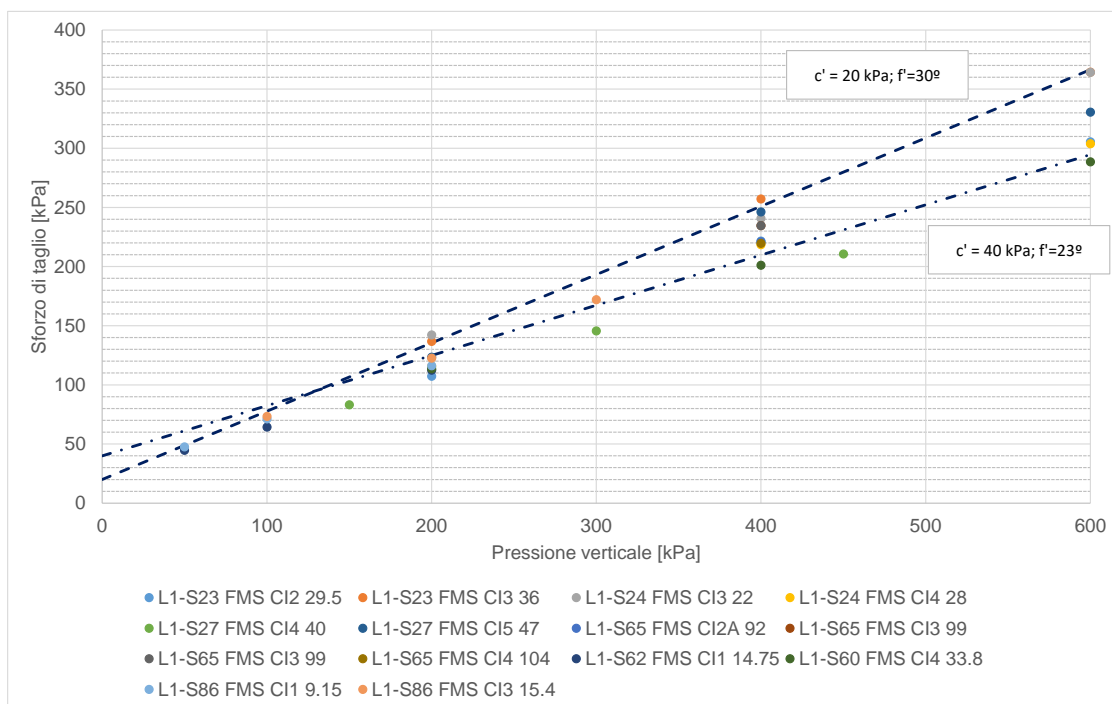


Figura 9-96: Unità FMS - interpretazione delle prove di taglio diretto

Si sono omessi i dati relativi alla prova su campione CI3 del sondaggio S27 considerandoli non rappresentativi ($\varphi' = 20^\circ - c' = 0$ kPa).

A partire dall'analisi della prova CPTU18_bis, applicando la correlazione descritta al paragrafo 8.2.2.2.2, si è stimato un angolo di attrito compreso tra 22-25°.

9.9.3 Parametri di rigidezza

9.9.3.1 Modulo elastico da prove in situ

Sono state considerate le prove realizzate in situ: 6 prove pressiometriche di tipo Menard e 17 prove dilatometriche eseguite nei sondaggi S23, S24, S25, S29, S27, S28, S4, S60, S62 e S65. I risultati sono indicati nel grafico di **Figura 9-97**.

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	183 di 270

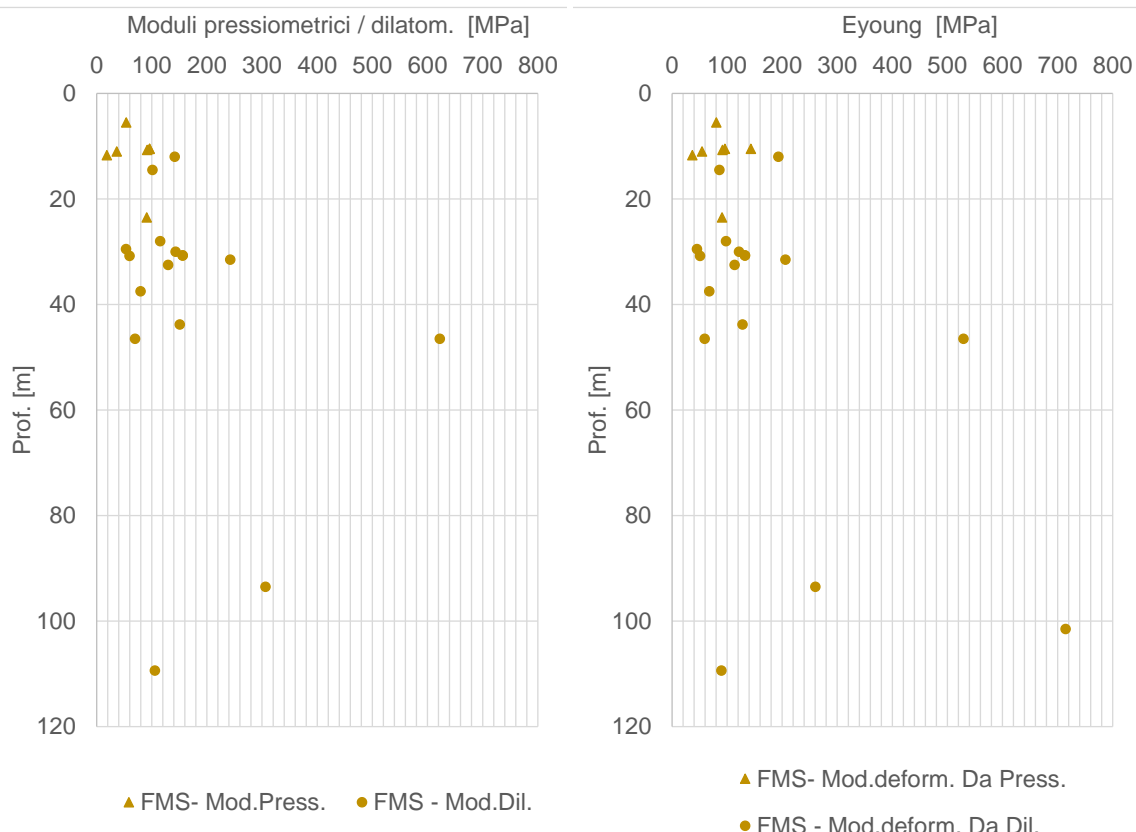


Figura 9-97: Unità FMS – Moduli di deformazione ricavati da prove in-situ

Per quanto riguarda le prove Menard, i moduli sono stati ricavati applicando un fattore reologico dipendente dal tipo di suolo, come da certificati di laboratorio.

Tabella 9-42: Tabella di conversione da moduli pressiometrici a moduli di Young tramite coeff.reologico α

			profondità centro della cella	modulo pressiometrico	α	Modulo di Young
			[m]	[MPa]		[MPa]
L1S23	FMS	P1	23.5	90.8	1	90.8
L1S24	FMS	P1	10.5	95.9	1	95.9
L1-S47	FMS	P1	11.7	18.5	1/2	37.0
L1S28	FMS	P1	10.7	91.6	1	91.6
L1-S24	FMS	P1	10.5	95.9	2/3	143.1
L1-S25	FMS	P1	5.5	53.9	2/3	80.4
L1-S25	FMS	P2	11	36.4	2/3	54.4

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA					E
	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	184 di 270

9.9.3.2 Parametri edometrici determinati da prove di laboratorio

I principali parametri edometrici ricavati dalle prove di laboratorio sono riassunti nella Tabella 9-43.

Tabella 9-43: Sommario dei parametri ottenuti dalla elaborazione delle prove edometriche su FMS

Sondaggio	campione	Prof. [m]	e_0	OCR	C_r	RR	C_c	CR	C_s	SR	C_s/cc
L1-S23	CI2	29,5	0,565	1,0	0,017	0,010	0,18	0,118	0,050	0,032	27%
L1-S27	CI3	36	0,612	0,8	0,028	0,017	0,19	0,117	0,057	0,035	30%
L1-S27	CI5	47	0,39	1,0	0,018	0,013	0,13	0,092	0,086	0,062	68%

I risultati inerenti al campione CI5 del sondaggio S27 sono stati trascurati, non considerandoli rappresentativi per la forma della curva in cui i rami di compressione e scarico si intercettano (vedi figura sottostante).

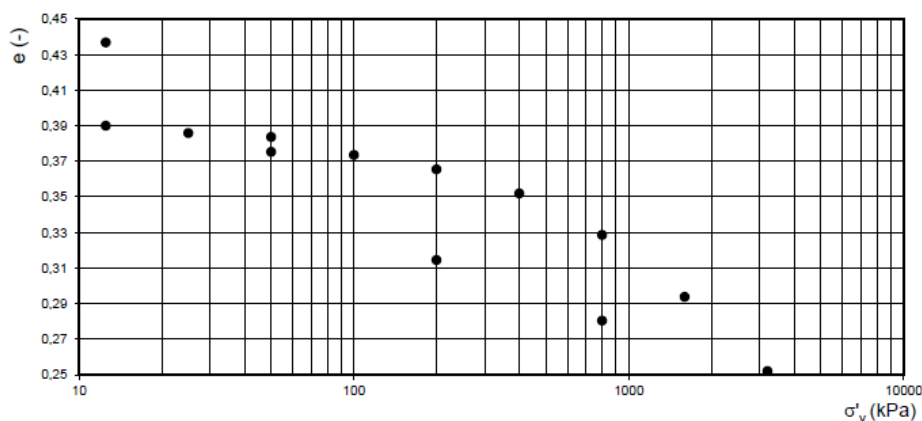


Figura 9-98: Diagramma "indice dei vuoti - carico applicato" per la prova edom. su S27-CI5-

Per ciascuna prova sono state effettuate le ricostruzioni di Casagrande per la determinazione della tensione di preconsolidazione; ne è derivato che i terreni a partire da 30 m di profondità risultano generalmente normal-consolidati, con OCR prossimo all'unità. Come già fatto notare, questo basso valore di indice di sovraconsolidazione, in forte dissonanza con gli andamenti di coesione non nrenata ottenuti da prove in situ e stimati da correlazioni da N_{spt} (si veda Figura 9-95), farebbero concludere che i risultati delle prove edometriche eseguiti su FMS non sono rappresentativi del comportamento di questa unità.

I coefficienti di compressione C_c calcolati sono stati posti a confronto, nella Figura 9-99, con tipici intervalli di variazione indicati dalla letteratura (vedi Lancellotta, 2009), in dipendenza dall'indice dei vuoti iniziale e_0 ; i dati disponibili sono limitati per apprezzare la coerenza.

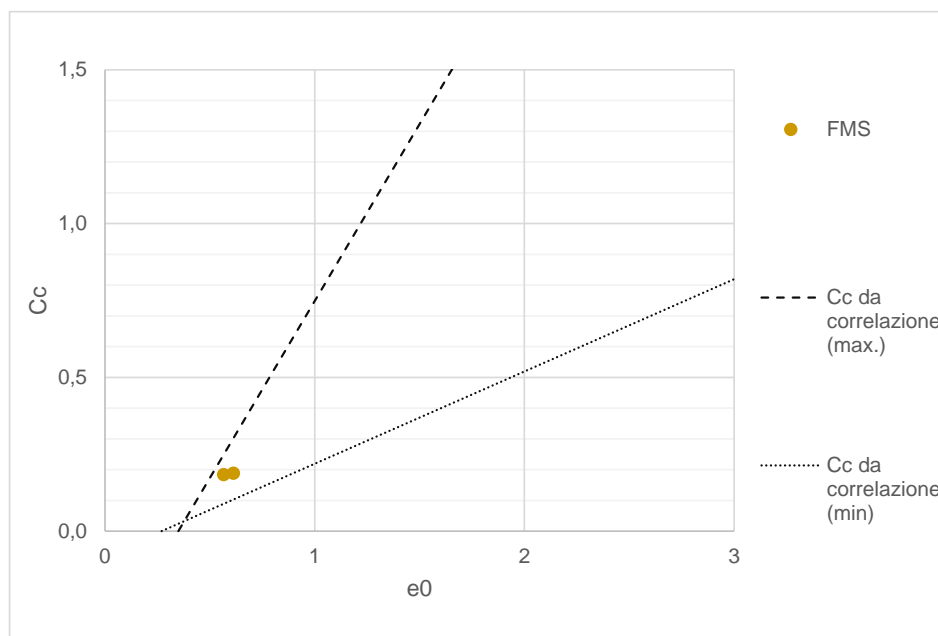


Figura 9-99: Valori di C_c calcolati per unità FMS e confronto con indicazioni di letteratura (Lancellotta, 2009)

A partire dal valore di e_0 e C_c ricavati dalle prove edometriche è possibile stimare il modulo edometrico per una certo stato tensionale. Per una pressione pari a 400 KPa si sono stimati moduli di deformazione edometrica di circa 8-10 MPa.

Come anticipato per le altre unità coesive, anche per questo caso valgono, quindi, le considerazioni sulla rappresentatività generale delle prove edometriche.

9.9.3.3 Modulo elastico operativo in condizioni drenate

I valori dei moduli operativi sono stati estratti a partire dai moduli a basse deformazioni ottenuti dai valori di G_0 , derivanti dai valori di V_s , a loro volta ricavati da prove in situ quali MASW e Down-Hole.

Nella **Figura 9-100** si rappresentano i valori di V_s misurati nelle prove geofisiche (a sinistra) ed i valori dei moduli E_0 stimati sulla base dei risultati di queste prove (a destra). Si nota come in questo caso la prova MASW-4 eseguita su FMS restituisca risultati valori di V_s (e quindi di E_0) in linea rispetto alle prove DH.

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	186 di 270

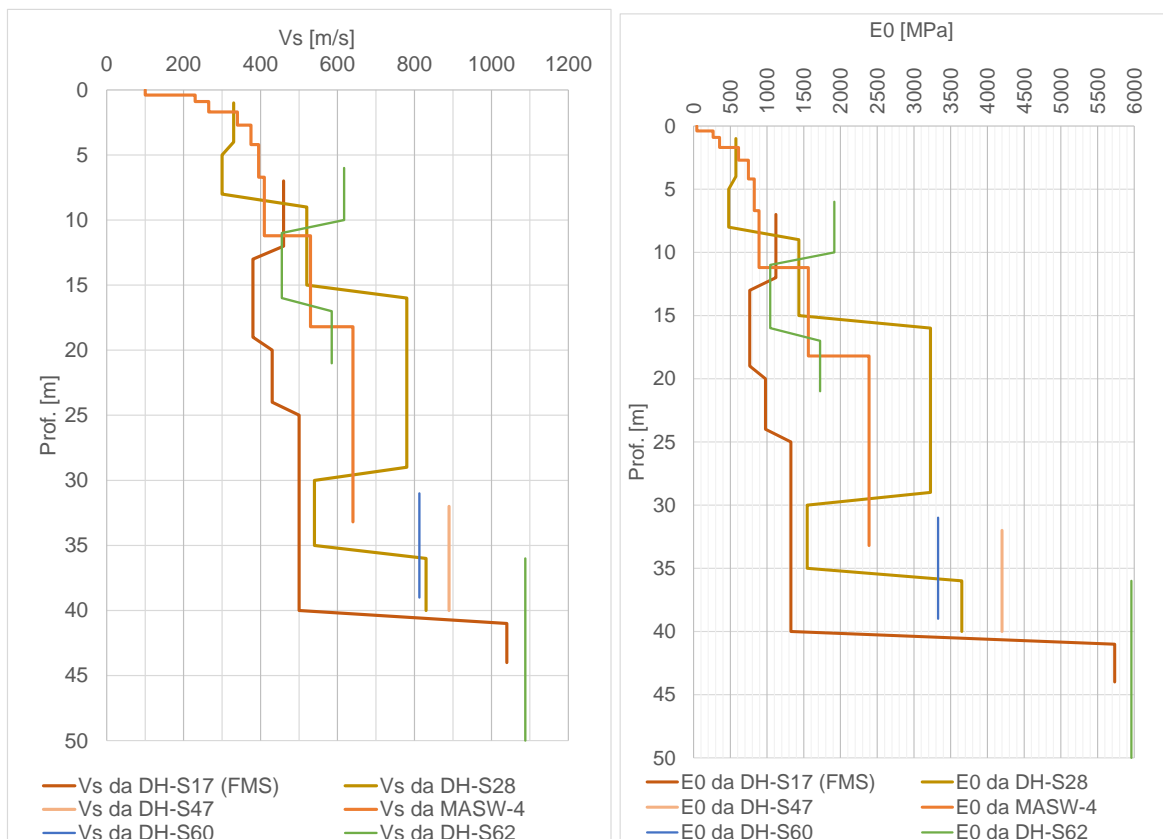


Figura 9-100: Andamento di Vs registrata nelle prove DH e MASW (a sinistra) e corrispondenti valori di E0 (a destra)

In base al precedente grafico, si propongono i seguenti intervalli di E_0 e E_{op} .

Tabella 9-44: Sommario dei moduli E_0 e $E_{operativo}$ a partire da prove DH – FMS

E_0 [MPa]	500-1500
E_{op} [MPa]	25-150

Come valori di riferimento, nella tabella precedente, è riportato l'intervallo che può assumere il modulo elastico operativo E_{op} , valutato in funzione dei due livelli di operatività individuati:

- il limite inferiore è caratteristico di livelli deformativi tipici di problemi di cedimento (problemi di carico), e come tali più bassi ($E_{op}=1/20 \cdot E_0$);
- il limite superiore è caratteristico nel caso di analisi di scavi o di opere di sostegno ($E_{op}=1/10 \cdot E_0$), quindi in presenza di problemi di scarico, dove si possono considerare valori più elevati.

Sull'unità FMS sono state eseguite 3 Linee di sismica a rifrazione (SRT_S_4-5-6) da cui si sono ottenuti valori di velocità di propagazione delle onde di taglio Vs in linea con quelle ottenuti da DH e MASW (si veda Figura 9-100), per esempio a partire dall'analisi della SRT_S_4 si è stimato un Vs₃₀ paria 565 m/s.

9.9.4 Permeabilità

Nell'ambito della campagna d'indagine sono state eseguite 21 prove di permeabilità tipo Lefranc a carico variabile e 2 prove di permeabilità tipo Lugeon. In **Tabella 9-45** sono riportati i valori dei coefficienti di permeabilità ottenuti dalle prove e riferibili alla unità in esame.

Tabella 9-45 Risultati delle prove Lefranc sull'unità FMS

Sondaggio	Prof.prova (da m a m)		k (m/s)
L1-S23	25,4	26,5	1,57E-08
L1-S23	37,35	39	1,64E-09
L1-S24	5,8	7,5	7,14E-07
L1-S24	19,1	22,5	4,58E-07
L1-S24	28,4	30	4,57E-08
L1-S28	14,8	16	1,43E-07
L1-S28	31,1	32,15	7,29E-08
L1-S27	30	31,5	2,43E-09
L1-S27	42	43	7,09E-07
L1-S19	18,1	22,0	1,84E-07
LI-S25	6	7	3,18E-09
LI-S25	16	16,5	3,19E-08
L1-S29	31	31,5	7,87E-08
L1-S86	15	16,2	2,03E-09
L1-S62	3,5	5,5	5,05E-07
L1-S62	13	15,5	2,07E-07
L1-S64	11	13,2	5,73E-07
L1-S64	23	26	1,42E-08
L1-S86	4,5	6	1,74E-08
L1-S65(*)	96,5	102,7	2,50E-08
L1-S65(*)	107	112,65	1,20E-08
L1-S60	28	30	ass.nullo

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	188 di 270

L1-S23bis_2	4,4	6	5,06E-06
-------------	-----	---	----------

(*)prova di tipo Lugeon

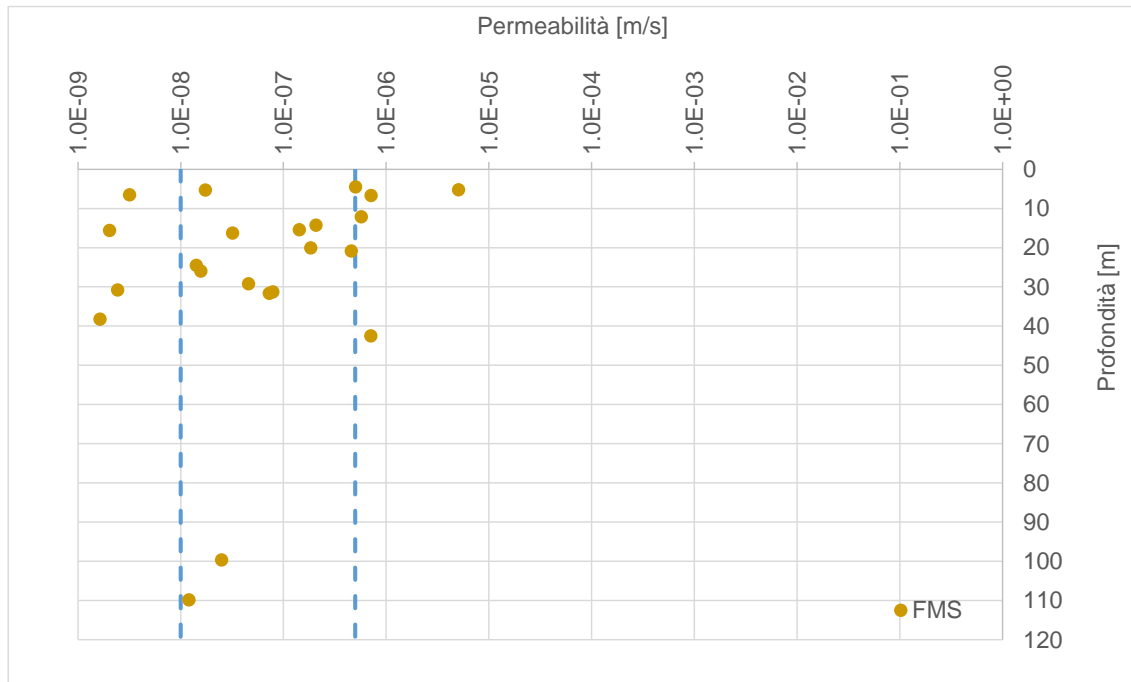


Figura 9-101: Valori di permeabilità dell'unità FMS

9.10 UNITÀ ALV E AVF (ARGILLE VARICOLORI SUPERIORI ED INFERIORI)

Le due unità Argille Varicolori Superiori (ALV) e Argille Varicolori Inferiori (AVF) formano insieme all'unità FMS (formazione di Monte S.Arcangelo) analizzata nel paragrafo precedente, il Gruppo delle Argille Variegate. Generalmente nelle AVF e ALV sono predominanti i livelli di marne, marne argillose e argille marnose; in questo paragrafo si analizzano le proprietà geotecniche delle unità in prevalenza argillosa ALV e AVF:

- le ALV consistono in argille caratterizzate da stratificazione sottile o molto sottile e aspetto scagliettato, in cui possono essere presenti clasti e blocchi di calcari (non rinvenuti nei sondaggi);
- le AVF identificate nelle indagini consistono principalmente di argille siltose e marnose ed argilliti siltoso-marnose, con scarsi o praticamente senza intercalazioni di calcari e calcari marnosi.



Figura 9-102: Aspetto in superficie delle unità ALV (a sinistra) e AVF (a destra)

Il materiale estratto si presenta come nelle foto riprodotte di seguito. È evidente che entrambe le unità saranno caratterizzate con comportamento coesivo (terreni a grana fina).

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	190 di 270



ALV

L 1-S 46: Cassetta n. 12 da 55.0 a 60.0 m. Argilliti siltoso marnose debolmente sabbiose bruno rossastre a tratti livelli cangianti dall'azzurro al verde, consistenti con pocket >6 (rifiuto)



AVF

L 1-S 50: Cassetta n. 4 da 15.0 a 20.0 m Argilla limoso-sabbiosa grigio-verde scuro con lamine sabbiose grigie lentiformi. Stratificazione orizzontale molto sottile o laminata, variabile tra parallela mal definita e lenticolare. Molto consistente.



ALV

L 1-S 57: Cassetta n. 5 da 20.0 a 25.0 m. Argille limose debolmente marnose, fogliettate e scagliose con sporadici trovanti ad elementi prev.calcareni deb.marnose.



AVF

L 1-S 86: Cassetta n. 6 da 25.0 a 30.0 m Argilliti limose deb.marnose. Orizzonte di marna calcarea fratturata da carotaggio (25.5-26.3 m), livello di calcaremarnoso siltoso a struttura laminata (28.3-28.6 m).

Per rigore, nella descrizione successiva si è preferito mantenere separate queste due unità seppur presentando notevoli aspetti in comune; in ogni caso, a seguito di una dettagliata analisi, si è deciso caratterizzarle con gli stessi parametri geotecnici, come si analizzerà di seguito.

Per completezza, nel seguente grafico si mostra l'andamento dei valori di N_{spt} registrati in situ, eseguiti sulle unità geotecniche ALV e AVF. Si può notare che l'andamento dei valori di N_{spt} con la profondità è simile per entrambe le unità.

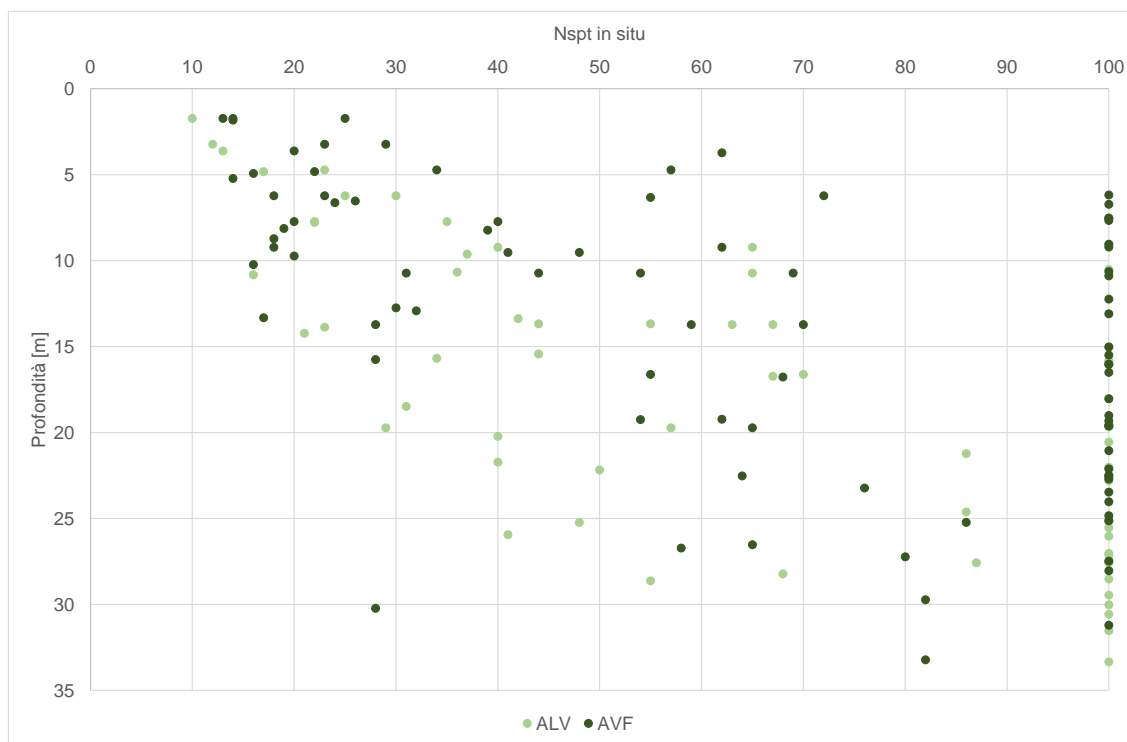


Figura 9-103: Andamento di Nspt con la profondità per le unità ALV e AVF

9.10.1 Parametri di stato e caratteristiche fisiche

I principali parametri inerenti alle caratteristiche fisiche e alle relative proprietà indice delle Unità ALV e AVF sono riassunti nella Tabella 9-46, suddivisi per campioni e profondità di prelievo. Nelle figure seguenti, invece, i valori degli stessi parametri sono riportati graficamente.

Tabella 9-46 Riassunto caratteristiche fisiche – Argille Variegate

Sondaggio	Unità	Campione	Prof.media	Peso specifico	G	S	L	A	Wn	WL	Ip	lc	e ₀
			[m]	[kN/m ³]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	-	-
L1-S46	ALV	CI1	48,25	19,13	1	4	48	47	24,6	58	33	1,3	-
L1-S46	ALV	CI2	66,25	20,11	0	1	56	43	15,3	56	33	1,8	0,465
L1-S46	ALV	CI3	74,25	20,80	0	1	55	44	16,5	55	31	1,6	-
L1-S46	ALV	CI4	85,3	20,80	11	10	47	32	16,5	46	29	1,7	0,446
L1-S29	ALV	CI1	5,75	20,80	0	14	67	19	15	40	18	1,4	0,41
L1-S29	ALV	CI2	12,40	21,48	0	7	57	36	12,2	41	17	1,7	0,325
L1-S29	ALV	CI3	12,59	20,60	0	9	62	29	16,6	37	11	1,9	-

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	192 di 270

Sondaggio	Unità	Campione	Prof.media	Peso specifico	G	S	L	A	Wn	WL	Ip	lc	e ₀
			[m]	[kN/m ³]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	-	-
L1-S29	ALV	CI4	20.75	20.99	0	9	63	28	14.3	44	21	1.4	-
L1-S29	ALV	CR5	21.25		0	19	63	18	non det.	37	20	-	-
L1-S29	ALV	CR6	28.50		0	13	62	25	non det.	42	16	-	-
L1-S47	ALV	CI4	18.28	20.50	1	20	59	20	14.8	39	14	1.7	-
L1-S47	ALV	CI5	27.25	20.50	0	30	53	17	15.2	32	10	1.7	-
L1-S50	ALV	CI1	4.25	17.27	0	28	53	19	27	49	30	0.7	-
L1-S50	ALV	CR2	10.25		57	17	21	5	non det.	34	17	-	-
L1-S50	ALV	CI3	16.20	20.60	0	21	57	22	17.7	29	9	1.3	0,506
L1-S50	ALV	CR4	23.24		52	17	20	11	non det.	32	15	-	-
L1-S17	AVF	CR1	14,25		21	31	29	19	-	42	18	-	-
L1-S17	AVF	CR2	23,55		45	20	24	11	-	36	19	-	-
L1-S17	AVF	CI3	33,25	19,42	1	1	56	42	23,1	67	32	1,3	-
L1-S49	AVF	CR1	39,2		31	8	39	22	-	33	14	-	-
L1-S49	AVF	CR2	47,45		32	25	27	16	-	20	12	-	-
L1-S49	AVF	CR3	53,8		21	20	37	22	-	21	12	-	-
L1-S49	AVF	CR4	58,75		13	13	50	24	-	36	17	-	-
L1-S49	AVF	CR5	60,75		21	15	37	27	-	36	17	-	-
L1-S49	AVF	CR6	64,75		19	12	41	28	-	60	30	-	-
L1-S53	AVF	CI1	4,75	19,23	4	4	58	34	25,8	58	32	1,2	0,741
L1-S53	AVF	CI2	12,25	19,52	2	24	58	16	23,4	31	22	0,8	0,665
L1-S53	AVF	CI3	21,25	20,70	0	4	73	23	18,5	non det.	NP	-	0,464
L1-S53	AVF	CR4	28,75		0	4	94	2	-	42	28	-	-
L1-S63	AVF	CI1	8,3	19,23	20	10	41	29	18,7	48	17	0,95	
L1-S63	AVF	CI2	18,75	20,51	18	4	45	33	14,8	50	17	1,07	
L1-S63	AVF	CI3 (CL)	26,7	25,67	-	-	-	-	-				
L1-S66	AVF	CI1	3,3		1	45	27	27	16,7	44	18	1,05	

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

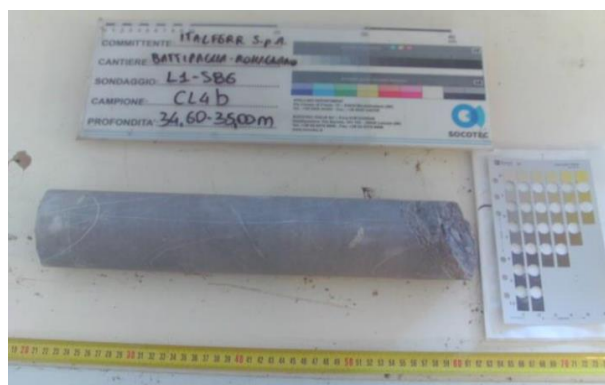
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	193 di 270

Sondaggio	Unità	Campione	Prof.media	Peso specifico	G	S	L	A	Wn	WL	Ip	Ic	e ₀
			[m]	[kN/m ³]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	-
L1-S66	AVF	CR1	7,25		-	-	-		-				
L1-S66	AVF	CR2	13,25		1	7	56	36	-	49	16		
L1-S66	AVF	CR3	20,75		9	15	41	35	-	53	20		
L1-S62	AVF	CI2	23,9	20,58	12	33	40	15	14,9	44	19	1,16	
L1-S62	AVF	CI3	33,32	20,19	19	51	14	16	15,8	48	22	1,24	
L1-S60	AVF	CI5	44,1	20,23	3	6	51	40	18	65	18	1,00	
L1-S86	AVF	CI4	22,45	20,74	17	19	41	23	14,8	47	21	1,24	
L1-S28	AVF	CR1	5,75		7	10	56	27	Non det.	43	16	-	
L1-S86	AVF	CI5 (*)	36,48	26,28									
L1-S86	AVF	CL4a (*)	30,475	25,76									
L1-S86	AVF	CL4b (*)	34,8	25,98									

(*) campioni litoidi descritti come Calcare Marnoso. Per completezza successivamente si mostrano le immagini di questi campioni.



L 1-S 86: campione CL4a, 30.15-30.80 m prof.



L 1-S 86: campione CL4b, 34.60-35.00 m prof.

Con riferimento i grafici di Figura 9-104, il valor medio dei pesi dell'unità di volume per entrambe le unità ALV e AVF si attesta sui 20 kN/m³. Per quanto riguarda l'indice dei vuoti, questo è compreso tra 0.46-0.74 per AVF (valor medio 0.62) mentre assume valore costante 0.45 per ALV. Si sottolinea la differente profondità a cui sono stati estratti i campioni analizzati (superficiali <25 m per AVF e profondi >65 m per ALV).

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	194 di 270

L'andamento dell'indice di plasticità di Figura 9-105 indica principalmente una condizione PLASTICA ($15 < I_p < 40$) per entrambe le unità; si nota che puntualmente l'unità AVF può mostrare condizioni POCO-PLASTICHE ($5 < I_p < 15$) e che l'unità ALV presenta $15 < I_p < 25$.

La consistenza è generalmente SEMISOLIDA-SOLIDA come riscontrabile dai valori dell'indice di consistenza ($I_c > 1$) riportati nel grafico della stessa figura.

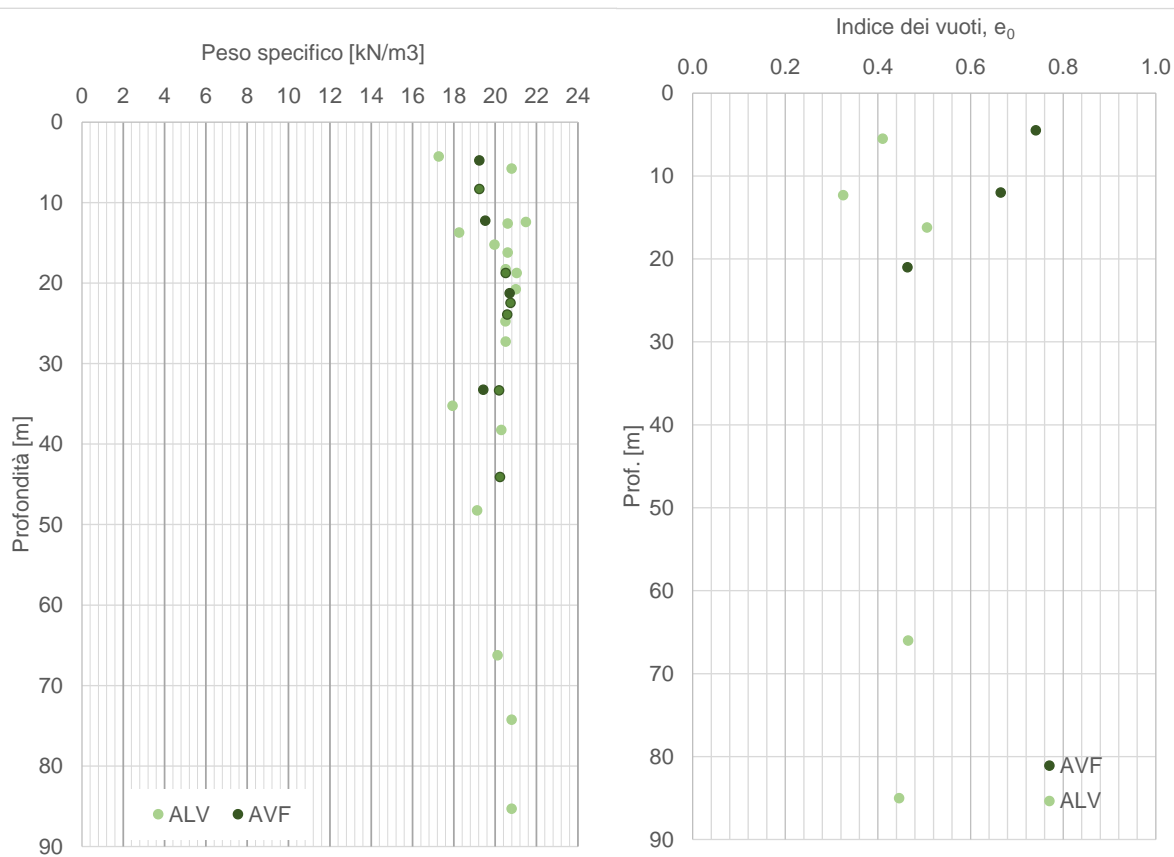


Figura 9-104: Andamenti con la profondità dei pesi dell'unità di volume e dell'indice dei vuoti

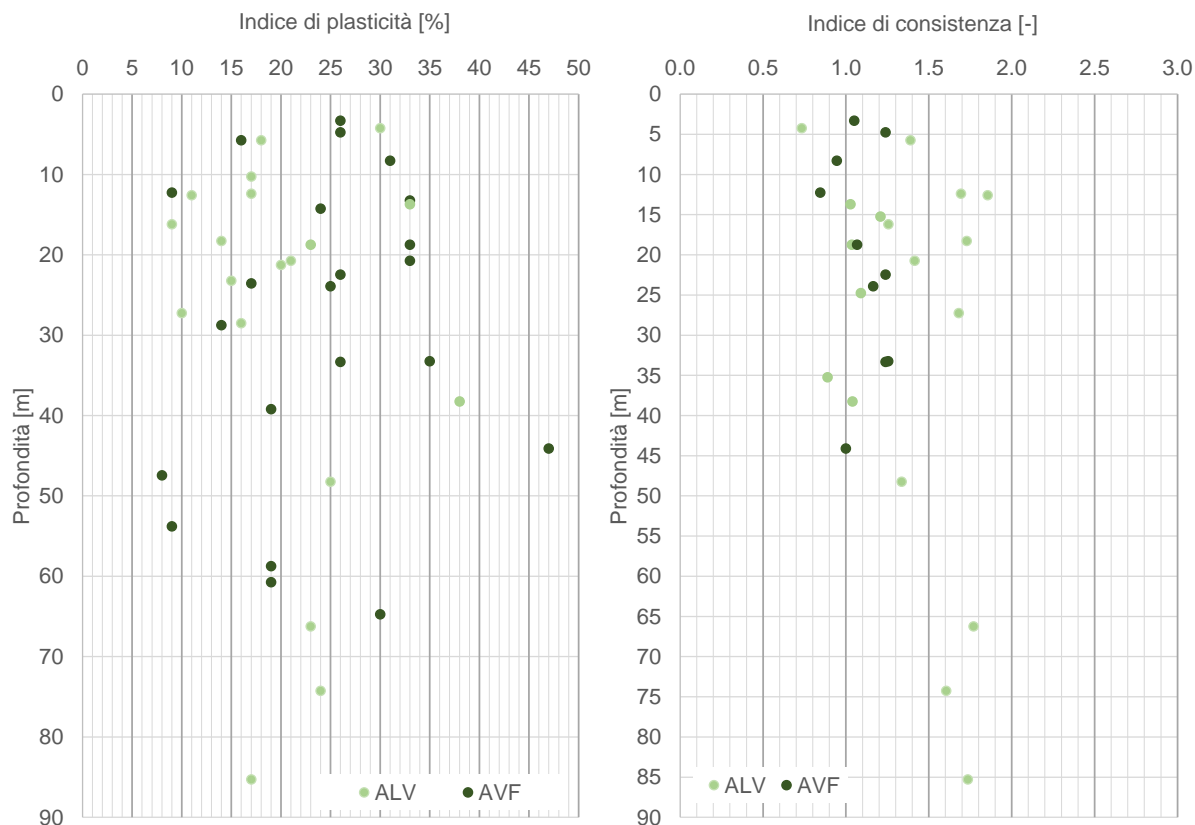


Figura 9-105: Andamenti con la profondità degli indici di Plasticità e di Consistenza

Nei seguenti grafici si denotano leggere differenze tra le due unità dal punto di vista della caratterizzazione geotecnica:

- La distribuzione dei dati nella Carta di Plasticità di Casagrande (Figura 9-106) classifica i terreni generalmente come argillosi inorganici (AVF) o come argillosi e limoso-argillosi organici (ALV). La plasticità associata ad entrambe le unità mostrano può essere definita media-alta.
- Per quanto riguarda la carta di Attività, i terreni sono classificabili come NORMALI – ATTIVI (AVF) e NORMALI- INATTIVI (ALV).

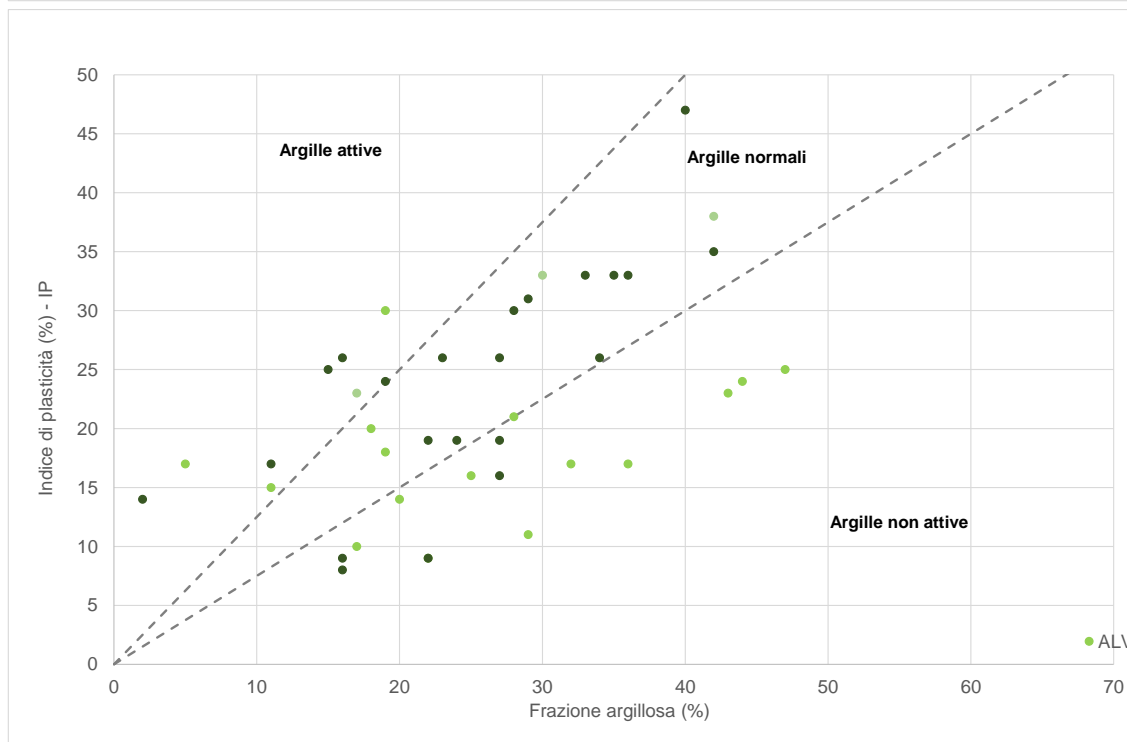
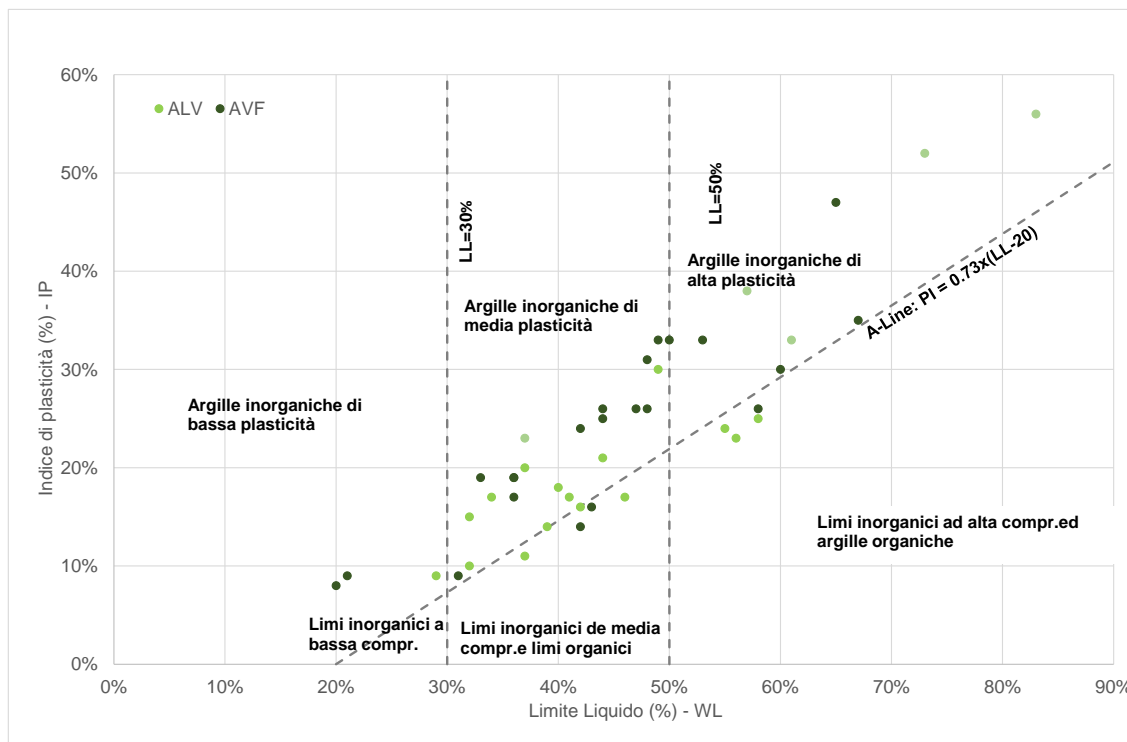


Figura 9-106: Carta di Plasticità (in alto) e Carta di attività (in basso)

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	197 di 270

Si è eseguito un totale di 8 prove edometriche (3 su AVF per profondità <20 m e 5 su ALV), dalle quali si è potuto stimare l'indice di sovraconsolidazione (OCR); nel grafico sottostante si mostrano graficamente i valori di OCR stimati dalle prove edometriche (per chiarezza grafica l'OCR valutato per L1-S53 a 4,5 m e pari a 7,5 non è stato riportato). Si osserva che gli strati superficiali (<10 m) di AVF e ALV mostrano un certo grado di sovraconsolidazione (tra 2 e 2,5) mentre a profondità maggiori per , non si nota questa sovraconsolidazione (OCR circa 1 a 10-20 m e OCR<1 a oltre 60 m di prof.). Quanto osservato appare anomalo considerando le caratteristiche di questo materiale e potrebbe essere dovuto a due ragioni: 1) elevata profondità (oltre 60 m di prof.) alla quale sono stati estratti i campioni di ALV; 2) dubbia rappresentatività delle prove edometriche su ALV.

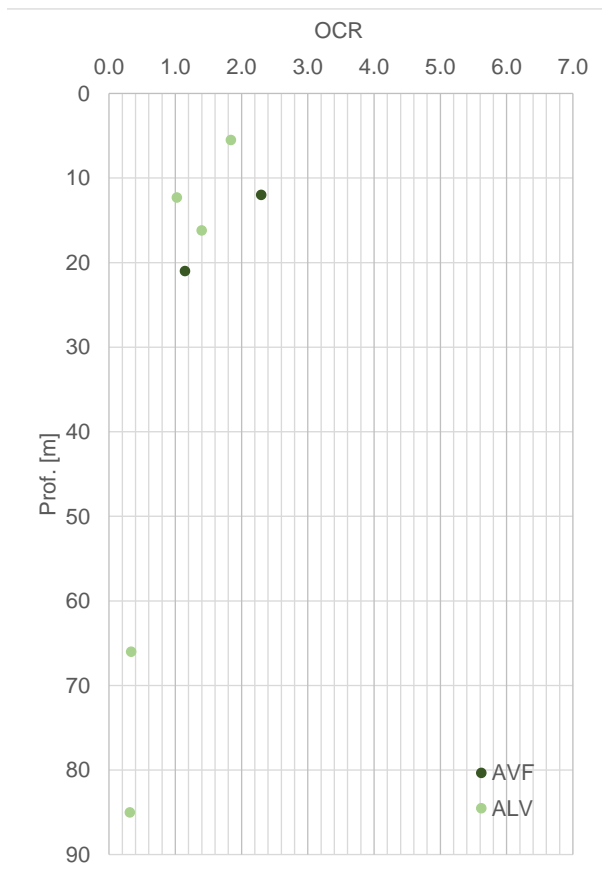


Figura 9-107: Andamento dell'indice OCR con la profondità

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

9.10.2 Parametri di resistenza

9.10.2.1 Condizioni non drenate

In Figura 9-108, si riportano gli andamenti della coesione non drenata c_u con la profondità, ottenuti dalle prove in situ (nello specifico da prove con penetrometri tascabili), dalle correlazioni con N_{SPT} (si veda paragrafo 8.2.2.1.4, considerando $f_1=4,5$) e, dove disponibili, confrontati con i risultati scaturiti dalle prove di laboratorio triassiali di tipo non consolidato non drenato. Per completezza nella seguente tabella si riportano i risultati (in termini medi) relativi alle prove triassiali non consolidate non drenate realizzate.

Tabella 9-47 Risultati delle prove triassiali non consolidate non drenate (UU)

Sondaggio	Unità	Campione	Prof.media	c_u (valore medio)
			[m]	[kPa]
L1-S46	ALV	CI1	48,25	60
L1-S46	ALV	CI3	74,25	488
L1-S81	ALV	CI1	13,7	106
L1-S47	AVF	CI3	33,25	223
L1-S63	AVF	CI2	18,75	178
L1-S62	AVF	CI2	23,9	144
L1-S86	AVF	CI4	22,45	193

Inoltre nel grafico è stata aggiunta la correlazione della legge lineare di Koutsoftas and Ladd (1985) con $OCR=1,5$; si può dedurre che il grado di sovraconsolidazione considerato ($OCR=1,5$) sia leggermente sottostimato rispetto ai dati di coesione non drenata rappresentati per gli strati superficiali (<15 m), mentre si può notare una migliore approssimazione per gli strati profondi.

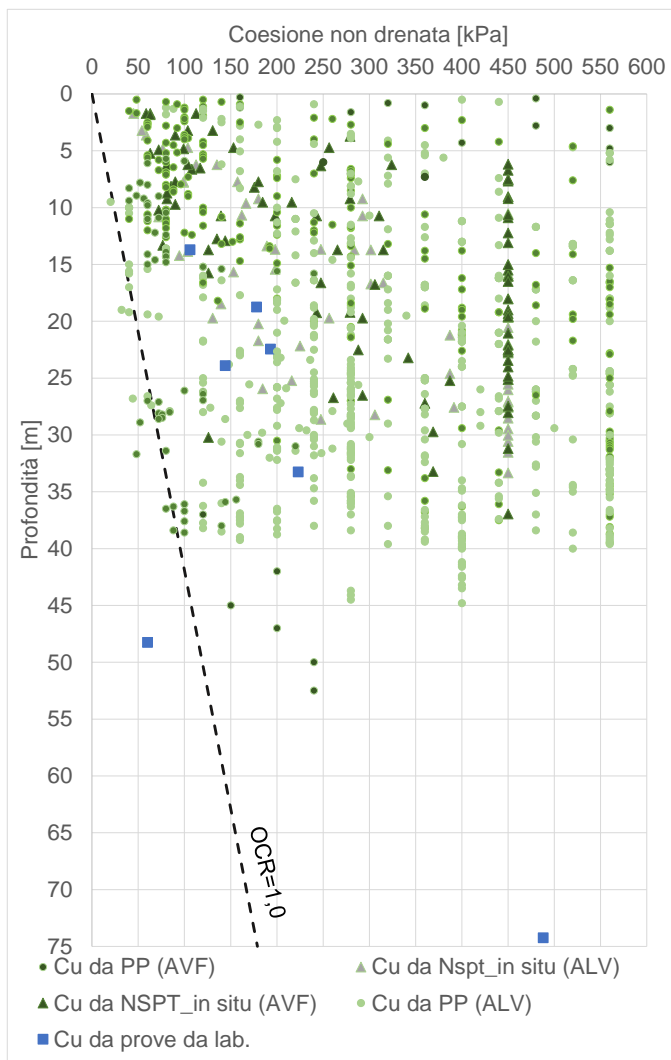


Figura 9-108: Andamento di c_u con la profondità per le unità ALV e AVF

Facendo riferimento al precedente grafico di Figura 9-108, si ritiene di poter considerare un intervallo di valori pari a $c_u=150-450\text{kPa}$ per entrambe le unità considerate.

9.10.2.2 Condizioni drenate

In questo paragrafo vengono riassunti i risultati derivanti dalle prove di taglio diretto disponibili per le unità in esame. I dati sono stati cumulati in modo da ottenere un *range* di valori riferiti a più prove (Figura 9-109e Figura 9-110). Come riscontrabile dalla figura sottostante per le argille ALV e AVF, i dati riportati nel grafico restituiscono i seguenti valori medi: $\varphi'=20-27^\circ$ – $c'=15-40$ kPa per ALV e $\varphi'=21-26^\circ$ – $c'=20-60$ kPa per AVF.

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	200 di 270

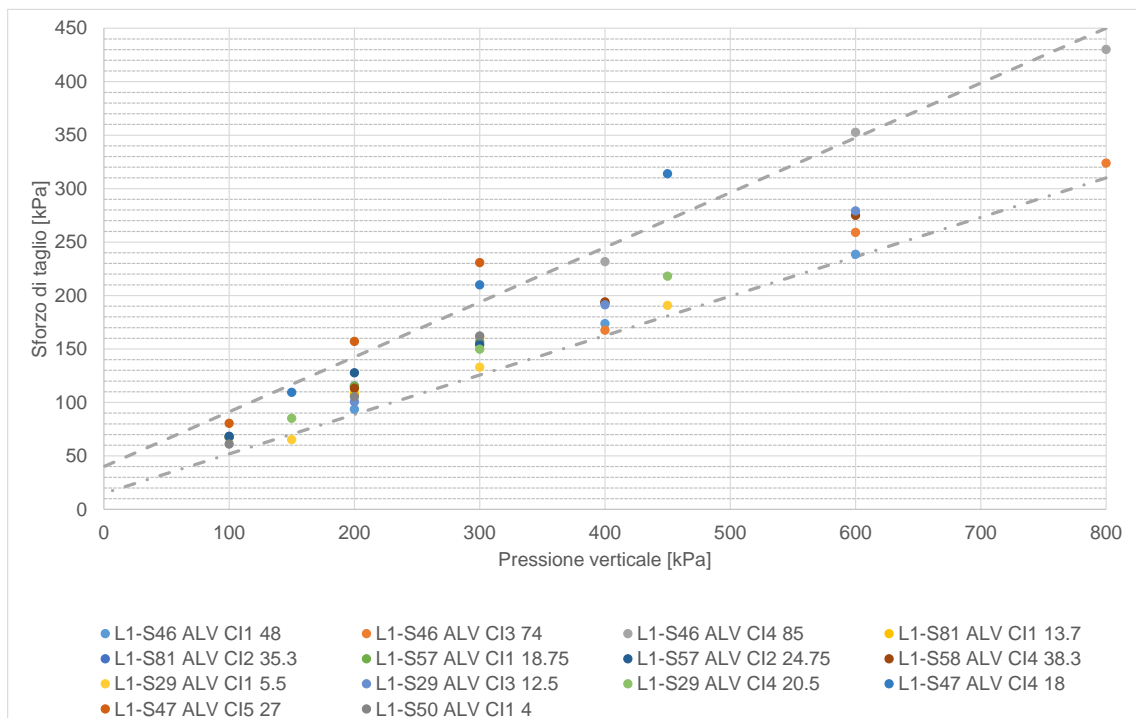


Figura 9-109: Unità ALV - interpretazione delle prove di taglio diretto

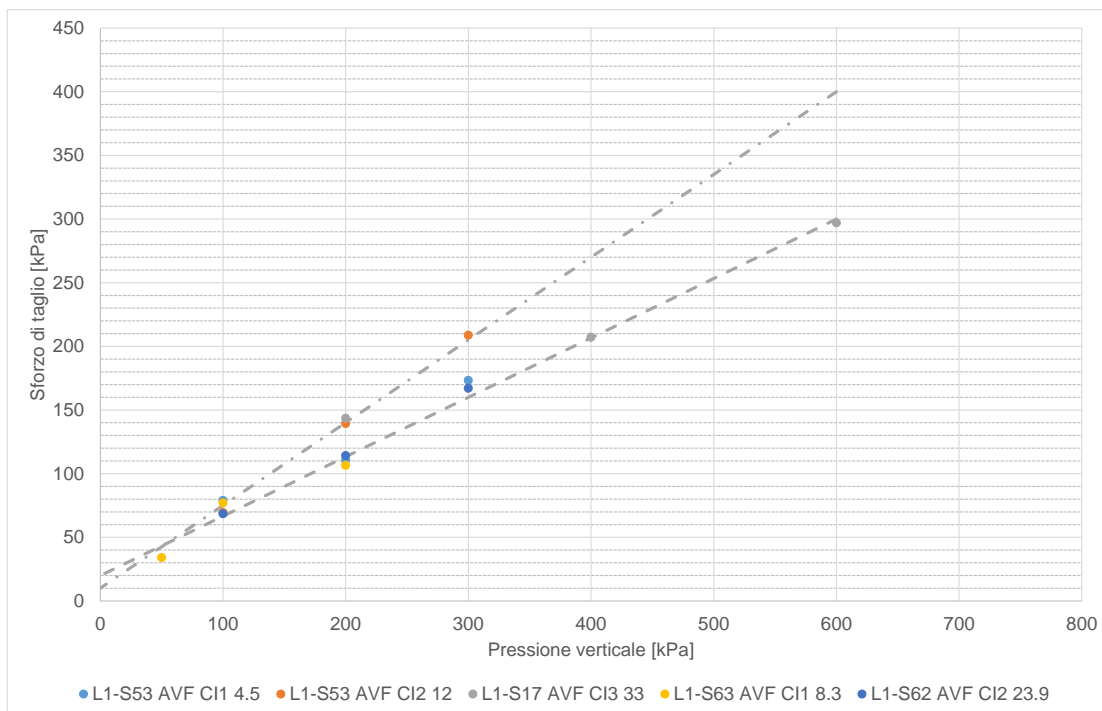


Figura 9-110: Unità AVF - interpretazione delle prove di taglio diretto

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

Inoltre, si sono realizzate 2 prove triassiali consolidate non drenate ottenendo:

Tabella 9-48 Risultati delle prove triassiali consolidate non drenate (CU)

Sondaggio	Unità	Campione	Prof.media	Angolo di attrito	coesione
			[m]	[°]	[kPa]
L1-S46	ALV	CI2	66,25	22	37
L1-S50	ALV	CI3	16,20	30	20
L1-S53	AVF	CI3	21,25	27	20

9.10.3 Parametri di rigidezza

9.10.3.1 Modulo elastico da prove in situ

Con riferimento ai sondaggi S17, S24, S28, S51, S52, S26, S46, S49, S50, S53, S26, S66, S61, S62 e S60 si sono eseguite 10 prove pressiometriche di tipo Menard 22 prove dilatometriche, i cui risultati sono indicati nel grafico di **Figura 9-111**. Il risultato della prova P3 eseguita in S26 non è stato tenuto in conto dovuto all'elevata profondità a cui è stato fatto (111 m).

A partire dai moduli pressiometrici si possono ricavare i moduli di Young (E_{def}) applicando il coefficiente reologico α , in funzione del terreno e del grado di consolidazione.

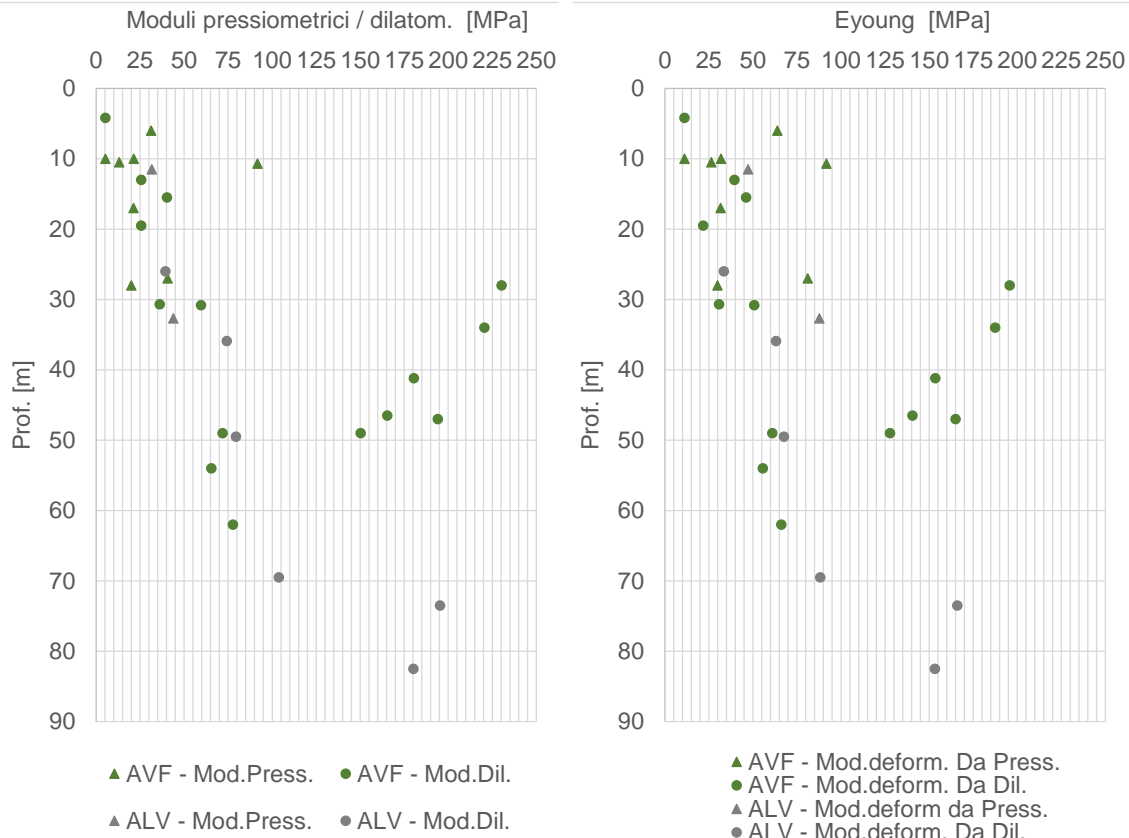


Figura 9-111: Unità ALV-AVF – Moduli di deformazione ricavati da prove in-situ

Il coefficiente reologico α considerato è stato preso in coerenza dai certificati delle prove di laboratorio; per completezza viene indicato nella seguente tabella.

Tabella 9-49: Tabella di conversione da moduli pressiometrici a moduli di Young tramite coeff.reologico α

			profondità centro della cella	modulo pressiometrico	α	Modulo di Young
			[m]	[MPa]		[MPa]
L1S17	AVF	P1	10	5,3	1/2	11,2
L1S17	AVF	P2	28	20,0	2/3	29,9
L1S53	AVF	P1	10	21,4	2/3	31,9
L1S53	AVF	P2	17	21,2	2/3	31,7
L1S53	AVF	P3	27	40,6	1/2	81,1
L1S50	AVF	P1	6	31,3	1/2	63,9
L1-S28	AVF	P1	10,7	91,6	1	91,6

			profondità centro della cella	modulo pressiometrico	α	Modulo di Young
			[m]	[MPa]		[MPa]
L1-S51	AVF	P1	10,5	13,2	1/2	26,3
L1-S29	ALV	P1	11,5	31,7	2/3	47,2
L1-S18	ALV	P1	32,7	43,9	1/2	87,7

A partire dalla **Figura 9-111**, si può apprezzare un andamento del Modulo di Young crescente con la profondità; questo stesso andamento per profondità minori a 15 m, è confermato dai risultati della prova CPTu18bis_2 , utilizzando la correlazione descritta al paragrafo 8.2.3.2.1.

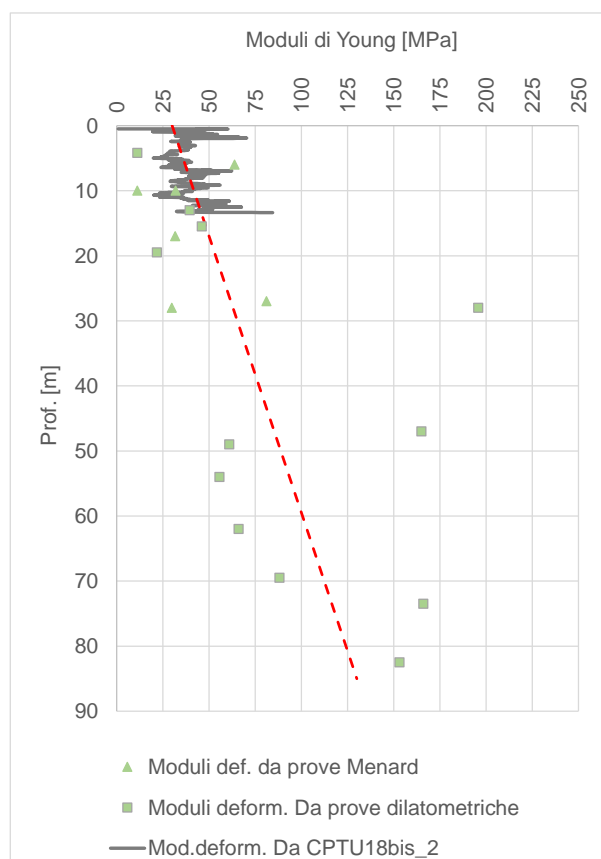


Figura 9-112: Unità AVF – Mod.Young a partire da CPTu

9.10.3.2 Parametri edometrici determinati da prove di laboratorio

I principali parametri edometrici ricavati dalle prove di laboratorio sono riassunti nella Tabella 9-50.

Tabella 9-50: Sommario dei parametri ottenuti dalla elaborazione delle prove edometriche su ALV e AVF

Sondaggio	campione	Prof. [m]	e_0	OCR	C_r	RR	C_c	CR	C_s	SR	C_s/cc
L1-S53 (AVF)	CI1	4,5	0,741	7,6	0,016	0,009	0,25	0,145	0,101	0,058	40%
L1-S53 (AVF)	CI2	12	0,665	2,3	0,030	0,017	0,13	0,079	0,020	0,012	15%
L1-S53 (AVF)	CI3	21	0,464	1,1	0,015	0,011	0,09	0,065	0,018	0,012	19%
L1-S46 (ALV)	CI2	66	0,465	<1	0,003	0,003	0,14	0,095	0,070	0,048	50%
L1-S46 (ALV)	CI4	85	0,446	<1	0,003	0,003	0,15	0,102	0,064	0,044	43%
L1-S29 (ALV)	CI1	5.5	0.41	1.8	0.008	0.005	0.13	0.09	0.040	0.028	13%
L1-S29 (ALV)	CI2	12.3	0.325	1.0	0.009	0.007	0.12	0.094	0.045	0.034	12%
L1-S50 (ALV)	CI3	16.2	0.506	1.4	0.019	0.013	0.13	0.088	0.044	0.029	13%

Per ciascuna prova sono state effettuate le ricostruzioni di Casagrande per la determinazione della tensione di preconsolidazione; ne è derivato che i terreni risultano leggermente sovra-consolidati, con OCR pari a 1,5 (fino a 15 m).

I coefficienti di compressione C_c calcolati sono stati posti a confronto, nella Figura 9-113, con tipici intervalli di variazione indicati dalla letteratura (vedi Lancellotta, 2009), in dipendenza dall'indice dei vuoti iniziale e_0 ; i dati disponibili sono limitati per apprezzare la coerenza.

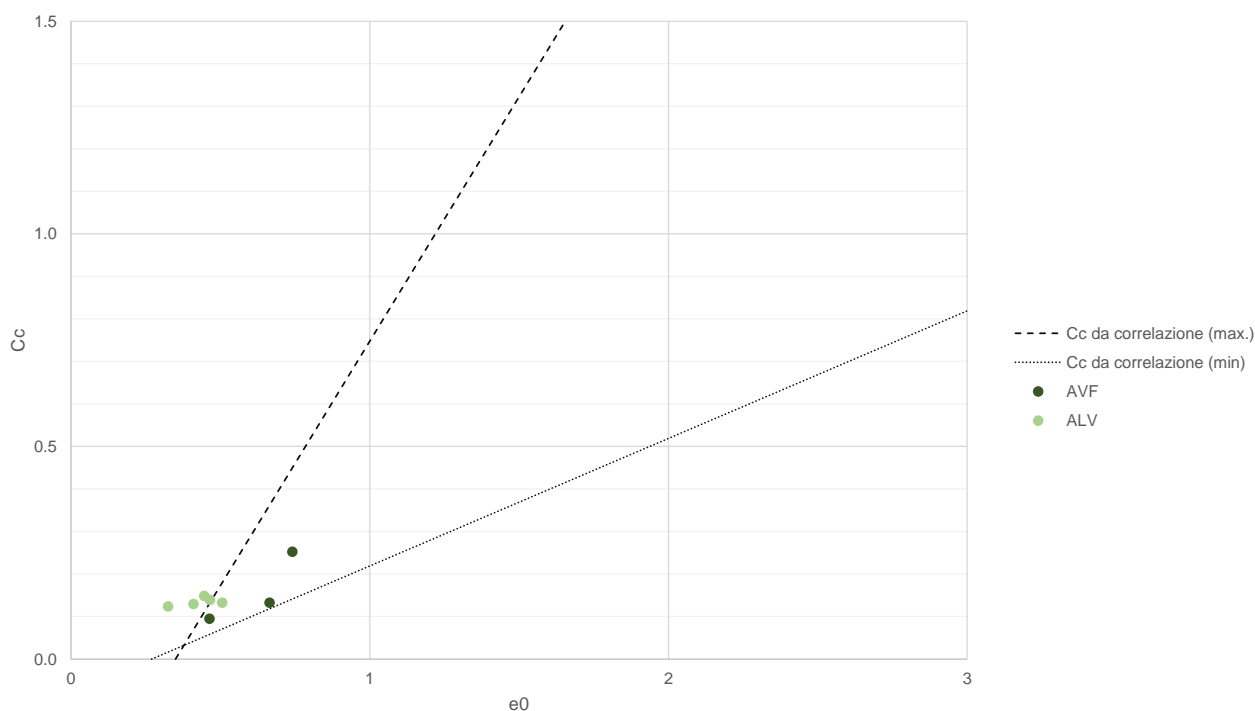


Figura 9-113: Valori di Cc calcolati per unità ALV-AVF e confronto con indicazioni di letteratura (Lancellotta, 2009)

A partire dal valore di e_0 e C_c ricavati dalle prove edometriche è possibile stimare il modulo edometrico per un certo stato tensionale. Per una pressione pari a 400 KPa si sono stimati moduli di deformazione edometrica di circa 8-10 MPa.

Dalle prove edometriche sono stati anche ricavati i coefficienti di consolidazione secondaria per l'unità AVF, come già riportato nello specifico paragrafo. Partendo dalle prove edometriche disponibili sul campione S53-CI1, è stato ricavato il coefficiente di consolidazione come rapporto tra la variazione di deformazione tra due istanti di tempo t_1 e t_2 e la variazione logaritmica di tali tempi, prendendo a riferimento la porzione terminale dei diagrammi "deformazione-tempo", cioè la pendenza dell'asintoto inclinato nel piano semilogaritmico $\varepsilon - \log t$. Il coefficiente è stimato dunque come

$$C_{\alpha\varepsilon} = \Delta\varepsilon / \Delta \log t$$

ottenendone l'andamento riportato nel grafico di Figura 9-114, in relazione dalla pressione di prova.

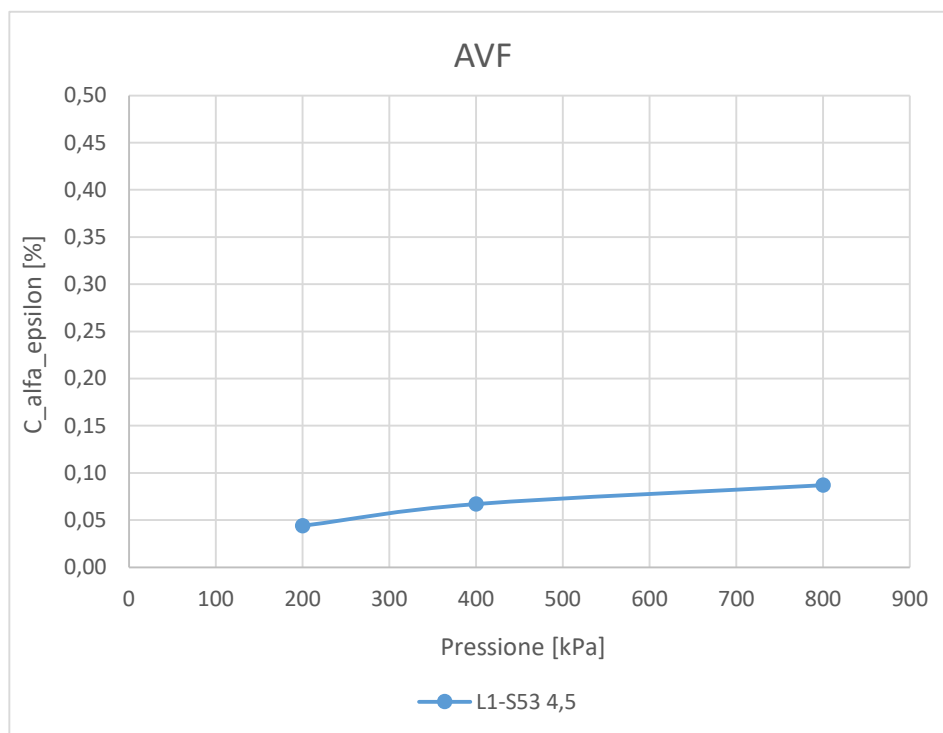


Figura 9-114: Andamento di $C_{\alpha\varepsilon}$ in relazione alla pressione di prova (campione S53-CI1) - AVF

Il valore di $C_{\alpha\varepsilon}$ operativo è stato quindi estratto in corrispondenza delle pressioni di interesse, promediando i valori ottenuti tra Pressioni di 200-300 kPa; ne risulta $C_{\alpha\varepsilon}=0.056\%$ (unità AVF).

Per completezza si indica il grafico del coefficiente $C_{\alpha\varepsilon}$ considerato rappresentativo per l'unità ALV:

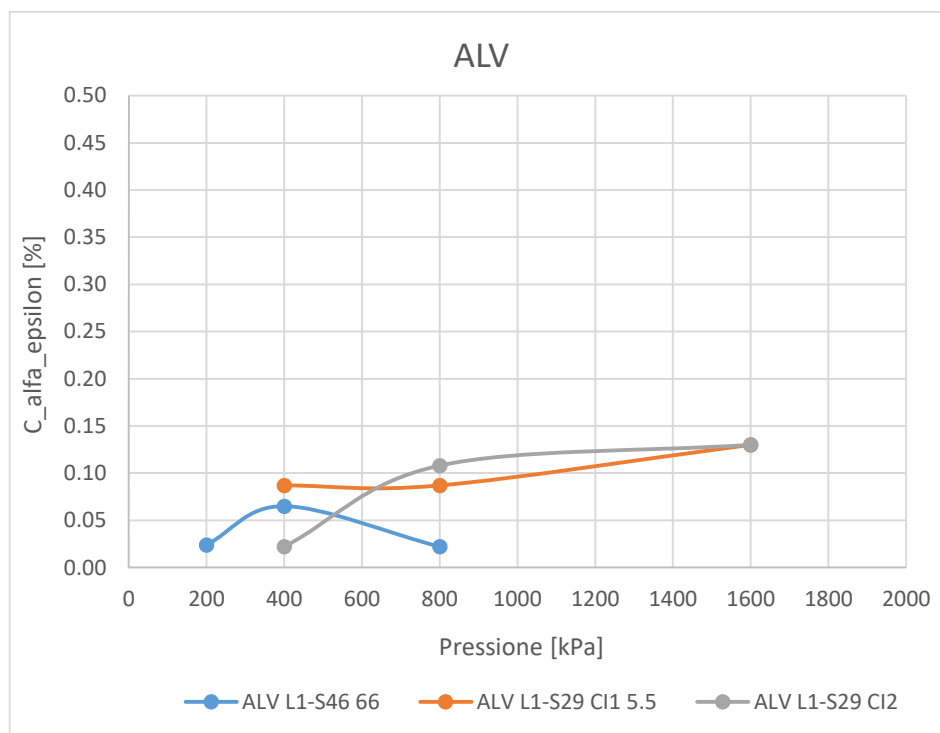


Figura 9-115: Andamento di $C_{\alpha\epsilon}$ in relazione alla pressione di prova - ALV

Il valore di $C_{\alpha\epsilon}$ operativo è stato quindi estratto in corrispondenza delle pressioni di interesse, mediando i valori ottenuti tra Pressioni di 200-300 kPa; ne risulta $C_{\alpha\epsilon}=0.050\%$ (unità ALV).

È opportuno evidenziare che i moduli edometrici ricavati dalle prove edometriche sono risultati sempre nettamente inferiori a quelli ottenuti da prove in situ. Questo non è da considerarsi sorprendente dal momento che non è inusuale che le prove edometriche forniscano una sensibile sottostima, spesso dovuta a fattori di disturbo durante il campionamento e/o all'effettiva rappresentatività dei provini sottoposti a prova rispetto al generale comportamento atteso in sito.

9.10.3.3 Modulo elastico operativo in condizioni drenate

I valori dei moduli operativi sono stati estratti a partire dai moduli a basse deformazioni ottenuti dai valori di G_0 , derivanti dai valori di V_s , a loro volta ricavati da prove in situ quali MASW e Down-Hole.

Nella **Figura 9-116** si rappresentano i valori di V_s misurati nelle prove geofisiche (a sinistra) e si diagrammano i moduli E_0 stimati sulla base dei risultati di queste prove (a destra). Si nota come in questo caso la prova MASW-8 fornisca risultati valori di V_s (e quindi di E_0) in linea rispetto alle prove DH.

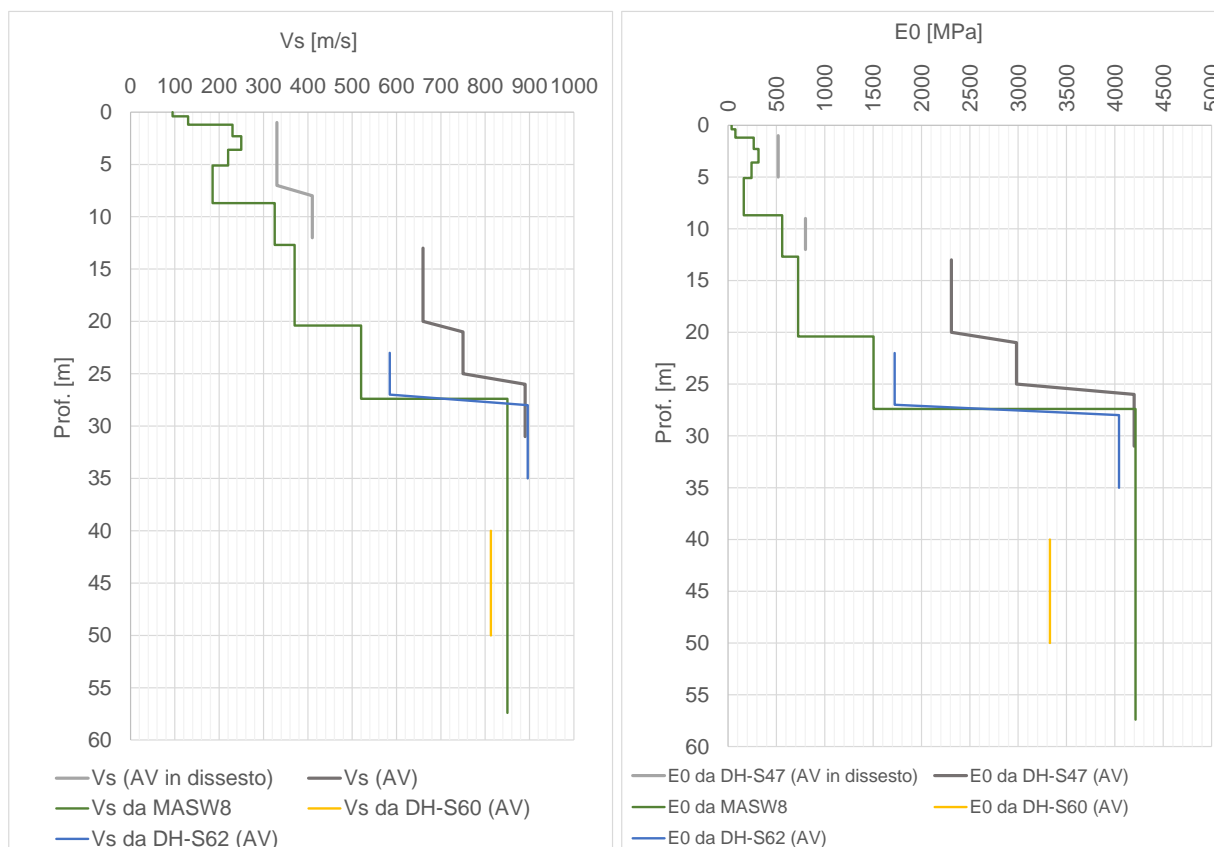


Figura 9-116: Andamento di Vs registrata nelle prove DH e MASW (a sinistra) e corrispondenti valori di E₀ (a destra)

Dai risultati di entrambe le prove (Down hole in L1-S47 e MASW -8), si identifica un primo strato di spessore circa 10 m che potrebbe essere associato ad un'area di dissesto; si propongono i seguenti intervalli.

Tabella 9-51: Sommario dei moduli E₀ ed E_{operativo} a partire da prove DH – ALV e AVF

unità	<20m	20-50m
E ₀ [MPa]	200-700	700-2000
E _{op} [MPa]	10-70	35-200

Come valori di riferimento, nella tabella precedente, è riportato l'intervallo che può assumere il modulo elastico operativo E_{op}, valutato in funzione dei due livelli di operatività individuati:

- il limite inferiore è caratteristico di livelli deformativi tipici di problemi di cedimento (problemi di carico), e come tali più bassi ($E_{op}=1/20 \cdot E_0$);

- il limite superiore è caratteristico nel caso di analisi di scavi o di opere di sostegno ($E_{op}=1/10 \cdot E_0$), quindi in presenza di problemi di scarico, dove si possono considerare valori più elevati.

Sull'unità ALV sono state eseguite 2 Linee di sismica a rifrazione (SRT_S11-12 su ALV) da cui si sono ottenuti valori di velocità di propagazione delle onde di taglio Vs in linea con quelle ottenuti da DH e MASW (si veda **Figura 9-116**), per esempio a partire dall'analisi delle prove SRT_S_11 e SRT_S_12 si è stimato un Vs₃₀ paria 443 e 413 m/s rispettivamente.

Anche sull'unità AVF sono state eseguite 2 Linee di sismica a rifrazione (SRT_S_1-2) da cui si sono ottenuti valori di velocità di propagazione delle onde di taglio Vs dell'ordine di 415 m/s (SRT_S_2).

9.10.4 Permeabilità

Alla data di redarre il presente documento, sono state considerate 17 prove di permeabilità tipo Lefranc a carico variabile. In **Tabella 9-52** sono riportati i valori dei coefficienti di permeabilità ottenuti dalle prove e riferibili alle varie unità indagate.

Tabella 9-52 Risultati delle prove Lefranc sull'unità AVF/ALV

Sondaggio	Unità	Prof.prova (m)		k (m/s)
L1-S46	ALV	68	68,5	1,09E-08
L1-S46		79,5	81,3	3,80E-10
L1-S47		4,5	6	9,58E-09
L1-S47		14,9	15,8	3,28E-08
L1-S47		28,4	30,5	Assorbimento nullo
L1-S81		15	16,4	Assorbimento nullo
L1-S57		14,7	16,5	Assorbimento nullo
L1-S79		17,7	19,5	Assorbimento nullo
L1-S82		14,8	15,45	4,80E-09
L1-S97		14,6	16,5	7,19E-09
L1-S18bis		ALV	2.9	4.6
L1-S18bis	14.6		16.5	Assorbimento nullo

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	210 di 270

Sondaggio	Unità	Prof.prova (m)		k (m/s)
L1-S17	AVF	13,2	15	1,54E-08
L1-S17		26,7	30	3,51E-08
L1-S49		49	49,5	1,58E-08
L1-S49		58	58,5	6,35E-09
L1-S53		19,5	21	2,63E-10
L1-S53		7,5	9	Assorbimento nullo
LI-S18		13,2	15,4	8,10E-07
LI-S18		28,2	31,95	3,95E-09
L1-S19		31,2	33,2	4,14E-08
L1-S29		5	6	1,14E-07
L1-S29		16	16,5	2,75E-8
L1-S50		5,7	7,4	2,17E-07
L1-S50		17,85	19	7,03E-09
L1-S61		34,5	37,4	1,86E-09
L1-S62		27,5	30	9,47E-08
L1-S63		AVF	6	7,5
L1-S63	18		19,5	1,06E-09
L1-S66	4,5		6	2,18E-08
L1-S66	15		16,5	2,17E-09
L1-S61	46,5		49,4	Assorbimento nullo
L1-S53	7,5		9	Assorbimento nullo
L1-S61	34,5		36,15	Assorbimento nullo
L1-S28	5.8		7	2.21E-07
L1-S23bis_2	16		16.8	Assorbimento nullo
L1-S51	5.85		7.5	1.20E-06
L1-S51	AVF	14.7	16	1.96E-06
L1-S51		30.5	31.85	9.51E-08

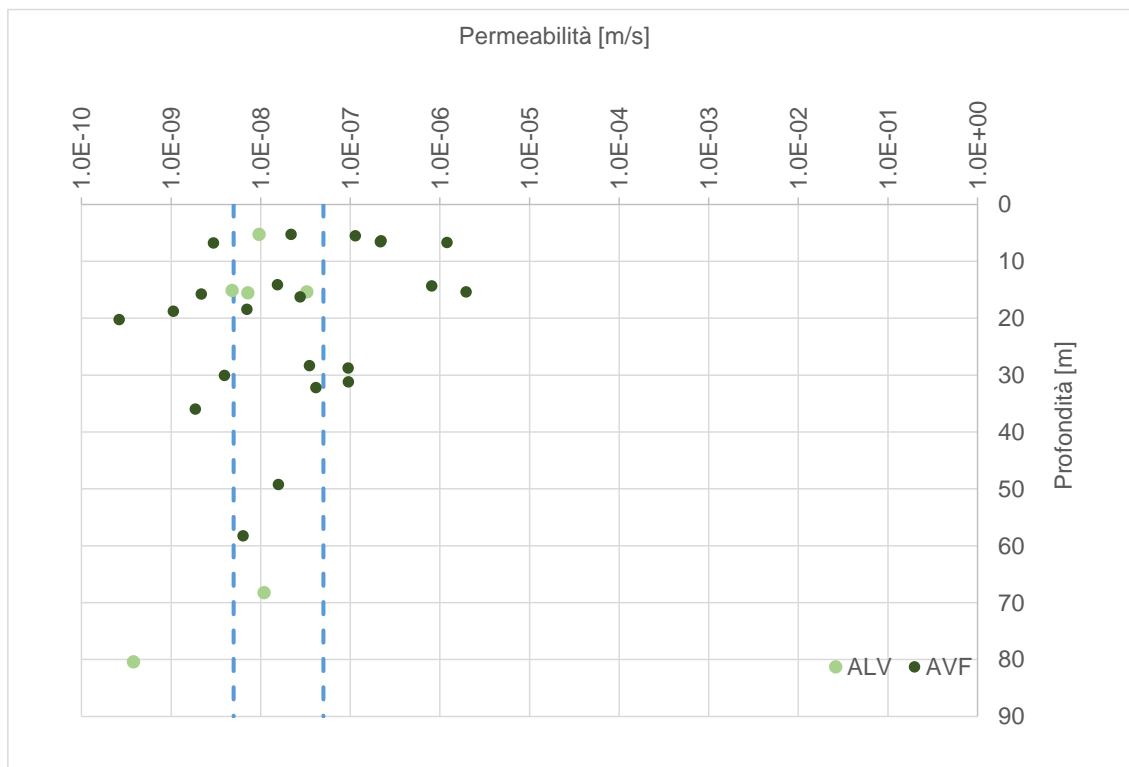


Figura 9-117: Valori di permeabilità delle unità ALV e AVF

Si propone associare alle unità ALV e AVF, una permeabilità compresa tra $5E-9$ e $5E-8$ m/s.

10 SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI E DEI LIVELLI DI FALDA

Nel seguito si riporta una sintesi dei valori caratteristici dei principali parametri geotecnici assunti per la progettazione.

Si osserva che, sebbene si reputi che il grado di approfondimento della caratterizzazione geotecnica operata sia coerente con quanto richiesto per il livello di progettazione in atto, si ritiene opportuno evidenziare che nelle successive fasi della progettazione dovranno essere approfonditi sia l'assetto geologico strutturale e stratigrafico nelle aree di intervento, sia il comportamento meccanico delle unità geotecniche individuate.

Nelle seguenti tabelle si riportano i valori caratteristici dei parametri geotecnici.

Tabella 10-1 Parametri geotecnici di progetto – Depositi e Settore della Piana e della Valle del Sele

Parametri	DEP	BPa	BPb
γ [kN/m ³]	20	19,5	19,5
ϕ [°]	28-35	30-38	21-29
c' [kPa]	0	0-20 ¹	5-30
c_u [kPa]	NA	NA	50-200
E' [MPa]	20-30 <10m 30-50 10-30m	30-60 <20m 50-65 20-30 m 65-120 >30m	10-30 <15m 30-50 15-30 m 50-70 >30m
E_0 [MPa]	150-300 <10m 300-400 10-30m 800 >30m	400-500 <20m 600-1500 20-30 m 2000-3000 >30m	150-250 <15m 400-700 15-30 m 700-1800 >30m
K [m/s]	5E-7 a 1E-5	1E-05 a 2E-04	2E-08 a 5E-07

Tabella 10-2 Parametri geotecnici di progetto – Settore Valle F.Tanagro

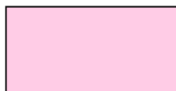


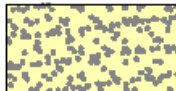
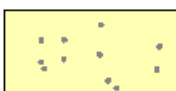
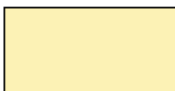




Parametri	LDC	RGC	TSG	BTL-PLMa	BTL-PLMb
					
γ [kN/m ³]	18	20	18-19	21	19,5
ϕ [°]	22-26	30-38	30-35 ²	33-40	19-27
c' [kPa]	0-15	0	0-30 ³	0-20	5-25
c _u [kPa]	45-60	NA	NA	NA	100-250
E' [MPa]	5-15	30-60	30-50 <10m 50-80 10-40 m	45-100 ⁴	20-70
E ₀ [MPa]	Non disponibile	Non disponibile	600-1000 <10m 1000-1500 10-40 m	900-2000	500-1100
K [m/s]	1E-5 a 1E-7	1E-5 a 1E-6	5E-8 a 5E-7	1E-7 a 1E-5	1E-08 a 5E-7

Tabella 10-3 Parametri geotecnici di progetto – Unità Sinorogne e Unità Tettonica della Valle del Sele

Parametri	SGH	TUT	FMS	ALV	AVF
					
γ [kN/m ³]	20,5	20 ⁵	20-21	20	20
ϕ [°]	21-25	25-32 ⁵	23-30	20-27	20-27
c' [kPa]	20-40	30-50 ⁵	20-40	15-50	15-50
c _u [kPa]	150-450	450	200-350 tra 0-15 m; 300-450 tra 15-30 m	150-450	150-450
E' [MPa]	50 <10m 50-200 10-30 m 200-300 >30m ⁵	200	50-130	20-50 < 20m 50-80 20-50m	20-50 < 20m 50-80 20-50m
E ₀ [MPa]	500 <10m 500-2000 10-30 m 2000-3000 >30m	2000	500-1500	200-700 < 20m 700-2000 20-50m	200-700 < 20m 700-2000 20-50m
K [m/s]	1E-10	1E-9 a 1E-8	1E-8 a 5E-7	5E-9 a 5E-8	5E-9 a 5E-8

NOTE

¹ Per tener in conto dell'effetto della cementazione, si associa un valore di coesione fino a un massimo di 20 kPa. Questa assunzione è basata principalmente su osservazioni in situ, quali: l'esistenza di fronti stabili con pareti verticali di affioramenti di materiale BP_a (si rimanda a Figura 9-11) così come l'alto valore di V_s registrato in

	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

profondità nelle prove DH (si rimanda a Figura 9-28). Si considereranno valori nulli di coesione solo in casi particolari, in cui sia evidente una perdita di coesione ed in caso di materiale evidentemente sciolto.

² Nell'unità TSG si sono individuate due facies (una granulare ed un'altra con comportamento più coesivo); dal punto di vista della caratterizzazione geomeccanica si è considerato opportuno dare maggiore rilievo alla facies granulare.

³ Si caratterizza come granulare (essendo facies predominante) assegnando una coesione $c'=0-30$ per effetto della cementazione. Questa assunzione è basata principalmente su osservazioni in situ, quali: l'esistenza di fronti stabili con pareti verticali di affioramenti di materiale BPa (si rimanda a Figura 9-50) così come l'alto valore di V_s registrato in profondità nelle prove DH (si rimanda a Figura 9-71).

⁴ Considerando il limitato numero di prove pressiometriche/dilatometriche in situ, si propone usare un Modulo Operativo a partire da E0 di Down-Hole (senza considerare il valor massimo).

⁵ In mancanza di prove di laboratorio, si assumeranno valori indicativi basati sul Modulo Operativo a partire da E0 di Down-Hole

In merito ai livelli di falda assunti in progetto, si rimanda all'andamento indicato nel profilo geotecnico, Doc.Rif. [33].

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

11 ANALISI DI SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

11.1 GENERALITÀ

Le NTC 2018, al par. 7.11.3.4.1 stabiliscono che:

“Il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

In assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali.”

Allo scopo di accertare la stabilità del sito di progetto rispetto alla liquefazione, è stata condotta una valutazione di suscettibilità in base ai dati a disposizione e tenendo in conto delle condizioni che permettono escludere il fenomeno senza dover effettuare ulteriori analisi (si veda paragrafo 11.2).

Si ricorda come, a causa della breve durata del moto sismico, il terreno reagisca in condizioni sostanzialmente non drenate. In tali condizioni, il comportamento non lineare dei materiali sabbiosi e sabbioso/limosi saturi, sottoposti a carichi ciclici indotti dal terremoto, porta alla generazione di sovrappressioni interstiziali con diminuzione anche significativa di resistenza e rigidità apparente. Alla successiva dissipazione di tali sovrappressioni, corrisponde una riduzione di volume con la generazione di deformazioni permanenti in grado di causare, nello specifico, problematiche di esercizio post-sisma, stabilità dei rilevati, delle opere di sostegno e di attraversamento.

Il fenomeno della liquefazione è profondamente influenzato dal numero dei cicli del moto sismico del suolo, dalla densità relativa D_r e dalla granulometria del terreno. Un terreno a grana grossa, a parità di altri fattori, è maggiormente esposto al pericolo della liquefazione quanto minore è la sua densità relativa. Il potenziale di liquefazione aumenta poi, ovviamente, al crescere del numero di cicli, ossia del valore di magnitudo sismica di riferimento.

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	216 di 270

Il problema principale che si pone in fase di progettazione è valutare la stabilità del sito di progetto rispetto alla liquefazione quando il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sottofalda, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa.

11.2 VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI DI ESCLUSIONE DA VERIFICA A LIQUEFAZIONE

Le NTC2018 al paragrafo 7.11.3.4.2 stabiliscono che la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti una delle seguenti circostanze:

- Accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero (cfr. a_{max}) minori di 0.1 g;
- Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche SPT normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche CPT, normalizzata ad una tensione verticale efficace di 100 kPa;
- Distribuzione granulometrica esterna alle zone comprese tra le curve rappresentate in Figura 11-1 (coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$) e Figura 11-2 (coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$).

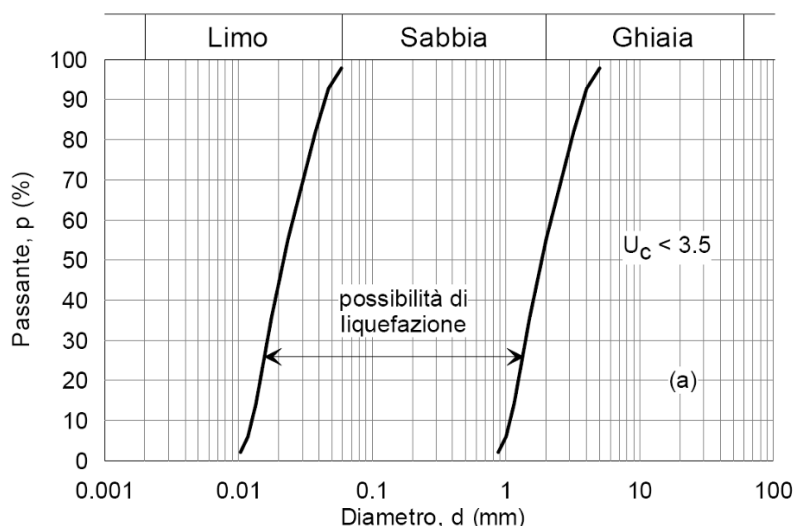


Figura 11-1: Dominio di suscettibilità alla liquefazione dei terreni ($U_c < 3.5$)

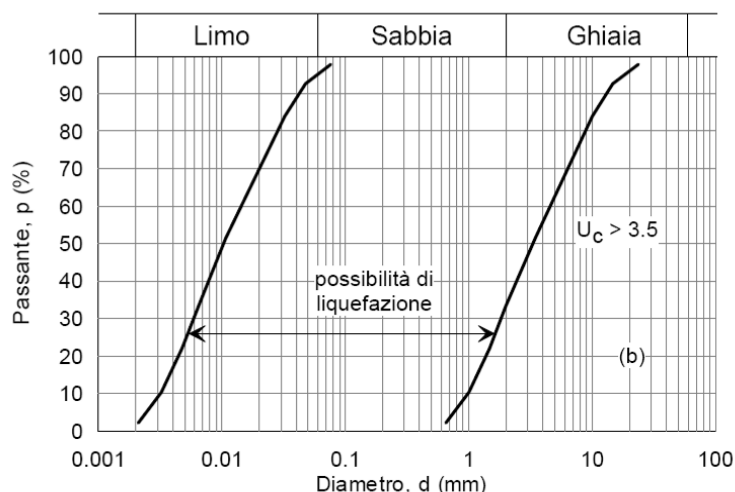


Figura 11-2: Dominio di suscettibilità alla liquefazione dei terreni ($U_c > 3.5$).

La resistenza penetrometrica SPT è espressa come numero di colpi $N_{1(60)}$ normalizzato ad una pressione verticale efficace di 100 kPa oltre che corretto per il valore standard di energia trasmessa (60% del valore nominale), come segue:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} C_N C_E C_B C_R C_S$$

dove:

- C_N = coefficiente correttivo che tiene conto dell'influenza della pressione verticale efficace. In letteratura sono presenti diversi metodi per la valutazione del coefficiente correttivo C_N . Qui è stata applicata la relazione proposta da Liao e Whitman (1986) – Doc.Rif. [21]:

$$C_N = \left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}} \right)^{0.5} \leq 1.7$$

in cui P_a è la pressione atmosferica, pari a 100kPa, e σ'_{v0} è la tensione verticale in sito, in termini di sforzi efficaci.

- C_E = coefficiente correttivo che va a considerare il rendimento energetico dell'attrezzatura e riconduce le misure ad un rendimento energetico del 60 % e può essere valutato nel modo seguente:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

$$C_E = \frac{ER_m}{60}$$

in cui ER_m è il fattore di rendimento (espresso in %) del trasferimento dell'energia del meglio all'attrezzo campionatore, relativo alla macchina utilizzata per fare la prova; considerando che la configurazione di prova normalmente adoperata in Italia ha un rendimento energetico del 60 %, tale coefficiente è stato posto pari ad 1.

I coefficienti C_B (fattore correttivo per le dimensioni del foro di sondaggio), C_R (fattore correttivo per la lunghezza delle aste della macchina esecutrice) e C_S (fattore correttivo per il tipo di attrezzo campionatore) sono stati assunti pari ad 1 dato che le prove si considerano essere eseguite sulla base delle raccomandazioni fornite dall'AGI (1977).

Di seguito si analizzano le unità identificate lungo il tracciato, al fine di stabilire se è necessario valutarne la potenzialità del rischio di liquefazione con le procedure semplificate basate su metodi SPT (par. 11.3.3.1)

11.2.1 DEP

Per l'unità geotecnica dei DEP, si può escludere la verifica della liquefazione per i seguenti sondaggi:

Tabella 11-1 Sondaggi in cui si può escludere la verifica a liquefazione (unità DEP)

Sondaggio	Prof.falda (m)	Note
L1-S2	-29.8 < -15	Verifica non necessaria
L1-S58	Falda non rinvenuta	Verifica non necessaria
L1-S15	-4,5	Verifica non necessaria (falda al di sotto dei DEP)
L1-S61	-7.5	Verifica non necessaria (falda al di sotto dei DEP)
L1-S88	-6.1	Verifica non necessaria (falda al di sotto dei DEP)
L1-S93	-10.5	Verifica non necessaria (falda al di sotto dei DEP)
L1-S75	-5.0	Verifica non eseguibile (falda al di sotto dell'ultimo valore di SPT disponibile, i.e. -4.8 m)
L1-S94	-9.5	Verifica non eseguibile (falda al di sotto dell'ultimo valore di SPT disponibile, i.e. -3.6 m)

Per i restanti sondaggi, nessuno dei criteri di esclusione è soddisfatto, per cui si rimanda al paragrafo 11.3.4.1 per le relative verifiche.

11.2.2 BPa e BTL-PLMa

In base ai grafici riportati nelle successive figure (Figura 11-3 a Figura 11-6), per quanto riguarda l'unità **BTL-PLMa**, si può concludere che il rischio di liquefazione è da considerarsi trascurabile in quanto la distribuzione degli $(N_1)_{60}$ presenta circa il 90% di valori superiori a 30 (soglia di esclusione da NTC18), come riportato in Figura 11-6. Anche l'unità **BPa** presenta oltre il 75% dei dati di $N_{1(60)}$ superiore al valore di soglia $N_{1(60)} = 30$, ma per questa formazione si è ritenuto utile eseguire comunque le verifiche per le quali si rimanda al par. 11.3.4.2. I sondaggi analizzati nel par. 11.3.4.2 sono quelli per i quali non si riscontra il soddisfacimento di uno dei criteri di esclusione; le verifiche a liquefazione sono state escluse per i seguenti sondaggi:

Tabella 11-2 Sondaggi in cui si può escludere la verifica a liquefazione (unità BPa)

Sondaggio	Prof.falda (m)	Note
L1-S2	-29.8 < -15	Verifica non necessaria
L1-S3	-5 ca	Verifica non necessaria (BPa presenti oltre 20m di profondità)
L1-S7	-3.5	Verifica non necessaria (BPa presenti oltre 30m di profondità)
L1-S8	-5 ca	Verifica non necessaria (BPa presenti oltre 30m di profondità)
L1-S55bis	-5 ca.	Verifica non necessaria (BPa presenti oltre 25m di profondità)
L1-S9	-1.5	Verifica non necessaria (BPa presenti oltre 20m di profondità)
L1-S10	-14	Verifica non eseguibile (valore di SPT più profondo è a 13 m di prof.)
L1-S55	-19.5 < -15	Verifica non necessaria (BPa presenti oltre 20m di profondità)
L1-S12	-25.8 < -15	Verifica non necessaria
L1-S56	-22.5 < -15	Verifica non necessaria
L1-S14	-43.5 < -15	Verifica non necessaria
L1-S16	-32 < -15	Verifica non necessaria

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	220 di 270

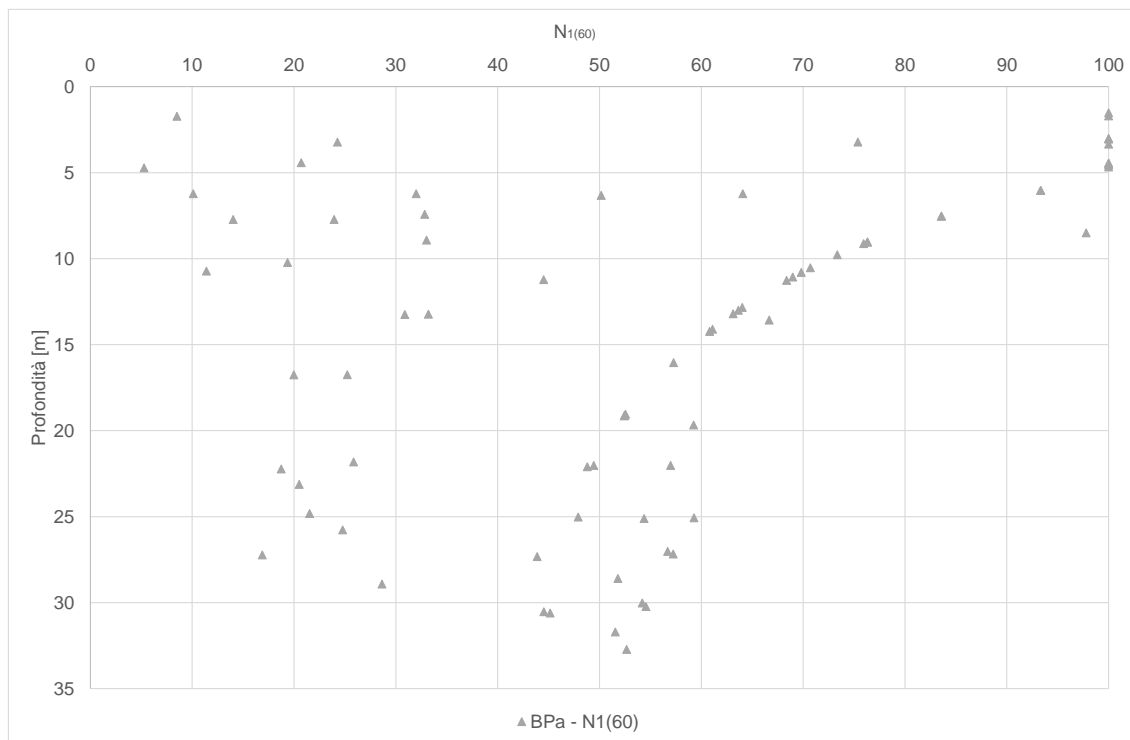


Figura 11-3: Andamento dei valori di $N_{1(60)}$ con la profondità per l'unità BPa

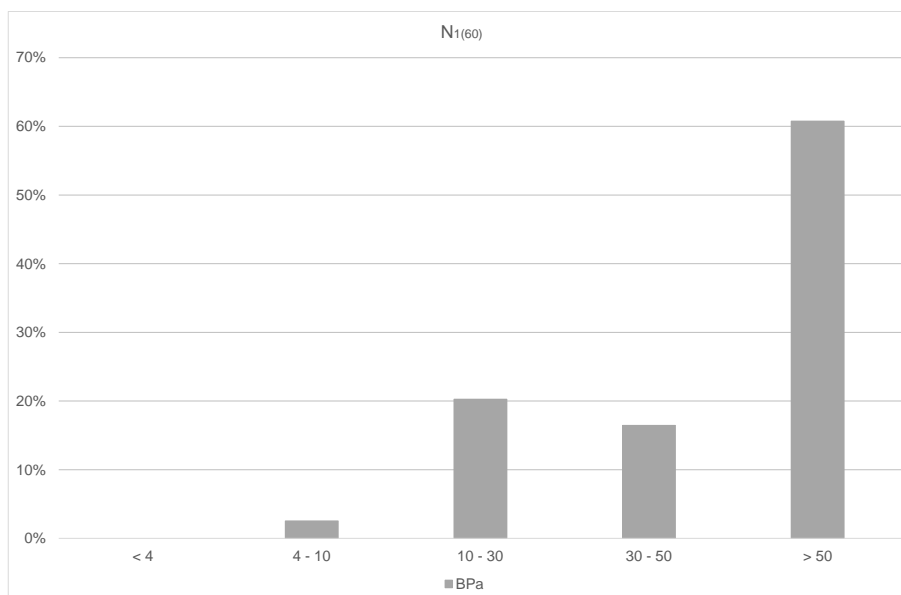


Figura 11-4: Distribuzione dei valori di $N_{1(60)}$ per l'unità BPa

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	221 di 270

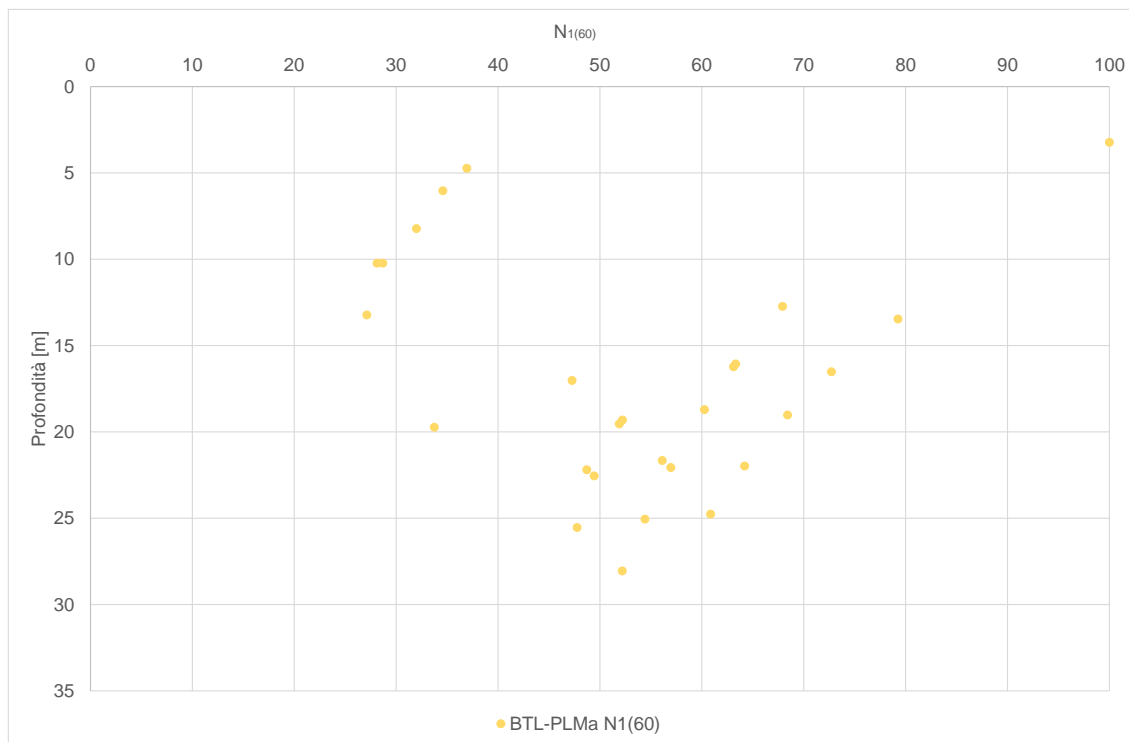


Figura 11-5: Andamento dei valori di $N_{1(60)}$ con la profondità per l'unità BTL_PLMa

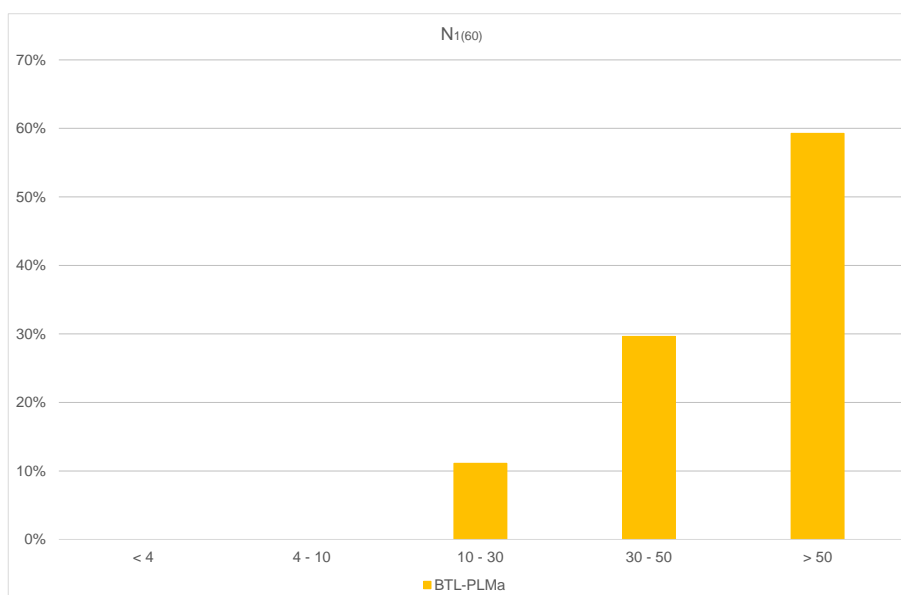


Figura 11-6: Distribuzione dei valori di $N_{1(60)}$ per l'unità BTL_PLMa

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

11.2.3 LDC

Per quanto riguarda l'unità geotecnica LDC, si può omettere la verifica a liquefazione in quanto generalmente il livello della falda in corrispondenza di questa unità si situa generalmente a profondità maggiori ai 15 m, limite fissato dalla normativa come criterio di esclusione dal rischio associato alla liquefazione.

Tabella 11-3 Sondaggi in cui si può escludere la verifica a liquefazione (unità LDC)

Sondaggio	Prof.falda (m)	Note
L1-S30	-32 < - 15	Verifica non necessaria
L1-S31	-35 < - 15	Verifica non necessaria
L1-S37	-23 < - 15	Verifica non necessaria
L1-S38	-10	Verifica non necessaria (falda al di sotto dell'unità LDC)

11.2.4 TSG

Per quanto riguarda la formazione **TSG**, le valutazioni basate sull'analisi dei valori $(N1)_{60}$ è da ritenersi poco rappresentativa per il fatto che le prove SPT in foro non colgono il reale comportamento dell'unità in esame. Quanto detto deriva dal fatto che la prova penetrometrica dinamica, essendo una prova a rottura, spesso produce la rottura dei legami di cementazione che caratterizzano questo materiale la cui condizione in sito risulta molto disturbata anche dagli effetti del carotaggio stesso (vedi par. 9.5).

C'è anche da tener presente che lungo le tratte dove si localizza l'unità dei travertini TSG, la superficie piezometrica di progetto è in gran parte ubicata a profondità maggiori ai 15 m, limite fissato dalla normativa come criterio di esclusione dal rischio associato alla liquefazione. Le profondità di falda relative ai sondaggi di interesse hanno infatti individuato il livello di falda alle profondità indicate in **Tabella 11-4**, nella quale è anche riportata la possibilità di esclusione secondo NTC18 caso per caso:

Tabella 11-4 Livello di falda nei sondaggi dotati di piezometro ubicati nelle tratte di TSG

Sondaggio	Profondità falda da p.c. [m]	Esclusione secondo NTC18
L1-S31	-35	SI
L1-S33	-15.5	SI (TSG ubicati al di sopra del livello freatico)
L1-S70	-5.0	NO
L1-S34	-5.5	NO
L1-S35	-20.0	SI
L1-S36	-27.0	SI
L1-S71	-6.0	NO
L1-S72	-20.0	SI
L1-S37	-22.0	SI
L1-S38	-10.0	NO
L1-S39	-39.0	SI
L1-S40	-18.0	SI
L1-S73	-12.0	NO

Sulla base di queste letture piezometriche e dell'andamento del livello di falda indicato nel Profilo Geotecnico [33], si può quindi affermare che il livello di falda nell'unità TSG si ubica generalmente a profondità maggiori di 15 m e solo puntualmente risulta più superficiale. In ogni caso per i sondaggi in cui la falda è ubicata a profondità <15 m, sono riportati i valori di $N_{1(60)}$ in Figura 11-7, con relativa distribuzione nella successiva Figura 11-7.

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	224 di 270

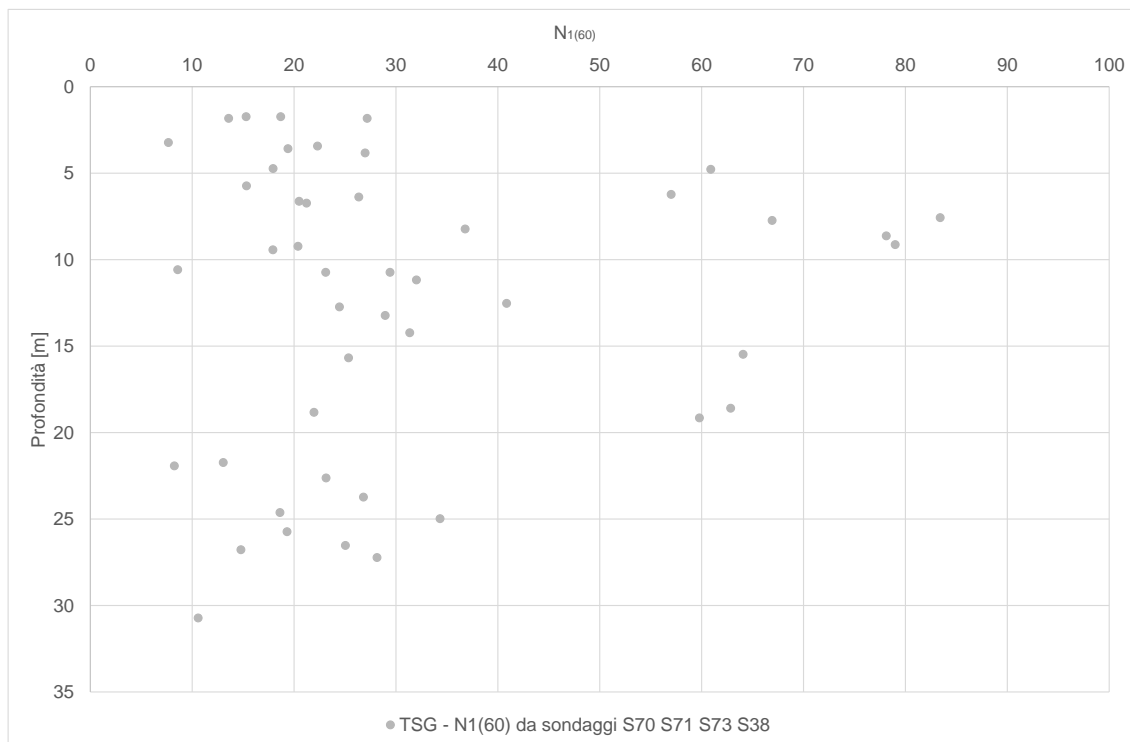


Figura 11-7: Andamento dei valori di $N_{1(60)}$ con la profondità per l'unità dei travertini TSG

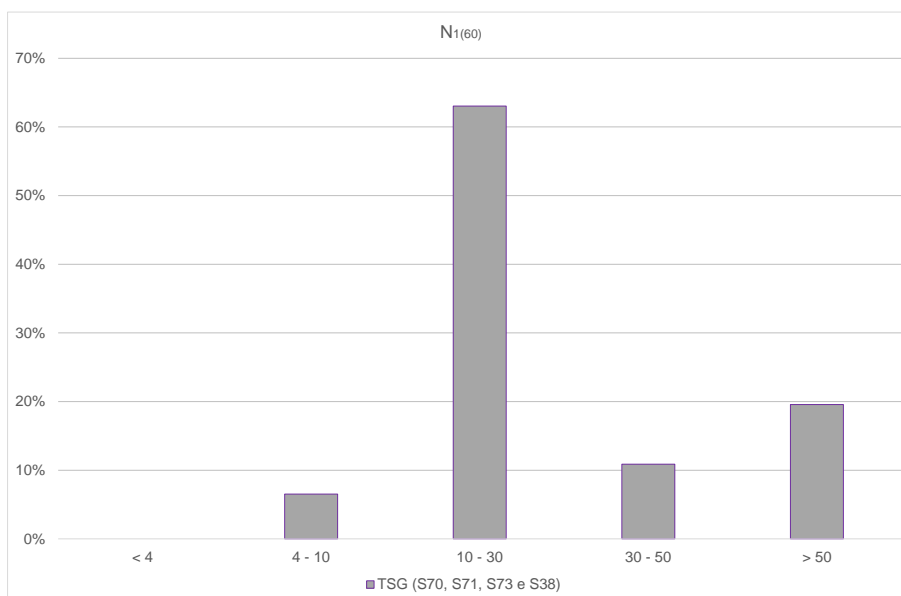


Figura 11-8: Distribuzione dei valori di $N_{1(60)}$ per l'unità dei travertini TSG

	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

In ogni caso, in aggiunta alle valutazioni precedentemente riportate la suscettibilità alla liquefazione per l'unità travertionsa può essere anche valutata, più verosimilmente, mediante metodi "semplificati" basati sui valori delle velocità delle onde di taglio V_s .

A tale scopo può essere fatto riferimento all'abaco illustrato in **Figura 11-9** e sviluppato da *Andrus e Stokoe* (2000). L'abaco è relativo ad eventi sismici di magnitudo momento $M_w=7.5$ e a diversi valori del contenuto di fine *FC* (Youd, 2001). La curva limite rappresenta quindi il luogo dei valori corrispondenti alla resistenza ciclica $CRR_{M=7.5}$.

Per la determinazione del rapporto di resistenza ciclica *CRR*, la velocità di propagazione delle onde di taglio V_s è ricondotta ad un valore V_{s1} mediante la relazione:

$$V_{s1} = C_V V_s$$

ove C_V è un fattore correttivo dato dalla relazione:

$$C_V = \left(\frac{p_{atm}}{\sigma'_v} \right)^{0.25}$$

ove p_{atm} è pari alla pressione atmosferica ($p_{atm} \cong 100$ kPa) e σ'_v ha la stessa unità di misura.

Il grafico indica che esiste un valore di soglia di V_{s1} , pari a 215 m/s, oltre il quale praticamente non esiste il pericolo di liquefazione con un terremoto caratterizzato da $M_w=7.5$.

Nel caso in esame, i risultati delle prove geofisiche indicano valori di V_s minimi di 400 m/s, da cui derivano valori di velocità corretta minima V_{s1} al di sopra del valore di soglia di 215 m/s.

Quanto fin qui riportato esclude il rischio di liquefazione per l'unità TSG.

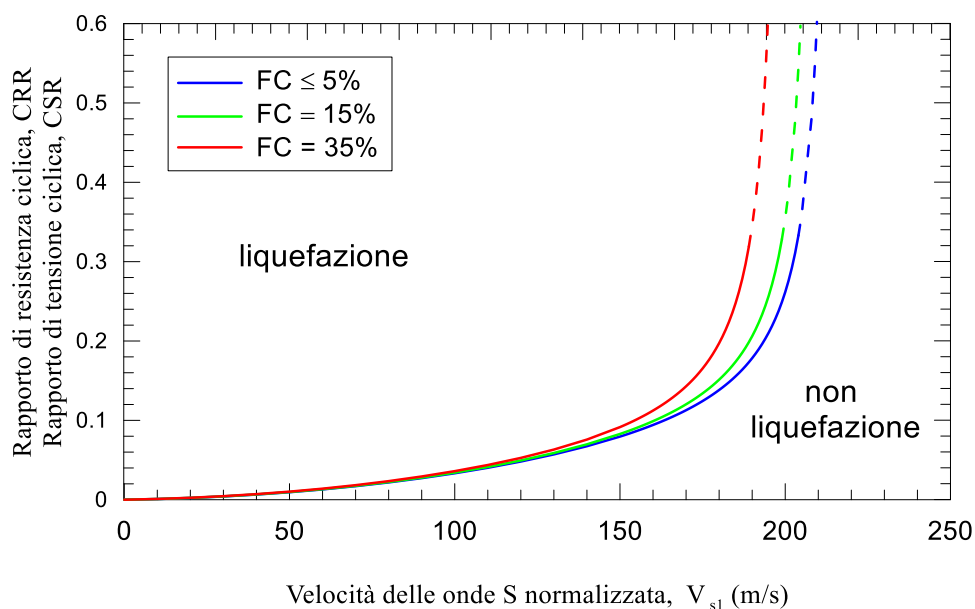


Figura 11-9: Rapporto di resistenza ciclica CRRM=7.5 da misure di velocità delle onde di taglio (Youd, 2001).

11.2.5 RGC

La seguente tabella riepiloga la posizione del livello freatico nei sondaggi dove è presente l'unità geotecnica RGC ed identifica i sondaggi nei quali non sarà necessario eseguire la verifica alla liquefazione in quanto le profondità di falda relative ai sondaggi di interesse è ubicata a profondità maggiori ai 15 m, limite fissato dalla normativa come criterio di esclusione dal rischio associato alla liquefazione.

Tabella 11-5 Livello di falda nei sondaggi dotati di piezometro ubicati nelle tratte di RGC

Sondaggio	Profondità falda da p.c. [m]	Esclusione secondo NTC18
L1-S91	p.c.	NO
L1-S93	-10.5	NO
L1-S94	-10.0	SI (analisi non necessaria perchè unità RGC si trova al di sopra della falda)
L1-S75	-5.0	NO
L1-S95	-7.0	NO
L1-S46	-18 < -15	SI

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	227 di 270

Sondaggio	Profondità falda da p.c. [m]	Esclusione secondo NTC18
L1-S77	-25 < -15	SI
L1-S49	-14	NO
L1-S89	-3.6	NO

Per quanto riguarda l'unità **RGC**, sulla base della seguente Figura 11-10, si ritiene che non possa escludersi il rischio di liquefazione in quanto numerosi valori di $(N1)_{60}$ sono inferiori a 30 (soglia di esclusione da NTC18), a profondità minori ai 10 m. Quindi per questa formazione si è ritenuto necessario eseguire le verifiche per le quali si rimanda al par. 11.3.4.3

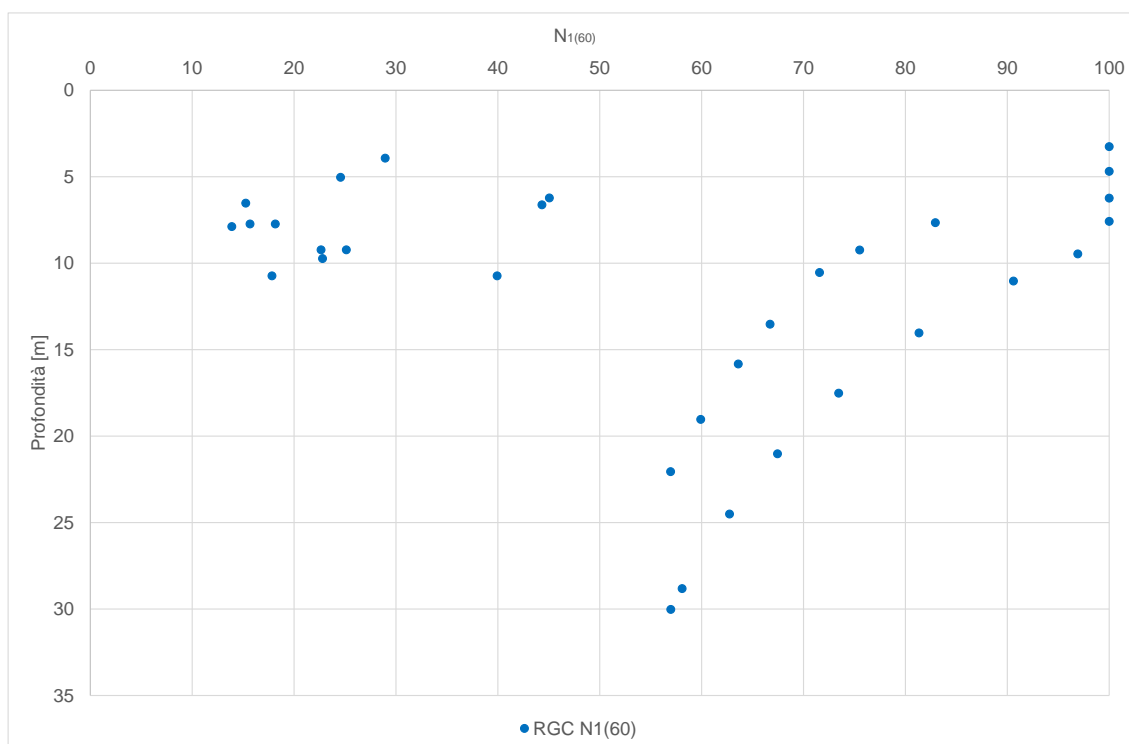


Figura 11-10: Andamento dei valori di $N_{1(60)}$ con la profondità per l'unità RGC

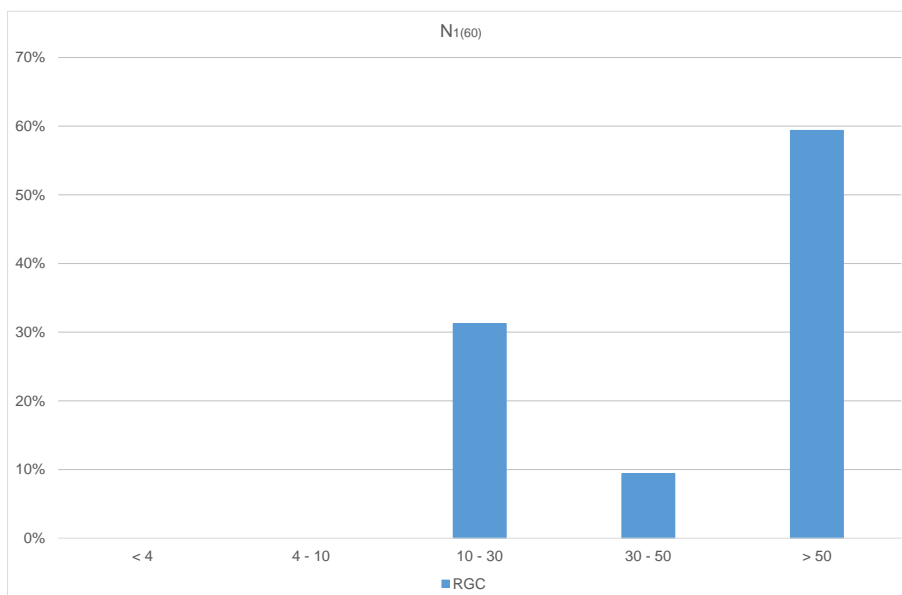


Figura 11-11: Distribuzione dei valori di $N_{1(60)}$ per l'unità RGC

11.2.6 Unità coesive

Per le unità di natura coesiva associate alle formazioni analizzate in precedenza, ovvero **BPb** e **BTL-PLMb**, è stato operato uno *screening* basato sugli abachi di Bray & Sancio (2006), Doc.Rif. [23]. Come si osserva dalle figure seguenti, risultano suscettibili di liquefazione i terreni aventi Indice Plastico (IP) inferiore a 12 e rapporto W_c/LL superiore a 0,8, mentre i terreni con IP superiore a 18 e rapporto W_c/LL inferiore a 0,8 non sono da considerarsi liquefacibili.

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	229 di 270

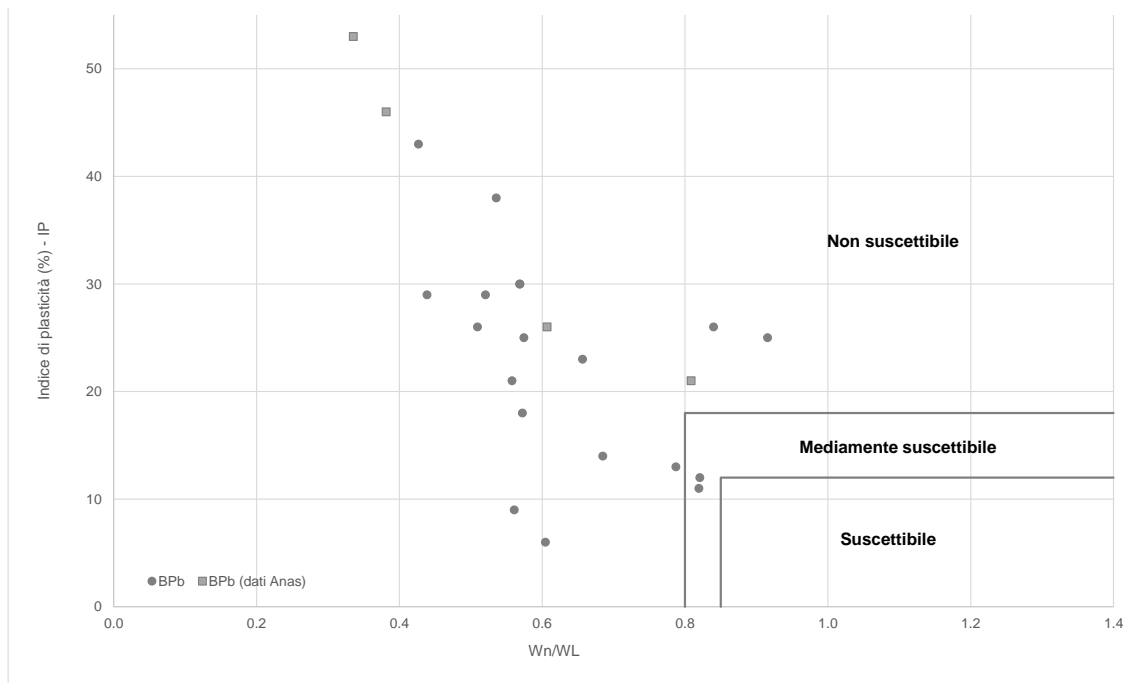


Figura 11-12: Criterio di Bray & Sancio (2006) per l'unità BPb

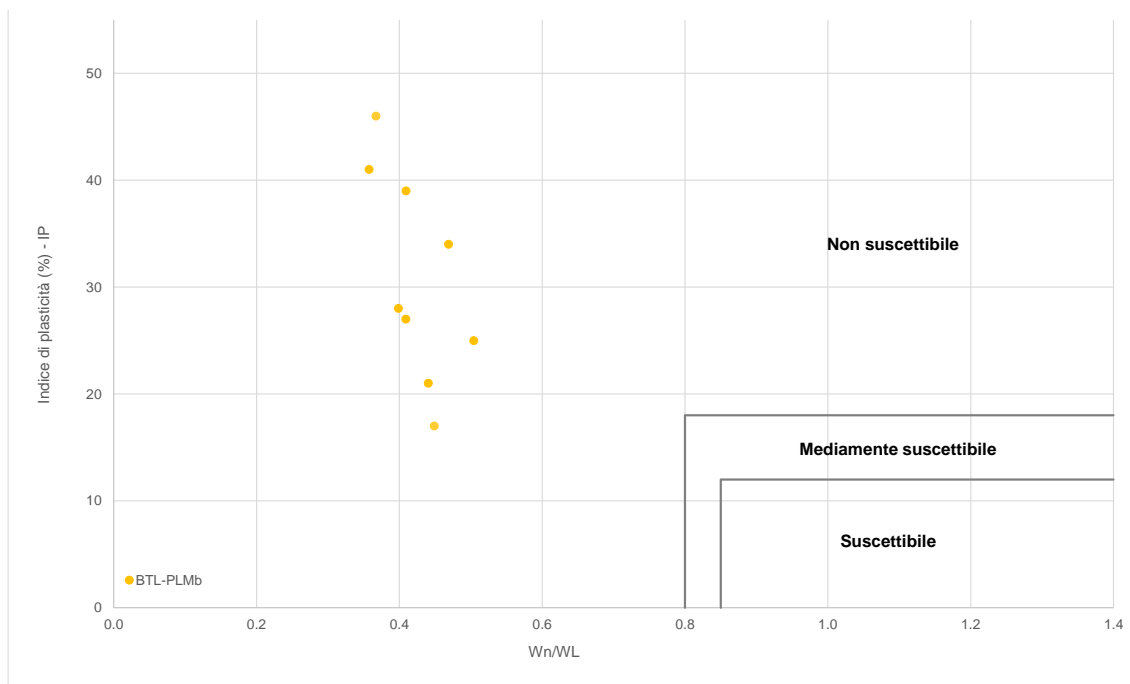


Figura 11-13: Criterio di Bray & Sancio (2006) per l'unità BTL-PLMb

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

Osservando Figura 11-12 e Figura 11-13, si può escludere il rischio di liquefazione per i sottogruppi geotecnici BPb e BTL-PLMb.

Il rischio di liquefazione non viene preso in considerazione per la unità delle Argille ed Argille Siltose di Saginara (**SGH**) in quanto la nomenclatura stessa della formazione indica che questi materiali sono principalmente formati da materiale a grana fina. Infatti questa unità è principalmente costituita da argille, argille siltose, marne argillose, siltiti e rare sabbie. Di seguito si mostrano alcune foto rappresentative del materiale (Figura 11-14) ed in Figura 11-15 si rappresentano le curve granulometriche riferite al sondaggio L1-S20 sul dominio di suscettibilità alla liquefazione indicato nel paragrafo 11.2. Per quanto riguarda i campioni analizzati nel contesto della fase PFTE arricchito, si evidenzia che il contenuto di fini (L+A) è sempre superiore al 96% (si veda Tabella 9-34), quindi si può escludere il rischio liquefazione.

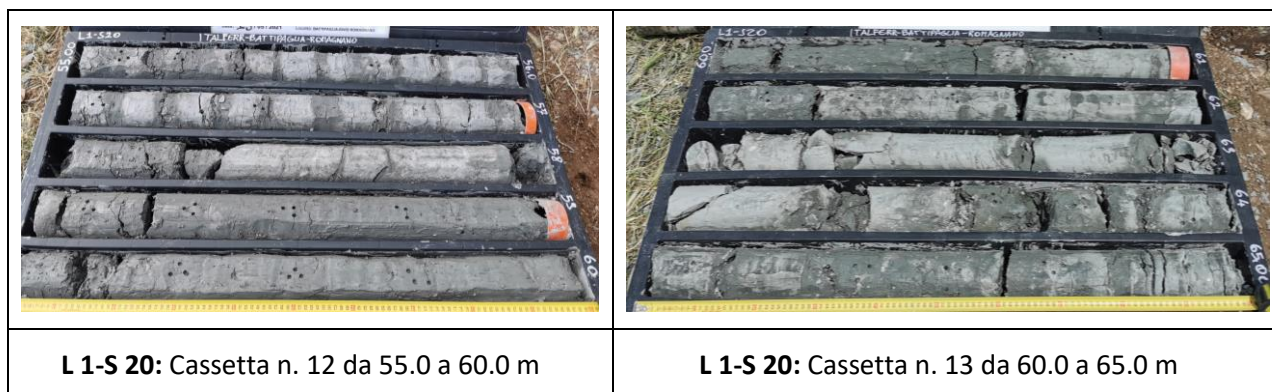


Figura 11-14: Foto rappresentative del materiale estratto dai sondaggi in SGH

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	231 di 270

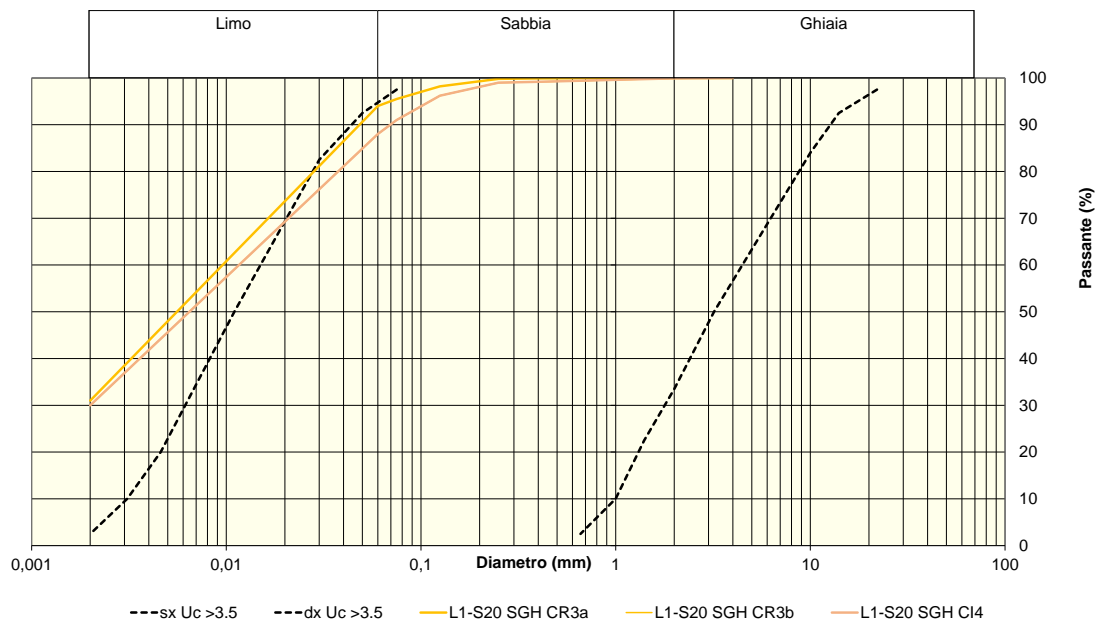


Figura 11-15: Curve granulometriche riferite all'unità SGH

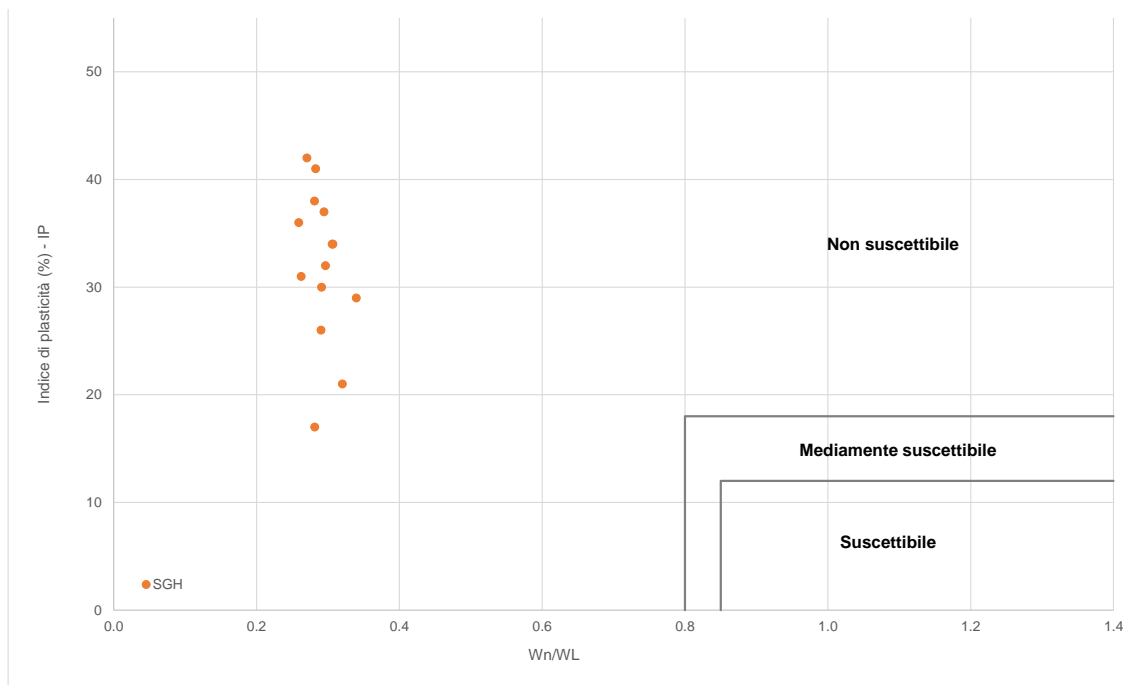


Figura 11-16: Criterio di Bray & Sancio (2006) per l'unità SGH

Unità **TUT** da escludersi perchè roccia tenera (tutti valori di $N_{1(60)} > 30$).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

Per le unità Argille Varicolori Superiori **ALV** -Inferiori **AVF** e Formazione di Monte S.Arcangelo **FMS**, si esclude il rischio di liquefazione in base al criterio di Bray & Sancio (2006), Doc.Rif. [23], descritto in precedenza.

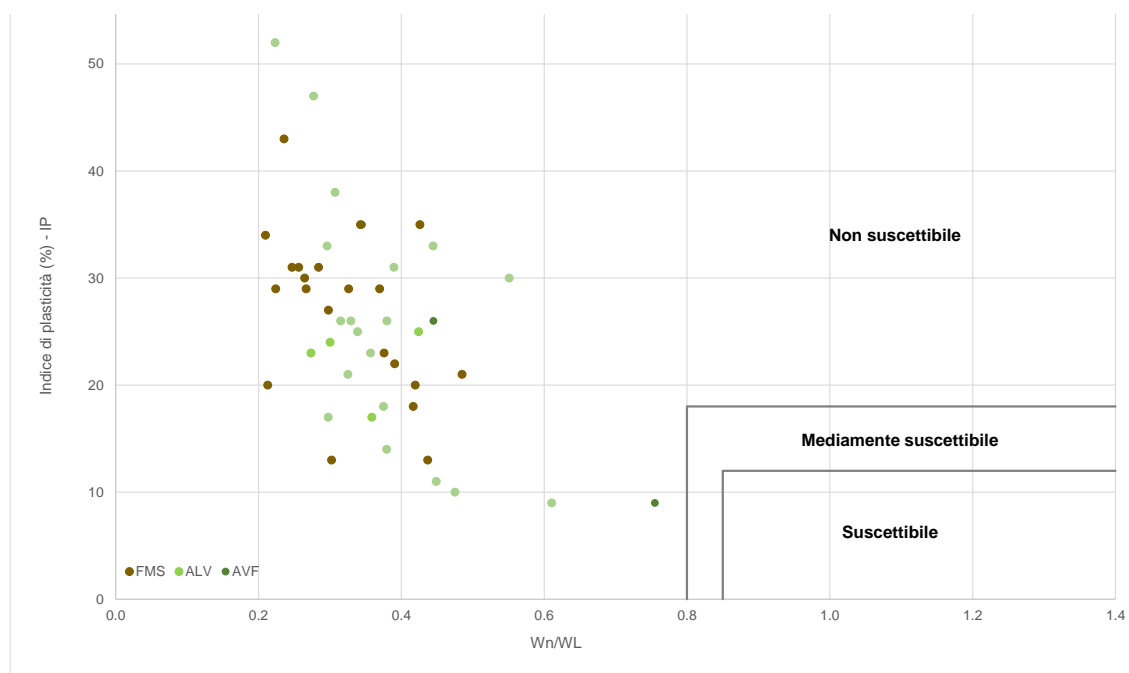


Figura 11-17: Criterio di Bray & Sancio (2006) per il Gruppo delle Argille Variegate

11.3 VERIFICA DELLA LIQUEFAZIONE

11.3.1 Valutazione della magnitudo

L'analisi di pericolosità è stata effettuata seguendo l'approccio standard di Stucchi et al. (2001) e permette di identificare la coppia magnitudo-distanza rappresentativa della pericolosità sismica locale. La procedura è detta di "disaggregazione" ed è stata in questo caso condotta con l'approccio descritto da Barani et al. (2009).

Attraverso il sito dell' I.N.G.V. (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), è stato possibile calcolare il terremoto di scenario sulla base della mappa della pericolosità sismica del territorio italiano, considerando la magnitudo maggiore dei 4 valori prossimi al sito in esame (riquadro rosso nella Figura 11-18 seguente). In tal modo è stata determinata l'indicazione della magnitudo, della distanza e della

deviazione standard del terremoto di scenario. Per considerare lo scenario più sfavorevole, è stato considerato il settore sismico prossimo al Punto 3 (40°36'33.7"N 15°18'52.5"E) di Figura 4-1, eccetto per l'unità BPa per la quale è stato considerato il settore sismico prossimo al Punto 1 (40°36'25.9"N 15°03'47.2"E) dal momento che si trova unicamente nel primo settore del tracciato.

Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

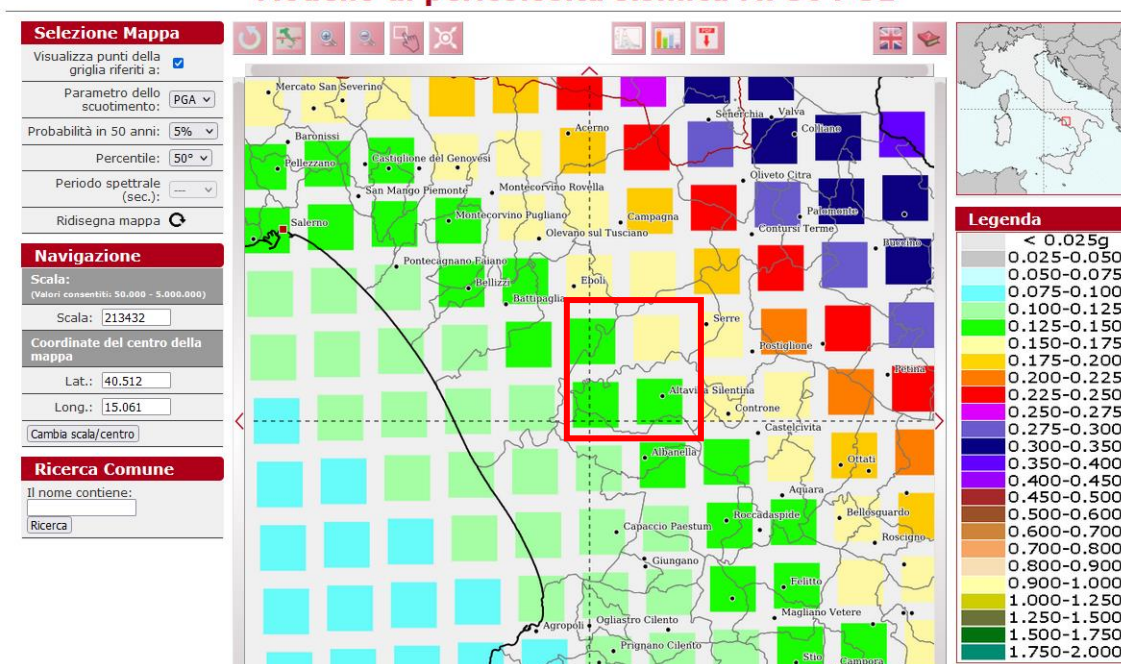


Figura 11-18: Modello pericolosità sismica MPS04-S1 (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>) – punto sismico 3

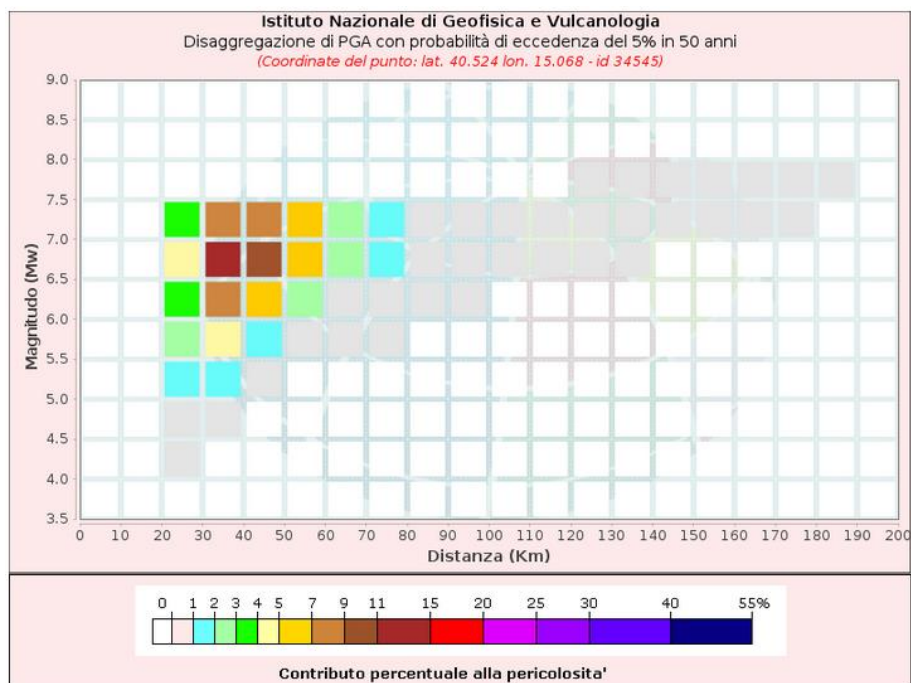


Figura 11-19: Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni per il Lotto A – punto sismico 3

Dal grafico è possibile trarre le seguenti conclusioni per SLV:

- Eventi sismici aventi magnitudo (M_w) compresa tra 5.0 e 7.5, con valori medi intorno a 6.5;
- distanze epicentrali (R) degli eventi comprese tra 20.0 e 80.0, con distanza media di 44.1 km alla Magnitudo attesa di 6.67.

	Magnitudo	Distanza	Epsilon
Valori Medi ($T_r=975$ anni)	6.67	44.1	1.5

Il valore di Magnitudo della tabella precedente corrisponde a una probabilità di superamento del 5% in 50 anni, quindi per $T_r=975$ anni; per adattare l'analisi sismica al Tempo di Ritorno del progetto ($T_r=1898$ per SLV), si considera quindi un valore di Magnitudo intermedio tra quello corrisponde a una probabilità di superamento del 5% in 50 anni ($T_r=975$ anni) e quello corrisponde a una probabilità di superamento del 2% in 50 anni ($T_r=2475$ anni). Di seguito i dati riferiti a quest'ultima probabilità di superamento:

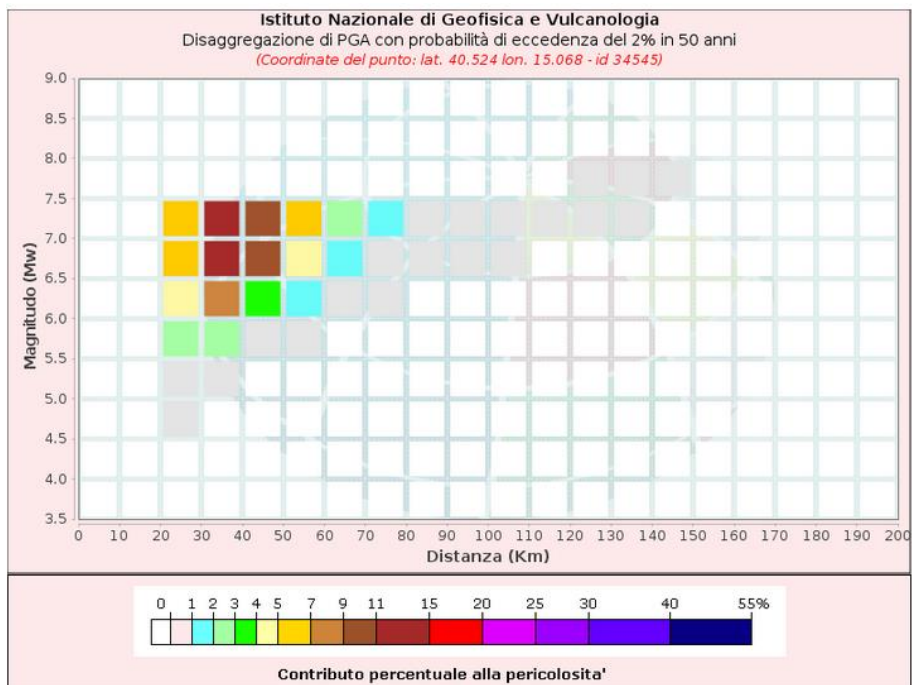


Figura 11-20: Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 2% in 50 anni per il Lotto A – punto sismico 3

Dal grafico è possibile trarre le seguenti conclusioni per SLV:

- Eventi sismici aventi magnitudo (M_w) compresa tra 5.5 e 7.5, con valori medi intorno a 6.3;
- distanze epicentrali (R) degli eventi comprese tra 20.0 e 80.0, con distanza media di 40.9 km alla Magnitudo attesa di 6.79.

	Magnitudo	Distanza	Epsilon
Valori Medi ($T_r=2475$ anni)	6.79	40.9	1.71

Si considera quindi un valore di Magnitudo intermedio a quelli ottenuti precedentemente, ricavando circa $M=6.75$ per le analisi riferite ai punti sismici 2, 3 e 4.

Per analizzare l'unità BPa che si trova solamente nel primo settore del tracciato, è stato considerato il settore sismico prossimo al Punto 1 ($40^{\circ}38'26.3''N$ $15^{\circ}13'25.6''E$) di Figura 4-1.

Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

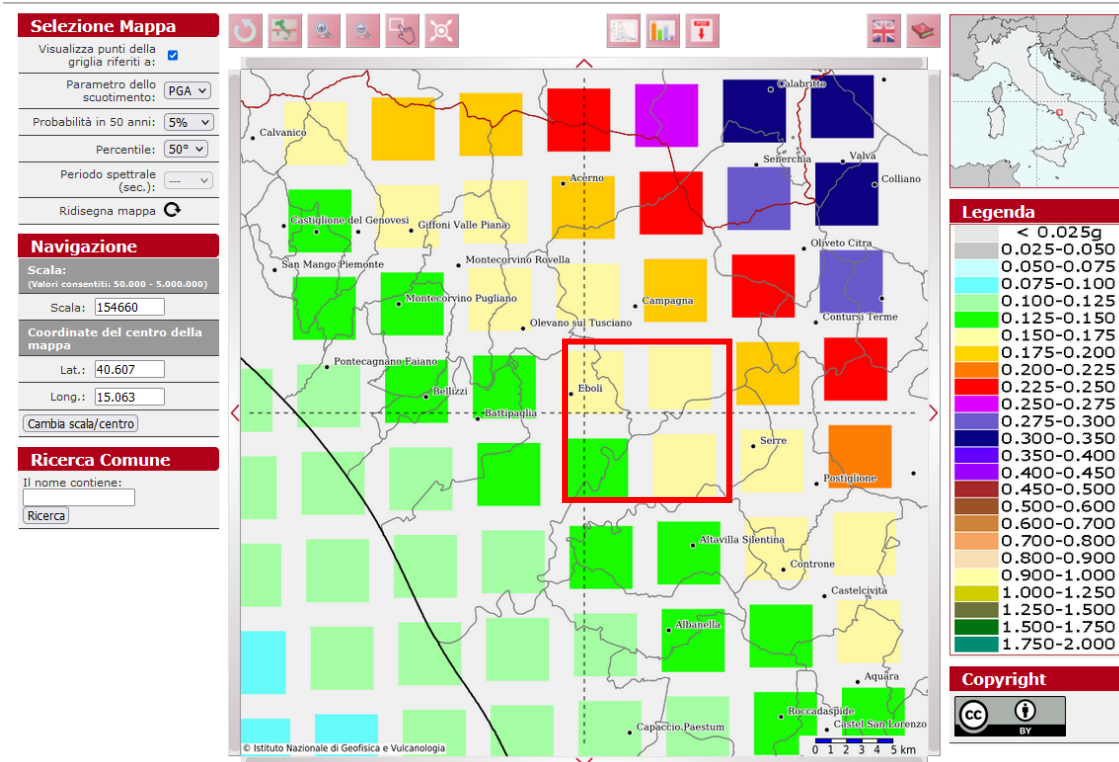


Figura 11-21: Modello pericolosità sismica MPS04-S1 (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>) – punto sismico 1

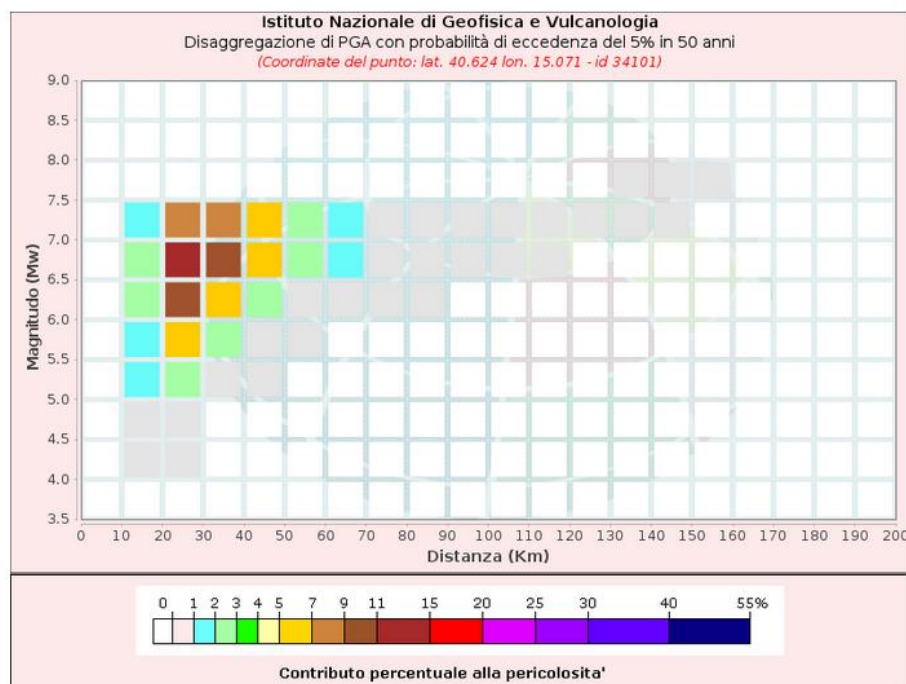


Figura 11-22: Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni per il Lotto A – punto sismico 1

Dal grafico è possibile trarre le seguenti conclusioni per SLV:

- Eventi sismici aventi magnitudo (M_w) compresa tra 5.0 e 7.5, con valori medi intorno a 6.6;
- distanze epicentrali (R) degli eventi comprese tra 10.0 e 70.0, con distanza media di 33.8 km alla Magnitudo attesa di 6.6.

	Magnitudo	Distanza	Epsilon
Valori Medi ($T_r=975$ anni)	6.6	33.8	1.4

Il valore di Magnitudo della tabella precedente corrisponde a una probabilità di superamento del 5% in 50 anni, quindi per $T_r=975$ anni; per adattare l'analisi sismica al Tempo di Ritorno del progetto ($T_r=1898$ per SLV), si considera quindi un valore di Magnitudo intermedio tra quello corrisponde a una probabilità di superamento del 5% in 50 anni ($T_r=975$ anni) e quello corrisponde a una probabilità di superamento del 2% in 50 anni ($T_r=2475$ anni). Di seguito i dati riferiti a quest'ultima probabilità di superamento:

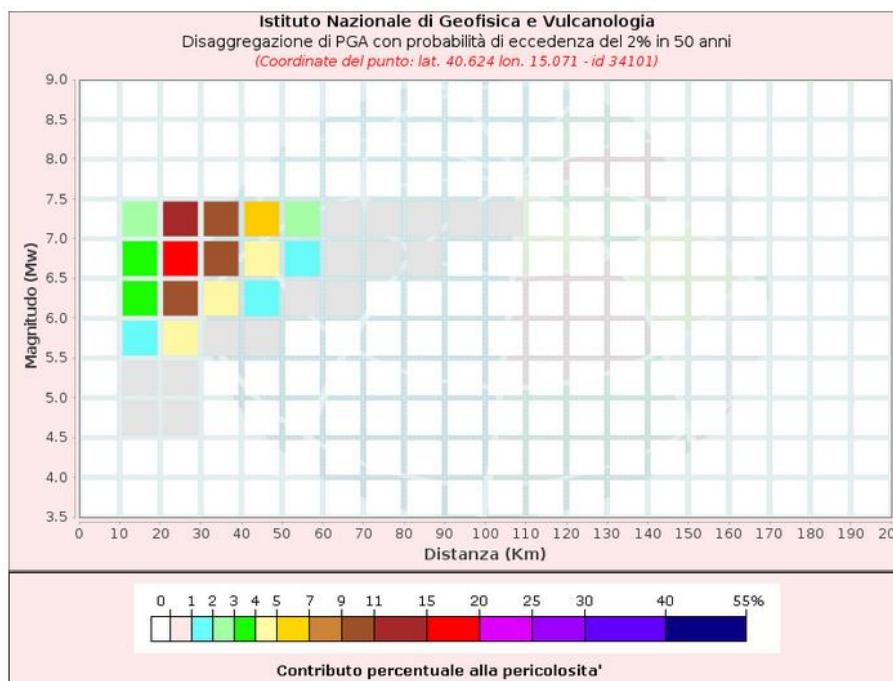


Figura 11-23: Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 2% in 50 anni per il Lotto A – punto sismico 1

Dal grafico è possibile trarre le seguenti conclusioni per SLV:

- Eventi sismici aventi magnitudo (Mw) compresa tra 5.5 e 7.5, con valori medi intorno a 6.7;
- distanze epicentrali (R) degli eventi comprese tra 10.0 e 60.0, con distanza media di 40.9 km alla Magnitudo attesa di 6.74.

	Magnitudo	Distanza	Epsilon
Valori Medi (Tr=2475 anni)	6.74	30.8	1.61

Si considera quindi un valore di Magnitudo intermedio a quelli ottenuti precedentemente, ricavando circa **M=6.65** per le analisi riferite al punto sismico 1.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

11.3.2 Riepilogo parametri sismici

Considerando quanto menzionato al paragrafo 4.2 (**Tabella 4-5**), l'accelerazione considerata nelle analisi è:

- $a_{max}=0.41g$ per le analisi riferite ai punti sismici 2, 3 e 4;
- $a_{max}=0.26g$ per le analisi riferite al punto sismico 1.

11.3.3 Metodologia di Analisi

La suscettibilità dei terreni nei confronti della liquefazione è stata valutata alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili, mediante un'analisi pseudo-statica in condizioni di free-field, in corrispondenza di un numero adeguato di verticali significative.

La suscettibilità alla liquefazione è stata valutata ricavando il fattore di sicurezza FL nei confronti della liquefazione dato dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione (stato di sforzo critico associato alla condizione di liquefazione) e la sollecitazione indotta dall'azione sismica.

Si definisce il rapporto di resistenza ciclica CRR, ovvero il parametro tensionale normalizzato rispetto alla tensione verticale efficace agente alla profondità esaminata, mentre CSR è il rapporto di tensione ciclica:

$$CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} \quad \text{Rapporto di tensione ciclica}$$

$$CRR = \frac{\tau_l}{\sigma'_{v0}} \quad \text{Rapporto di resistenza ciclica}$$

Il termine CSR può essere valutato ad una determinata profondità nel sottosuolo attraverso la seguente relazione semplificata di Seed e Idriss (1971):

$$CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \frac{a_{max,s}}{g} \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} r_d$$

dove:

- $a_{max,s}$ è l'accelerazione orizzontale di picco a piano campagna del terremoto atteso;
- g è l'accelerazione di gravità;

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	240 di 270

- σ_v e σ'_v sono rispettivamente la tensione totale verticale e la tensione efficace verticale alla profondità considerata;
- r_d è un coefficiente riduttivo dell'azione sismica che tiene conto della deformabilità del sottosuolo.

Nel caso delle analisi delle CTPU, il coefficiente dell'azione sismica r_d è stato valutato con la seguente espressione (Blake, 1996, riportato da Youd et al., 2001):

$$r_d = \frac{1 - 0.4113 \cdot z^{0.5} + 0.04052 \cdot z + 0.001753 \cdot z^{1.5}}{1 - 0.4177 \cdot z^{0.5} + 0.05729 \cdot z - 0.006205 \cdot z^{1.5} + 0.00121 \cdot z^2}$$

Il rapporto di resistenza ciclica CRR può essere valutato mediante relazioni empiriche che correlano la sollecitazione sismica ai risultati di prove in sito di tipo SPT, CPT o indagini sismiche Down-Hole, come meglio descritto nel seguito.

I metodi per la valutazione del rapporto di resistenza ciclica a partire dai risultati di prove in sito sono applicabili nel caso di piano campagna sub-orizzontale e stati tensionali efficaci ridotti. Tuttavia, anche in assenza di tali condizioni, è possibile ottenere una stima approssimata del termine CRR attraverso l'introduzione di opportuni fattori correttivi.

Dato che CRR dipende dal numero di cicli significativi, che a sua volta dipende dalla magnitudo M , è necessario rivalutare CRR per ricondurlo ad un valore costante di M , (nel caso in esame $M = 6.2$, come riportato in precedenza), introducendo un fattore di scala della magnitudo MSF così definito:

$$MSF = \frac{CRR_M}{(CRR)_{M=7.5}} = \left(\frac{N_{M=7.5}}{N_M} \right)^b$$

dove CRR_M e N_M rappresentano i valori di CRR e numero di cicli equivalenti in condizione di liquefazione per il valore di magnitudo di progetto, mentre $(CRR)_{M=7.5}$ e $N_{M=7.5}$ sono riferiti all'evento con $M=7.5$.

Il valore di MSF si può ricavare dalla relazione di Idriss e Boulanger (2004):

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

$$\left\{ \begin{array}{l} MSF = 6.9 \exp\left(\frac{-M}{4}\right) - 0.058 \\ MSF \leq 1.8 \end{array} \right.$$

11.3.3.1 Metodo basato su SPT

Avendo a disposizione i risultati delle prove SPT, dopo aver stimato il numero di colpi $(N_1)_{60}$ normalizzato come descritto al paragrafo 11.2, si è proceduto nel seguente modo:

1. il valore della resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60}$ è stato riportato ad un valore equivalente per le sabbie pulite attraverso la relazione di Idriss e Boulanger (2004):

$$(N_1)_{60cs} = (N_1)_{60} + \exp\left(1.63 + \frac{9.7}{FC} - \left(\frac{15.7}{FC}\right)^2\right)$$

dove FC è la frazione di fine espressa in percentuale.

Il contenuto di materiali fini (FC) è stato assunto dalle analisi granulometriche eseguite sul campione prelevato in corrispondenza della quota SPT o comunque entro lo strato analizzato;

2. dal valore di $(N_1)_{60}$ può essere ricavato il valore di resistenza alla liquefazione CRR mediante l'impiego di abachi di letteratura ottenuti dall'osservazione di casi storici (si rimanda a **Figura 11-9**), in cui sono rappresentate le curve limite che separano le zone di possibile liquefazione da quelle di non liquefazione. Tali curve possono essere ottenute tramite la seguente relazione in funzione della frazione fine FC:

$$CRR = \exp\left[\frac{(N_1)_{60cs}}{14.1} + \left(\frac{(N_1)_{60cs}}{126}\right)^2 - \left(\frac{(N_1)_{60cs}}{23.6}\right)^3 + \left(\frac{(N_1)_{60cs}}{25.4}\right)^4 - 2.8\right]$$

Quindi, utilizzando l'espressione sopra riportata, è stato ricavato il valore di CRR.

3. La sicurezza nei confronti della liquefazione è stata valutata, alla profondità considerata, mediante il coefficiente di sicurezza FL.

11.3.4 Analisi dei risultati

Le analisi sono state eseguite con il programma Cliq di (di GeoLogismiki). I risultati sono riportati sia in forma tabellare che in forma grafica.

Nei seguenti grafici i colori dei punti che rappresentano le prove SPT analizzate corrispondono a:

- Rosso = punti associati a FS < 1;

- Verde = punti che non hanno bisogno di verifica alla liquefazione in quanto soddisfano specifici criteri;
- Blu = punti associati a $FS > 1$.

Inoltre, per semplicità di rappresentazione, nei grafici ci si è limitati a inserire i punti relativi a $N1(60), cs < 50$, con ovvia condizione di verifica per quelli con valori superiori. Le prove SPT eseguite ad una profondità minore rispetto a quella della falda non sono state prese in considerazione.

11.3.4.1 DEP

Per le analisi su questa unità si considerano i seguenti parametri:

- Peso specifico $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
- valor medio contenuto fini $= 20\%$

I risultati si riassumono nella seguente tabella:

Tabella 11-6 Analisi SPT per unità DEP

Sondaggio	Prof.falda (m)	Note
L1-S6	p.c.	Figura 11-24
L1-S25	p.c.	Figura 11-25
L1-S32	p.c.	Figura 11-26
L1-S62	p.c.	Figura 11-27
L1-S67	3.9	Figura 11-28
L1-S44	2.5	Figura 11-29
L1-S63	3.0	Figura 11-30
L1-S86	0.4	Figura 11-31
L1-S87	3.8	Figura 11-32
L1-S89	3.6	Figura 11-33

Di seguito si dettagliano i risultati delle analisi svolte tramite il software Cliq (di GeoLogismiki), dall'analisi dei quali è possibile che solo pochi sporadici punti (4 su 28) risultano dare riscontro di possibile liquefazione, rispetto alla abbondante maggioranza che invece la esclude. Per quanto detto si

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	243 di 270

ritiende di poter considerare trascurabile il rischio liquefazione in questa unità e per le condizioni analizzate; sono sempre suggeriti approfondimenti nelle fasi successive.

:: Cyclic Resistance Ratio (CRR) numeric results ::

No	Depth (m)	Fines %	u_0 (kPa)	σ_v (kPa)	σ'_v (kPa)	N_{SPT}	C_N	C_R	C_B	C_S	C_E	$N_{I(60)}$	α	β	$N_{I(60),cs}$	CRR _{7.5}	F.S.
1	1.80	20.00	17.66	36.00	18.34	4	2.00	0.75	1.00	1.00	0.90	5	3.61	1.08	9	0.099	0.41
2	3.20	20.00	31.39	64.00	32.61	43	1.76	0.85	1.00	1.00	0.90	58	3.61	1.08	66	4.000	2.00
3	4.70	20.00	46.11	94.00	47.89	52	1.45	0.95	1.00	1.00	0.90	65	3.61	1.08	74	4.000	2.00

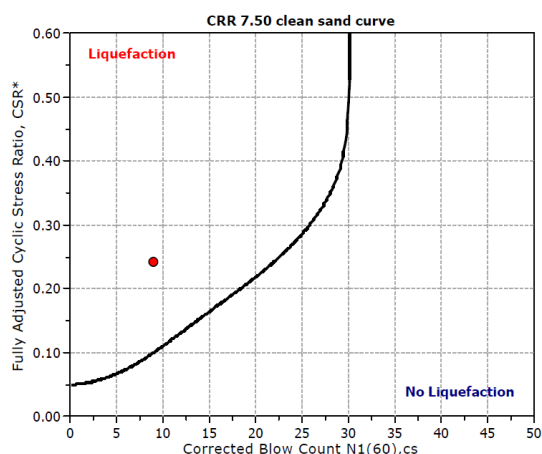


Figura 11-24: Analisi liquefazione S-6 (DEP) $F_s < 1$

:: Cyclic Resistance Ratio (CRR) numeric results ::

No	Depth (m)	Fines %	u_0 (kPa)	σ_v (kPa)	σ'_v (kPa)	N_{SPT}	C_N	C_R	C_B	C_S	C_E	$N_{I(60)}$	α	β	$N_{I(60),cs}$	CRR _{7.5}	F.S.
1	1.90	20.00	0.00	38.00	38.00	8	1.63	0.75	1.00	1.00	0.90	9	3.61	1.08	13	0.142	0.36
2	3.30	20.00	1.96	66.00	64.04	100	1.26	0.85	1.00	1.00	0.90	96	3.61	1.08	107	4.000	2.00
3	4.75	20.00	16.19	95.00	78.81	50	1.13	0.95	1.00	1.00	0.90	48	3.61	1.08	55	4.000	2.00

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	244 di 270

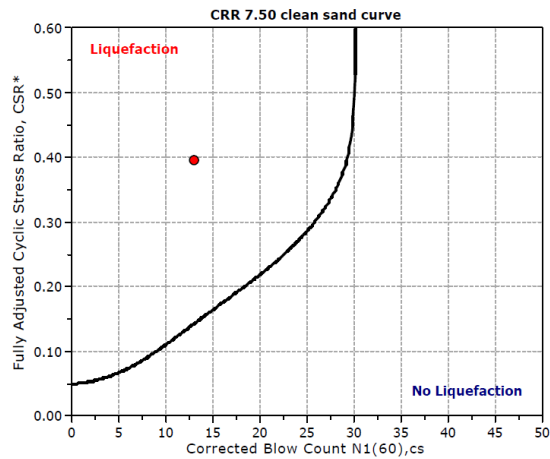


Figura 11-25: Analisi liquefazione S-25 (DEP) $F_s < 1$

:: Cyclic Resistance Ratio (CRR) numeric results ::

No	Depth (m)	Fines %	u_0 (kPa)	σ_v (kPa)	σ'_v (kPa)	N_{SPT}	C_N	C_R	C_B	C_S	C_E	$N_{I(60),cs}$	α	β	$N_{I(60),cs}$	$CRR_{7.5}$	F.S.
1	1.70	20.00	0.00	34.00	34.00	100	1.73	0.75	1.00	1.00	0.90	117	3.61	1.08	130	4.000	2.00
2	3.10	20.00	0.00	62.00	62.00	30	1.28	0.85	1.00	1.00	0.90	29	3.61	1.08	35	4.000	2.00
3	4.70	20.00	0.00	94.00	94.00	70	1.04	0.95	1.00	1.00	0.90	62	3.61	1.08	71	4.000	2.00

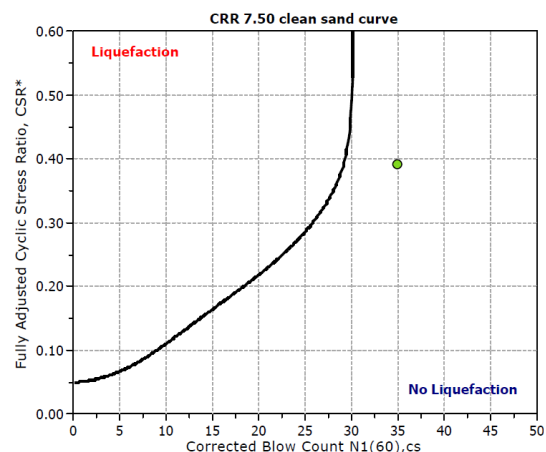


Figura 11-26: Analisi liquefazione S-32 (DEP)

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	245 di 270

:: Cyclic Resistance Ratio (CRR) numeric results ::

No	Depth (m)	Fines %	u_0 (kPa)	α_v (kPa)	σ'_v (kPa)	N_{SPT}	C_N	C_R	C_B	C_S	C_E	$N_{I(60)}$	α	β	$N_{I(60),cs}$	$CRR_{7.5}$	F.S.
1	1.70	20.00	0.00	34.00	34.00	20	1.73	0.75	1.00	1.00	0.90	23	3.61	1.08	28	0.348	0.88
2	3.10	20.00	0.00	62.00	62.00	24	1.28	0.85	1.00	1.00	0.90	23	3.61	1.08	28	0.348	0.89

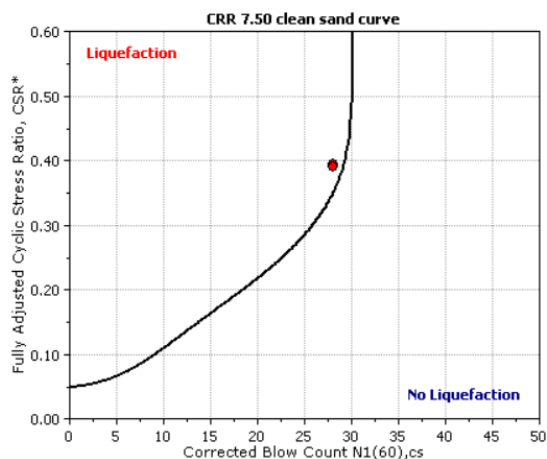


Figura 11-27: Analisi liquefazione S-62 (DEP) $F_s < 1$

:: Cyclic Resistance Ratio (CRR) numeric results ::

No	Depth (m)	Fines %	u_0 (kPa)	α_v (kPa)	σ'_v (kPa)	N_{SPT}	C_N	C_R	C_B	C_S	C_E	$N_{I(60)}$	α	β	$N_{I(60),cs}$	$CRR_{7.5}$	F.S.
1	4.60	20.00	0.00	92.00	92.00	100	1.05	0.95	1.00	1.00	0.90	90	3.61	1.08	101	4.000	2.00
2	6.00	20.00	0.00	120.00	120.00	100	0.92	0.95	1.00	1.00	0.90	79	3.61	1.08	89	4.000	2.00
3	7.50	20.00	0.00	150.00	150.00	100	0.82	0.95	1.00	1.00	0.90	70	3.61	1.08	79	4.000	2.00
4	9.20	20.00	0.00	184.00	184.00	100	0.74	1.00	1.00	1.00	0.90	67	3.61	1.08	76	4.000	2.00
5	10.50	20.00	4.91	210.00	205.10	100	0.70	1.00	1.00	1.00	0.90	63	3.61	1.08	72	4.000	2.00
6	16.50	20.00	63.77	330.00	266.23	100	0.62	1.00	1.00	1.00	0.90	56	3.61	1.08	64	4.000	2.00
7	19.70	20.00	95.16	394.00	298.84	100	0.58	1.00	1.00	1.00	0.90	52	3.61	1.08	60	4.000	2.00
8	22.50	20.00	122.63	450.00	327.38	100	0.56	1.00	1.00	1.00	0.90	50	3.61	1.08	58	4.000	2.00

Figura 11-28: Analisi liquefazione S-67 (DEP)

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	246 di 270

:: Cyclic Resistance Ratio (CRR) numeric results ::

No	Depth (m)	Fines %	u_0 (kPa)	σ_v (kPa)	σ'_v (kPa)	N_{SPT}	C_N	C_R	C_B	C_S	C_E	$N_{I(60)}$	α	β	$N_{I(60),cs}$	$CRR_{7.5}$	F.S.
1	3.40	20.00	0.00	68.00	68.00	25	1.22	0.85	1.00	1.00	0.90	23	3.61	1.08	28	0.348	1.53
2	4.80	20.00	0.00	96.00	96.00	100	1.03	0.95	1.00	1.00	0.90	88	3.61	1.08	99	4.000	2.00

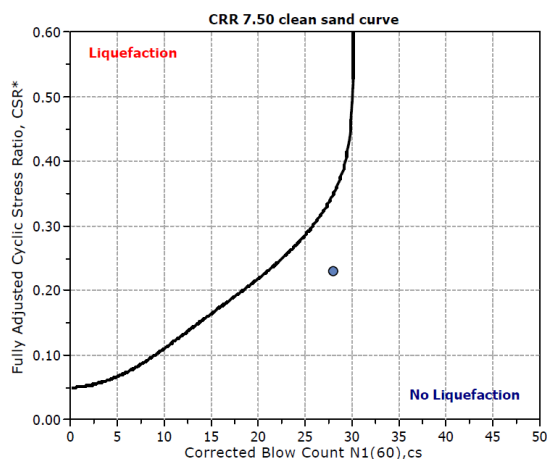


Figura 11-29: Analisi liquefazione S-44 (DEP)

:: Cyclic Resistance Ratio (CRR) numeric results ::

No	Depth (m)	Fines %	u_0 (kPa)	σ_v (kPa)	σ'_v (kPa)	N_{SPT}	C_N	C_R	C_B	C_S	C_E	$N_{I(60)}$	α	β	$N_{I(60),cs}$	$CRR_{7.5}$	F.S.
1	3.50	20.00	0.98	70.00	69.02	30	1.21	0.85	1.00	1.00	0.90	28	3.61	1.08	34	4.000	2.00
2	4.80	20.00	13.73	96.00	82.27	32	1.11	0.95	1.00	1.00	0.90	30	3.61	1.08	36	4.000	2.00

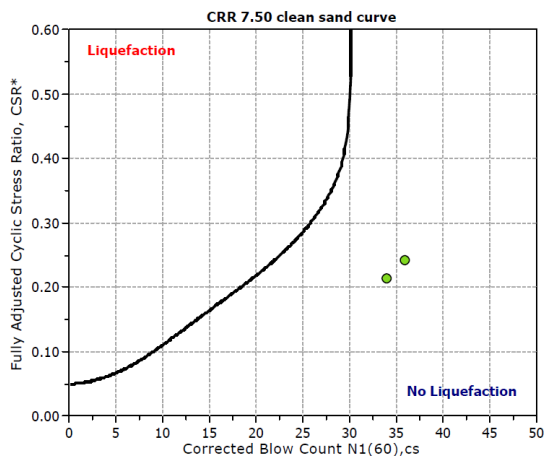


Figura 11-30: Analisi liquefazione S-63 (DEP)

:: Cyclic Resistance Ratio (CRR) numeric results ::

No	Depth (m)	Fines %	u_0 (kPa)	σ_v (kPa)	σ'_v (kPa)	N_{SPT}	C_N	C_R	C_B	C_S	C_E	$N_{I(60)}$	α	β	$N_{I(60),cs}$	$CRR_{7.5}$	F.S.
1	1.80	20.00	13.73	36.00	22.27	32	2.00	0.75	1.00	1.00	0.90	43	3.61	1.08	50	4.000	2.00
2	3.20	20.00	27.47	64.00	36.53	100	1.67	0.85	1.00	1.00	0.90	127	3.61	1.08	141	4.000	2.00
3	4.80	20.00	43.16	96.00	52.84	37	1.38	0.95	1.00	1.00	0.90	44	3.61	1.08	51	4.000	2.00

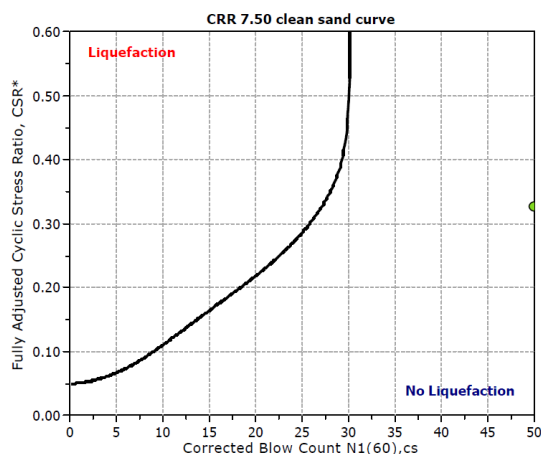


Figura 11-31: Analisi liquefazione S-86 (DEP)

:: Cyclic Resistance Ratio (CRR) numeric results ::

No	Depth (m)	Fines %	u_0 (kPa)	σ_v (kPa)	σ'_v (kPa)	N_{SPT}	C_N	C_R	C_B	C_S	C_E	$N_{I(60)}$	α	β	$N_{I(60),cs}$	$CRR_{7.5}$	F.S.
1	4.90	20.00	18.64	98.00	79.36	76	1.13	0.95	1.00	1.00	0.90	73	3.61	1.08	82	4.000	2.00

Figura 11-32: Analisi liquefazione S-87 (DEP)

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	248 di 270

:: Cyclic Resistance Ratio (CRR) numeric results ::

No	Depth (m)	Fines %	u_0 (kPa)	σ_v (kPa)	σ'_v (kPa)	N_{SPT}	C_N	C_R	C_B	C_S	C_E	$N_{I(60)}$	α	β	$N_{I(60),cs}$	$CRR_{7.5}$	F.S.
1	4.70	20.00	10.30	94.00	83.70	45	1.10	0.95	1.00	1.00	0.90	42	3.61	1.08	49	4.000	2.00

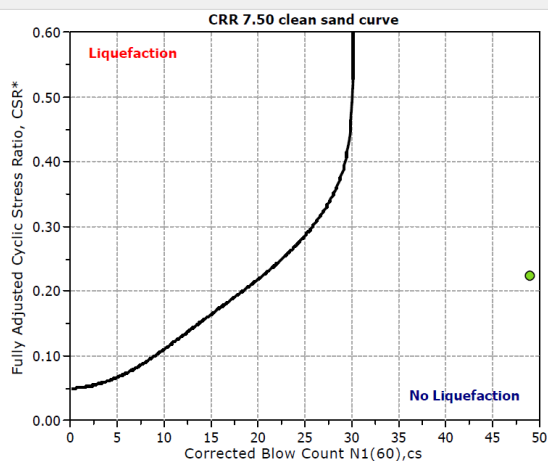


Figura 11-33: Analisi liquefazione S-89 (DEP)

11.3.4.2 BPa

Per le analisi su questa unità si considerano i seguenti parametri:

- Peso specifico 19,5 kN/m³
- valor medio contenuto fini =33%

Tabella 11-7 Analisi SPT per unità BPa

Sondaggio	Prof.falda (m)	Note
L1-S6	p.c.	Figura 11-34
L1-S15	5	Figura 11-35
L1-S18	0.6	Figura 11-36
L1-S19	6.9	Figura 11-37

Di seguito si dettagliano i risultati delle analisi svolte tramite il software Cliq (di GeoLogismiki).

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	249 di 270

:: Cyclic Resistance Ratio (CRR) numeric results ::

No	Depth (m)	Fines %	u_0 (kPa)	σ_v (kPa)	σ'_v (kPa)	N_{SPT}	C_N	C_R	C_B	C_S	C_E	$N_{I(60)}$	α	β	$N_{I(60),cs}$	$CRR_{7.5}$	F.S.
1	6.20	33.00	60.82	120.90	60.08	25	1.30	0.95	1.00	1.00	0.90	28	4.88	1.18	38	4.000	2.00

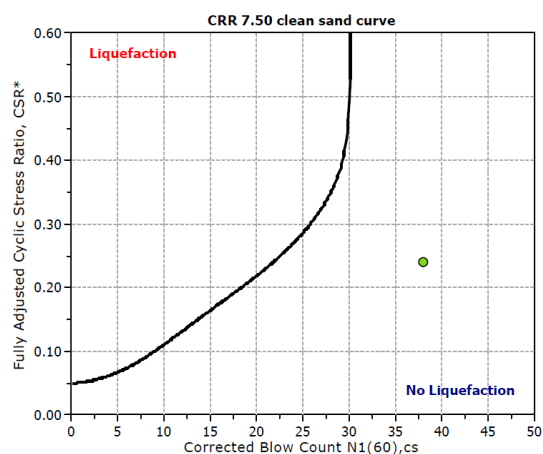


Figura 11-34: Analisi liquefazione S-6 (BPa)

:: Cyclic Resistance Ratio (CRR) numeric results ::

No	Depth (m)	Fines %	u_0 (kPa)	σ_v (kPa)	σ'_v (kPa)	N_{SPT}	C_N	C_R	C_B	C_S	C_E	$N_{I(60)}$	α	β	$N_{I(60),cs}$	$CRR_{7.5}$	F.S.
1	6.00	33.00	9.81	117.00	107.19	100	0.97	0.95	1.00	1.00	0.90	83	4.88	1.18	103	4.000	2.00
2	7.70	33.00	26.49	150.15	123.66	29	0.91	0.95	1.00	1.00	0.90	22	4.88	1.18	31	4.000	2.00
3	8.90	33.00	38.26	173.55	135.29	43	0.87	1.00	1.00	1.00	0.90	33	4.88	1.18	44	4.000	2.00
4	10.20	33.00	51.01	198.90	147.89	27	0.83	1.00	1.00	1.00	0.90	20	4.88	1.18	28	0.348	2.00
5	12.10	33.00	69.65	235.95	166.30	100	0.78	1.00	1.00	1.00	0.90	70	4.88	1.18	87	4.000	2.00
6	13.50	33.00	83.39	263.25	179.86	100	0.75	1.00	1.00	1.00	0.90	68	4.88	1.18	85	4.000	2.00
7	16.70	33.00	114.78	325.65	210.87	46	0.69	1.00	1.00	1.00	0.90	29	4.88	1.18	39	4.000	2.00
8	19.60	33.00	143.23	382.20	238.97	100	0.65	1.00	1.00	1.00	0.90	59	4.88	1.18	74	4.000	2.00

... ..

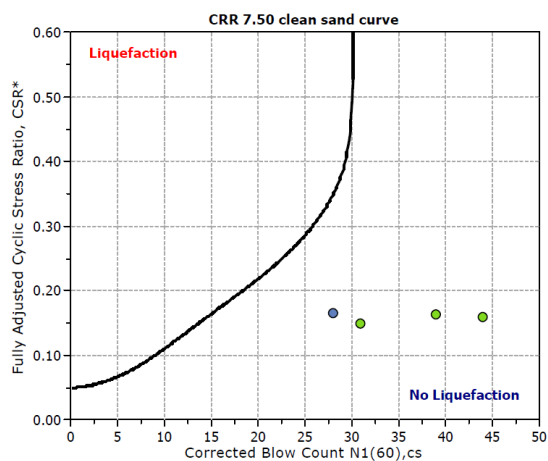


Figura 11-35: Analisi liquefazione S-15 (BPa)

:: Cyclic Resistance Ratio (CRR) numeric results ::

No	Depth (m)	Fines %	u_0 (kPa)	α_v (kPa)	σ'_v (kPa)	N_{SPT}	C_N	C_R	C_B	C_S	C_E	$N_{I(60)}$	α	β	$N_{I(60),cs}$	$CRR_{7.5}$	F.S.
1	4.50	33.00	38.26	87.75	49.49	100	1.43	0.95	1.00	1.00	0.90	122	4.88	1.18	149	4.000	2.00

Figura 11-36: Analisi liquefazione S-18 (BPa)

:: Cyclic Resistance Ratio (CRR) numeric results ::

No	Depth (m)	Fines %	u_0 (kPa)	α_v (kPa)	σ'_v (kPa)	N_{SPT}	C_N	C_R	C_B	C_S	C_E	$N_{I(60)}$	α	β	$N_{I(60),cs}$	$CRR_{7.5}$	F.S.
1	9.80	33.00	0.00	191.10	191.10	100	0.73	1.00	1.00	1.00	0.90	66	4.88	1.18	83	4.000	2.00
2	11.20	33.00	0.00	218.40	218.40	65	0.68	1.00	1.00	1.00	0.90	40	4.88	1.18	52	4.000	2.00
3	14.20	33.00	0.00	276.90	276.90	100	0.60	1.00	1.00	1.00	0.90	54	4.88	1.18	69	4.000	2.00

Figura 11-37: Analisi liquefazione S-19 (BPa)

11.3.4.3 RGC

Per le analisi su questa unità si considerano i seguenti parametri:

- Peso specifico $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$
- valor medio contenuto fini =28% (non si ritiene rappresentativo l'unico valore di A+L ottenuto da prove di laboratorio su C2 di L1-S89 risulta 65%)

Tabella 11-8 Analisi SPT per unità RGC

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	251 di 270

Sondaggio	Prof.falda (m)	Note
L1-S91	p.c.	Figura 11-38
L1-S93	-10.5	Figura 11-39
L1-S75	-5.0	Figura 11-40
L1-S95	-7.0	Figura 11-41
L1-S89	-3.6	Figura 11-42

Di seguito si dettagliano i risultati delle analisi svolte tramite il software Cliq (di GeoLogismiki).

:: Cyclic Resistance Ratio (CRR) numeric results ::

No	Depth (m)	Fines %	u_0 (kPa)	σ_v (kPa)	σ'_v (kPa)	N_{SPT}	C_N	C_R	C_B	C_S	C_E	$N_{1(60)}$	α	β	$N_{1(60),cs}$	$CRR_{7.5}$	F.S.
1	3.90	28.00	0.00	78.00	78.00	25	1.14	0.85	1.00	1.00	0.90	22	4.56	1.14	30	0.488	1.26
2	5.00	28.00	0.00	100.00	100.00	24	1.01	0.95	1.00	1.00	0.90	21	4.56	1.14	28	0.348	0.91
3	7.70	28.00	0.00	154.00	154.00	19	0.81	0.95	1.00	1.00	0.90	13	4.56	1.14	19	0.206	0.55
4	9.70	28.00	0.00	194.00	194.00	31	0.72	1.00	1.00	1.00	0.90	20	4.56	1.14	27	0.323	0.88

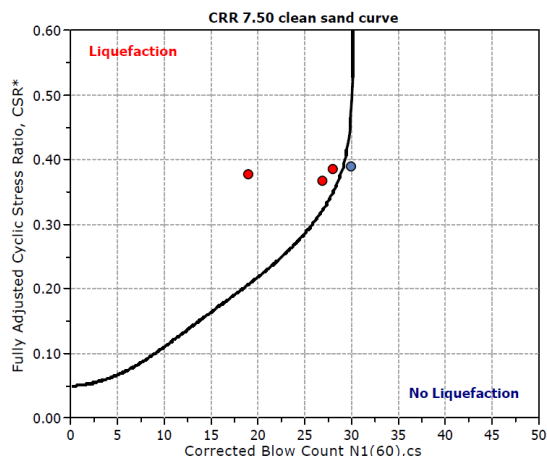


Figura 11-38: Analisi liquefazione S-91 (RGC) $F_s < 1$

:: Cyclic Resistance Ratio (CRR) numeric results ::

No	Depth (m)	Fines %	u_0 (kPa)	σ_v (kPa)	σ'_v (kPa)	N_{SPT}	C_N	C_R	C_B	C_S	C_E	$N_{1(60)}$	α	β	$N_{1(60),cs}$	$CRR_{7.5}$	F.S.
1	10.70	28.00	0.00	214.00	214.00	57	0.69	1.00	1.00	1.00	0.90	35	4.56	1.14	44	4.000	2.00

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	252 di 270

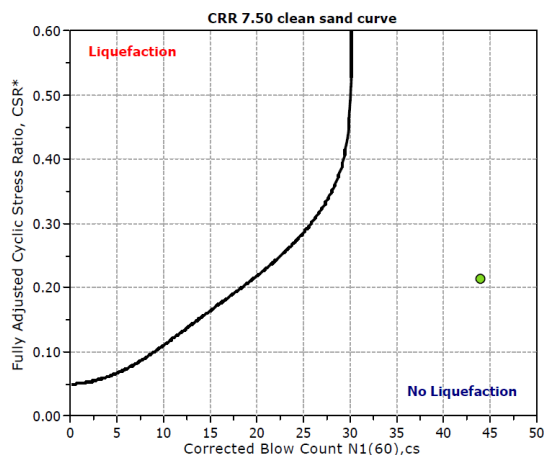


Figura 11-39: Analisi liquefazione S-93 (RGC)

:: Cyclic Resistance Ratio (CRR) numeric results ::

No	Depth (m)	Fines %	u_0 (kPa)	σ_v (kPa)	σ'_v (kPa)	N_{SPT}	C_N	C_R	C_B	C_S	C_E	$N_{I(60)}$	α	β	$N_{I(60),cs}$	$CRR_{7.5}$	F.S.
1	7.70	28.00	0.00	154.00	154.00	100	0.81	0.95	1.00	1.00	0.90	69	4.56	1.14	83	4.000	2.00
2	9.20	28.00	0.00	184.00	184.00	100	0.74	1.00	1.00	1.00	0.90	67	4.56	1.14	81	4.000	2.00
3	10.50	28.00	4.91	210.00	205.10	100	0.70	1.00	1.00	1.00	0.90	63	4.56	1.14	76	4.000	2.00
4	13.50	28.00	34.34	270.00	235.66	100	0.66	1.00	1.00	1.00	0.90	59	4.56	1.14	72	4.000	2.00
5	15.80	28.00	56.90	316.00	259.10	100	0.63	1.00	1.00	1.00	0.90	56	4.56	1.14	68	4.000	2.00
6	19.00	28.00	88.29	380.00	291.71	100	0.59	1.00	1.00	1.00	0.90	53	4.56	1.14	65	4.000	2.00
7	22.10	28.00	118.70	442.00	323.30	100	0.56	1.00	1.00	1.00	0.90	50	4.56	1.14	61	4.000	2.00

Figura 11-40: Analisi liquefazione S-75 (RGC)

:: Cyclic Resistance Ratio (CRR) numeric results ::

No	Depth (m)	Fines %	u_0 (kPa)	σ_v (kPa)	σ'_v (kPa)	N_{SPT}	C_N	C_R	C_B	C_S	C_E	$N_{I(60)}$	α	β	$N_{I(60),cs}$	$CRR_{7.5}$	F.S.
1	7.60	28.00	59.84	152.00	92.16	100	1.05	0.95	1.00	1.00	0.90	90	4.56	1.14	107	4.000	2.00
2	9.50	28.00	78.48	190.00	111.52	100	0.95	1.00	1.00	1.00	0.90	86	4.56	1.14	102	4.000	2.00
3	11.00	28.00	93.20	220.00	126.80	100	0.89	1.00	1.00	1.00	0.90	80	4.56	1.14	96	4.000	2.00
4	14.00	28.00	122.63	280.00	157.38	100	0.80	1.00	1.00	1.00	0.90	72	4.56	1.14	87	4.000	2.00
5	17.50	28.00	156.96	350.00	193.04	100	0.72	1.00	1.00	1.00	0.90	65	4.56	1.14	79	4.000	2.00
6	21.00	28.00	191.30	420.00	228.70	100	0.67	1.00	1.00	1.00	0.90	60	4.56	1.14	73	4.000	2.00
7	24.50	28.00	225.63	490.00	264.37	100	0.62	1.00	1.00	1.00	0.90	56	4.56	1.14	68	4.000	2.00
8	28.80	28.00	267.81	576.00	308.19	100	0.57	1.00	1.00	1.00	0.90	52	4.56	1.14	64	4.000	2.00
9	30.00	28.00	279.59	600.00	320.41	100	0.56	1.00	1.00	1.00	0.90	51	4.56	1.14	63	4.000	2.00

Figura 11-41: Analisi liquefazione S-95 (RGC)

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	253 di 270

:: Cyclic Resistance Ratio (CRR) numeric results ::

No	Depth (m)	Fines %	u_0 (kPa)	σ_v (kPa)	σ'_v (kPa)	N_{SPT}	C_N	C_R	C_B	C_S	C_E	$N_{I(60)}$	α	β	$N_{I(60),cs}$	$CRR_{7.5}$	F.S.
1	6.60	28.00	28.94	132.00	103.06	44	0.99	0.95	1.00	1.00	0.90	37	4.56	1.14	47	4.000	2.00
2	7.70	28.00	39.73	154.00	114.27	19	0.94	0.95	1.00	1.00	0.90	15	4.56	1.14	22	0.242	0.91
3	9.20	28.00	54.45	184.00	129.55	28	0.88	1.00	1.00	1.00	0.90	22	4.56	1.14	30	0.488	1.72
4	10.70	28.00	69.16	214.00	144.84	21	0.84	1.00	1.00	1.00	0.90	16	4.56	1.14	23	0.255	0.88

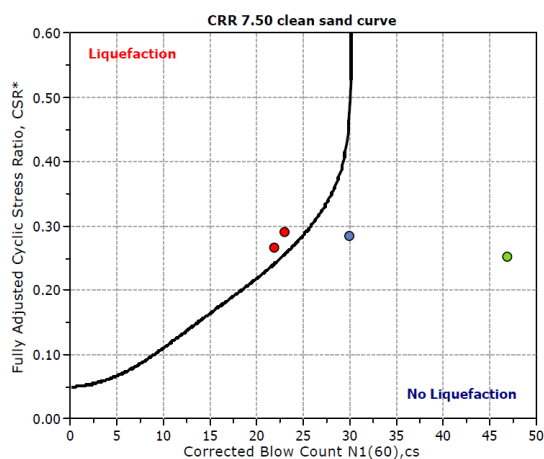


Figura 11-42: Analisi liquefazione S-89 (RGC) $F_s < 1$

11.3.4.4 Conclusioni

Sulla base delle verifiche fin qui descritte è possibile valutare una sintesi dei risultati attraverso i diagrammi di seguito riportati

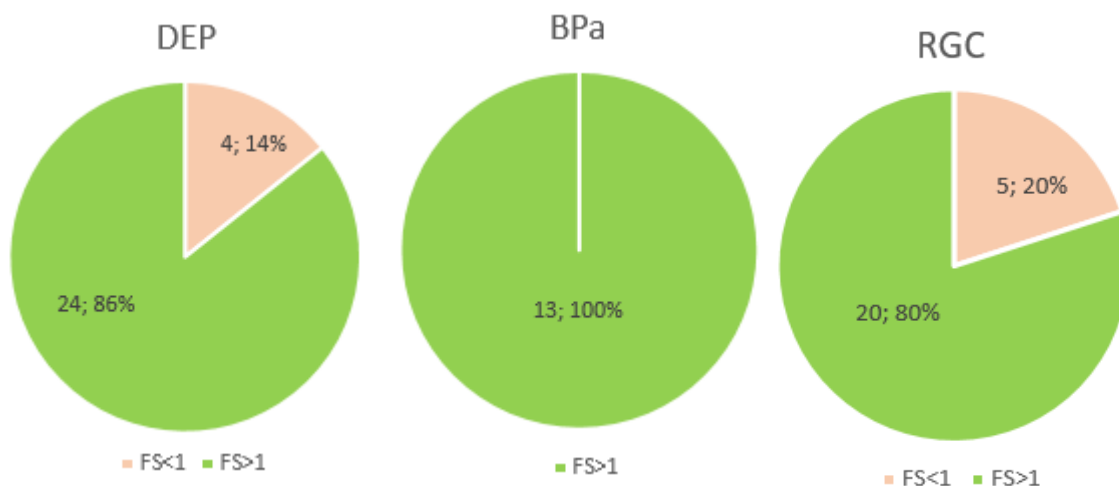


Figura 11-43: Sintesi risultati analisi liquefazione

Si può concludere che il rischio associato al fenomeno di liquefazione durante eventi sismici è per i casi esaminati è:

- Basso per le unità DEP e RGC;
- Nullo per l'unità BPa.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

12 SINTESI DEGLI ASPETTI PROGETTUALI GEOTECNICI

In sintesi, le principali tematiche geotecniche analizzate, connesse alla realizzazione delle opere incluse in progetto, oltre alla valutazione sulla suscettibilità a liquefazione discussa nel precedente capitolo, sono riconducibili a:

1. Valutazione dei cedimenti e della stabilità dei rilevati e delle trincee ferroviarie (elab. RC2IA1R11RHGE0000001);
2. Progettazione Gallerie Artificiali e Muri ad U tra diaframmi (elab. RC2AB1R11RHGE0000002);
3. Valutazione dell'interferenza dei diaframmi con la falda (elab. RC2IA1R11RHGA0000003)
4. Dimensionamento delle fondazioni dei viadotti (elab. RC2IA1R11RHVI0003001);
5. Movimenti Franosi (elab. RC2IA1R11RHGB0000001);
6. Valutazione degli effetti dell'interferenza dell'opera con le strutture preesistenti (elab. RC2IA1R11RHOC0000001) e sviluppo del piano di monitoraggio geotecnico-strutturale (elab. RC2IA1R11RHOC0000002).

12.1 RILEVATI E TRINCEE

Nel contesto del PFTE+, si è analizzata la stabilità di trincee definitive con pendenza 3H:2V e altezza massima H=5m. Oltre tale altezza si prevede di inserire un'opera di sostegno, ad eccezione delle trincee ricadenti nell'unità geotecnica DEP per le quali, date le caratteristiche meccaniche più scadenti, l'altezza limite è limitata a H=2m.

Con riferimento alla sezione tipo richiamata in Figura 12-1, la sede ferroviaria prevede uno strato di supercompattato di spessore pari a 30 cm, al di sopra del quale verrà realizzato uno strato di sub-ballast di spessore pari a 12 cm. Una volta completato il pacchetto di fondazione della pavimentazione, si posizioneranno ballast, traversine ed armamento ferroviario.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

Come riportato nella sezione tipologica, le scarpate del rilevato sono protette con una finitura a verde di spessore pari a circa 30 cm. Il rilevato si completa in sommità con la realizzazione di uno strato di super compattato di spessore pari a 30 cm, al di sopra del quale verrà realizzato uno strato di sub-ballast di spessore pari a 12 cm sul quale verranno posizionati ballast, traversine ed armamento ferroviario.

12.2 GALLERIE ARTIFICIALI E MURI AD U TRA DIAFRAMMI

Nell'ambito delle opere all'aperto sono state trattate 8 gallerie artificiali denominate GA52, GA01, GA51, GA02, GA03, GA04, GA17 e GA20 e, in continuità ad esse, i muri ad U di imbocco a tali gallerie artificiali (per le ulteriori GA indicate in progetto nella zona degli imbocchi delle gallerie naturali si rimanda agli specifici elaborati delle GN). Le citate gallerie artificiali verranno realizzate con il metodo Milano, che prevede le seguenti fasi:

- Prescavo e realizzazione dei diaframmi (o pali nel solo caso della GA52);
- Realizzazione del miglioramento del terreno mediante trattamento in *Jet-Grouting* (ove necessario, i.e. GA01/GA51/GA20)
- Realizzazione soletta superiore
- Scavo fino a quota estradosso soletta intermedia (ove presente)
- Realizzazione soletta intermedia (ove presente)
- Scavo fino a estradosso puntone e installazione puntone provvisoriale (ove presente)
- Scavo fino a quota intradosso soletta di base;
- Realizzazione della soletta di base;
- Rimozione puntoni provvisoriale
- Realizzazione delle pareti di rivestimento;
- Ricoprimento della soletta superiore.

Rimandando alla relazione descrittiva RC2IA1R11RHGA0000001 per i dettagli, nella tabella seguente si riportano le principali caratteristiche geometriche delle gallerie artificiali.

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RC2I A1R11 GE GE0000001 A 258 di 270

SOTTOTIPO	da pk	a pk	Sviluppo [m]	spessore soletta di fondazione [m]	spessore piedritti [m]	spessore soletta intermedia [m]	spessore soletta superiore [m]	spessore diaframmi/dia metro pali [m]	Lunghezza diaframmi/pali [m]	spessore JG [m]	spessore terreno sopra JG [m]
GA52	+602	+644	42	1.5	0.4	-	0.75	1.2*	19	-	-
GA01 centrale	4+730	5+370	640	1.5	0.8	1.5	1.5	1.2	28	10	3
GA01 laterale A	4+718	4+730	12	1.5	0.8	-	1.5	1.2	24	5	8
	5+370	5+500	130								
GA01 laterale B	4+718	4+730	12	1.5	0.8	-	1.5	1.2	24	10	3
	5+370	5+500	130								
GA51	5+788	5+815	27	1.5	0.8	-	1.5	1.2	24	10	3
GA02	10+250	10+845	595	1.5	0.6	-	1.4	1.2	24	-	-
GA03	11+067	11+357	290	1.5	0.6	-	1.4	1.2	24	-	-
GA04	11+714	11+937	223	1.5	0.6	-	1.4	1.2	24	-	-
GA17-doppia	25+624	25+760	136	1.5	0.6	1.4	1.4	1.2	30	-	-
	25+960	26+100	140								
	26+300	26+800	500								
GA17-singola	25+760	25+960	200	1.5	0.6	-	1.4	1.2	24	-	-
	26+100	26+300	200								
	26+800	26+918	118								
GA20	29+216	29+468	252	1.5	0.8	-	1.5	1.2	24	10	3

* la GA52 presenta pali di diametro 1.2m con interasse 1.4m

Generalmente le GA sono previste con esecuzione di diaframmi di spessore pari a 1.2m e lunghezze variabili da 24m a 30m circa; nel solo caso della GA52 l'opera di sostegno è in pali \varnothing 1200 int. 1.4m e lunghezza 19m.

In base agli spessori dei ricoprimenti, la tipologia di GA può presentare due solette superiori o una singola soletta, in aggiunta alla presenza della soletta di fondazione di spessore 1.5m. Nei casi di presenza di falda o di necessità di miglioramento dei terreni compresi tra i diaframmi, sono previsti interventi con *Jet-Grouting* per spessori che variano da 5 a 10m.

Le strutture si completano sempre con la realizzazione di piedritti laterali in configurazione definitiva che hanno spessori variabili da 0.4 a 0.8m.

A titolo di esempio è riportata nella Figura 12-3 la sezione tipo della GA01 (sezione tipo centrale a sx e sezione tipo laterale a dx), rimandando agli specifici elaborati per i dettagli sulle altre GA.

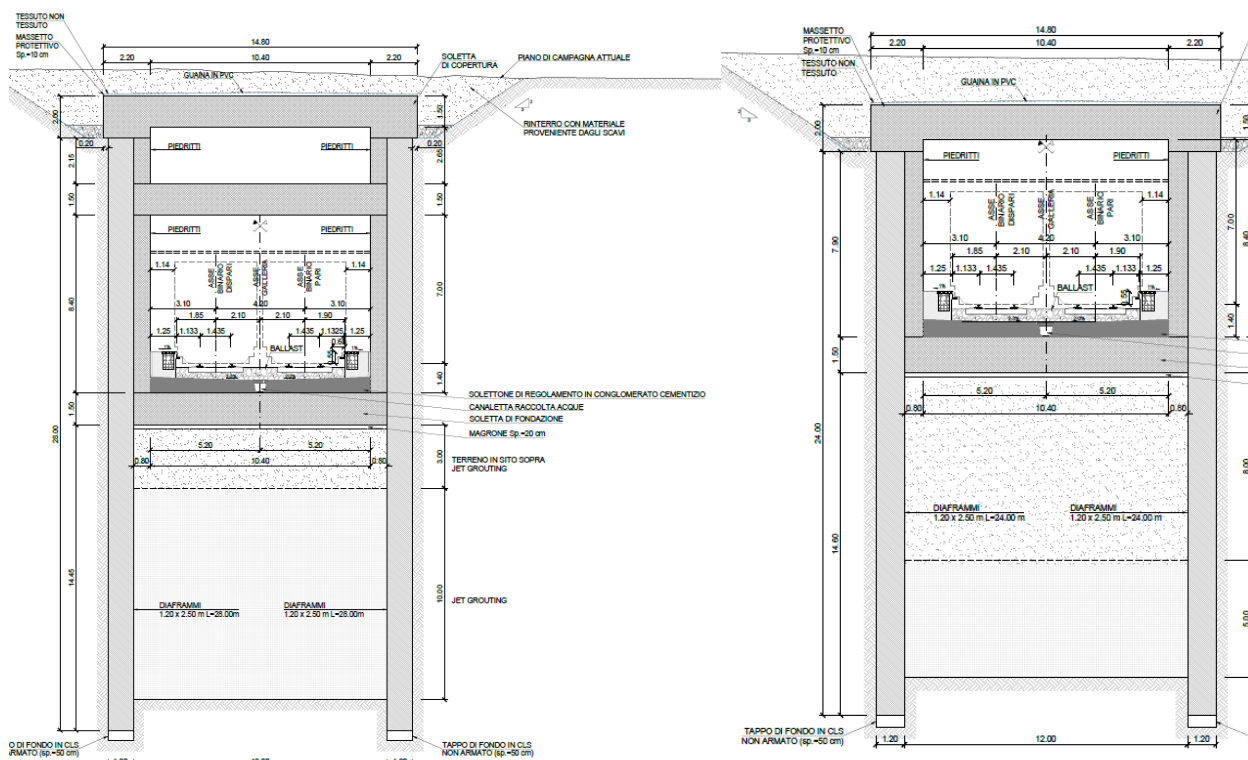


Figura 12-3: Sezione tipo GA01: sezione centrale a SX e sezione laterale a DX

12.3 VALUTAZIONE DELL'INTERFERENZA DEI DIAFRAMMI CON LA FALDA (EFFETTO BARRIERA)

Per il caso della Galleria Artificiale GA01, considerando l'assetto idrogeologico descritto negli specifici elaborati, si è ritenuto necessario produrre un'analisi di filtrazione che consentisse di valutare il possibile "effetto barriera" sulla falda derivante dalla presenza dei diaframmi.

A tale scopo è stato prodotto uno specifico elaborato (RC2IA1R11RHGA0000003) nel quale viene descritta la procedura adottata per la simulazione numerica con codice di calcolo agli elementi finiti PLAXIS 2D – Flow.

Al fine di stimare numericamente l'effetto della realizzazione dell'opera sulla falda, sono state considerate le seguenti fasi:

- fase 1: falda indisturbata (condizione ante-operam con il gradiente definito sulla base delle informazioni idrogeologiche);
- fase 2: realizzazione dei diaframmi (condizione post-operam).

	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

I risultati hanno mostrato che la variazione del livello di falda derivante dalla presenza dell'opera può essere considerata accettabile in quanto compatibile con le condizioni idrogeologiche del sito e l'attuale uso del suolo.

12.4 AREE IN DISSESTO

Il lotto 1 oggetto del presente PFTE+ include diverse aree in cui sono stati individuati dissesti di varia natura, dimensioni e complessità.

Considerando l'importanza dei fenomeni e le relative interferenze con la linea ferroviaria in progetto, lo studio dei movimenti franosi è stato affrontato con specifiche campagne di indagini e monitoraggio, sopralluoghi e rilevamenti, per poi produrre tavole grafiche (RC2IA1R11PZGB.00-26) ed elaborati dedicati, applicando gli approcci di calcolo più idonei e individuando le opere di stabilizzazione più efficaci caso per caso. Descrizione e calcoli di predimensionamento geotecnico di tutti i dissesti sono riportate in dettaglio nella relazione RC2IA1R11RHGB0000001.

Richiamando quanto riportato nella citata relazione, nella tabella di seguito segue viene associata, ad ogni dissesto, l'interferenza con le WBS relative alle opere di linea (o viabilità di nuova realizzazione).

Le interferenze riportate in tabella sono state individuate valutando, oltre allo stato di attività (e al relativo cinematismo), anche i dati morfometrici del movimento stesso (e.g. estensione e spessore).

Sono stati, inoltre, considerati altri dissesti definiti come "potenziali" per il minor grado di interferenza con l'opera non sono state effettuate specifiche analisi di stabilità. Per un miglioramento generale della stabilità del pendio, sono stati comunque valutati degli interventi di mitigazione e di sistemazione idraulica del versante, la cui descrizione verrà fornita nei seguenti paragrafi.

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RC2I A1R11 GE GE0000001 A 261 di 270

Pk		Dissesto			WBS Opere interferenti
inizio	fine	WBS	Tipologia	Attività	
10+850.00	10+950.00	GB01	Franosità potenziale		TR05-VI03-TR06
11+350.00	11+450.00	GB02	Franosità potenziale		GA03-TR07-VI04
12+650.00	13+100.00	GB03	Colamento lento superficiale / planare	Attivo / quiescente	VI06-RI08-NV08
14+900.00	15+100.00	GB04	Complesso	Attivo	GA08-NV10- RI10-VI08
15+100.00	15+350.00	GB05	Complesso	Quiescente	VI08-R11-TR14-GA09-GN03
16+150.00	16+400.00	GB06	Complesso	Quiescente	GA10-TR15-VI09-NV11
16+500.00	16+650.00	GB07	Frana per scivolamento rotazionale	Quiescente	NV12
20+300.00	20+400.00	GB08	Colamento lento	Attivo	GN04-GA12-TR19-RI15
21+150.00	21+200.00	GB09	Franosità potenziale		VI10-GA13
22+760.00	22+800.00	GB10	Franosità potenziale		GA14-GN05-RI17
23+100.00	23+250.00	GB11	Franosità potenziale		VI11-RI18-GA15-GN06
25+450.00	25+650.00	GB12	Franosità potenziale		GN06-GA16-RI19-VI12-RI20-GA17
27+000.00	27+100.00	GB13	Franosità potenziale		TR21-VI13
27+230.00	27+450.00	GB14	Franosità potenziale		VI14
28+250.00	28+350.00	GB15	Colamento lento	Attivo	RI24-VI15-NV18
28+600.00	28+750.00	GB16	Colamento veloce e Franosità potenziale	Quiescente	VI15
29+050.00	29+450.00	GB17	Frane per scivolamento rotazionale e movimento complesso	Quiescente	GA20
29+450.00	29+800.00	GB18	Complessi coalescente	Attivo	TR26-RI26
29+800.00	30+100.00	GB19	Complesso	Quiescente	RI26-VI16
30+100.00	30+370.00	GB20	Colamento lento	Attivo/Quiescente	BD: RI29-TR30-NV20 BP: RI27- NV20
30+450.00	30+700.00	GB21	Colamento lento	Attivo	BD: RI30-TR31-GA21A-GN08A BP: RI28-TR28-GA21B-NV21a
31+650.00	32+100.00	GB22A	Complesso e rotazionale	Attivo	BD: GN08A-GA22A-VI17-TR32 BP: GN08B-RI31-VI17
31+750.00	32+100.00	GB22B	Colamento lento	Quiescente	BD: TR33-GA23A-GN09A-NV22 BP:RI32-TR29-GA23B-GN09B-NV22
13+701.00	-	GB23	Caduta massi	Attivo	PT07
18+750.00	-	GB24	Complesso	Attivo	PT09
22+000.00	-	GB25	Franosità potenziale		PT11
20+885.00	-	GB26	Complesso	Attivo	NV13

Per ciascun dissesto, ed in relazione alle assunzioni sui dati geometrici, idraulici e cinematici, sono stati individuati e sottoposti a calcoli di dimensionamento preliminare delle varie tipologie di intervento (si riporta l'elenco in Tabella 12-1). Per i dettagli sui tipologici interventi si rimanda all'elaborato RC2IA1R11PZGB0000022.

Tabella 12-1 Elenco interventi per ogni dissesto

WBS	TIPOLOGICO INTERVENTI
GB01	RETE PARAMASSI E CHIODATURE
GB02	RETE PARAMASSI E CHIODATURE
GB03	PARATIA DI PALI D1500 PARATIA DI PALI D1500 PARATIA DI PALI D1500 A QUINCONCE TRINCEE DRENANTI TRINCEE DRENANTI
GB04	PARATIA DI PALI D1500 PARATIA DI PALI D1500 PARATIA DI PALI D1500 TRINCEE DRENANTI TRINCEE DRENANTI
GB05	TRINCEE DRENANTI TRINCEE DRENANTI TRINCEE DRENANTI POZZI STRUTTURALI E DRENANTI PARATIA DI PALI D1500
GB06	TRINCEE DRENANTI TRINCEE DRENANTI TRINCEE DRENANTI TRINCEE DRENANTI PARATIA DI PALI D1500 PARATIA DI PALI D1500 POZZI STRUTTURALI E DRENANTI
GB07	PARATIA DI PALI D1500
GB08	TRINCEE DRENANTI TRINCEE DRENANTI TRINCEE DRENANTI TRINCEE DRENANTI TRINCEE DRENANTI

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	263 di 270

WBS	TIPOLOGICO INTERVENTI
	PARATIA DI PALI D1500 PARATIA DI PALI D1500 PARATIA DI PALI D1500 PARATIA DI PALI D1500
GB09	RETE PARAMASSI E CHIODATURE
GB10	RETE PARAMASSI E CHIODATURE
GB11	RETE PARAMASSI E CHIODATURE
GB12	RETE PARAMASSI E CHIODATURE
GB13	RETE PARAMASSI E CHIODATURE
GB14	RETE PARAMASSI E CHIODATURE
GB15	TRINCEE DRENANTI TRINCEE DRENANTI PARATIA DI PALI D1500 PARATIA DI PALI D1500 POZZI STRUTTURALI E DRENANTI
GB16	TRINCEE DRENANTI TRINCEE DRENANTI PARATIA DI PALI D1500 PARATIA DI PALI D1500 PARATIA DI PALI D1500
GB17	PARATIA DI PALI ϕ 1500 A QUINCONCE
GB18	TRINCEE DRENANTI TRINCEE DRENANTI PARATIA DI PALI D1500 PARATIA DI PALI D1500
GB19	TRINCEE DRENANTI TRINCEE DRENANTI PARATIA DI PALI D1500 A QUINCONCE PARATIA DI PALI D1500

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	264 di 270

WBS	TIPOLOGICO INTERVENTI
GB20	TRINCEE DRENANTI TRINCEE DRENANTI PARATIA DI PALI D1500 A QUINCONCE PARATIA DI PALI D1500 PARATIA DI PALI D500
GB21	TRINCEE DRENANTI TRINCEE DRENANTI PARATIA DI PALI D1500 PARATIA DI PALI D1500 PARATIA DI PALI D500
GB22A	TRINCEE DRENANTI TRINCEE DRENANTI TRINCEE DRENANTI TRINCEE DRENANTI PARATIA DI PALI D1500 PARATIA DI PALI D1500 PARATIA DI PALI D1500
GB22B	TRINCEE DRENANTI TRINCEE DRENANTI TRINCEE DRENANTI PARATIA DI PALI D1500 PARATIA DI PALI D1500 PARATIA DI PALI D1500 PARATIA DI PALI D500
GB23	RETE PARAMASSI E CHIODATURE
GB24	PARATIA DI PALI D500
GB25	RETE PARAMASSI E CHIODATURE
GB26	PARATIA DI PALI D500

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	265 di 270

Lo studio dei dissesti include anche la progettazione del sistema di monitoraggio previsto per i dissesti complessi analizzati, la relativa strumentazione e le procedure previste per assicurare il corretto svolgimento delle operazioni di monitoraggio per la verifica ed il controllo del territorio a contorno delle opere strutturali in prossimità ed eventualmente interferenti lungo il tracciato di progetto. Gli specifici elaborati che costituiscono il progetto di monitoraggio (Elab. RC2I.A1R11PZGB03-2600002) descrivono l'ubicazione planimetrica e le caratteristiche geometriche della strumentazione prevista nonché le modalità di acquisizione dei dati (frequenze di lettura, etc.).

12.5 FONDAZIONI PROFONDE

Le opere di fondazione in progetto possono essere suddivise in (1) palificate realizzate con pali di grande diametro e (2) pozzi strutturali.

Per quanto riguarda le fondazioni su pali, queste sono previste su una fondazione a 8, 11 o 16 pali; nelle figure che seguono si riportano le varie tipologie previste.

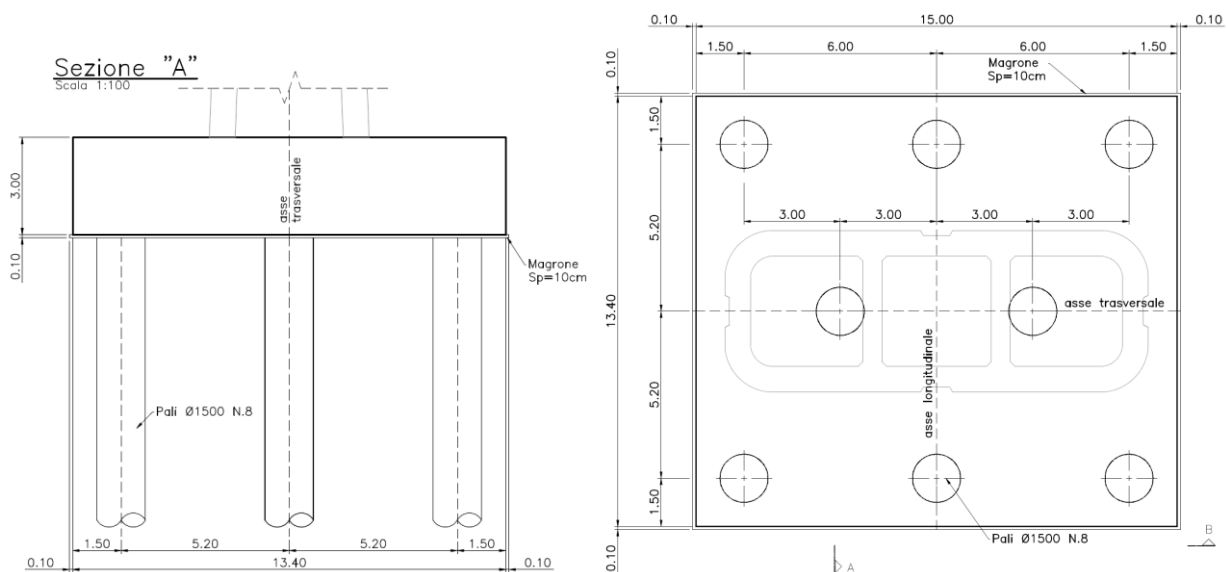


Figura 12-4: stralcio della carpenteria pila e fondazione su n° 8 pali

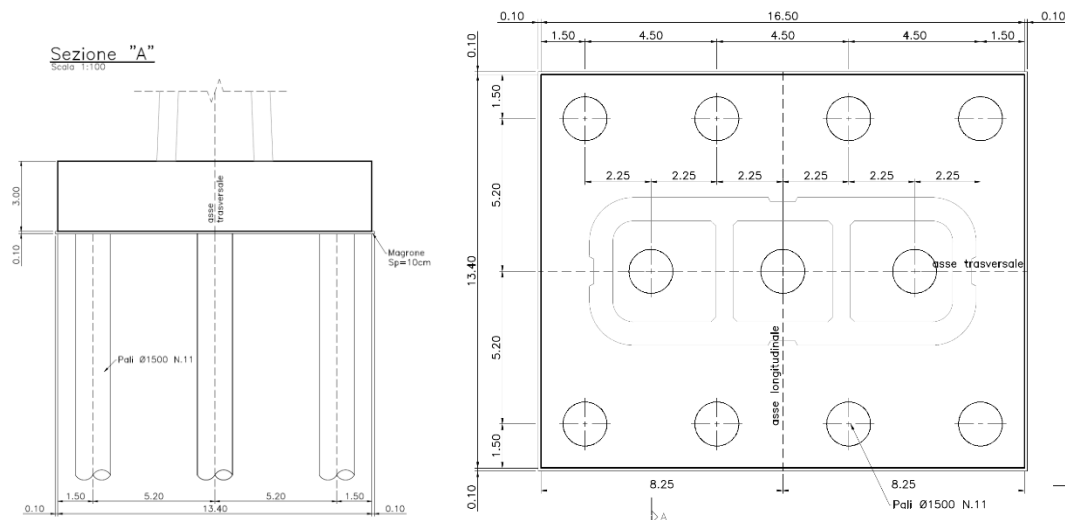


Figura 12-5: stralcio della carpenteria pila e fondazione su n° 11 pali

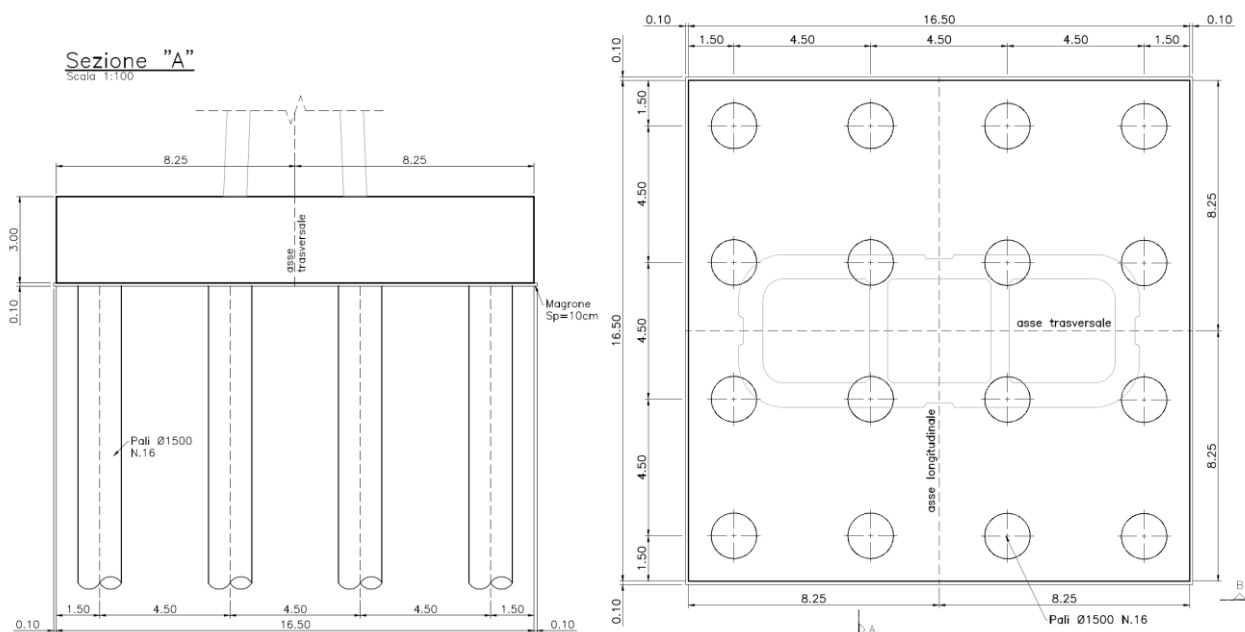


Figura 12-6: stralcio della carpenteria pila e fondazione su n° 16 pali

Le fondazioni a pozzo sono progettate con le seguenti sezioni strutturali:

- Sezione circolare di diametro 17.3 m;

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	267 di 270

- Sezione ellittica con asse minore pari a 17.3 m e asse maggiore pari a 21 m.

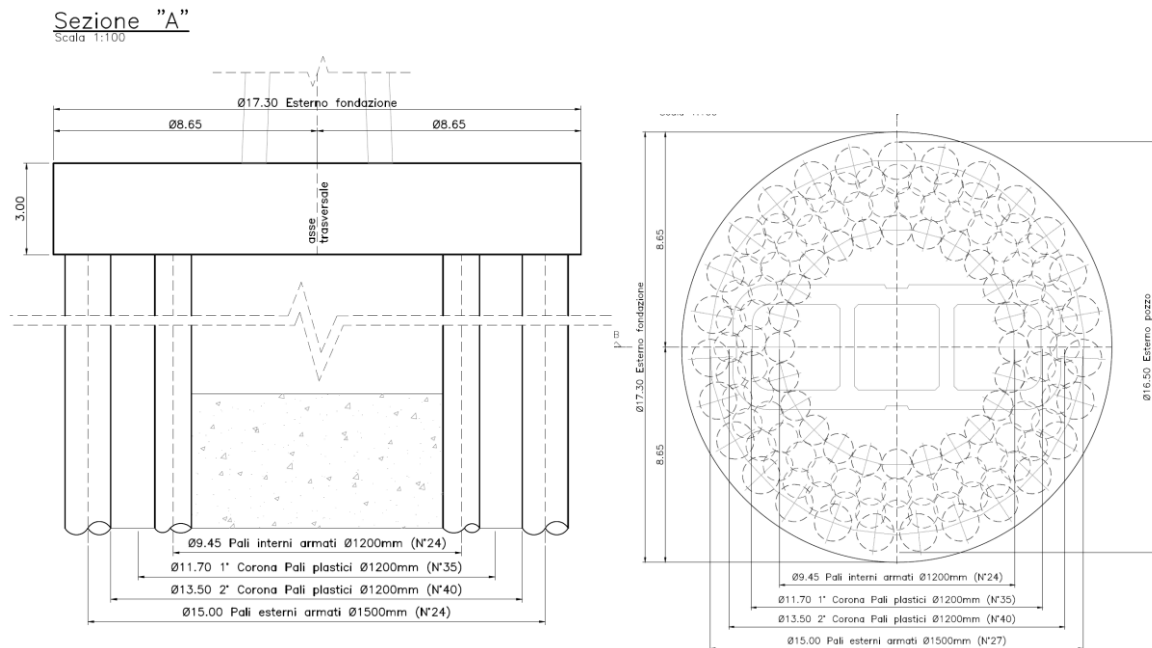


Figura 12-7 stralcio carpenteria fondazione con pozzo di fondazione circolare di diametro 17.3 m

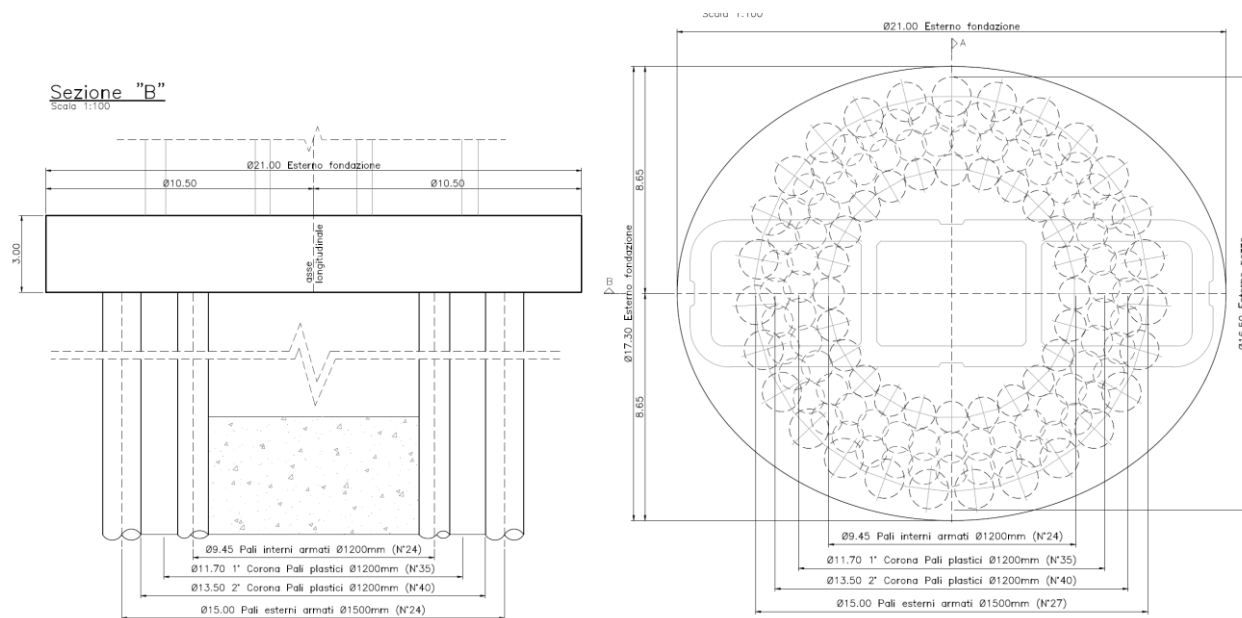


Figura 12-8 stralcio carpenteria fondazione con pozzo di fondazione ellittico di diametro 13.7 x 21m

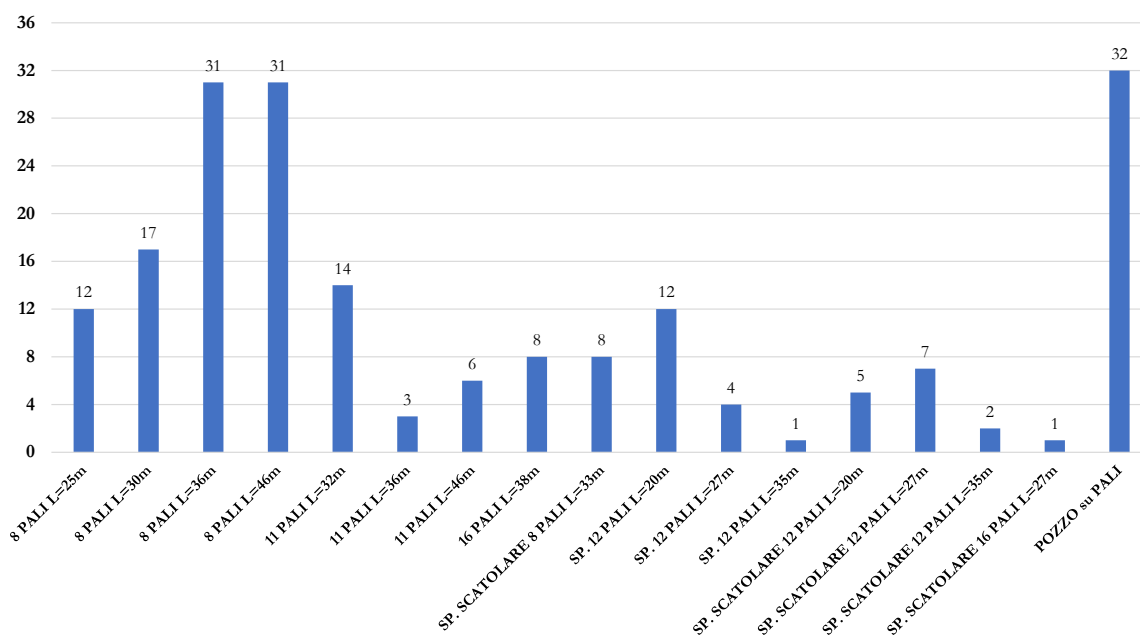
RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	268 di 270

A titolo descrittivo, si riportano di seguito le fasi realizzative di un pozzo di altezza H:

- esecuzione dello scavo fino a quota intradosso plinto a cielo aperto o mediante opere provvisoria;
- esecuzione corone di pali plastici di grande diametro (D1200);
- esecuzione corona interna (D1200) ed esterna (D1500) dei pali armati di grande diametro;
- esecuzione tappo di fondo in jet-grouting di spessore pari ad H/3 per contribuire alla monoliticità del pozzo.

Nel grafico seguente sono schematicamente indicate le frequenze delle tipologie adottate per la realizzazione delle fondazioni dei viadotti ferroviari, rimandando agli specifici elaborati per i dettagli.



È importante evidenziare che nell'ambito del presente PFTE+ arricchito, il calcolo della capacità portante per carico verticale eccentrico è stato eseguito con riferimento al contributo di resistenza offerto dall'intera palificata. Tale contributo può essere valutato applicando metodologie di calcolo in grado di rappresentare, appunto, lo stato limite ultimo di collasso della palificata nel suo complesso, in virtù del raggiungimento del carico limite di tutti i pali, ottimizzando geometrie e caratteristiche della fondazione rispetto al classico approccio che si basa sul palo singolo più caricato.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA					
	RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO	COMMESSA RC2I	LOTTO A1R11	CODIFICA GE	DOCUMENTO GE0000001	REV. A

Generalmente per l'esecuzione degli scavi propedeutici alla realizzazione delle fondazioni sono previste opere provvisorie (cfr RC2IA1R11CLVI0003001) di varie tipologie, quali

- Tipologia 1: Palancola Puntonata;
- Tipologia 2: Palancola e Tampone in *Jet-Grouting*;
- Tipologia 3: Paratia di pali $\varnothing 500$;
- Tipologia 4: Paratia di pali $\varnothing 500$ Tampone in *Jet-Grouting*;
- Tipologia 5: Paratia di pali tirantata.

12.6 INTERFERENZA DELL'OPERA CON LE STRUTTURE PREESISTENTI E PIANO PRELIMINARE DI MONITORAGGIO

La linea ferroviaria in progetto presenta delle interferenze tra le "opere all'aperto" (trincee e gallerie artificiali incluse nella linea) e opere esistenti preesistenti (edifici, cavalcaferrovia).

Gli edifici interferenti con la linea in progetto sono stati individuati in prossimità delle zone in cui è prevista l'apertura degli scavi per la realizzazione delle GA01, GA02 e GA17. Sono stati, inoltre considerati il cavalcaferrovia alla pk 0+622.42, in prossimità della GA52, il cavalcavia alla pk 5+322.53, in prossimità della GA01 ed il cavalcavia alla pk 5+801, in prossimità della GA51.

Per le opere esistenti sono state redatte delle schede di censimento (Elab. RC2IA1R11SHOC0000001) contenenti alcune informazioni (destinazione d'uso, posizione planimetrica rispetto all'asse dello scavo, descrizione della tipologia strutturale ecc.) adeguate ai fini di una preliminare stima degli effetti degli scavi su tali preesistenze (Elab. RC2IA1R11RHOC0000001).

Al fine di monitorare eventuali movimenti del terreno a tergo delle opere di linea nell'area di scavo in prossimità degli edifici esistenti, è stato predisposto un piano di monitoraggio geotecnico-strutturale con l'installazione di un'appropriata strumentazione e la misura delle grandezze più significative (spostamenti verticali e orizzontali, carico agente sui tiranti, pressioni interstiziali).

In particolare, per il monitoraggio è prevista la realizzazione di sezioni strumentate (Elab. RC2IA1R11P6OC0000001-3) nelle quali viene predisposta la strumentazione sia in corrispondenza delle opere di linea e del terreno a tergo (Elab. RC2IA1R11WAOC0000001), sia in corrispondenza dei fabbricati RC2IA1R11PZOC0000001).



NUOVA LINEA AV SALERNO – REGGIO CALABRIA
LOTTO 1 BATTIPAGLIA – PRAIA
LOTTO 1A BATTIPAGLIA – ROMAGNANO E
INTERCONNESSIONE CON LA LS BATTIPAGLIA - POTENZA
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

RELAZIONE GEOTECNICA OPERE ALL'APERTO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC2I	A1R11	GE	GE0000001	A	270 di 270

Per i dettagli sul piano preliminare di monitoraggio si rimanda all'elaborato RC2IA1R11RHOC0000002.