

COMMITTENTE:



ALTA  
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE  
OBIETTIVO N. 443/01  
LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA    Tratta VERONA – PADOVA  
Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza  
PROGETTO ESECUTIVO  
PARTE GENERALE  
GEOLOGIA E GEOTECNICA  
GENERALE  
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE  Ing. Carlo MALAVENDA iscritto all'ordine degli ingegneri di Venezia n. 4289 Data:	Consorzio Iricav Due ing. Paolo Carmona Data:			

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

I	N	1	7	1	0	E	I	2	R	B	G	E	0	0	0	0	0	0	4	B	-	-	-	P	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma Luca RANDOLFI 	Data

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	A. Mingoia	Febbraio 2021	V. Pastore	Febbraio 2021	P. Ascari	Febbraio 2021	 P. Ascari Data: Aprile 2021
B	RECEPIMENTO ISTRUTTORIA VALIDATORE	A. Mingoia	Aprile 2021	V. Pastore	Aprile 2021	P. Ascari	Aprile 2021	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1710EI2RBGE0000004B.DOCX
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2RBGE0000004B</p>	<p>Foglio 2 di 91</p>

## INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	5
2.1	Documentazione di progetto.....	5
2.2	Normativa e standard di riferimento.....	6
2.3	Bibliografia .....	7
3	DESCRIZIONE DELLE CAMPAGNE DI INDAGINE.....	10
4	DATI PIEZOMETRICI.....	15
5	CRITERI DI VALUTAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI.....	22
5.1	Premessa.....	22
5.2	Densità relativa dei materiali a grana grossa .....	22
5.2.1	Generalità .....	22
5.2.2	Sabbie.....	22
5.2.3	Ghiaie.....	23
5.3	Resistenza al taglio – parametri drenati .....	24
5.3.1	Materiali a grana grossa .....	24
5.3.1.1	Angolo di resistenza al taglio di sabbie e ghiaie in accordo a Bolton.....	24
5.3.1.2	Angolo di resistenza al taglio di sabbie e ghiaie in accordo a Schmertmann.....	26
5.3.1.3	Angolo di resistenza al taglio di sabbie in accordo a Robertson (2012) e Jefferies e Been (2006) .....	27
5.3.2	Materiali a grana fine .....	27
5.4	Resistenza al taglio – parametri non drenati .....	28
5.5	Determinazione della storia tensionale – (OCR).....	29
5.6	Determinazione del coefficiente di consolidazione verticale $c_v$ .....	29
5.7	Permeabilità di progetto.....	32
5.8	Parametri di deformazione.....	32
5.8.1	Materiali a grana grossa .....	32
5.8.2	Materiali a grana fine .....	34
5.9	Qualità dei campioni .....	35
6	BREVE DESCRIZIONE DEL TRACCIATO, DELLE OPERE PRINCIPALI DA REALIZZARE E DEL PROFILO STRATIGRAFICO .....	37
6.1	Falda di progetto.....	37
6.2	Tratto compreso fra pk 33+500 e pk 39+200 .....	38
6.3	Tratto compreso fra pk 39+200 e pk 44+250 (fine lotto) .....	57
6.4	Permeabilità .....	73
7	RIASSUNTO DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO .....	74
8	PROBLEMATICHE DI LIQUEFAZIONE.....	75
9	STABILIZZAZIONE SUPERFICIALE DEI MATERIALI IN SITO .....	76

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2RBGE0000004B</p>	<p>Foglio 3 di 91</p>

ALLEGATI.....83

Allegato 1 - Planimetrie tracciato ed ubicazione delle indagini.....84

Allegato 2 – Profili geotecnici.....88

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 4 di 91

## 1 PREMESSA

Il presente documento costituisce il quarto volume della Relazione Geotecnica Generale di Progetto Esecutivo della sub tratta Verona – Vicenza della Linea AV/AC Verona – Padova ed, in particolar modo, riguarda il tratto compreso tra le progressive 33+500 a 44+250.

Il documento si basa su tutti i risultati delle indagini realizzate lungo la tratta in oggetto, sia durante la fase di Progetto Definitivo (d’ora in avanti denominato PD), sia durante ulteriori fasi conoscitive, ad esempio richieste dalla Conferenza dei Servizi, sia nell’ambito della più recente campagna di indagine approntata specificatamente per la fase di Progetto Esecutivo (d’ora in avanti denominato PE).

Il documento è così organizzato:

- definizione dei documenti di riferimento (capitolo 2);
- presentazione delle campagne d’indagine eseguite (capitolo 3);
- sintesi delle misure piezometriche (capitolo 4);
- criteri di valutazione dei parametri geotecnici (capitolo 5);
- breve descrizione delle principali opere e delle condizioni geotecniche e stratigrafiche generali presenti nel Lotto in questione (capitolo 6);
- stima dei principali parametri geotecnici per la progettazione (capitolo 7);
- discussione sulle problematiche di liquefazione (capitolo 8).
- Studio sulla stabilizzazione superficiale dei materiali in sito (capitolo 9)

Scopo del documento è di fornire un quadro geotecnico di riferimento, da utilizzare ai fini del calcolo geotecnico delle opere da realizzare.

Si ricorda che, in ogni caso, in base alla Normativa NTC 2008, l’unico responsabile della parametrizzazione geotecnica, nonché dello sviluppo del modello geotecnico, è il progettista (punto 6.2.2. delle NTC) delle singole opere. Quanto qui di seguito esposto pertanto deve essere inteso come una caratterizzazione geotecnica orientativa, e che il progettista dovrà comunque far propria o modificare a seconda delle condizioni locali, del modello di terreno adottato per il calcolo, e delle caratteristiche dell’opera da progettare.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 5 di 91

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 Documentazione di progetto

- [1] IN1710EI2RHGE0000001A Relazione geologica, caratterizzazione e modellazione geologica del sito 1/2 (da 0+000 a 21+990)
- [2] IN1710EI2RHGE0000002A Relazione geologica, caratterizzazione e modellazione geologica del sito 2/2 (da 22+000 a 44+250)
- [3] IN1710EI2RHGE0000003A Relazione idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)
- [4] IN1710EI2RHGE0000004A Relazione idrogeologica 2/2 (da 22+000 a 44+250)
- [5] IN1710EI2RHGE0000005A Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 1/2 (da 0+000 a 21+990)
- [6] IN1710EI2RHGE0000006A Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 2/2 (da 22+000 a 44+250)
- [7] IN1710EI2LZGE0000012A-22A Planimetria geotecnica con ubicazione indagini e profilo geotecnico
- [8] IN1710EI2RHGE0000007A Relazione di sintesi dei sondaggi e prove eseguite 1/2 (da 0+000 a 21+990)
- [9] IN1711EI2RGGE0000008A Relazione di sintesi dei sondaggi e prove eseguite 2/2 (da 22+000 a 44+250)
- [10] IN1711EI2P5GE0000067A-77A Carta di ubicazione indagini di Progetto Esecutivo, tav. 1-11
- [11] IN1710EI2PRGE0000001A, Indagini in sito di Progetto Esecutivo da pk 0+000 a pk 21+990 - SOCOTEC
- [12] IN1710EI2PRGE0000002A, Indagini in sito di Progetto Esecutivo da pk 21+990 a pk 44+250 - SOCOTEC
- [13] IN1710EI2PRGE0000003A, Indagini in sito di Progetto Esecutivo da pk 0+000 a pk 21+990 - ATI GEOSERVING - GEOLAVORI
- [14] IN1710EI2PRGE0000004A, Indagini in sito di Progetto Esecutivo da pk 21+990 a pk 44+250 - ATI GEOSERVING - GEOLAVORI

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 6 di 91

- [15] IN1710EI2PRGE0000005A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 0+000 a pk 21+990 - SOCOTEC - Vol.1
- [16] IN1710EI2PRGE0000006A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 0+000 a pk 21+990 - SOCOTEC - Vol.2
- [17] IN1710EI2PRGE0000007A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 21+990 a pk 44+250 - SOCOTEC - Vol.1
- [18] IN1710EI2PRGE0000008A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 21+990 a pk 44+250 - SOCOTEC - Vol.2
- [19] IN1710EI2PRGE0000009A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 0+000 a pk 21+990 - ATI GEOSERVING - GEOLAVORI - Vol.1
- [20] IN1710EI2PRGE0000010A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 0+000 a pk 21+990 - ATI GEOSERVING - GEOLAVORI - Vol.2
- [21] IN1710EI2PRGE0000011A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 21+990 a pk 44+250 - ATI GEOSERVING - GEOLAVORI - Vol.1
- [22] IN1710EI2PRGE0000012A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 21+990 a pk 44+250 - ATI GEOSERVING - GEOLAVORI - Vol.2
- [23] IN1710EI2IGGE0000001A, Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo da pk 0+000 a pk 21+990 - SOCOTEC
- [24] IN1710EI2IGGE0000002A, Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo da 21+990 a 44+250 - SOCOTEC
- [25] IN1710EI2IGGE0000003A, Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo da pk 0+000 a pk 21+990 - ATI GEOSERVING - GEOLAVORI
- [26] IN1710EI2IGGE0000004A, Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo da 21+990 a 44+250 -ATI GEOSERVING - GEOLAVORI

## 2.2 Normativa e standard di riferimento

- [27] Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30
- [28] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 7 di 91

### 2.3 Bibliografia

- [29] Andrus, R. D., and Stokoe, K. H. (2000), "Liquefaction resistance of soils from shear-wave velocity", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Eng., ASCE 126(11), 1015–025
- [30] Atkinson J.H. and Salfors G. (1991), "Experimental determination of soil properties. General Session 1", Proc. X ECSMFE, Florence, Vol. 3, pp-915-956.
- [31] Atkinson J.H. (2000), "Non-linear soil stiffness in routine design", Geotechnique, Vol.50, n.5, pp.487-508
- [32] Baligh (1975) "Theory of deep site static cone penetration resistance" Research Report R-75-56, MIT, Cambridge
- [33] Bolton (1986) "The strength and dilatancy of sands" Geotechnique 36 , n° 1
- [34] Chen B.S. e Mayne P.W. (1996), "Statistical relationship between piezocone measurements and stress history of clays", Canadian Geotechnical Journal, n.3, pp.488-499
- [35] Clayton C.R.I. (1995) "The Standard Penetration Test (SPT): Methods and use" CIRIA Report n° 143, 1995
- [36] Cubrinovski, M., and Ishihara, K. (1999) "Empirical Correlation between SPT N-Value and Relative Density for Sandy Soils," Soils and Foundations, Japanese Geotechnical Society, Vol. 39, No. 5, pp 61-71
- [37] DeGroot D.J. e Sandven R. (2004), "General report: Laboratory and field comparison". Proc. ISC-2 Geotechnical and geophysical Site Characterization, Viana da Fonseca & Mayne ed.. pp.1775-1789
- [38] Houlsby G. T., Teh, C. I. (1988) "Analysis of the piezocone in clay" Penetration Testing 1988, ISOPT-1, De Ruiters (ed.). Balkema Rotterdam
- [39] Ishihara K. (1996), "Soil behaviour in earthquake Engineering". Clarendon Press, Oxford
- [40] Ishihara K., Tsukamoto Y., Shimizu Y. (2001) "Estimate of relative density from in-situ penetration tests" Proceedings In-situ 2001, Bali

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 8 di 91

- [41] Jamiolkowski M., Ghionna V.N., Lancellotta R., Pasqualini E. (1988) "New correlations of penetration tests for design practice" Proceedings of I International Symposium on Penetration Testing, ISOPT I, Orlando
- [42] Jeffries M.G. and Been, K. (2006), "Soil liquefaction- A critical state approach". Taylor & Francis, ISBN 0-419-16170-8, 478 pages
- [43] Keaveny J.M. e Mitchell J.K. (1986), "Strength of fine-grained soils using the piezocone". Use of in-situ tests in Geotechnical Engineering (GSP 6), ASCE, Reston, Va., pp.668-699
- [44] Kulhawy F.H. e Mayne P.W. (1990), "Manual on estimating soil properties for foundation design", Cornell University, Geotechnical Engineering Group, Ithaca, New York, EL-6800, Research Project 1493-6
- [45] Lancellotta R. (1987) "Geotecnica" Zanichelli, Bologna
- [46] Lunne T., Berre T. and Strandvik S. (1997), "Sample disturbance effects in soft low plastic Norwegian clay". Conference on Recent Developments in Soil and Pavement mechanics, Rio de Janeiro, June 1997, Proc. pp.81-102
- [47] Lunne, T., Robertson, P.K., Powell, J.J.M. (1997). "Cone Penetration Testing in Engineering Practice" Blackie Academic and Professional, London
- [48] Lunne T., Christoffersen H.P., Tjelta T.I. (1985) "Engineering use of piezocone data in North Sea clays" Proc. XI ICSMFE, S. Francisco
- [49] Mair R.J. (1993), "Developments on geotechnical engineering research.: applications to tunnels and deep excavation. Unwin Memorial Lecture 1992", Proc. Inst. Civ. Engineering, Vol.3, pp.27-41
- [50] Mesri G. e Godlewski P.M. (1977), "Time and stress-compressibility relationship". JGED, ASCE, GT5
- [51] Mesri G. e Abdel-Ghaffar M.E.M. (1993), "Cohesion intercept in effective stress analysis", JGED, ASCE, Vol.119, N.8, Agosto 1993, pp.1229-1249.
- [52] Robertson P.K. and Cabal K.L. (2012), "Guide to Penetration Testing" Gregg Drilling & testing Inc. Publications. 5th Edition, November 2012. Teh, C.I. & Houslsby, G.T. (1991), "An analytical study of the cone penetration test in clay", Geotechnique 41, n. 1, pp. 17-34

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 9 di 91

- [53] Schmertmann J.H. (1978), "Guidelines for cone penetration test performance and design", Report FHWA-TS-78-209, U.S. Department of Transportation, Washington.
- [54] Seed H.B. e Idriss I.M. (1970), "Soil moduli and damping factors for dynamic response analysis", Report EERC 70-10, University of California, EERC, Berkeley
- [55] Seed H.B. and Sun J.I. (1989) Implications of Site Effects in the Mexico City Earthquake of September 19, 1985 for Earthquake-Resistant Design Criteria in the San Francisco Bay Area of California. National Science Foundation, Washington, DC., March 1989, 138 p
- [56] Skempton A.W. (1986) "Standard Penetration Test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, ageing and overconsolidation" Geotechnique 36, n° 3
- [57] 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
- [58] Tavenas F., Leblond P., Jean P., Leroueil S. (1983a) "The permeability of natural soft clays. Part I: Methods of laboratory measurement" Canadian Geotechnical Journal, vol. 20
- [59] Tavenas F., Jean P., Leblond P., Leroueil S. (1983b) "The permeability of natural soft clays. Part II: Permeability characteristics" Canadian Geotechnical Journal, vol. 20
- [60] Terzaghi K., Peck R.B. and Mesri G. (1996), "Soil mechanics in engineering practice", 3rd edition, Wiley & Sons, New York
- [61] Tokimatsu K and Yoshimi Y. (1983), Empirical Correlation of Soil Liquefaction Based on Spt N-Value and Fines Content." Soils and Foundations, Vol.23, Issue no.4, 56-74
- [62] Youd T.D. (1972) "Factors controlling maximum and minimum density of sands" Proceedings of Symposium on Eval. Dens., ASTM STP 523

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 10 di 91

### 3 DESCRIZIONE DELLE CAMPAGNE DI INDAGINE

Per la progettazione della tratta Verona – Padova della linea AV/AC Torino – Venezia, a partire dal 2014 sono state eseguite numerose indagini nell'ambito delle varie fasi progettuali susseguite nel tempo. Le principali sono:

- campagna indagini 2014 e 2015 per PD;
- campagna indagini 2018 per CDS;
- campagna indagini 2020 per PE.

In particolar modo, le indagini relative alla campagna del 2018 hanno fatto seguito alle richieste emerse nella CDS, mentre quelle più recenti riguardano il Progetto Esecutivo. Oltre a queste, sono state individuate alcune indagini storiche risalenti al periodo compreso tra il 1998 ed il 2002.

Le indagini eseguite in sito comprendono:

- sondaggi a carotaggio continuo ed a distruzione di nucleo (BH);
- sondaggi con installazione di piezometro di Casagrande o a tubo aperto (BH-PZ);
- perforazioni per l'esecuzione di prove cross-hole o down-hole (rispettivamente BH-CH e BH-DH);
- prove penetrometriche dinamiche in foro (SPT);
- prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU);
- pozzetti esplorativi (PT);
- prove geofisiche tipo MASW.

La posizione delle indagini eseguite nelle varie fasi di progettazione è illustrata nella Planimetria geotecnica con ubicazione indagini e profilo geotecnico (Doc. Rif. [7]) e riportata in Allegato 1. Per ulteriori dettagli si rimanda alle relazioni di sintesi delle indagini (Doc. Rif. [8] e [9]).

Le indagini disponibili ed esaminate nel tratto in questione sono riportate in Tabella 1.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 11 di 91

*Tabella 1 - Indagini tra pk 33+500 e pk 44+250*

<b>Progressiva pk</b>	<b>ID indagini -</b>	<b>Campagna anno</b>
33+630	S 50	2015
33+718	BH-PE-69	2020-2021
33+770	S 51	2015
33+785	XA203V019	2002
33+887	BH-PE-70	2020-2021
34+030	S 52+CH8	2015
34+130	S 53	2015
34+276	MASW-PE-18	2020-2021
34+381	BH-PZ-PE-72	2020-2021
34+385	BH-DH-PE-71	2020-2021
34+440	S 54	2015
34+505	MASW-PE-19	2020-2021
34+601	BH-PE-73	2020-2021
34+680	S 55	2015
34+742	BH-PE-74	2020-2021
34+810	S 56	2015
35+040	CPTU-PE-42	2020-2021
35+130	S 57	2015
35+298	BH-PE-75	2020-2021
35+365	CPTU-PE-43	2020-2021
35+460	S 58	2015
35+597	CPTU-PE-44	2020-2021
35+850	S 59	2015
36+460	S 60	2015
36+465	XA203B021	2002
36+580	S 61	2015
36+670	S 62	2015
36+768	MASW-PE-20	2020-2021
36+770	S 63+CH9	2015
36+773	BH-DH-PE-76	2020-2021
37+010	S 64	2015
37+240	S 65	2015
37+370	S 66	2015
37+428	MASW-PE-21	2020-2021
37+550	S 67	2015
37+700	S 68	2015
38+013	PT-PE-09	2020-2021
38+040	S 69	2015
38+355	BH-PZ-PE-77	2020-2021
38+480	S 70	2015
38+870	S 71	2015
38+958	BH-PE-78	2020-2021
38+966	BH-PE-79	2020-2021
39+198	MASW-PE-22	2020-2021
39+227	BH-DH-PE-80	2020-2021
39+240	CPTU94	2015
39+250	S 73	2015
39+473	BH-PZ-PE-81	2020-2021
39+770	BH-PZ-PE-82	2020-2021
40+260	CPTU95	2015

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)

Progetto

IN17

Lotto

10

Codifica

EI2RBGE0000004B

Foglio

12 di 91

<b>Progressiva pk</b>	<b>ID indagini -</b>	<b>Campagna anno</b>
40+280	BH-PE-83	2020-2021
40+300	CPTU96	2015
40+300	S 74	2015
40+412	BH-PE-85	2020-2021
40+427	BH-PE-84	2020-2021
40+430	CPTU97	2015
40+440	S 75	2015
40+700	MASW-PE-23	2020-2021
40+718	BH-PE-86	2020-2021
41+110	S 76	2015
41+303	BH-PE-87	2020-2021
41+305	CPTU-PE-47	2020-2021
41+336	PT-PE-11	2020-2021
41+590	CPTU98	2015
41+610	S 77	2015
41+635	S 9	2002
41+643	BH-PE-88	2020-2021
41+754	MASW-PE-24	2020-2021
42+040	S 78	2015
42+279	BH-PE-89	2020-2021
42+440	S 79	2015
42+640	CPTU99	2015
42+750	S 80	2015
42+800	P16	2015
42+984	CPTU-PE-48	2020-2021
43+025	BH-PZ-PE-91	2020-2021
43+025	BH-PE-91Bis	2020-2021
43+035	BH-PE-90	2020-2021
43+042	CPTU-PE-49	2020-2021
43+074	MASW-PE-25	2020-2021
43+095	CPTU-PE-50	2020-2021
43+100	P17	2015
43+140	S 81	2015
43+140	CPTU100	2015
43+226	CPTU-PE-51	2020-2021
43+478	CPTU-PE-52	2020-2021
43+545	BH-PE-92	2020-2021
43+615	CPTU-PE-53	2020-2021
43+700	CPTU101	2015
43+710	S 82	2015
43+750	P18	2015
43+816	CPTU-PE-54	2020-2021
43+990	S 11	2002
44+119	BH-DH-PE-93	2020-2021
44+129	CPTU-PE-55	2020-2021
44+150	CPTU102	2015
44+153	MASW-PE-26	2020-2021
44+510	S 83	2015
44+740	S 84	2015
44+741	CPTU103	2015
44+820	S 85	2015
44+850	P19	2015

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)

Progetto

IN17

Lotto

10

Codifica

EI2RBGE0000004B

Foglio

13 di 91

<b>Progressiva pk</b>	<b>ID indagini -</b>	<b>Campagna anno</b>
44+890	S 86	2015
44+900	CPTU104	2015
45+090	S 87	2015
45+410	CPTU105	2015
46+090	S 88	2015
46+095	S 90	2015
46+097	S 89	2015
46+106	CPTU107	2015
46+129	CPTU108	2015
46+136	S 91	2015
46+212	S 92+CH10	2015
46+226	S 94	2015
46+226	S 96	2015
46+235	CPTU109	2015
46+341	S 93	2015
46+344	S 95	2015
46+346	S 97	2015
46+500	S 98	2015
46+500	CPTU110	2015
46+520	S 100	2015
46+580	CPTU111	2015
46+600	CPTU112	2015
46+600	S 99	2015
46+600	S 101	2015
46+608	S 103	2015
46+625	S 102	2015
46+655	S 104	2015
46+665	CPTU113	2015
46+731	CPTU114	2015
46+735	S 105	2015
46+800	S 7	2002
46+905	S 106	2015
47+020	CPTU116	2015
47+210	S 107	2015
47+220	CPTU117	2015
47+350	S 6	2002
47+370	CPTU118	2015
47+390	S 108	2015
47+610	S 109	2015
47+650	CPTU119	2015
47+650	CPTU120	2015
47+860	S 110	2015
48+330	S 111	2015
48+380	CPTU121	2015
48+580	CPTU122	2015
48+590	S 112	2015
48+618	S 5	2002
48+655	S 112bis	2015
48+790	S 113	2015
48+865	S 113 bis	2015
48+980	CPTU123bis	2015
49+000	CH11	2015

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)

Progetto

IN17

Lotto

10

Codifica

EI2RBGE0000004B

Foglio

14 di 91

<b>Progressiva pk</b>	<b>ID indagini -</b>	<b>Campagna anno</b>
49+100	S 114bis	2015
49+100	CPTU123	2015
49+169	S 4	2002
49+250	S 115bis	2015
49+315	S 115	2015
49+315	CPTU124	2015
49+466	S 2	2002
49+479	S 3	2002
49+502	S 116bis	2015
49+654	S 116 ter	2015
49+666	S 116 quater	2015
49+686	S 116	2015
49+717	S 1	2002
50+570	S 126	2015
50+609	CPTU119b	2015
50+610	S 127	2015
50+650	S 129	2015
50+670	S 130	2015
50+671	CPTU119c	2015
50+721	CPTU119e	2015
50+738	S 131	2015
50+808	S 132	2015
50+808	S 134	2015
50+829	CPTU119f	2015
50+833	S 133	2015
51+050	S 8	2002
51+090	CPTU128	2015
51+222	S 10	2002
51+585	CPTU129	2015
51+660	S 136	2015
51+693	CPTU130	2015
52+020	S 12	2002
91+975	CPTU90 e CPTU90bis	2014/2015

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 15 di 91

#### 4 DATI PIEZOMETRICI

Nelle tabelle che seguono (da Tabella 2 a Tabella 7) si elencano le letture piezometriche eseguite nel corso delle diverse campagne di indagine a partire da novembre 2014.

Per quanto concerne la falda di progetto, si rimanda al capitolo 6.1





<b>GENERAL CONTRACTOR</b>  	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b>  			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 18 di 91

**Tabella 4 – Sintesi dati piezometrici 3/6**

Fk	ID	QUOTA (m slm)	24/11/16	30/11/16	07/12/16	15/12/16	22/12/16	30/12/16	05/01/17	12/01/17	19/01/17	28/01/17	02/02/17	09/02/17	16/02/17	22/02/17	04/03/17	10/03/17	16/03/17	24/03/17	30/03/17	07/04/17	13/04/17	20/04/17	30/04/17	05/05/17	12/05/17	19/05/17	26/05/17	01/06/17
33+780	S51	47.409	5.07					5.36				5.88					5.27				5.35			5.52				4.25	4.70	
34+125	S53	50.773	8.07					8.27				8.73					8.25				8.32			8.30				7.22	7.61	
34+440	S54	50.467	7.49					7.66				8.07					7.66				7.65			7.73				6.68	6.99	
35+480	S56	49.651	6.44					6.46				6.8					6.53				6.5			6.57				5.69		
36+460	S60	49.791	6.14					6.13				6.43					6.26				6.16			6.21				5.34		
37+240	S65	50.588	6.76					6.72				6.97					6.89				6.77			6.77				6.01		
37+380	S66	50.17																												
38+040	S69	51.864	8.32					8.27				8.49					8.47				8.35			8.28				7.71		
39+250	S73	53.098	11.52					11.43				11.66					11.72				11.61			11.53				11.02		
40+300	S74	51.845	11.71					11.74				11.93					11.95				11.9			11.81				11.47		
41+115	S76	49.448	10.86					10.94				11.1					11.11				11.1			11.04				10.78		
41+815	S78	44.68	7.49					7.65				7.78					7.77				7.77			7.67				7.53		
42+750	S80	41.59	5.27					5.45				5.55					5.53				5.57			5.44				5.37		
42+800	P16	40.88	5.02					5.2				5.3					5.28				5.32			5.19				5.12		
43+100	P17	37.179	3.17					3.31				3.39					3.35				3.4			3.28				3.31		
43+100	P17 bis	37.355	2.69					2.85				2.96					2.86				2.97			2.73				2.89		
43+875	S82	35.936	1.78					1.89				1.94					1.91				1.95			1.88				1.92		
43+750	P18	34.505	0.75					0.87				0.94					0.91				0.95			0.85				0.87		
43+750	P18 bis	34.62	0.41					0.66				0.78					0.64				0.78			0.55				0.73		
44+850	P19	31.527																												
44+850	P19 bis	31.55	In press.					In press.				In press.					In press.				In press.			In press.				In press.		
45+375	S88	32.616	0.78					0.91				0.96					0.84				0.91			0.73				0.82		
46+100	S89	32.523	1.34					1.58				1.71					1.37				1.64			1.38				1.56		
46+140	S91	31.461																												
46+140	S95	33.459	In press.					In press.				In press.					In press.				In press.			In press.				In press.		
46+340	S97	32.415	0.35					0.47				0.51					0.44				0.58			0.49				0.75		
46+350	S99	30.47	In press.					In press.				In press.					In press.				In press.			In press.				In press.		
46+800	S103	32.863	In press.					In press.				In press.					In press.				In press.			In press.				In press.		
46+815	S104	33.091	In press.					In press.				In press.					In press.				In press.			In press.				In press.		
46+740	S105	34.561	2.44					2.47				2.7					2.35				2.46			2.44				2.48		
46+915	S106	33.232	0.92					0.98				1.12					0.85				0.95			0.89				0.96		
47+210	S107	33.193	In press.					In press.				0.09					In press.				0.08			In pressione				0.09		
47+390	S108	32.851	In press.					In press.				In press.					In press.				In press.			In pressione				In press.		
47+610	S109	34.352	In press.					In press.				In press.					In press.				In press.			In pressione				In press.		
47+870	S110	34.548	1.49					2.28				2.43					1.89				2.2			1.45				2.06		
48+340	S111	34.446	1.35					1.45				1.46					1.4				1.74			1.62				2.17		
48+690	S112	33.917	0.97					1.11				0.95					0.88				1.56			1.18				1.82		
48+790	S113	34.331	1.81					1.94				1.63					1.59				2.231			1.97				2.55		
49+140	S114 bis	34.197	3.97					4.06				4.09					3.81				4.07			3.98				4.16		
49+370	S115	34.614	4.49					4.56				4.61					4.28				4.55			4.48				4.64		
50+680	S126	32.148	0.91					0.93				0.84					0.73				1.21			1.13				1.26		
50+680	S129	32.678	1.57					1.6				1.49					1.39				1.86			1.77				1.89		
50+670	S130	30.928	2.41					3.02				3.03					2.6				2.77			2.33				2.82		
50+815	S134	31.031	In pressione					In press.				In press.					In press.				0.1			0.01				0.14		
51+660	S136	33.817	3.1					3.29				3.39					3.07				3.18			3.10				3.12		

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)

Progetto

IN17

Lotto

10

Codifica

EI2RBGE0000004B

Foglio

19 di 91

Tabella 5 – Sintesi dati piezometrici 4/6

Pk	ID	QUOTA (m slm)	08/06/17	15/06/17	22/06/17	01/07/17	07/07/17	13/07/17	20/07/17	28/07/17	03/08/17	11/08/17	18/08/17	24/08/17	31/08/17	08/09/17	13/09/17	22/09/17	29/09/17	06/10/17	13/10/17	19/10/17	28/10/17	03/11/17	10/11/17	16/11/17	23/11/17	28/11/17	06/12/17	15/12/17
33+780	S51	47.409				5.80				6.23					6.78				6.88				7.37					7.2		
34+125	S53	50.773				8.54				9.03					9.66				9.80				10.28					10.26		
34+440	S54	50.467				7.91				8.36					8.98				9.11				9.6					9.61		
35+480	S58	49.651				6.57				7.03					7.72				7.87				8.37					8.47		
36+480	S60	49.791				6.15				6.64					7.37				7.59				8.18					8.26		
37+240	S65	50.588				6.84				7.11					7.86				8.12				8.68					8.8		
37+380	S66	50.17																												
38+040	S69	51.864				8.09				8.55					9.34				9.66				10.17					10.36		
39+280	S73	53.098				11.19				11.72					12.39				12.78				13.2					13.42		
40+300	S74	51.645				11.55				11.96					12.49				12.83				13.19					13.25		
41+115	S76	49.448				10.83				11.21					11.57				11.79				12.08					12.21		
41+815	S78	44.68				7.54				7.76					8.10				8.23				8.47					8.54		
42+750	S80	41.59				5.36				5.57					5.85				5.94				6.13					6.17		
42+800	P16	40.88				5.11				5.32					5.60				5.69				5.88					5.92		
43+100	P17	37.179				3.30				3.41					3.59				3.58				3.67					3.66		
43+100	P17 bis	37.355				2.55				2.84					3.53				3.42				3.57					2.93		
43+875	S82	36.936				1.91				1.98					2.15				2.13				2.19					2.18		
43+750	P18	34.505				0.84				0.97					1.14				1.15				1.22					1.19		
43+750	P18 bis	34.62				1.37				1.55					1.74				1.21				1.31					0.58		
	P19	31.527																												
44+850						In press.				In pressione					In pressione				In pressione				In pressione					In press.		
44+850	P19 bis	31.55				0.70				0.83					0.83				0.83				0.78					0.56		
46+375	S88	32.616				0.89				1.00					1.09				1.17				1.06					0.94		
46+100	S89	32.523				1.57				1.79					1.98				1.79				1.84					1.56		
	S91	31.461																												
46+140						In press.				In pressione					In pressione				In pressione				In press.					In press.		
46+340	S95	33.459				0.85				0.87					0.95				0.72				0.67					0.73		
	S97	32.415																												
46+350						In press.				In pressione					In pressione				In pressione				In press.					In press.		
46+800		30.47																												
	S99					In press.				In pressione					In pressione				In pressione				In press.					In press.		
46+815	S103	32.863													0.19				In pressione				In press.					In press.		
46+850	S104	33.091																												
46+740	S105	34.561				2.57				2.64					2.74				2.76				2.71					2.57		
46+915	S106	33.232				1.12				1.22					1.31				1.28				1.18					1.2		
	S107	33.193																												
47+210						In press.				In pressione					0.63				0.29				0.25					0.32		
	S108	32.851																												
47+390						In press.				In pressione					0.42				In pressione				In press.					In press.		
47+810	S109	34.352				1.55				1.63					1.89				1.65				1.5					1.56		
47+870	S110	34.548				2.13				2.54					2.61				2.63				2.62					1.64		
48+340	S111	34.446				1.84				1.87					2.30				1.86				1.65					1.72		
48+590	S112	33.917				1.46				1.47					1.94				1.42				1.03					1.25		
48+790	S113	34.331				2.30				2.28					2.80				2.27				1.86					1.9		
49+140	S114 bis	34.197				4.19				4.29					4.38				4.18				3.98					3.91		
49+370	S115	34.614				4.71				4.80					4.93				4.67				4.51					4.39		
50+580	S126	32.148				1.67				1.75					2.11				1.60				1.41					1.15		
50+880	S129	32.678				2.30				2.38					2.74				2.24				2.04					1.78		
50+870	S130	30.928				2.78				2.86					3.17				2.29				2.85					2.75		
	S134	31.031													0.95				0.49				0.3					0.04		
50+815						0.58				0.62					0.95				0.49				0.3					0.04		
51+880	S136	33.817				3.35				3.52					3.80				3.69				3.61					3.56		

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)

Progetto

IN17

Lotto

10

Codifica

EI2RBGE000004B

Foglio

20 di 91

Tabella 6 – Sintesi dati piezometrici 5/6

Pk	ID	QUOTA (m slm)	20/12/17	30/12/17	05/01/18	11/01/18	18/01/18	25/01/18	03/02/18	06/02/18	13/02/18	21/02/18	28/02/18	06/03/18	15/03/18	24/03/18	28/03/18	04/04/18	13/04/18	19/04/18	27/04/18	03/05/18	11/05/18	18/05/18	24/05/18	31/05/18	07/06/18	14/06/18	22/06/18	30/06/18
33+780	SS1	47.409		6.33					5.05				4.89			3.01					2.88					3.23				3.74
34+125	SS3	50.773		9.45					8.15				7.89			6.21						5.99				6.25				6.77
34+440	SS4	50.467		8.83					7.52				7.24			5.62						5.35				5.57				5.99
35+480	SS8	49.651		7.95					6.53				6.12			4.88						4.38				4.33				4.78
36+480	SS0	49.791		7.85					6.28				5.80			4.68						4.06				3.81				4.25
37+240	SS5	50.588		8.46					6.87				6.37			5.36						4.73				4.37				4.8
37+390	SS6	50.17																												
38+040	SS9	51.864		10.17					8.55				8.03			7.13						6.28				5.81				6.23
39+250	S73	53.098		13.28					11.97				11.31			10.34						9.19				8.75				8.93
40+300	S74	51.645		13.15					12.18				11.70			10.81						10.1				9.78				9.89
41+115	S76	49.448		12.16					11.5				11.05			10.20						9.56				9.27				9.35
41+815	S78	44.68		8.53					8.07				7.74			7.01						6.64				6.38				6.43
42+750	SS0	41.59		6.15					8.79				5.54			5.03						4.59				4.47				4.53
42+800	P16	40.85		5.91					5.54				5.29			4.78						4.34				4.22				4.28
43+100	P17	37.179		3.68					3.46				3.35			3.09						3.02				2.91				2.95
43+100	P17 bis	37.355		3.43					2.65				2.69			2.59						2.63				2.56				2.69
43+875	SS2	35.936		2.2					2.00				1.95			1.71						1.65				1.56				1.64
43+750	P18	34.505		1.22					1.01				0.98			0.82						0.78				0.7				0.74
43+750	P18 bis	34.62		0.96					0.56				0.52			0.39						0.56				0.41				0.53
44+850	P19	31.527		In press.					In press.				In press.			In press.						In press.				In press.				In press.
44+850	P19 bis	31.55		0.55					0.34				0.45			0.30						0.43				0.33				0.42
45+375	SS8	32.616		1.04					0.87				0.86			0.69						0.68				0.66				0.71
46+100	SS9	32.523		1.65					1.32				1.56			1.44						1.42				1.53				1.56
46+140	SS1	31.461		In press.					In press.				In press.			In press.						In press.				In press.				In press.
46+340	SS5	33.459		0.71					0.57				0.58			0.34						0.33				0.29				0.37
46+350	SS7	32.415		In press.					In press.				In press.			In press.						In press.				In press.				In press.
46+600	SS9	30.47		In press.					In press.				In press.			In press.						In press.				In press.				In press.
46+815	S103	32.863		In press.					In press.				In press.			In press.						In press.				In press.				In press.
46+850	S104	33.091																												
46+740	S105	34.561		2.68					2.53				2.48			2.36						2.36				2.41				2.38
46+915	S106	33.232		1.19					1.01				0.99			0.84						0.89				0.88				0.9
47+210	S107	33.193		0.3																										
47+210	S108	32.851		In press.					In press.				In press.			In pressione						In pressione				In press.				
47+390	S109	34.352		1.58					1.42				1.43			1.16						1.23				1.15				1.19
47+870	S110	34.548		1.92					1.47				1.68			1.47						1.91				1.95				1.86
48+340	S111	34.446		1.79					1.59				1.84			1.26						1.34				1.42				1.37
48+590	S112	33.917		1.29					0.99				1.17			0.76						0.84				0.93				0.87
48+790	S113	34.331		1.97					1.64				1.86			1.44						1.57				1.75				1.66
49+140	S114 bis	34.197		3.96					3.81				3.88			3.60						3.81				3.92				3.98
49+370	S115	34.614		4.48					4.30				4.39			3.81						4.05				4.28				4.33
50+580	S126	32.148		1.16					1.02				1.3			0.79						0.96				1.07				1.09
50+880	S129	32.678		1.78					1.64				1.93			1.41						1.48				1.69				1.72
50+870	S130	30.928		2.8					2.69				2.72			2.17						2.66				2.62				2.75
50+815	S134	31.031		0.05					In pressione				0.16			In press.						In pressione				In press.				In press.
51+880	S136	33.817		3.46					3.22				3.19			2.58						2.88				3.01				3.11

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)

Progetto

IN17

Lotto

10

Codifica

EI2RBGE000004B

Foglio

21 di 91

Tabella 7 – Sintesi dati piezometrici 6/6

Pk	ID	QUOTA (m slm)	06/07/18	12/07/18	20/07/18	27/07/18	02/08/18	10/08/18	17/08/18	23/08/18	29/08/18	04/09/18	13/09/18	20/09/18	27/09/18	04/10/18	12/10/18	19/10/18	25/10/18	31/10/18	27/08/20	24/09/20	08-29/10/20	26/11/20
33+760	S51	47.409				4.39					4.66				4.1					4.1	5.63	5.58	4.45	4.78
34+125	S53	50.773				7.35					7.64				7.15					7.08	8.49	8.47	7.89	7.7
34+440	S54	50.467				6.53					6.83				6.4					6.59	7.49	7.48	7.01	7.14
35+460	S58	49.651				5.29					5.61				5.27					5.88	6.58	6.59	6.03	6.03
36+460	S60	49.791				4.76					5.11				4.83					5.15	distrutto	distrutto	distrutto	distrutto
37+240	S65	50.588				5.32					5.67				5.46					5.79	6.68	6.70	6.35	6.19
37+380	S66	50.17																			distrutto	distrutto	distrutto	distrutto
38+040	S69	51.864				6.76					7.12				6.96					7.31	8.30	8.32	8.02	7.9
39+250	S73	53.098				9.5					9.98				9.85					9.95	11.31	11.41	11.15	10.97
40+300	S74	51.645				10.28					10.62				10.59					10.66	inaccessibili	11.71	11.50	11.4
41+115	S76	49.448				9.62					9.93				9.95					9.97	inaccessibili	10.94	10.76	10.69
41+615	S78	44.63				6.64					6.91				6.93					6.92	7.56	7.62	7.46	7.47
42+750	S80	41.59				4.69					4.91				4.94					4.86	distrutto	distrutto	distrutto	distrutto
42+800	P16	40.88				4.44					4.66				4.61					4.61	distrutto	distrutto	distrutto	distrutto
43+100	P17	37.179				3					3.12				3.15					3.02	distrutto	distrutto	distrutto	distrutto
43+100	P17 bis	37.355				2.94					2.84				2.94					2.73	distrutto	distrutto	distrutto	distrutto
43+675	S82	36.936				1.63					1.73				1.77					1.65	1.91	1.93	1.83	1.87
43+750	P18	34.505				0.77					0.89				0.96					0.84	distrutto	distrutto	distrutto	0.82
43+750	P18 bis	34.62				0.58					0.64				1.41					1.12	1.73	1.71	0.54	0.7
44+850	P19	31.527				In press.					In press.				In press.					In press.	In press.	In press.	In press.	In press.
44+850	P19 bis	31.55				0.54					0.62				0.6					0.26	0.15	0.15	05 sopra p	0.03
45+375	S88	32.616				0.73					0.82				1.01					0.7	0.81	0.96	0.74	0.84
46+100	S89	32.523				1.58					1.74				1.79					1.4	1.73	1.77	1.54	1.62
46+140	S91	31.461				In press.					In press.				In press.					In press.	inaccessibili	inaccessibili	inaccessibili	inaccessibili
46+340	S95	33.459				0.34					0.42				0.65					0.95	inaccessibili	inaccessibili	inaccessibili	inaccessibili
46+350	S97	32.415				In press.					In press.				In press.					In press.	inaccessibili	inaccessibili	inaccessibili	inaccessibili
46+600	S99	30.47				In press.					In press.				In press.					In press.	In press.	In press.	In press.	In press.
46+615	S103	32.863				In press.					In press.				In press.					In press.	In press.	In press.	In press.	In press.
46+650	S104	33.091																			distrutto	distrutto	distrutto	distrutto
46+740	S105	34.561				2.48					2.52				2.62					2.55	inaccessibili	inaccessibili	inaccessibili	inaccessibili
46+915	S106	33.232				0.94					1.02				1.16					0.98	inaccessibili	inaccessibili	inaccessibili	inaccessibili
47+210	S107	33.193				0.12					In press.				0.14					In press.	0.08	0.16	0.04	0.05
47+390	S108	32.851				In press.					In press.				In press.					In press.	distrutto	distrutto	distrutto	distrutto
47+610	S109	34.352				1.2					1.27				1.35					1.33	1.35	1.41	1.32	1.29
47+870	S110	34.548				2.24					2.36				2.52					1.24	2.45	1.97	1.52	2.23
48+340	S111	34.446				1.49					1.57				1.89					1.28	1.79	1.71	1.51	1.56
48+590	S112	33.917				1.03					1.1				1.44					0.78	1.32	1.25	1.05	distrutto
48+790	S113	34.331				1.89					1.98				2.27					1.62	2.34	2.28	2.01	2.12
49+140	S114 bis	34.197				4.17					4.3				4.16					3.79	4.03	4.04	3.86	4.12
49+370	S115	34.614				4.48					4.64				4.52					4.11	4.47	4.54	4.38	4.52
50+560	S126	32.148				1.37					1.51				1.45					1.15	1.78	1.70	1.29	1.43
50+660	S129	32.678				2.01					2.14				2.07					1.77	2.38	2.30	1.90	2.05
50+670	S130	30.928				2.71					2.93				2.99					2.22	2.99	2.68	2.54	2.93
50+815	S134	31.031				0.25					0.39				0.32					0.03	0.61	0.55	0.15	0.28
51+660	S136	33.817				3.33					3.49				3.51					3.2	In misura	In misura	In misura	non misur

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBGE0000004	A

## 5 CRITERI DI VALUTAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI

### 5.1 Premessa

Di seguito si illustrano le metodologie seguite per una valutazione dei parametri geotecnici di seguito proposti, a partire dai dati di prove in sito e di laboratorio.

Si precisa che, in accordo a quanto previsto dalle NTC 2008 al punto 6.2.2, rimane responsabilità del progettista l'assunzione del modello geotecnico e dei parametri da adottare nel calcolo. In tale luce, il progettista dovrà quindi valutare le condizioni locali, e potrà assumere, sempre a partire dai dati di base (indagini in sito e prove di laboratorio contenute nei documenti di riferimento), valori diversi da quelli qui stimati e proposti, anche utilizzando correlazioni diverse da quelle di seguito esposte.

### 5.2 Densità relativa dei materiali a grana grossa

#### 5.2.1 Generalità

I valori di densità relativa dei terreni a grana grossa (sabbie e ghiaie), è stata svolta a partire dai dati delle prove SPT e CPT.

#### 5.2.2 Sabbie

Per le sabbie, i valori di  $D_r$  a partite dai dati SPT sono stati stimati in accordo a quanto indicato in Skempton (1986). Nella formulazione adottata, la densità relativa  $D_r$  può essere correlata al valore  $N_{SPT}$  con la seguente legge:

$$D_r = \left( \frac{1}{A+B \cdot \sigma_{vo}'} \cdot N_{SPT} \right)^{0.5}$$

essendo:

A, B = costanti empiriche indicate in Tabella 8;

$\sigma_{vo}'$  = pressione verticale efficace esistente in sito alla quota della prova SPT ( $\text{kg/cm}^2$ );

$N_{SPT}$  = numero di colpi per 30 cm di infissione;

Tabella 8 - Costanti empiriche A e B (Skempton, 1986)

Tipo di materiale	A	B
Sabbie fini normalmente consolidate	27,5	27,5
Sabbie grosse normalmente consolidate	43,3	21,7
Sabbie sovra consolidate	27,5 - 43,3	(21,7 - 27,5)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 23 di 91

Per quanto concerne invece la stima della  $D_r$  a partire dai dati CPT, ci si è avvalsi della correlazione proposta da Kulhawy and Mayne (1990, Doc. rif. [44]):

$$(D_r)^2 = Q_{tn} / k_{Dr}$$

dove:

$Q_{tn}$  resistenza alla punta normalizzata =  $(q/p_a) / (\sigma'_{vo}/p_a)^{0.5}$ ;

$k_{Dr}$  costante valida per sabbie silicee e posta pari a 350; dipendente dalla compressibilità, dal grado di sovraconsolidazione e dall'età del deposito. Per le sabbie medie, tipicamente normalconsolidate e relativamente recenti incontrate nell'area in questione, si è adottato un valore costante e pari a 350, per assunto come rappresentativo per le sabbie per la tratta in esame;

$p_a$  pressione atmosferica = 98.1 kPa;

$\sigma'_{vo}$  tensione verticale efficace alla generica quota.

Tale correlazione è di fatto stata impiegata solo per le sabbie, avendo il penetrometro generalmente incontrato rifiuto nelle ghiaie.

### 5.2.3 Ghiaie

L'interpretazione dei valori  $N_{SPT}$  per le ghiaie è stata eseguita in accordo al metodo proposto da Cubrinowski & Ishihara (1999, Doc. rif. [36]) per materiali normalmente consolidati, caratterizzati da un coefficiente di spinta a riposo  $k_o$  dell'ordine di 0,4÷0,5, successivamente esteso da Ishihara et al. (2001, Doc. rif. [40]) anche al caso dei terreni sovraconsolidati. Tale metodo utilizza la seguente espressione:

$$D_r = \left\{ \frac{(N_{SPT})_{78\%} \cdot \left(0,23 + \frac{0,06}{D_{50}}\right)^{1.7}}{9} \cdot \left(\frac{98}{\sigma'_{vo}}\right)^{1/2} \cdot \left(\frac{k_{o,NC}}{k_{o,SC}}\right)^{1/2} \right\}^{1/2}$$

essendo:

$D_r$  densità relativa (-);

$(N_{SPT})_{78\%}$  numero di colpi/30 cm associabile ad un'energia trasferita alle aste pari al 78% di quella teorica (-);

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 24 di 91

$D_{50}$	diametro delle particelle corrispondente al 50% di passante (mm);
$\sigma'_{vo}$	pressione verticale efficace geostatica (kPa);
$k_{o,NC}$	coefficiente di spinta a riposo di terreni normalmente consolidati (-) (si veda il paragrafo precedente);
$k_{o,SC}$	coefficiente di spinta a riposo di terreni sovraconsolidati (-) (si veda il paragrafo precedente).

Si rileva che l'espressione sopra indicata è applicabile al caso di:

- Energia trasferita alle aste pari al 78%. L'esperienza acquisita nelle indagini eseguite in Italia ha mostrato che mediamente l'energia trasferita alle aste è inferiore al 78% e pari all'incirca al 60%; nell'applicazione della formula, il valore  $N_{SPT}$  misurato, assunto pari a  $(N_{SPT})_{60\%}$ , viene pertanto corretto in base alla seguente equazione:

$$(N_{SPT})_{78\%} = (N_{SPT})_{60\%} \cdot \frac{60}{78}$$

- Resistenze ottenute con il campionatore standard nelle sabbie e con il campionatore LPT, di diametro maggiore rispetto a quello standard, nel caso delle ghiaie. In questa sede, in mancanza di prove con il campionatore LPT, l'applicazione della formula in presenza di terreni sabbioso-ghiaiosi ( $D_{50} \geq 1$  mm) è stata fatta senza apportare alcuna correzione ai valori  $N_{SPT}$  misurati (su tale aspetto si vedano Clayton, 1995 [35]; Skempton, 1986 [54]; Tokimatsu & Yoshimi, 1983 [61]).

## 5.3 Resistenza al taglio – parametri drenati

### 5.3.1 Materiali a grana grossa

Per i materiali a grana grossa (sabbie e ghiaie), i valori dei parametri di resistenza al taglio sono stati qui stimati a partire dai risultati delle prove in situ, e segnatamente dalle prove SPT e CPT.

Sia per sabbie che per le ghiaie i valori di angolo di resistenza al taglio operativo è stato stimato considerando diversi approcci, qui di seguito descritti.

#### 5.3.1.1 Angolo di resistenza al taglio di sabbie e ghiaie in accordo a Bolton

L'angolo di resistenza al taglio di picco  $\varphi'$  può essere determinato con il metodo proposto da Bolton (1986, Doc. rif. [33]). Tale metodo, unitamente alla procedura utilizzata per tenere conto della non linearità dell'involuppo di rottura, può essere sintetizzato nel modo seguente.

La non linearità dell'involuppo di rottura può essere messa in conto facendo riferimento alla nota

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 25 di 91

espressione di Baligh (1975, Doc. rif. [32]):

$$\tau_{ff} = \sigma_{ff}' \cdot [\tan \varphi_o' + \tan \alpha \cdot (\frac{1}{2.3} - \log_{10} \frac{\sigma_{ff}'}{p_a})]$$

essendo:

- $\varphi_o' > \varphi_{cv}'$       angolo di attrito riferito ad una pressione  $\sigma_{ff}' = 272$  kPa (°);
- $\varphi_{cv}'$             angolo di attrito a volume costante, corrispondente a pressioni  $\sigma_{ff}'$  elevate (°);
- $\alpha$                 angolo che determina la curvatura dell'involuppo di rottura (°);
- $p_a$                 98.1 kPa;
- $\sigma_{ff}'$             tensione efficace normale alla superficie di rottura (kPa);
- $\tau_{ff}$                 tensione di taglio agente sulla superficie di rottura (kPa).

L'angolo di attrito  $\varphi_o'$  può essere stimato come segue (v. Bolton 1986, Doc. rif. [33]):

- $\varphi_o'$                  $\varphi_{cv}' + m \cdot DI$
- $DI$                  $D_r \cdot [Q \cdot \ln(p_f')] - 1$

essendo:

- $Q$                 10
- $p_f'$                  $1.4 \cdot \sigma_{ff}'$  (v. Jamiokowski et al. 1988, Doc. rif. [41]) (kPa)
- $m$                 costante empirica dipendente dalle condizioni di deformazione prevalenti (v. Tabella 9) (°)
- $D_r$                 densità relativa, valutata in accordo con quanto riportato al punto 5.2

*Tabella 9 - Valori della costante empirica m secondo Bolton (1986)*

<b>Condizioni di rottura</b>	<b>m(-)</b>
Tipo prova triassiale di compressione ( $\sigma_2' = \sigma_3'$ )	3
Tipo prova triassiale in estensione o di deformazione piana ( $\sigma_2' \neq \sigma_3'$ )	5

$\sigma_2'$  = tensione principale efficace intermedia

$\sigma_3'$  = tensione principale efficace minore

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 26 di 91

I valori dell'angolo di attrito  $\varphi_{cv}$  possono essere ricavati da prove di laboratorio (triassiali o di taglio diretto) su provini ricostituiti a basse densità relative  $e$ , in assenza di queste ultime, assegnati in base a quanto indicato nella Tabella 10 (vedi ad esempio Youd 1972 o Stroud 1988, Doc. rif. [62] e [57]).

Tabella 10 - Valori di  $\varphi_{cv}$  per sabbie silicee secondo quanto riportato in Stroud (1988) e Youd (1972)

	Sabbie ben gradate	Sabbie uniformi
Sabbie a spigoli vivi	$\varphi_{cv}' = 38^\circ$	$\varphi_{cv}' = 34^\circ$
Sabbie a spigoli arrotondati	$\varphi_{cv}' = 33^\circ$	$\varphi_{cv}' = 30^\circ$

Nel caso delle ghiaie si potrà assumere mediamente  $\varphi_{cv}' = 35^\circ \div 36^\circ$ .

Per la determinazione di  $\alpha$  si può fare riferimento a quanto indicato in Jamiolkowski et al. (1988), e precisamente:

$$\alpha = \frac{D_r - 0.2}{0.8} \cdot 10^\circ > 0^\circ$$

### 5.3.1.2 Angolo di resistenza al taglio di sabbie e ghiaie in accordo a Schmertmann

Il valore dell'angolo di resistenza al taglio operativo per sabbie e ghiaie è stato anche stimato in accordo alla formulazione proposta da Schmertmann (1978, Doc. rif. [53]), ed illustrata nella Figura 1, sulla base dei valori di densità relativa stimati al punto 5.2, ed entrando nel grafico a seconda della granulometria prevalente del materiale riscontrato in un data area.

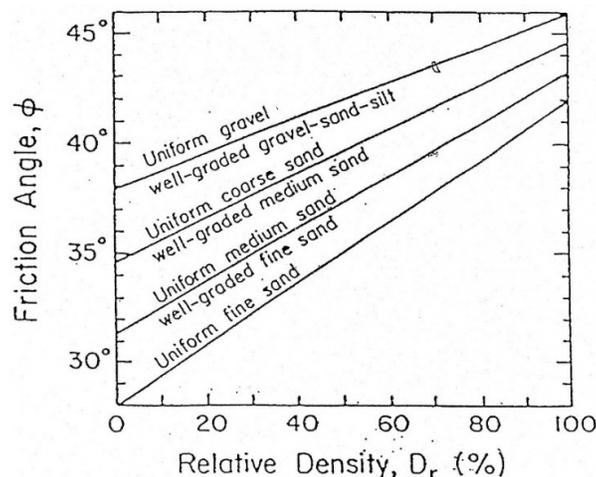


Figura 1 - Relazione fra angolo di resistenza al taglio operativo e densità relativa

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 27 di 91

### 5.3.1.3 Angolo di resistenza al taglio di sabbie in accordo a Robertson (2012) e Jefferies e Been (2006)

Sulla base degli studi di Jefferies e Been (2006, Doc. rif. [42]), Robertson (2012, Doc. rif. [52]) ha proposto la seguente correlazione fra la resistenza alla punta normalizzata  $Q_{tn}$  ed il valore dell'angolo di attrito a volume costante  $\phi_{cv}$ :

$$\phi' = \phi'_{cv} + 15.94 * \log(Q_{tn}) - 26.88$$

dove

$Q_{tn}$  resistenza alla punta normalizzata  $= (q_t - \sigma_{v0}) / \sigma'_{v0}$ ;

$\phi'_{cv}$  angolo d'attrito a volume costante, considerato variabile fra 32° e 34°.

### 5.3.2 Materiali a grana fine

Avendo a disposizione prove triassiali consolidate non drenate, si è generalmente proceduto ad una stima dei parametri di resistenza al taglio drenata  $c'$  e  $\phi'$  mediante interpolazione dei punti di rottura.

In alternativa, i valori sono stati stimati sulla base delle correlazioni riportate nelle Figura 2 e nella Figura 3, come citati da Mesri e Abdel Ghaffar (1993) (Doc. rif. [50]). I valori riportati nell'articolo citato si riferiscono a back-analysis di rotture di pendii, in argille NC e OC.

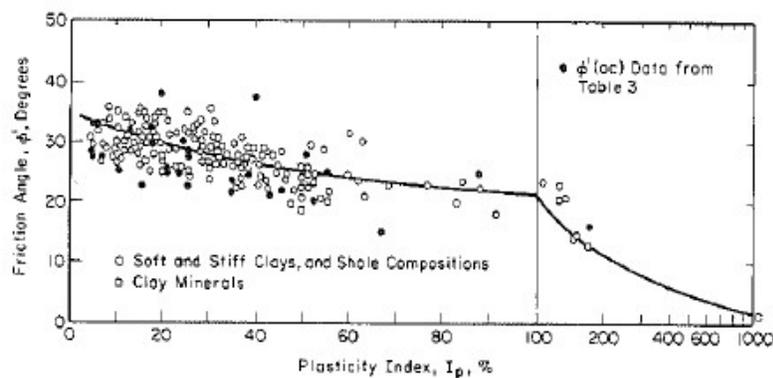


Figura 2 - Valori dell'angolo di resistenza al taglio per materiali argillosi (Mesri e Abdel-Ghaffar, 1993)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2RBGE0000004B</p>	<p>Foglio 28 di 91</p>

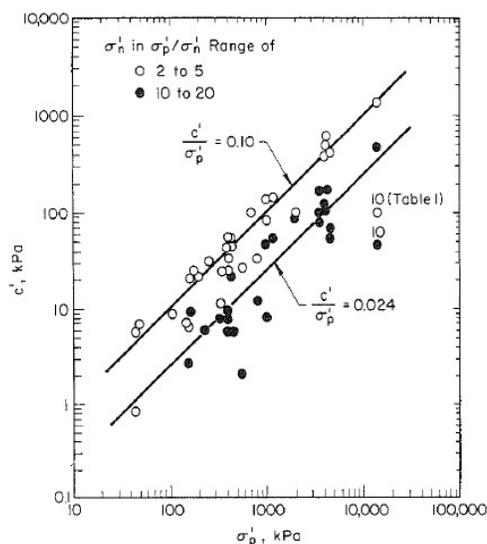


Figura 3 - Valori della coesione intercetta  $c'$  in funzione della tensione di preconsolidazione e del valore della tensione normale al piano di rottura, al momento della rottura  $\sigma'_n$  (da Mesri e Abdel-Ghaffar, 1993)

#### 5.4 Resistenza al taglio – parametri non drenati

I valori delle resistenze al taglio non drenata  $c_u$  sono stati stimati sulla base delle prove di laboratorio, e sulla base delle prove in sito CPTU.

Nella stima dei parametri qui di seguito fornita, si è tenuto in conto quanto segue:

- I valori delle prove di laboratorio possono talora essere affetti da un grado di disturbo del campione. Nella loro valutazione si è quindi tenuto conto di tale grado, stimato sulla base di diversi elementi, ed in particolare:
  - sulla natura dei materiali, tenendo conto che i materiali con elevata componente sabbioso-limoso, sono generalmente più sensibili al campionamento;
  - sulla compatibilità fra valori delle prove speditive (pocket e vane) condotte sulle carote (in sito o in laboratorio), e valori da prove triassiali;
  - privilegiando i valori ottenuti da prove consolidate non drenate (TX-CIU), rispetto a quelle del tipo TX-UU, che usualmente, ed in particolare per i materiali più teneri, e più sensibili al campionamento, possono sottostimare le reali resistenze di sito;
- i valori ottenuti da prove in sito CPTU risultano in genere affidabili, essendo supportati da numerosi studi, sia teorici che empirici, che dimostrano una stretta correlazione fra la resistenza alla punta  $q_t$  e il valore della resistenza al taglio non drenata.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 29 di 91

Per l'interpretazione delle prove CPTU, ci si è avvalsi della seguente correlazione, derivata essenzialmente dalla teoria della capacità portante di fondazioni profonde:

$$c_u = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{N_k}$$

utilizzando un fattore  $N_k = 14$ , in accordo a Lunne et al. (1997, Doc. rif. [47]).

## 5.5 Determinazione della storia tensionale – (OCR)

Per la valutazione della tensione di preconsolidazione dei materiali argillosi, si è in generale fatto riferimento alle prove edometriche, ove il valore della tensione di preconsolidazione è stato stimato con il classico metodo di Casagrande.

In alternativa, il valore della tensione di preconsolidazione (e quindi di OCR), è stato anche valutato sulla base dei dati CPTU mediante la seguente correlazione di Chen e Mayne (1996, Doc. rif. [34]):

$$\sigma'_p = k \cdot (q_t - \sigma_{v0})$$

in cui il valore del coefficiente  $k$  viene stimato a partire dal valore dell'indice di plasticità  $IP$ , nel modo seguente:

$$k = 0.86 \cdot IP^{-0.28}$$

Un valore di  $k = 0.33$  è stato generalmente considerato adeguato per i materiali rinvenuti nella tratta.

## 5.6 Determinazione del coefficiente di consolidazione verticale $c_v$

Il valore del coefficiente di consolidazione verticale è stato ottenuto generalmente dalle prove edometriche, affidandosi ai provini di migliore qualità.

In alternativa, il valore può anche essere stimato interpretando le prove di dissipazione, ed ottenendo il valore del coefficiente di consolidazione orizzontale  $c_h$ , in accordo a Teh e Houlsby (1988, Doc. rif. [38]).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 30 di 91

La relazione proposta è la seguente:

$$T^* = \frac{c_h t}{r^2 \sqrt{I_r}}$$

essendo:

- $T^*$       fattore adimensionale funzione della percentuale di dissipazione della sovrappressione interstiziale iniziale; per un grado di dissipazione del 50% si ha  $T^* = 0.245$ ;
- $I_r$       indice di rigidità del materiale, stimato in base alla Figura 4 (Keaveny and Mitchell, 1986, Doc. rif. [43]), funzione dell'indice di plasticità del materiale. Per il caso in esame, si è considerato  $I_r = 140$   
 $I_r \approx \frac{0.65 \cdot G_o}{c_u}$  = indice di rigidità;
- $r$       raggio del cono, pari a 1.78 cm;
- $t$       tempo necessario a raggiungere un determinato grado di dissipazione.

*Tabella 11 - Fattore adimensionale T (da Houlsby & Teh (1988))*

	Grado di consolidazione U %			
	30	40	50	60
Pietra porosa sulla punta	T = 0.032	T = 0.063	T = 0.118	T = 0.226
Pietra porosa alla base del cono	T = 0.078	T = 0.142	T = 0.245	T = 0.439

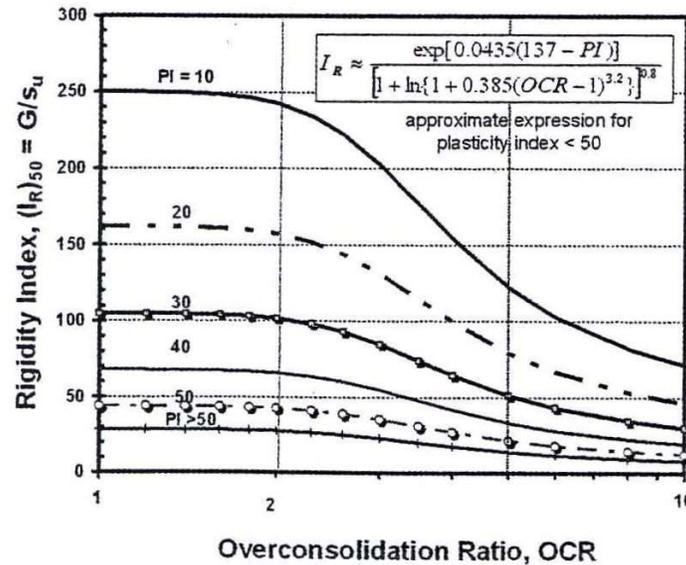


Figura 4 – Coefficiente di sovraconsolidazione in funzione dell'indice di rigidezza (Keaveny and Mitchell, 1986)

Nei piezoconi tradizionalmente impiegati in Italia, la pietra porosa si trova alla base della punta (u2), si è fatto quindi riferimento ai valori riportati nella seconda riga della Tabella 11.

In accordo alle indicazioni di Baligh (1975, Doc. rif. [32]), il processo di dissipazione della sovrappressione interstiziale avviene nel ramo di scarico. In sostanza, la penetrazione della punta provoca un eccesso di sovrappressioni interstiziali, e la loro dissipazione fa tornare le tensioni efficaci allo stato precedente l'infissione. Pertanto, i valori di  $c_h$  ottenuti da tale formulazione (ma non solo da questa), sono relativi allo stato di sovraconsolidazione del materiale.

Per ottenere il valore di  $c_h$  nelle condizioni NC, Baligh propone di correggere il valore ottenuto con un coefficiente pari al rapporto fra il valore del coefficiente di ricompressione RR e quello di compressione vergine CR, entrambi ottenuti da prove edometriche. Si applica quindi la seguente correlazione:

$$C_h(NC) = C_h(OC) \frac{RR}{CR} \approx \frac{C_h(OC)}{8}$$

Nella valutazione del coefficiente in direzione verticale, si è tenuto conto di quanto suggerito da Lancellotta (1987, Doc. rif. [44]):

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 32 di 91

- nei depositi argillosi uniformi, non tettonizzati, la permeabilità in direzione orizzontale può essere più elevata che non in direzione verticale, in virtù di strutture deposizionali, per un fattore dell'ordine di 1.5;
- nel caso di terreni stratificati, con fitte alternanze sabbioso-limose, i valori del rapporto  $k_h / k_v$  possono essere sensibilmente più elevati, e variare nel campo 5-15.

## 5.7 Permeabilità di progetto

Per quanto concerne i valori di permeabilità, si presentano nel seguito i risultati delle prove di tipo Lefranc. Per quanto concerne la valutazione della permeabilità dell'acquifero sabbioso-ghiaioso di San martino Buonalbergo, si rimanda alle relazioni e agli studi specialistici contenuti nel documento dello studio idrogeologico (Doc. Rif. [4]).

Si ricorda come i valori di permeabilità siano fortemente influenzati da condizioni locali. Si raccomanda pertanto, nel caso di assunzione per il dimensionamento di opere di aggotamento della falda, ed in generale per analisi di filtrazione, di esaminare attentamente le condizioni e la stratigrafia locale del sito, e valutare il possibile ampio spettro di valori che la permeabilità può assumere. Ciò tenendo anche conto dei fattori legati all'anisotropia dei depositi, in coerenza con quanto sopra riportato per il valore del coefficiente di consolidazione in direzione verticale ed orizzontale.

## 5.8 Parametri di deformazione

### 5.8.1 Materiali a grana grossa

Per quanto concerne la stima dei parametri di deformabilità dei materiali a grana grossa, si è ritenuto di procedere come segue:

- valutazione dei moduli di taglio e di Young iniziali  $G_0$  ed  $E_0$ , sulla base dei dati delle misure geofisiche effettuate nelle diverse fasi progettuali, (CH, DH e MASW), con un confronto dei dati sperimentali con i valori e le tendenze deducibili dalle prove penetrometriche dinamiche (SPT) e statiche (CPT);
- sulla base dei valori tipici di deformazione attesa per le diverse opere (seguendo ad esempio quanto raccomandato da Atkinson e Salfors (1991, Doc. rif. [30]), e da Atkinson (2000, Doc. rif. [31]), e riportato in Figura 5), valutazione dell'entità del degrado dei moduli iniziali, facendo riferimento a curve di letteratura.

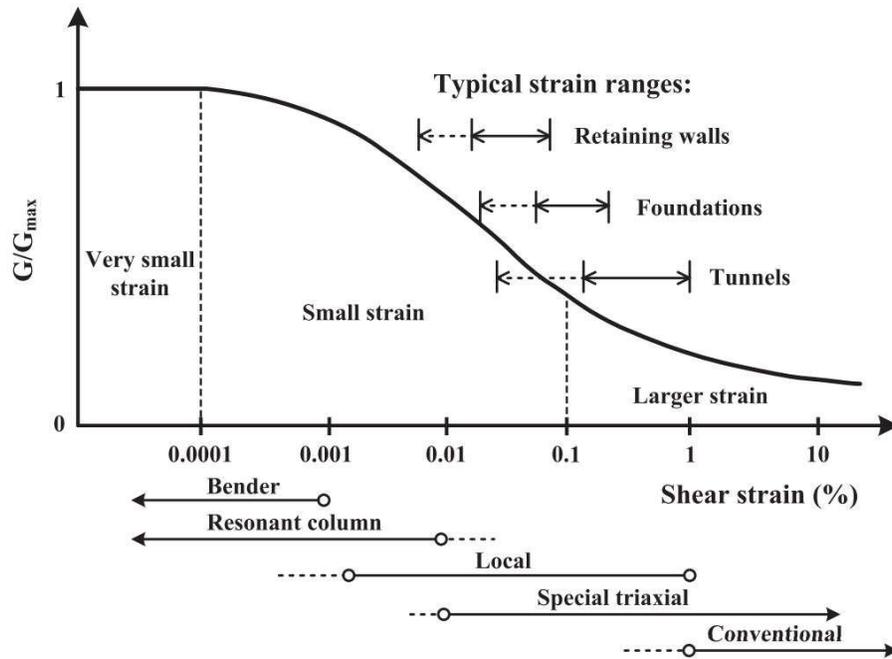


Figura 5 – Livelli deformativi raggiunti dal terreno per diverse opere di ingegneria (Doc. rif. [29], [30])

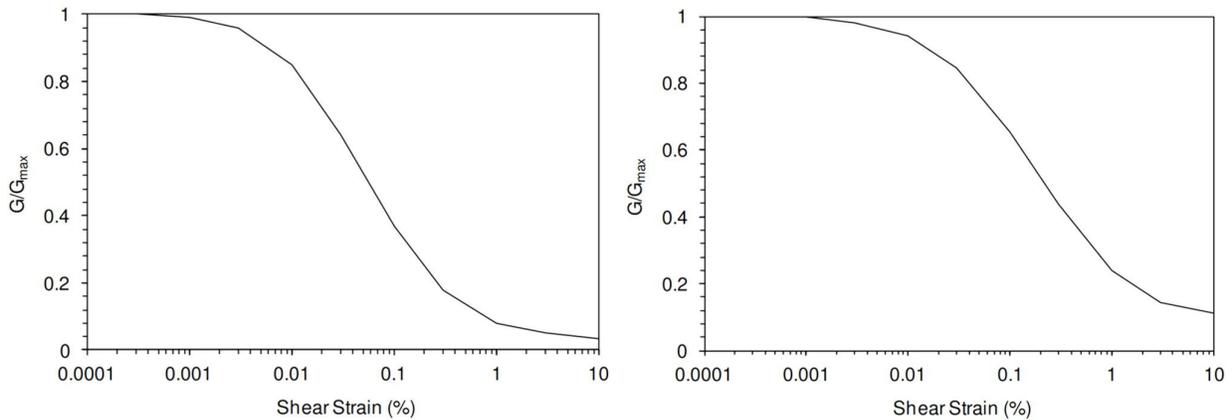


Figura 6 – Curva di decadimento del modulo di taglio per depositi sabbiosi (a sinistra, Doc. rif. [54]) e argillosi (a destra, Doc. rif. [55])

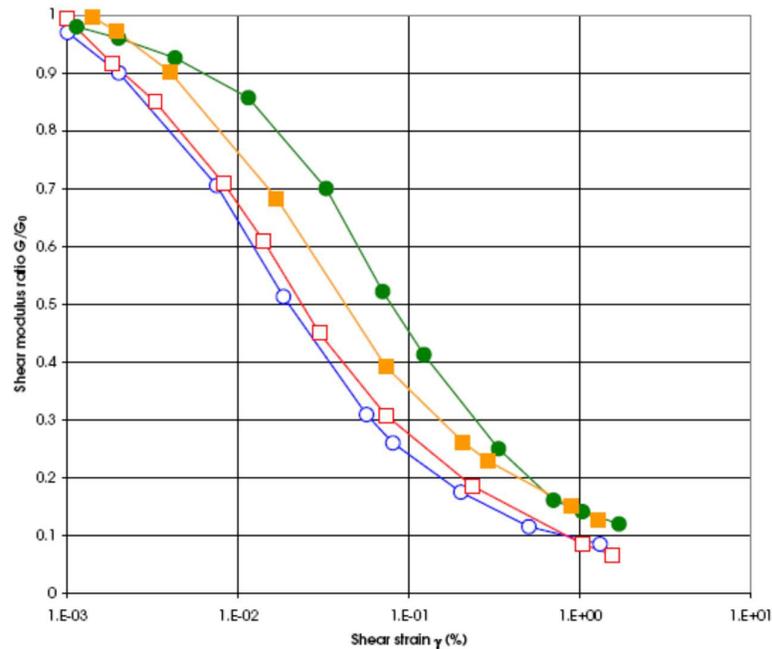


Figura 7 – Altro esempio di curva di decadimento del modulo di taglio (Doc. rif. [39])

Le curve di degrado del modulo in funzione della distorsione a taglio a disposizione in letteratura sono molte e il progettista potrà scegliere quella che riterrà più opportuna. In questa sede, si sono generalmente proposti valori di moduli di Young operativi, validi per il calcolo di cedimenti di fondazioni superficiali e per scavi, ipotizzando valori del decadimento del modulo dell'ordine di  $1/3 \div 1/5$  di quello iniziale.

In linea di principio, nel momento in cui anche un generico materiale argilloso, per effetto del cambio tensionale, si trovi in un campo deformativo a principale componente elastica, si può seguire allo stesso modo questa procedura.

### 5.8.2 Materiali a grana fine

Quando non ci si trovi ad operare in campo elastico, e convenga invece adottare parametri che definiscano il comportamento sia nel ramo di ricarica (comportamento elastico o pseudo-elastico), e nel campo di compressione vergine, per la definizione dei parametri di deformazione vengono forniti i valori di RR e CR, (rapporto di ricompressione e di compressione vergine), nel piano  $\varepsilon_v - \log \sigma'_v$ .

Per quanto invece concerne la deformabilità viscosa, viene fornito, quando di possibile interesse, un valore

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 35 di 91

di  $c_{\alpha\varepsilon}$  (coefficiente di compressibilità secondaria), sempre nel piano  $\varepsilon_v$ - $\log\sigma'_v$ , generalmente dedotto, laddove disponibili, dalle prove edometriche. In alternativa, si è utilizzata la correlazione proposta da Mesri e Godlewski (1977, Doc. rif. [51]):

$$c_{\alpha\varepsilon}/CR = 0.04 \pm 0.01.$$

Infine, nel caso in cui ci si è trovati di fronte a strati di modesto spessore in profondità (>15-20 m da p.c.), per i quali non sono disponibili misure geofisiche né prove di laboratorio, il valore del modulo di Young operativo, da impiegare solo nel caso in cui il materiale sia ricaricato nel ramo della ricompressione, e quindi senza importanti deformazioni plastiche, è stata stimato con la correlazione empirica:

$$E' = 200-300 \cdot c_u.$$

## 5.9 Qualità dei campioni

Per i materiali argillosi, molti dei dati qui dedotti ed in particolare quelli relativi alla storia tensionale ed alla deformabilità, provengono dall'interpretazione dei risultati delle prove meccaniche di laboratorio ed in particolare delle prove edometriche.

Con riferimento a queste prove, la qualità dei campioni indisturbati di materiali argillosi può essere valutata sulla base di criteri proposti in letteratura. Ad esempio Lunne et al. (1997, Doc. rif. [46]) e Terzaghi et al. (1996, Doc. rif. [57]), propongono una classificazione della qualità dei campioni basata sulla misura dell'entità di deformazione del campione all'applicazione della tensione verticale efficace di sito  $\sigma'_{v0}$ . Il principio alla base di tale criterio di valutazione è che maggiore è il valore della deformazione a tale livello tensionale, maggiore è il disturbo. In termini quantitativi, le tabelle che seguono mostrano la classificazione come riportata da De Groot e Sandven (2004) (Doc. rif. [37]).

Tabella 12 - Grado di affidabilità dei campioni (SQD) Terzaghi et al. (1996)

Deformazione volumetrica $\varepsilon_{vol}(\%)$ a $\sigma'_{v0}$ (in una prova edometrica $\varepsilon_{vol} = \varepsilon_{assiale}$ )	SQD
<1	A (best)
1÷2	B
2÷4	C
4÷8	D
>8	E (worst)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 36 di 91

*Tabella 13 - Grado di affidabilità dei campioni Lunne et al. (1997).  $\Delta e/e_0$  a  $\sigma'_{v0}$*

OCR = 1 ÷ 2	OCR = 2 ÷ 4	Livello
< 0.04	< 0.03	Da molto buono a eccellente
0.04 ÷ 0.07	0.03 ÷ 0.05	Da buono ad accettabile
0.07 ÷ 0.14	0.05 ÷ 0.10	Scarso
>0.14	>0.10	Molto scarso

In virtù di tale classificazione, si sono esclusi generalmente i dati provenienti dai campioni di scarsa qualità. In ogni caso, il progettista può utilmente consultare direttamente il dato sperimentale, al fine di valutare l'attendibilità dell'operazione svolta.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 37 di 91

## 6 BREVE DESCRIZIONE DEL TRACCIATO, DELLE OPERE PRINCIPALI DA REALIZZARE E DEL PROFILO STRATIGRAFICO

Il tratto d'interesse è compreso tra le pk 33+500 (fine Viadotto di Montebello) e pk 44+250 ed è rappresentato nelle Figure in Allegato 1. All'interno di esso si prevede la realizzazione di:

- viadotti VI21 e Guà;
- Ponte sul Rio Guà;
- gallerie GA03 su AB/AC e GA04 su LS;
- cavalcaferrovia a pk 38+918, pk 40+365 e pk 42+986;
- terzo tratto di variante della linea storica tra pk 40+287 e pk 42+072;
- sottovia;
- rilevati di altezza variabile fino a 6.3 m circa.

Tenendo conto della posizione dei singoli manufatti, sulla base delle evidenze geotecniche riscontrate il tratto è stato suddiviso in zone relativamente omogenee, per fornire un inquadramento generale relativamente a: stratigrafia, caratteristiche e problematiche geotecniche.

Nei seguenti capitoli si descrivono le unità geotecniche identificate esaminando i risultati delle indagini. La distribuzione spaziale di tali materiali è illustrata nei Profili Geotecnici (Doc. rif. [7]). Si rimanda invece alle relazioni geotecniche delle singole WBS per informazioni di dettaglio ed assunzioni progettuali.

### 6.1 Falda di progetto

Le soggiacenze misurate nei piezometrici lungo la tratta in esame riportati (v. capitolo 4) differenze di quota massima e minima generalmente inferiore ad 2 m, sebbene nei piezometri dove si registrano soggiacenze maggiori si registrino variazioni anche superiori a 4 m (v. S51-S74).

Le letture disponibili indicano una soggiacenza di falda generalmente modesta. Ai fini progettuali, prendendo a riferimento i livelli di falda definiti nella relazione idrogeologica (Doc. rif. [1]), si assumeranno i seguenti livelli di falda:

Tratta compresa tra le progressive 33+500 e 42+000

- falda di progetto a medio termine e lungo termine: -1 m da p.c.;

Tratta compresa tra le progressive 42+000 e 44+250

- falda di progetto a medio e lungo termine: piano campagna.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 38 di 91

Il progettista avrà comunque la facoltà, in presenza di particolari condizioni locali, e sulla base di letture piezometriche affidabili, di assumere quote diverse da quelle sopra riportate, in particolare per ciò che riguarda il dimensionamento delle opere provvisionali, giustificando la scelta.

## 6.2 Tratto compreso fra pk 33+500 e pk 39+200

Il tratto in esame parte dalla fine del Viadotto Montebello e si estende per circa 5700 m, lungo i quali si prevede la realizzazione di rilevati di altezza compresa variabili fino a 6.6 m circa, dei viadotti VI21 e Guà, del Ponte sul Rio Guà, delle gallerie artificiali GA03 e GA04 e di un cavalcaferrovia alla pk 38+918.

Le indagini eseguite sono elencate in Tabella 14 e consistono in sondaggi a carotaggio continuo (BH, S e XA), prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU) e dinamiche, prove geofisiche tipo cross-hole (CH), down-hole (DH) e MASW e pozzetti esplorativi (PT). La posizione delle indagini ed il loro esito sono descritti in dettaglio in elaborati di progetto dedicati (Doc. rif. [9], [10] e [11] e seguenti).

Tabella 14 - Indagini tra pk 33+500 e pk 39+250

Progressiva pk	ID indagini -	Campagna anno
33+630	S 50	2015
33+718	BH-PE-69	2020-2021
33+770	S 51	2015
33+785	XA203V019	2002
33+887	BH-PE-70	2020-2021
34+030	S 52+CH8	2015
34+130	S 53	2015
34+276	MASW-PE-18	2020-2021
34+381	BH-PZ-PE-72	2020-2021
34+385	BH-DH-PE-71	2020-2021
34+440	S 54	2015
34+505	MASW-PE-19	2020-2021
34+601	BH-PE-73	2020-2021
34+680	S 55	2015
34+742	BH-PE-74	2020-2021
34+810	S 56	2015
35+040	CPTU-PE-42	2020-2021
35+130	S 57	2015
35+298	BH-PE-75	2020-2021
35+365	CPTU-PE-43	2020-2021
35+460	S 58	2015
35+597	CPTU-PE-44	2020-2021
35+850	S 59	2015
36+460	S 60	2015

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 39 di 91

Progressiva pk	ID indagini -	Campagna anno
36+465	XA203B021	2002
36+580	S 61	2015
36+670	S 62	2015
36+768	MASW-PE-20	2020-2021
36+770	S 63+CH9	2015
36+773	BH-DH-PE-76	2020-2021
37+010	S 64	2015
37+240	S 65	2015
37+370	S 66	2015
37+428	MASW-PE-21	2020-2021
37+550	S 67	2015
37+700	S 68	2015
38+013	PT-PE-09	2020-2021
38+040	S 69	2015
38+355	BH-PZ-PE-77	2020-2021
38+480	S 70	2015
38+870	S 71	2015
38+958	BH-PE-78	2020-2021
38+966	BH-PE-79	2020-2021
39+198	MASW-PE-22	2020-2021

Sulla base della metodologia descritta nel capitolo 5 e dei risultati delle prove di laboratorio e di sito, le figure che seguono forniscono le interpretazioni relative a:

- Limiti di Atterberg e carta di plasticità di Casagrande (v. Figura 10 e Figura 12);
- Resistenza al taglio non drenata dei terreni coesivi (v. Figura 13 e Figura 14);
- Pressione di preconsolidazione dei terreni coesivi (v. Figura 15);
- Densità relativa stimata da prove SPT (v. Figura 17);
- Angolo di attrito stimato da prove SPT (v. Figura 18);
- Velocità delle onde di taglio (Doc. rif. [6]), v. Figura 19);
- Modulo di taglio alle piccole deformazioni, a partire dai valori stimati di  $V_s$  (v. Figura 21).

Come illustrato nei Profili Geotecnici (Doc. rif. [7]) e dalle analisi granulometriche, nei primi 25-30 m di profondità si riscontra un'alternanza di strati argillosi e ghiaiosi; questi ultimi proseguono fino alle quote massime indagate (50 m).

Più in particolare:

- Nel primo tratto, fra la 33+500 e la 34+100, la parte sommitale è occupata da limi da debolmente sabbiosi a sabbiosi (unità 2), in genere poco plastici, di colore rossastro, generalmente compatti, fino a profondità massime di circa 10 m da p.c. Al disotto, e fino alle massime profondità indagate

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2RBGE0000004B</p>	<p>Foglio 40 di 91</p>

(50 m), prevalgono le ghiaie, ben addensate (unità 6). Nella parte finale di questo tratto, le ghiaie sono intervallate, a profondità fra 25 e 30 m, da limi sabbiosi compatti.

- Successivamente e fino alla 34+7600, lo strato limoso superficiale scompare, per lasciare il posto alle ghiaie (unità 6). Sono sempre presenti, a profondità comprese fra i 20 e 30 m da p.c., livelli di limi argillosi compatti, con spessori variabili dai 3 agli 8 m complessivi.
- Successivamente, e fino alla fine del tratto considerato (39+300), la parte sommitale della stratigrafia è generalmente occupata ancora da limi argillosi debolmente sabbiosi (unità 2), sempre di colore rossiccio, generalmente poco plastici, compatti. Lo spessore è varabile fra 3-4m fino ad un massimo di 10 m dal p.c. in tutto questo tratto, al di sotto della copertura superficiali si trovano ghiaie sabbiose (unità 6), con contenuti di fine (limi+ argille) sempre rilevanti, variabili fra il 10 e il 30%.
- Al disotto delle ghiaie, si ritrovano ancora, in spessori diversi e a diverse profondità, strati di limi argillosi sabbiosi compatti (unità 2).

A testimonianza della eterogeneità del tratto, la Figura 8 e la Figura 9 mostrano i risultati delle analisi granulometriche sui campioni rispettivamente a prevalenza fine e a prevalenza granulare. La stessa tendenza si riscontra anche inquadrando zone più ristrette.

Sulla base di tali dati si osserva quanto segue.

- A qualunque profondità, a seconda della progressiva, si può riscontrare la presenza di ghiaie ovvero di limi compatti. Pertanto, dovrà essere cura del progettista valutare attentamente la sequenza stratigrafica di interesse per l'opera in esame.
- Quanto sopra riportato vale in particolare per la porzione sommitale del profilo stratigrafico, nei primi 20-25 m da p.c. In generale, nel tratto considerato, a profondità superiori ai 20-25 m da p.c. prevalgono i depositi ghiaiosi.
- Le ghiaie non si presentano mai pulite, ma contengono una percentuale di fine (limo+argilla), variabile fra il 10 e il 30%.
- A loro volta, il materiale a gran fine (essenzialmente limo), presenta sempre una componente sabbiosa non trascurabile, (10-30%).

I materiali a grana fine (unità 2) sono costituiti in prevalenza da limi argillosi, da debolmente sabbiosi a sabbiosi, con plasticità da media ad alta (Figura 10 e Figura 12), con LL variabile generalmente nel campo 30-60, e IP nel range 10-35. L'indice di consistenza I<sub>c</sub> (Figura 11) è generalmente fra 0.6 e 1, a testimonianza della buona consistenza dei materiali.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 41 di 91

Per quanto concerne i parametri di resistenza al taglio, storia tensionale e deformabilità dei materiali argillosi nell'area, la Figura 14 e la Figura 15 mostrano i risultati dell'esame delle prove di sito e di laboratorio.

Dai risultati delle prove CPTU e triassiali si stimano valori di resistenza al taglio non drenata piuttosto variabili nei primi 5 m pc e comprese tra 50 kPa e 100 kPa (v. Figura 13 e Figura 14); a profondità maggiori risultano essere comprese tra 80 e 150 kPa.

Le curve edometriche definiscono materiali generalmente sovraconsolidati, specie in sommità. I valori di tensione di preconsolidazione sono stimati nel campo 200-300 kPa, crescendo fino a 400-500 kPa in profondità.

Si raccomanda, nell'esecuzione delle analisi dei rilevati, un attento esame delle prove disponibili nell'area del singolo rilevato, per valutare se il carico indotto possa o meno superare i valori di preconsolidazione.

I terreni incoerenti (unità 6) sono costituiti da ghiaie sabbiose o ghiaie limose, con percentuale di fini compresa tra 10% e 30% (v. Figura 9) e resistenze penetrometriche  $N_{SPT}$  pari a circa 10-30 colpi/30 cm nei primi 10 m pc, 20-40 colpi/30 cm fino a 30 m pc e tra 30 colpi/cm e 70 colpi/30 cm a profondità maggiori (v. Figura 16). Come illustrato in Figura 17, le ghiaie si stimano essere da sciolte a poco addensate, con  $D_R = 25\%-40\%$  ed angoli di attrito pari a  $39^\circ-41^\circ$  (v. Figura 18). Si stima che i valori relativamente "bassi" di SPT nelle ghiaie (che portano a valori  $D_r$  relativamente bassi) siano possibilmente indotti dalla componente limosa e sabbiosa, che come si è notato è abbondante. In virtù della buona gradazione del materiale, si ritiene di affidarsi di più ai valori di angoli di resistenza al taglio proposti da Schmertmann, che tengono conto della composizione granulometrica del materiale.

Inoltre, i profili di  $V_s$  rappresentati nelle Figura 19 e nella Figura 20 costituiscono la miglior stima del profilo di  $V_s$  nell'area in questione, ottenuta tenendo conto sia dei dati delle misure geofisiche, sia dei dati SPT.

Si tenga conto che, considerata l'eterogeneità stratigrafica dell'area, i valori sono da ritenersi indicativi e possibilmente variabili, a seconda della verticale, in particolare nella parte sommitale, in virtù della prevalenza ora dell'una ora dell'altra unità (alternanze unità 2 e unità 6).

In particolare:

- nella parte sommitale, la presenza di materiali argillosi consistenti, di spessore variabile, può essere ritenuta coincidente con un range di valori di  $V_s$  nel campo 150-200 m/s;
- a profondità maggiori si assiste ad un incremento dei dati di  $V_s$ , fino a raggiungere valori dell'ordine dei 400 m/s, da attribuire alla parte ghiaiosa più profonda (oltre il 20-25 m di profondità)

I parametri caratteristici suggeriti per le unità individuate sono riportati nel capitolo 7.

**AV/AC VERONA VICENZA**

**pk 33+500 - pk 39+200**

Contributi granulometrici (%)

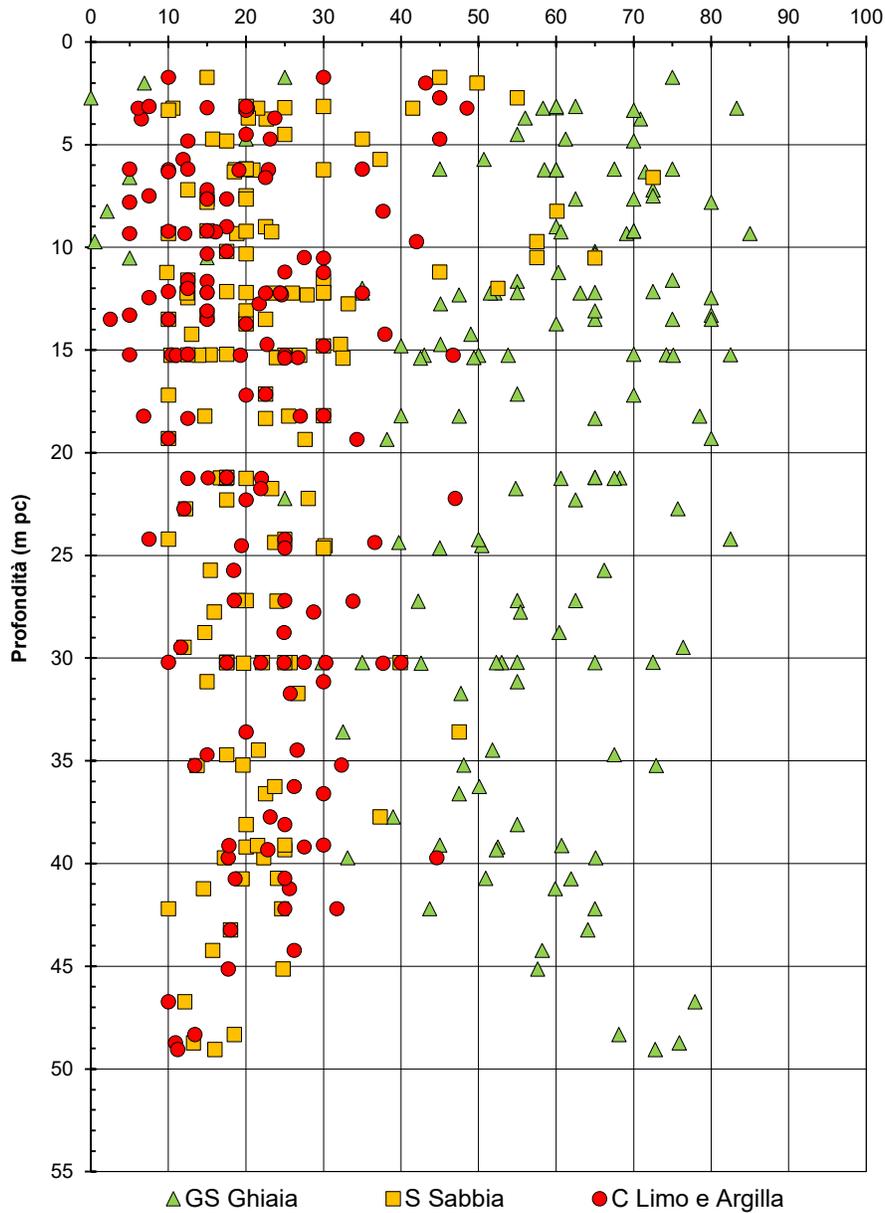


Figura 8 – Sintesi analisi granulometriche eseguite sui materiali a prevalenza sabbioso-ghiaiosa tra pk 33+500 e pk 39+200

**AV/AC VERONA VICENZA**

pk 33+500 - pk 39+200

Contributi granulometrici (%)

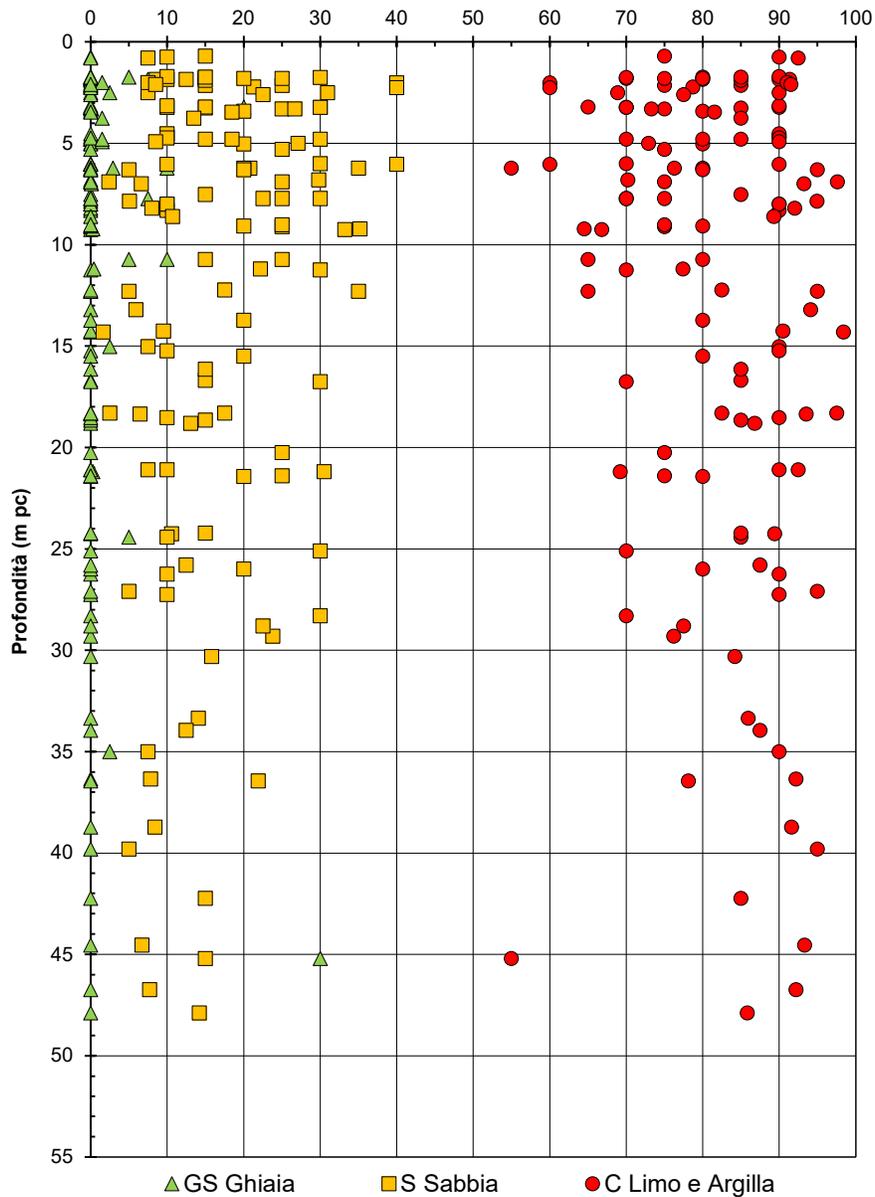


Figura 9 – Sintesi analisi granulometriche eseguite su materiale a prevalente componente fine tra pk 33+500 e pk 39+200

**AV/AC VERONA VICENZA**

pk 33+500 - pk 39+200

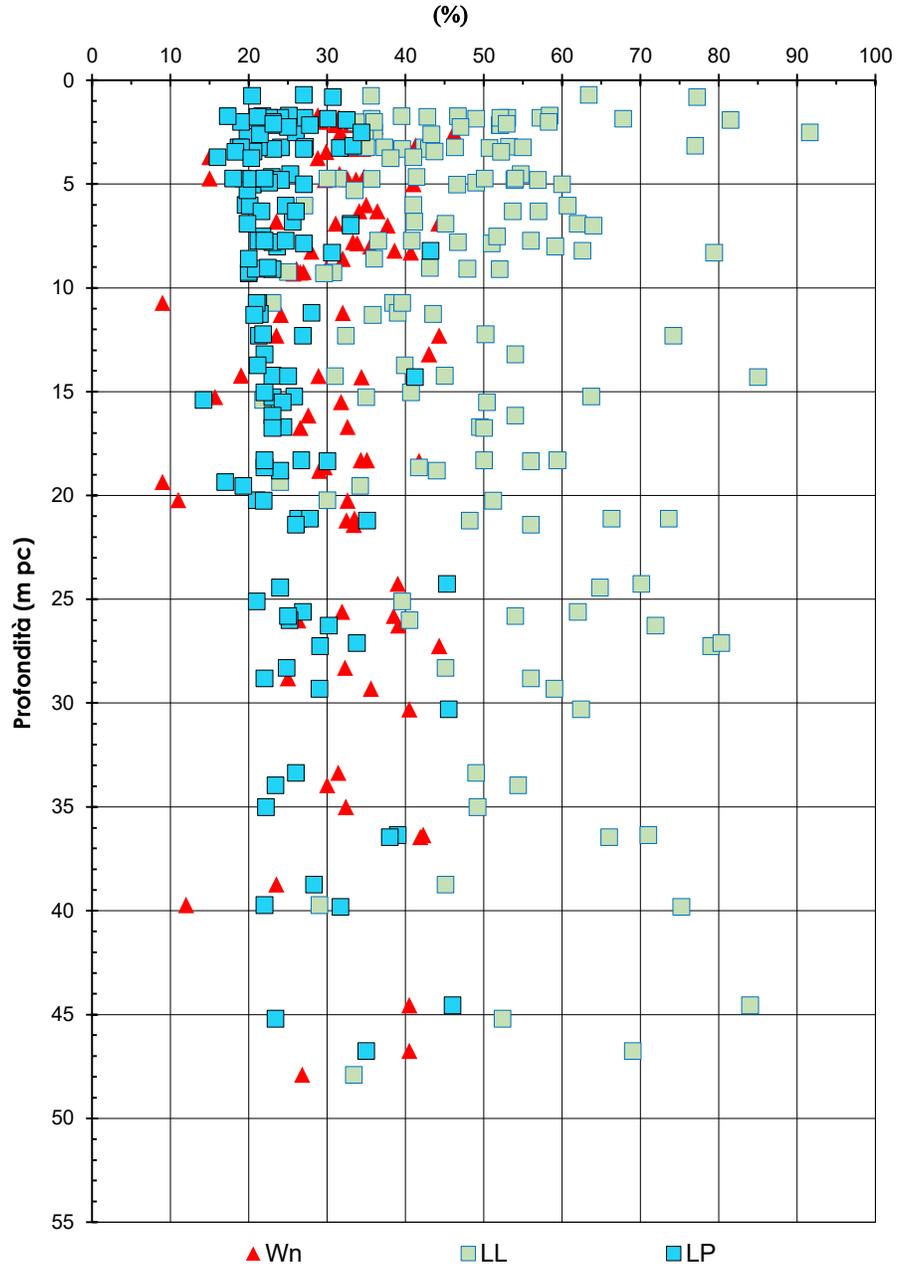


Figura 10 – Limiti di Atterberg e contenuto d'acqua tra pk 33+500 e pk 39+200

**AV/AC VERONA VICENZA**

pk 33+500 - pk 39+200

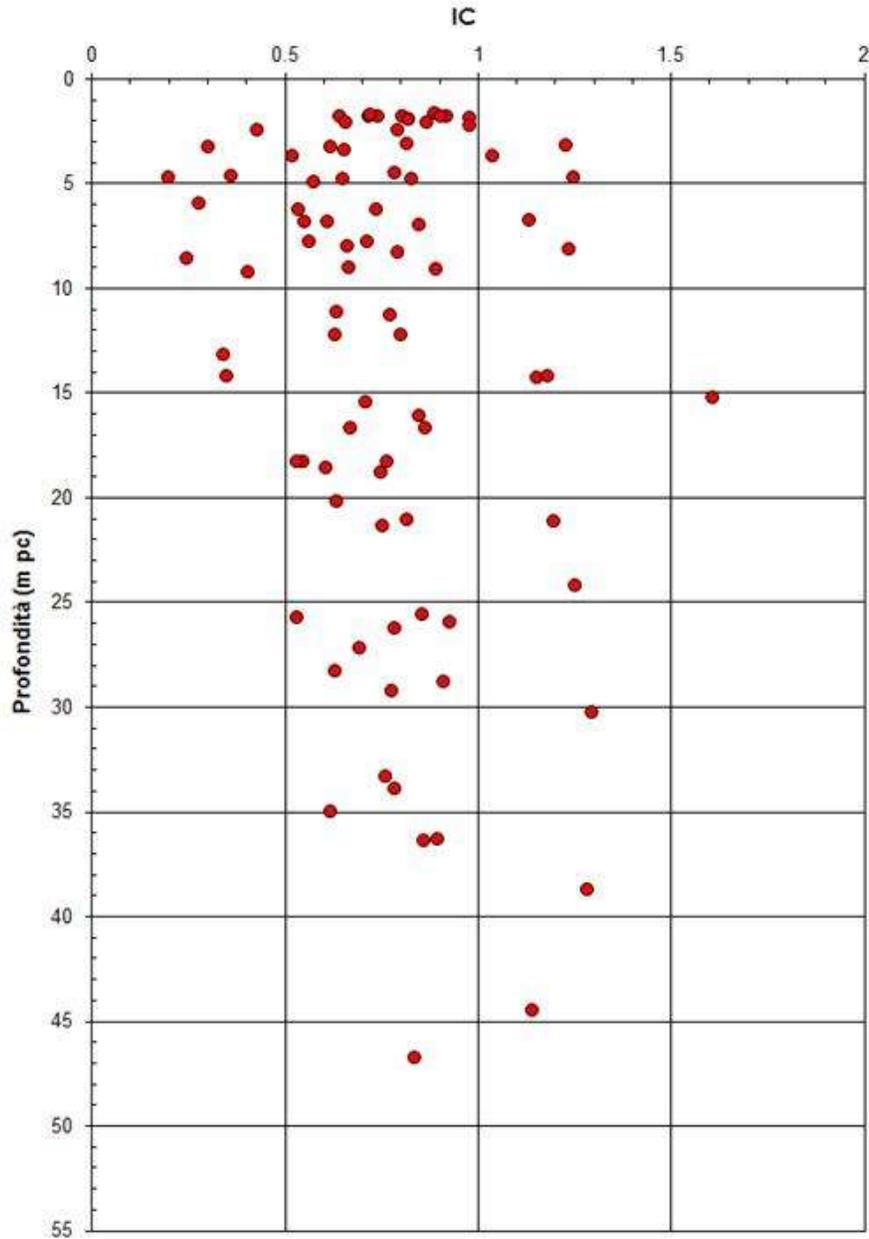


Figura 11 – Indici di consistenza dei materiali argillosi (unità 2) tra pk 33+500 e pk 39+200

**AV/AC VERONA VICENZA**

pk 33+500 - pk 39+200

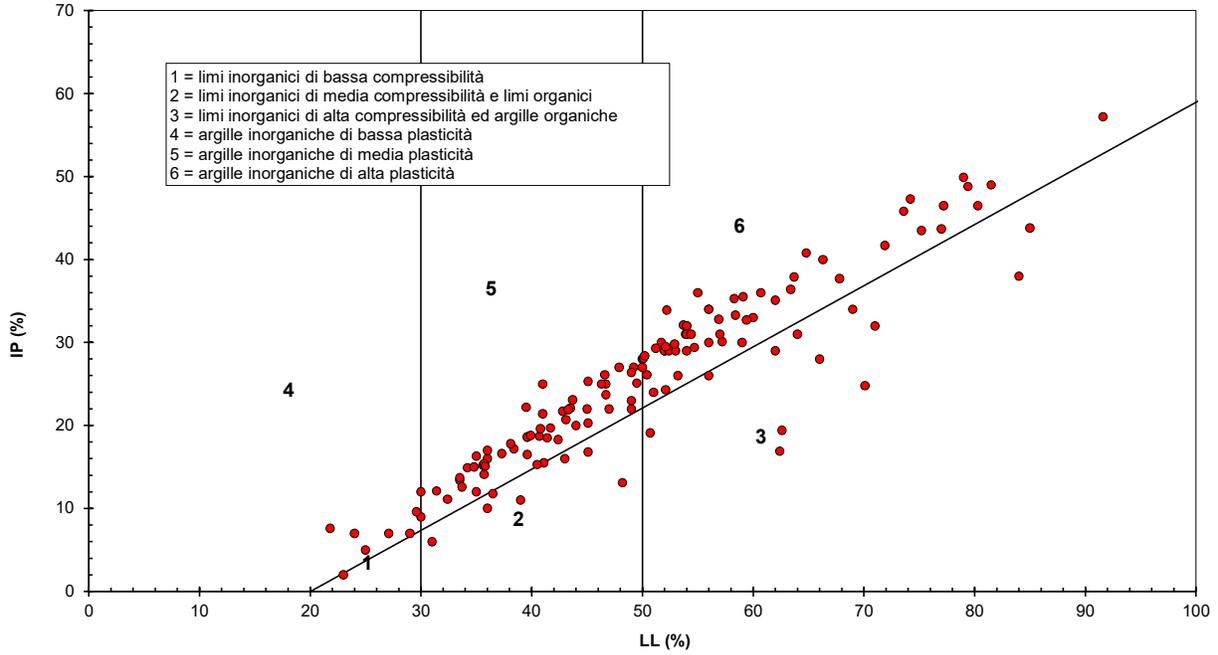


Figura 12 – Carta di plasticità di Casagrande: depositi coesivi tra pk 33+500 e pk 39+200

**AV/AC VERONA VICENZA**

**pk 33+500 - pk 39+200**

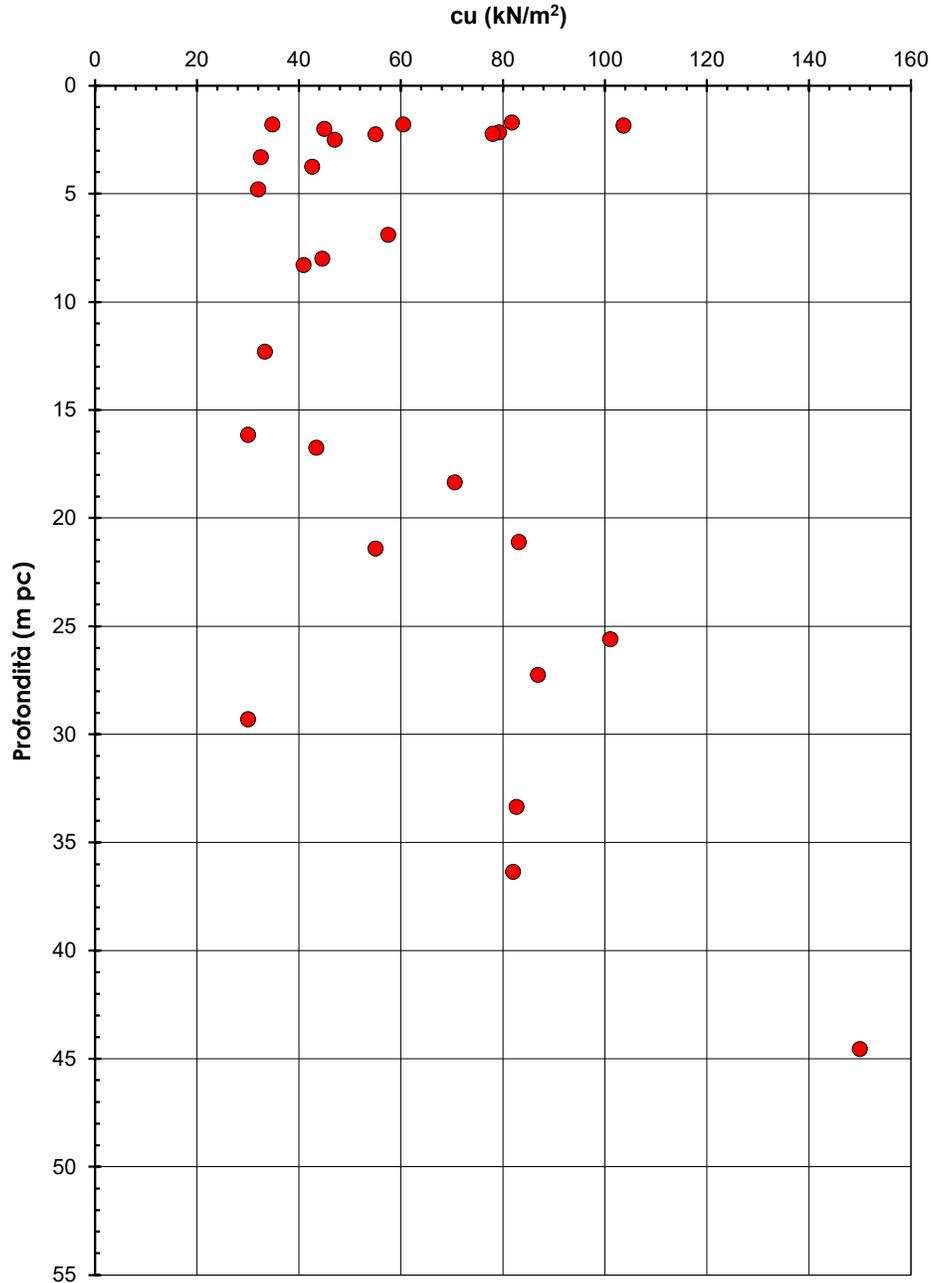


Figura 13 – Resistenza al taglio non drenata stimata da prove di laboratorio, tra pk 33+500 e pk 39+200

**AV/AC VERONA VICENZA**

pk 33+500 - 39+200

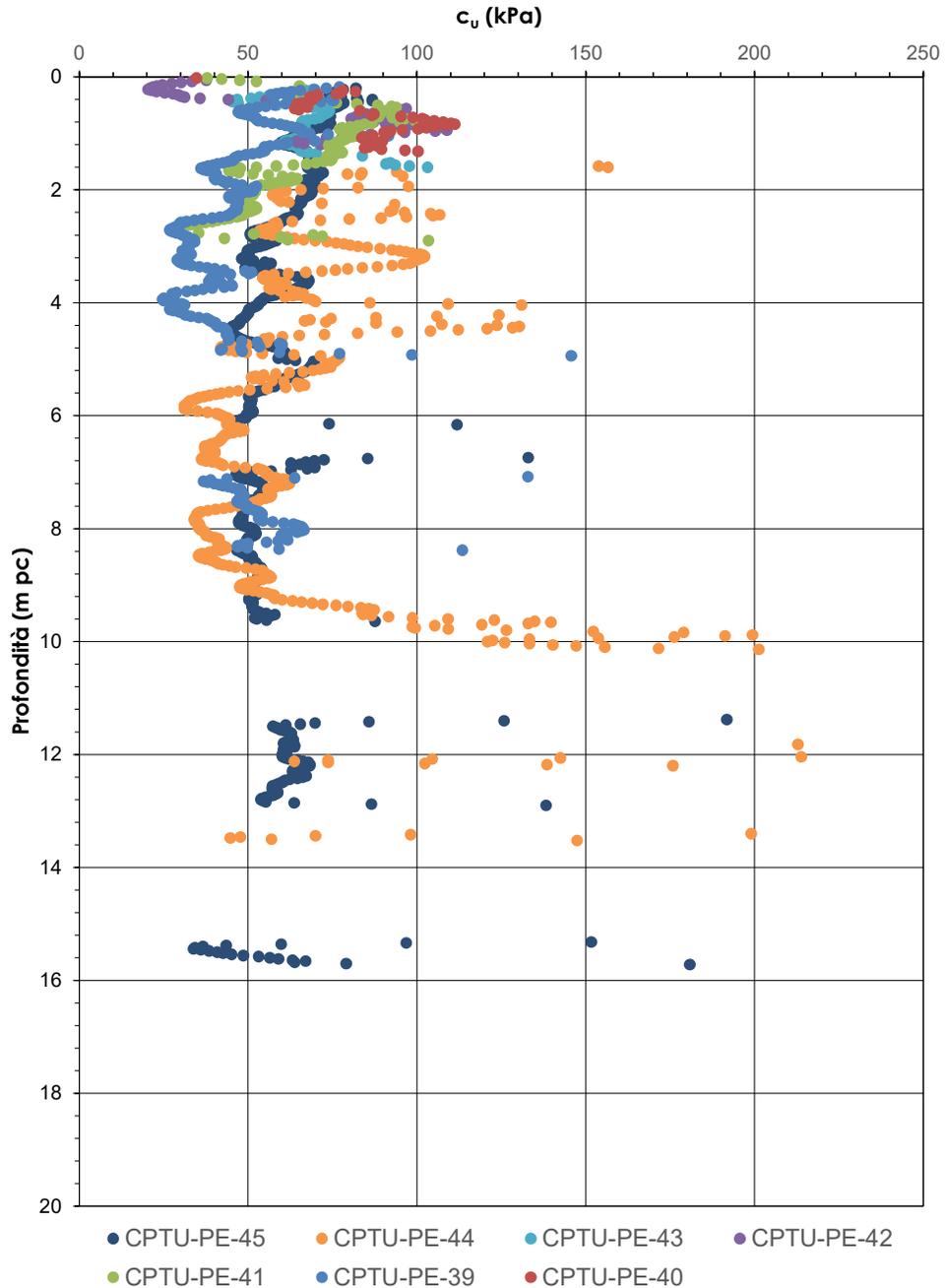


Figura 14 – Resistenza al taglio non drenata stimata da prove CPTU tra pk 33+500 e pk 39+200

**AV/AC VERONA VICENZA**

**pk 33+500 - pk 39+200**

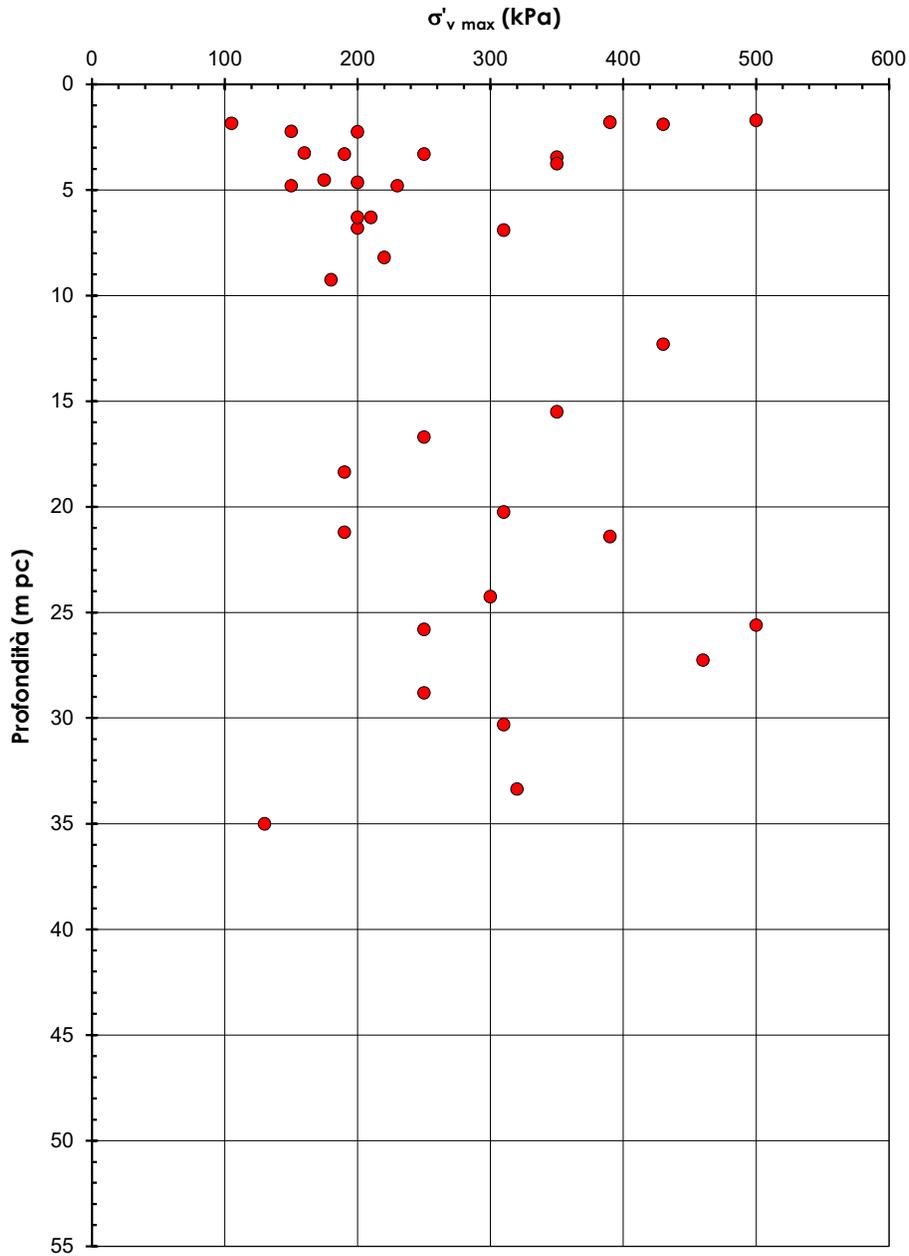


Figura 15 – Pressioni di preconsolidazione da EDO tra pk 33+500 e pk 39+200

**AV/AC VERONA VICENZA**

pk 33+500 - pk 39+200

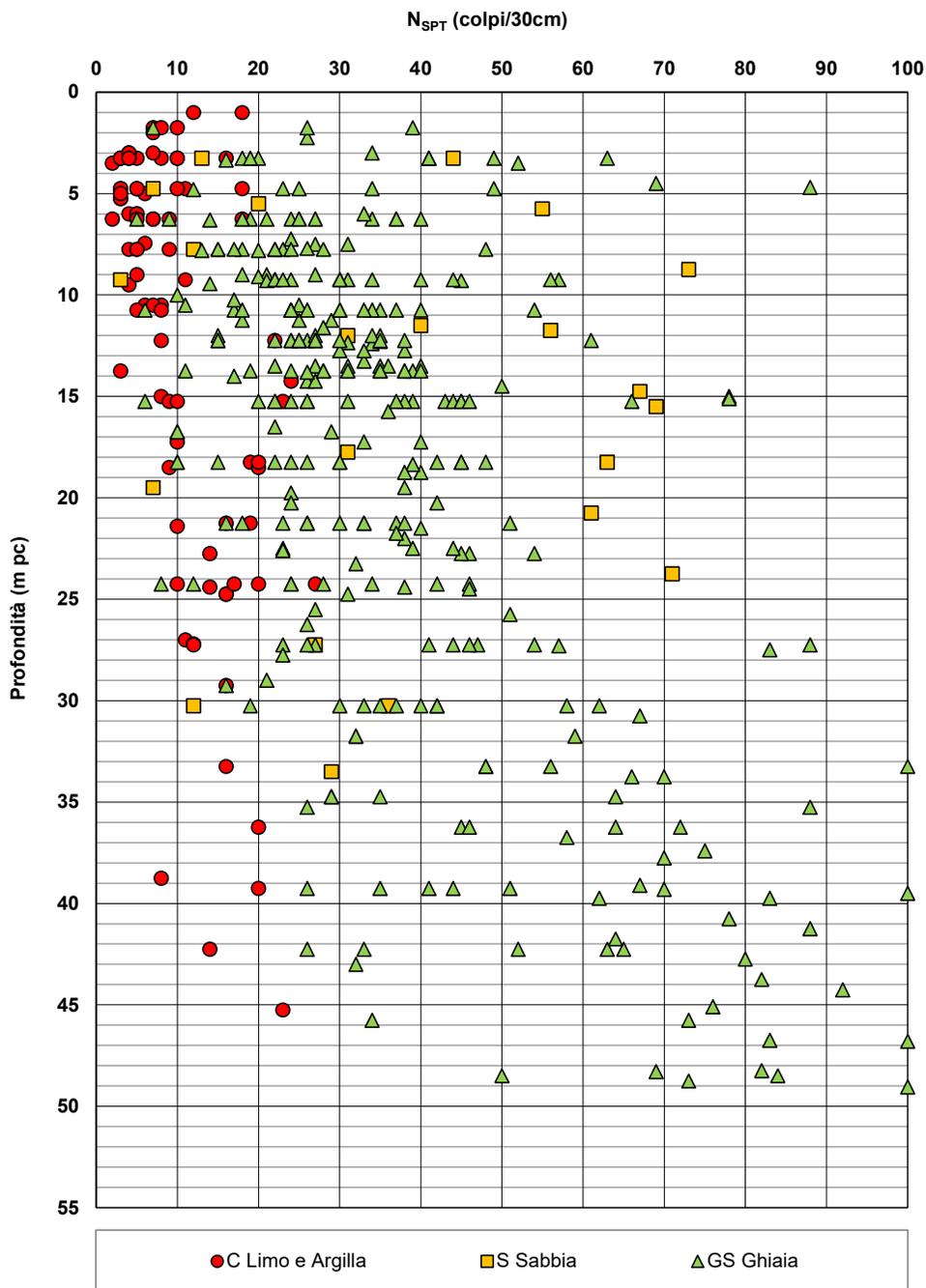


Figura 16 – Esito delle prove SPT tra pk 33+500 e pk 39+200

**AV/AC VERONA VICENZA**

pk 33+500 - pk 39+200

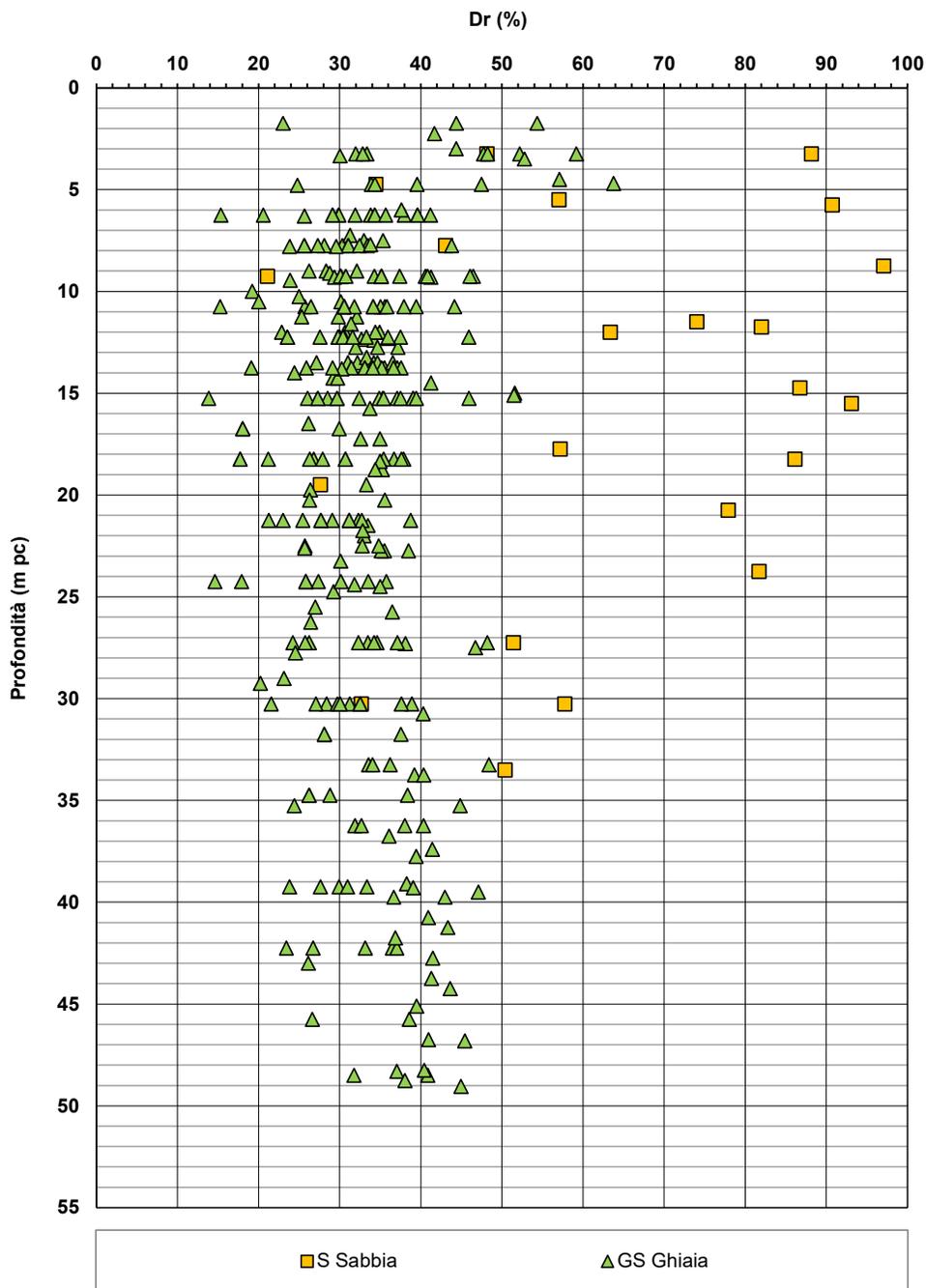


Figura 17 – Densità relativa da prove SPT tra pk 33+500 e pk 39+200

## AV/AC VERONA VICENZA

pk 33+500 - pk 39+200

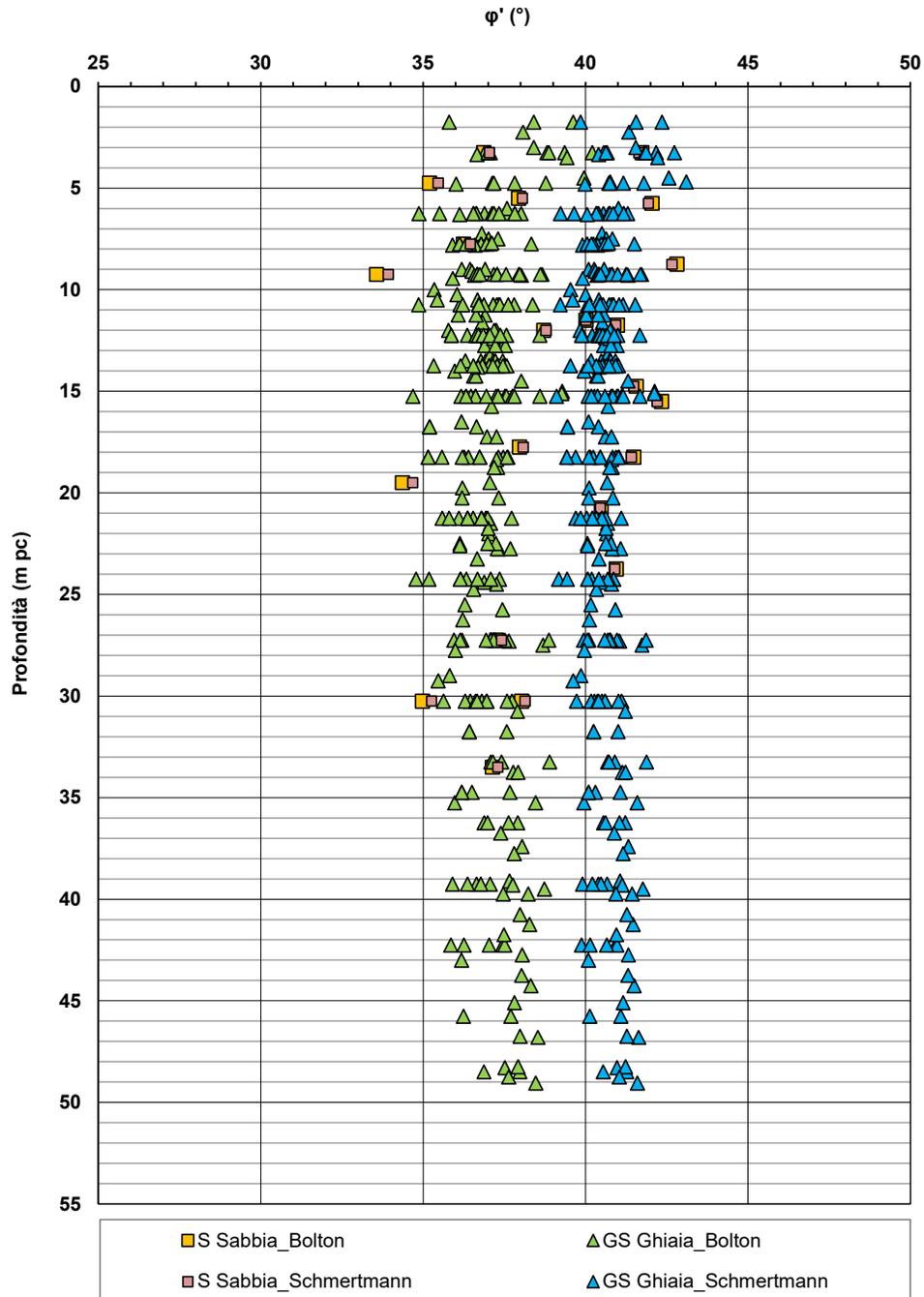


Figura 18 – Angoli di attrito da prove SPT tra pk 33+500 e pk 39+200

**AV/AC VERONA VICENZA**

pk 32+000 - pk 36+000

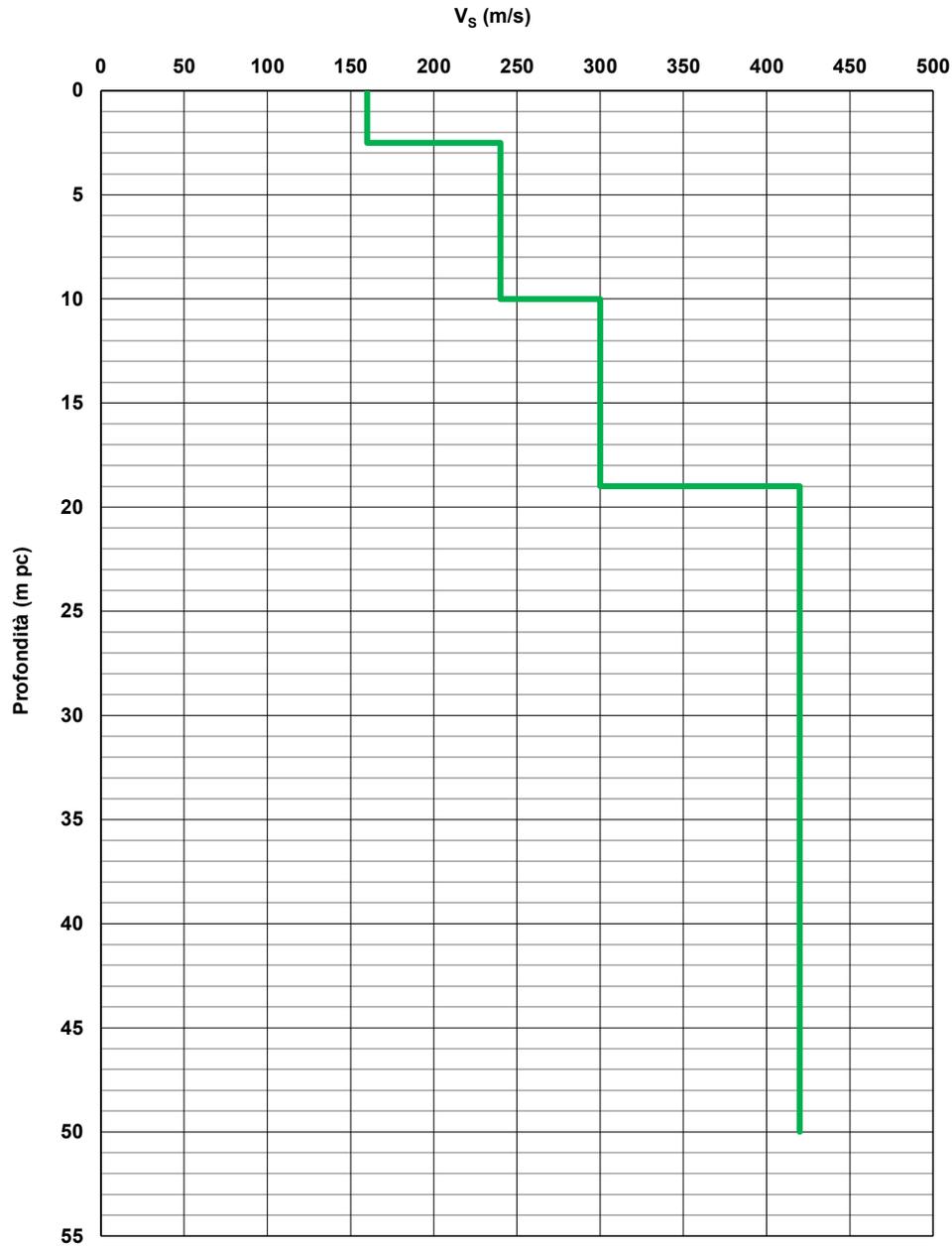


Figura 19 – Profilo di velocità  $V_s$  tra pk 32+000 e pk 36+000 (Doc. rif. [6])

## AV/AC VERONA VICENZA

pk 36+000 - pk 38+075

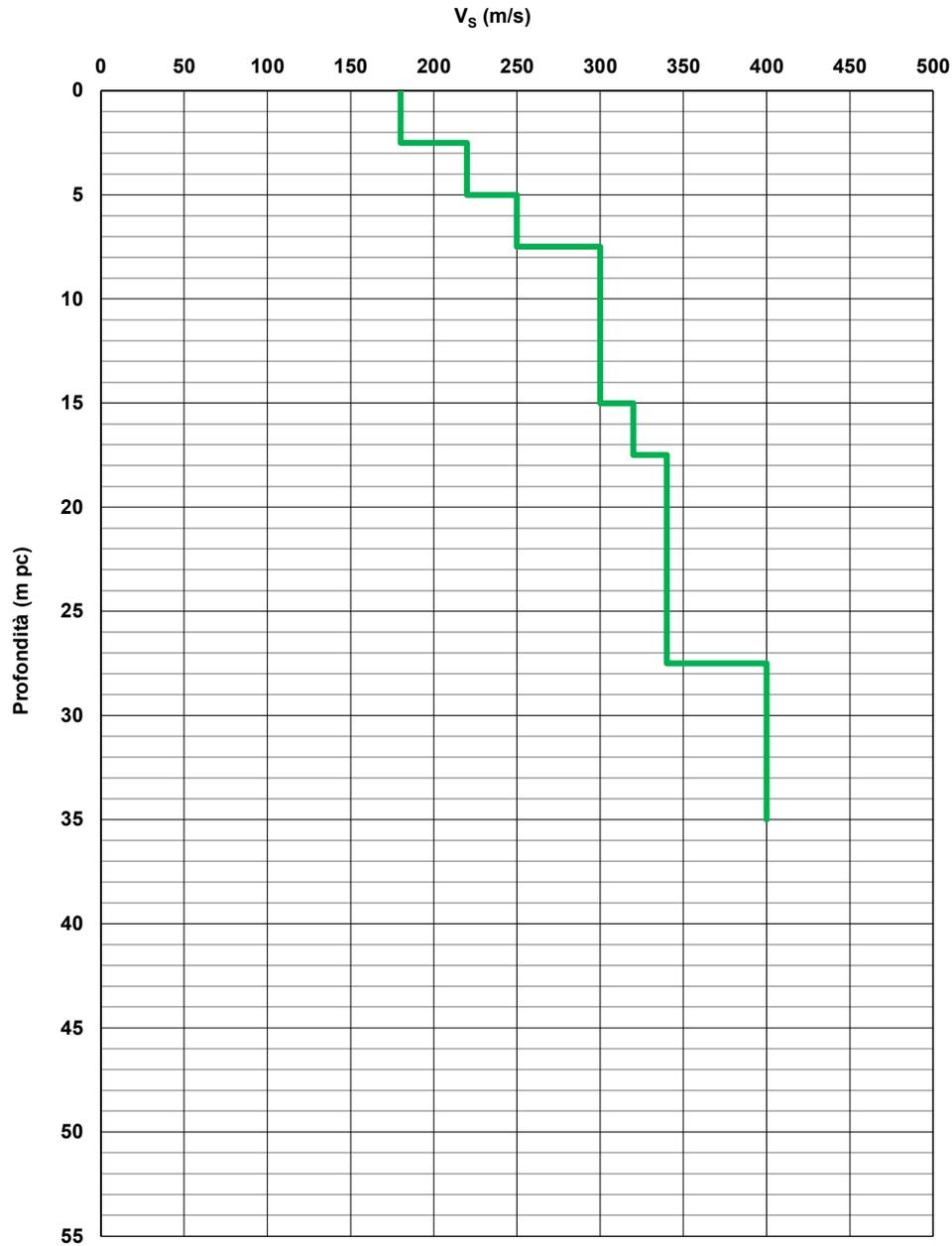


Figura 20 – Profilo di velocità  $V_s$  tra pk 36+000 e pk 38+075 (Doc. rif. [6])

**AV/AC VERONA VICENZA**

pk 32+000 - pk 36+000

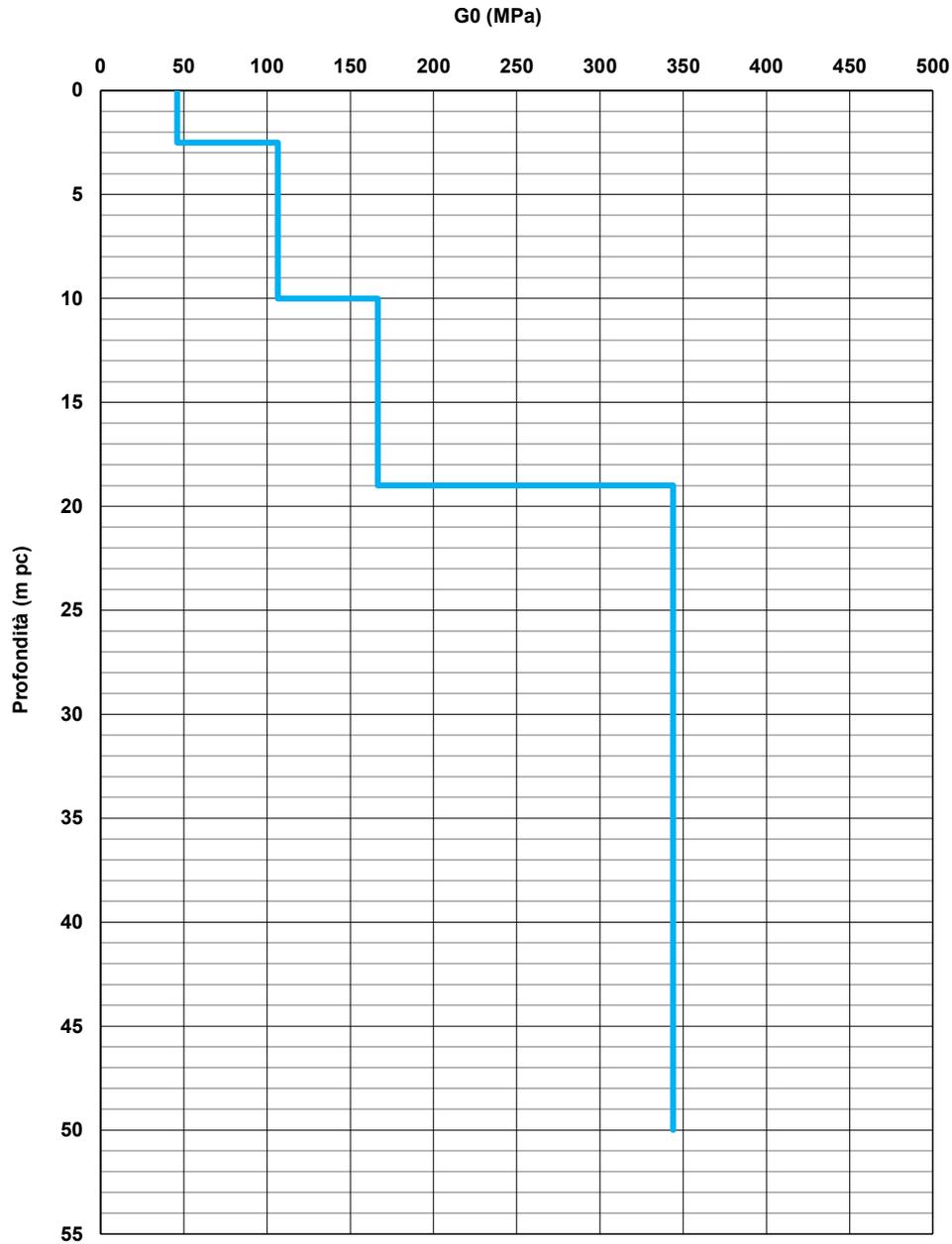


Figura 21 – Modulo di taglio G<sub>0</sub> tra pk 24+000 e pk 28+000

**AV/AC VERONA VICENZA**

pk 36+000 - pk 38+075

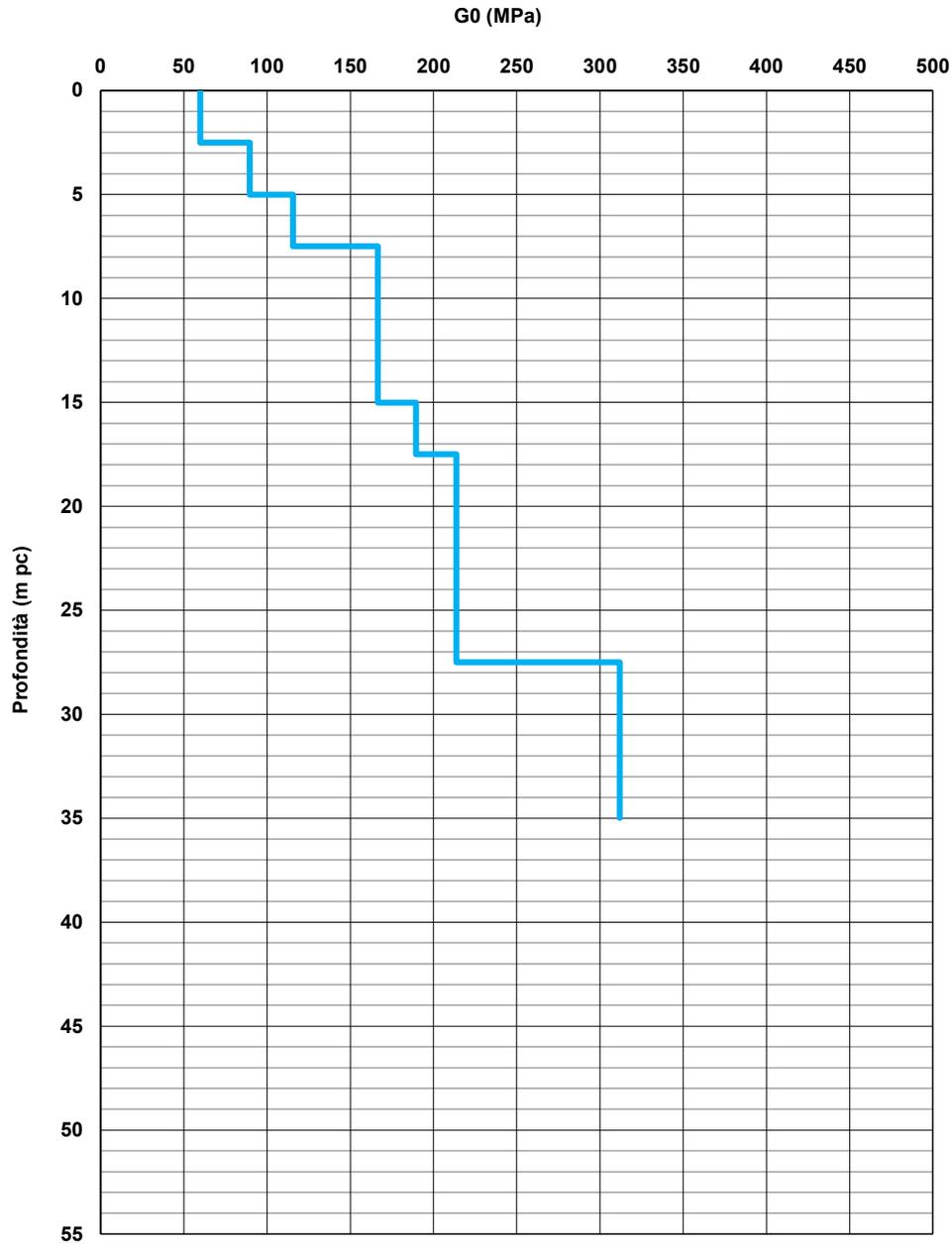


Figura 22 – Modulo di taglio G<sub>0</sub> tra pk 36+000 e pk 38+075

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 57 di 91

### 6.3 Tratto compreso fra pk 39+200 e pk 44+250 (fine lotto)

Il tratto in esame prevede la realizzazione di nuovi cavalcaferrovia alla pk 40+365 e pk 42+072, una variante della linea storica tra pk 40+287 e pk 42+072, sottovia e rilevati con altezza fino a 5.4 m circa.

Le indagini disponibili lungo questi 1600 m consistono in sondaggi a carotaggio continuo (BH, S e P), prove penetrometriche statiche (CPTU), prove sismiche tipo down-hole (DH), cross-hole (CH) e MASW, e pozzetti esplorativi (PT).

*Tabella 15 - Indagini tra pk 39+200 e pk 44+250*

<b>Progressiva Pk</b>	<b>Indagini ID</b>	<b>Campagna Anno</b>
39+227	BH-DH-PE-80	2020-2021
39+240	CPTU94	2015
39+250	S 73	2015
39+473	BH-PZ-PE-81	2020-2021
39+770	BH-PZ-PE-82	2020-2021
40+260	CPTU95	2015
40+280	BH-PE-83	2020-2021
40+300	CPTU96	2015
40+300	S 74	2015
40+412	BH-PE-85	2020-2021
40+427	BH-PE-84	2020-2021
40+430	CPTU97	2015
40+440	S 75	2015
40+700	MASW-PE-23	2020-2021
40+718	BH-PE-86	2020-2021
41+110	S 76	2015
41+303	BH-PE-87	2020-2021
41+305	CPTU-PE-47	2020-2021
41+336	PT-PE-11	2020-2021
41+590	CPTU98	2015
41+610	S 77	2015
41+635	S 9	2002
41+643	BH-PE-88	2020-2021
41+754	MASW-PE-24	2020-2021
42+040	S 78	2015
42+279	BH-PE-89	2020-2021
42+440	S 79	2015
42+640	CPTU99	2015
42+750	S 80	2015
42+800	P16	2015
42+984	CPTU-PE-48	2020-2021
43+025	BH-PZ-PE-91	2020-2021
43+025	BH-PE-91Bis	2020-2021
43+035	BH-PE-90	2020-2021
43+042	CPTU-PE-49	2020-2021
43+074	MASW-PE-25	2020-2021

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 58 di 91

Progressiva Pk	Indagini ID	Campagna Anno
43+095	CPTU-PE-50	2020-2021
43+100	P17	2015
43+140	S 81	2015
43+140	CPTU100	2015
43+226	CPTU-PE-51	2020-2021
43+478	CPTU-PE-52	2020-2021
43+545	BH-PE-92	2020-2021
43+615	CPTU-PE-53	2020-2021
43+700	CPTU101	2015
43+710	S 82	2015
43+750	P18	2015
43+816	CPTU-PE-54	2020-2021
43+990	S 11	2002
44+119	BH-DH-PE-93	2020-2021
44+129	CPTU-PE-55	2020-2021
44+150	CPTU102	2015
44+153	MASW-PE-26	2020-2021
39+227	BH-DH-PE-80	2020-2021
39+240	CPTU94	2015
39+250	S 73	2015
39+473	BH-PZ-PE-81	2020-2021

I risultati delle prove in sito e di laboratorio sono stati interpretati secondo la metodologia descritta nel capitolo 5 al fine di fornire le seguenti stime:

- Densità relativa stimata da prove SPT (v. Figura 25);
- Angolo di attrito stimato da prove SPT (v. Figura 26);
- Limiti di Atterberg e carta di plasticità di Casagrande (v. Figura 27 e Figura 28);
- Resistenza al taglio non drenata dei terreni coesivi (v. Figura 29 e Figura 30);
- Pressione di preconsolidazione dei terreni coesivi (v. Figura 31);
- Velocità delle onde di taglio (Doc. rif. [6]), v. Figura 32 e Figura 33);
- Modulo di taglio alle piccole deformazioni, a partire dai valori stimati di  $V_s$  (v. Figura 34 e Figura 35).

Come sintetizzato nei Profili Geotecnici (Doc. rif. [7]), nel tratto finale del lotto la stratigrafia è praticamente la continuazione della precedente, con uno strato superficiali dei limi argillosi da debolmente sabbiosi a sabbiosi, con spessori variabili generalmente fra 3 e 8 m. seguito da un potente strato di ghiaia fino alle massime profondità indagate.

Una eccezione a tale situazione stratigrafica si riscontra in prossimità del cavalcaferrovia alla 42+986. In questo caso, lungo la linea, ed a nord di questa, si registra sostanzialmente la medesima successione

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 59 di 91

stratigrafica prima descritta. A poche decine di metri a sud della linea, i nuovi sondaggi eseguiti (BH-PE-91 e 91 bis) hanno evidenziato la presenza di terreni di origine vulcanica (tufi, nel caso del BH-PE90 e basalto nel caso del PE-91bis), rispettivamente a 35 e 8 m ca dal p.c. In sondaggi più spostati a sud, infatti, sono andati ad intercettare il rilievo di materiali vulcanico posto a sud della linea, a profondità sempre minori man mano che si sposta verso il rilievo. Allo stato attuale, si attende il completamento delle prove di laboratorio per una caratterizzazione più di dettaglio di tali materiali.

All'interno dei materiali argillosi dell'unità 2, si registrano resistenze alla punta  $q_c$  comprese tra 0.8 MPa e 1.5 MPa, mentre il penetrometro tascabile restituisce resistenze piuttosto alte ed in linea con la descrizione del materiale, da 1.1 kg/cmq fino a valori che raggiungono i 3.8 kg/cmq.

Dai risultati delle prove di laboratorio e delle CPTU (v. Figura 29 e Figura 30) si stima una resistenza al taglio non drenata di 50-120 kPa fino a 5 m pc e valori di circa 150-200 kPa a profondità maggiori.

I risultati di prove edometriche e CPTU descrivono i terreni sovraconsolidati, caratterizzati dalle pressioni di snervamento rappresentate in Figura 31, mediamente nel campo 150-300 kPa.

Lo strato sottostante è costituito da una ghiaia limosa sabbiosa, avente un contenuto di fini generalmente nel campo 10-30%, in continuità con il tratto precedente. (v. Figura 23). Come illustrato in Figura 24 e Figura 25, lo strato appare caratterizzato da  $N_{SPT}$  relativamente alti e prevalentemente compresi tra 25 colpi/30 cm e 60 colpi/30 cm (si registrano numerosi valori fino a 70 colpi/30 cm). L'unità appare da poco a mediamente addensata, con  $D_R = 30-45\%$  (v. Figura 25). Valgono per le ghiaie (unità 6) le medesime osservazioni svolte al punto precedente, e pertanto e per essa si stimano angoli di attrito tra  $39^\circ$  e  $41^\circ$ .

Infine, anche i profili di  $V_s$  rappresentati nelle pagine seguenti e i conseguenti valori di  $G_0$  sono in linea con il tratto precedente. (v. Figura 32-Figura 35).

I parametri caratteristici suggeriti per le unità individuate sono riportati nel capitolo 7.

## AV/AC VERONA VICENZA

pk 39+200 - pk 44+250

Contributi granulometrici (%)

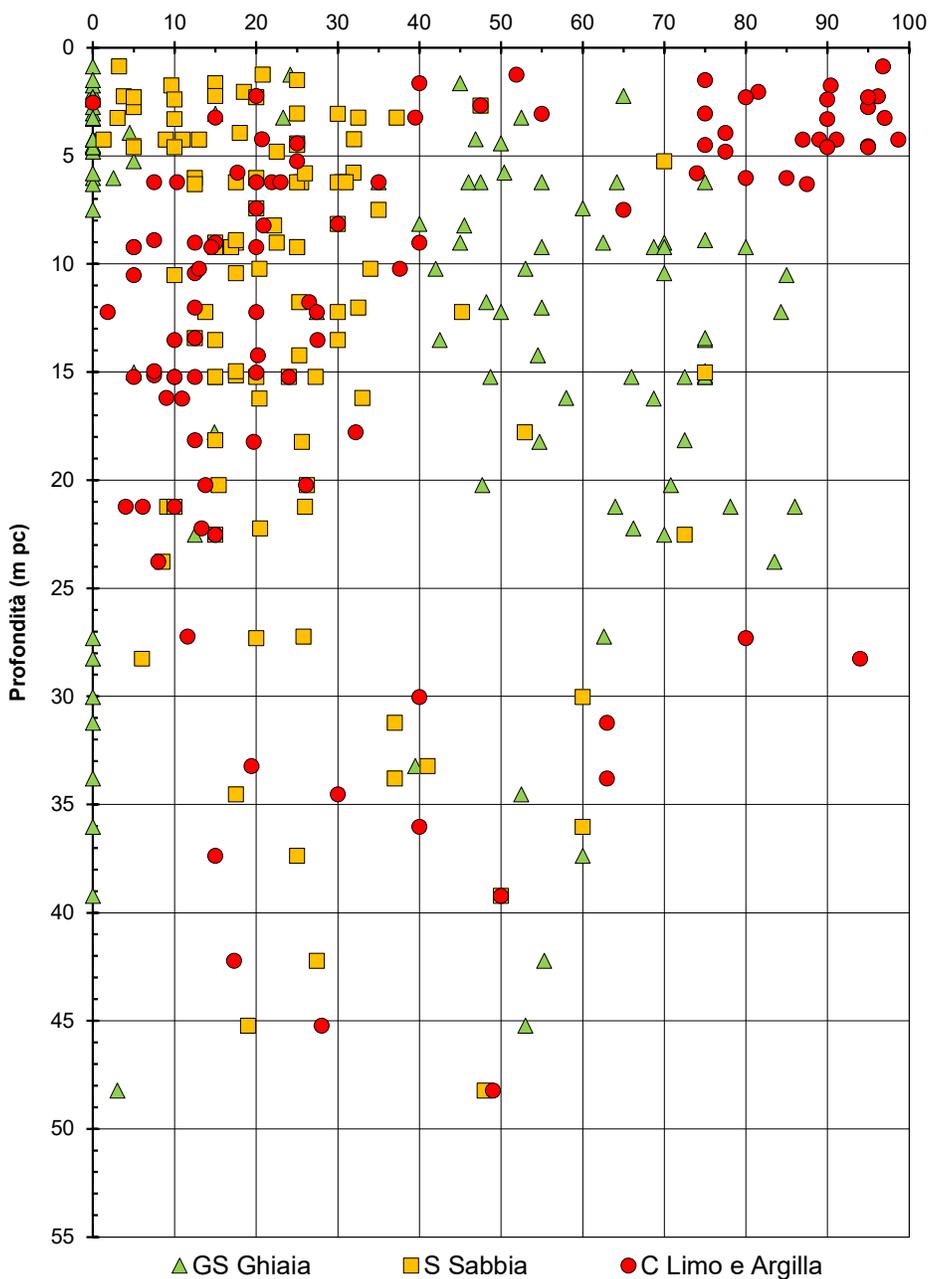


Figura 23 – Sintesi analisi granulometriche tra pk 39+200 e pk 44+250

**AV/AC VERONA VICENZA**

**pk 39+200 - pk 44+250**

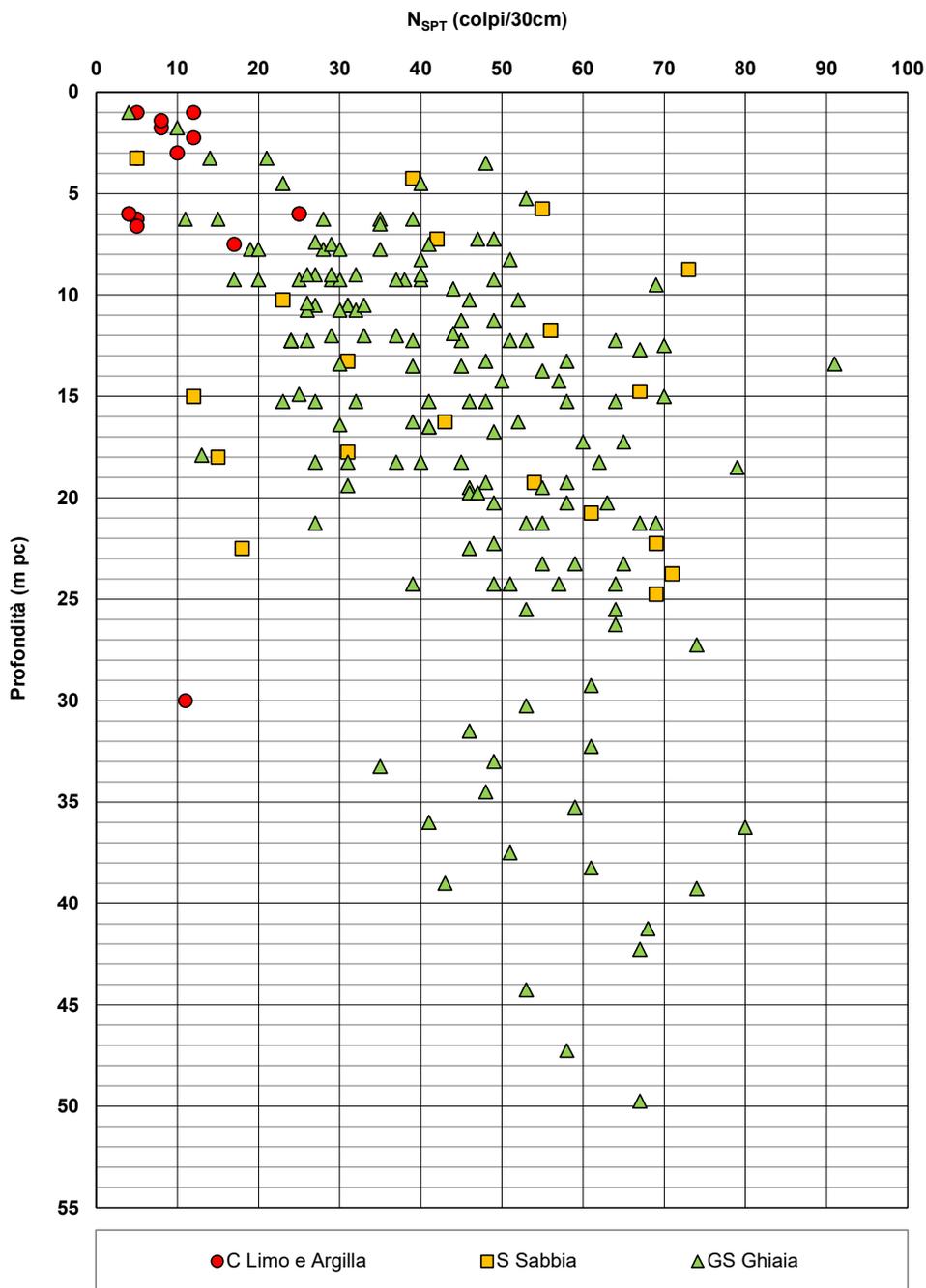


Figura 24 – Esito delle prove SPT tra pk 39+200 e pk 44+250

**AV/AC VERONA VICENZA**

**pk 39+200 - pk 44+250**

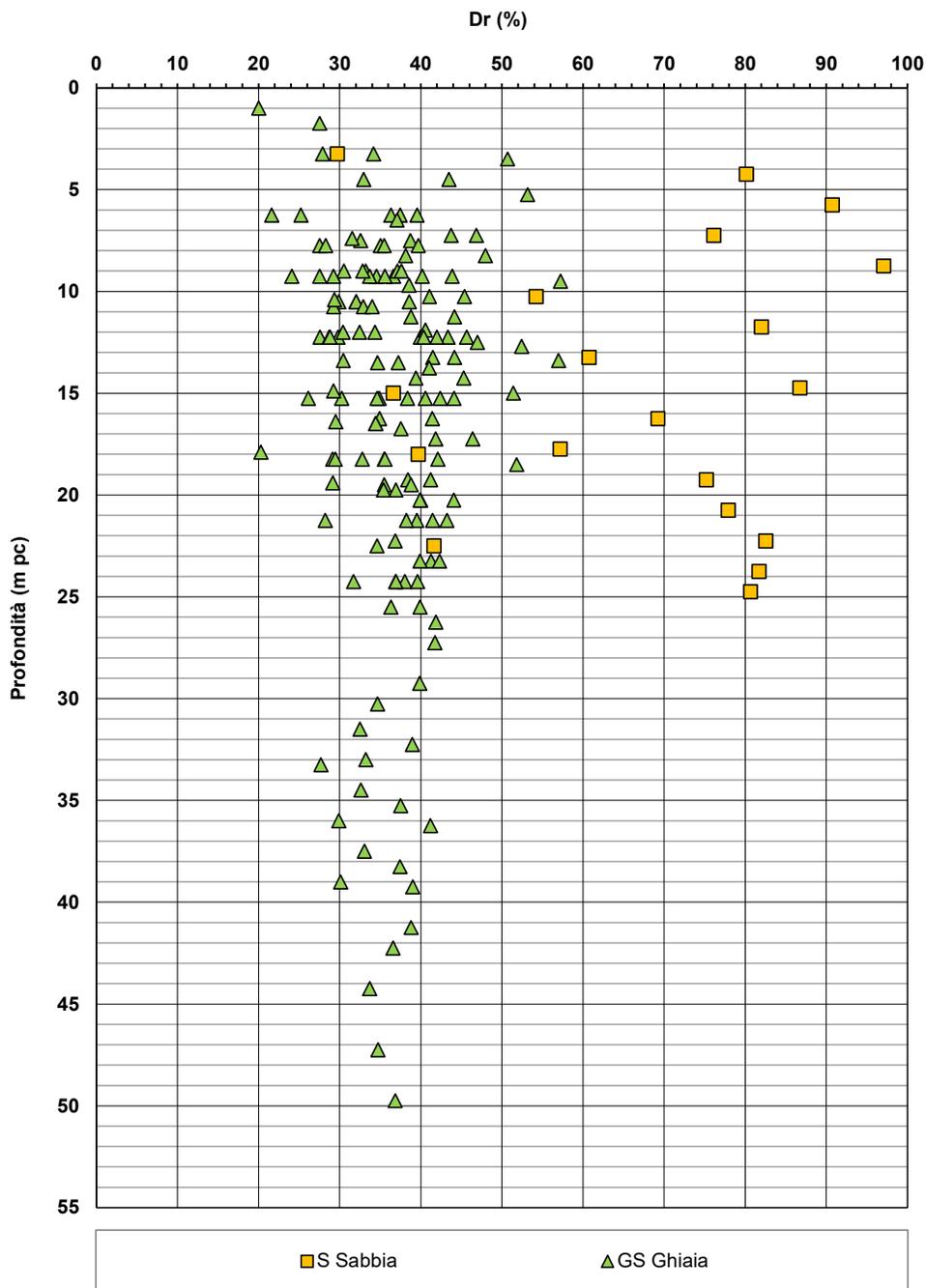


Figura 25 – Densità relativa da prove SPT tra pk 39+200 e pk 44+250

**AV/AC VERONA VICENZA**

pk 39+200 - pk 44+250



Figura 26 – Angoli di attrito da prove SPT tra pk 39+200 e pk 44+250

**AV/AC VERONA VICENZA**

**pk 39+200 - pk 44+250**

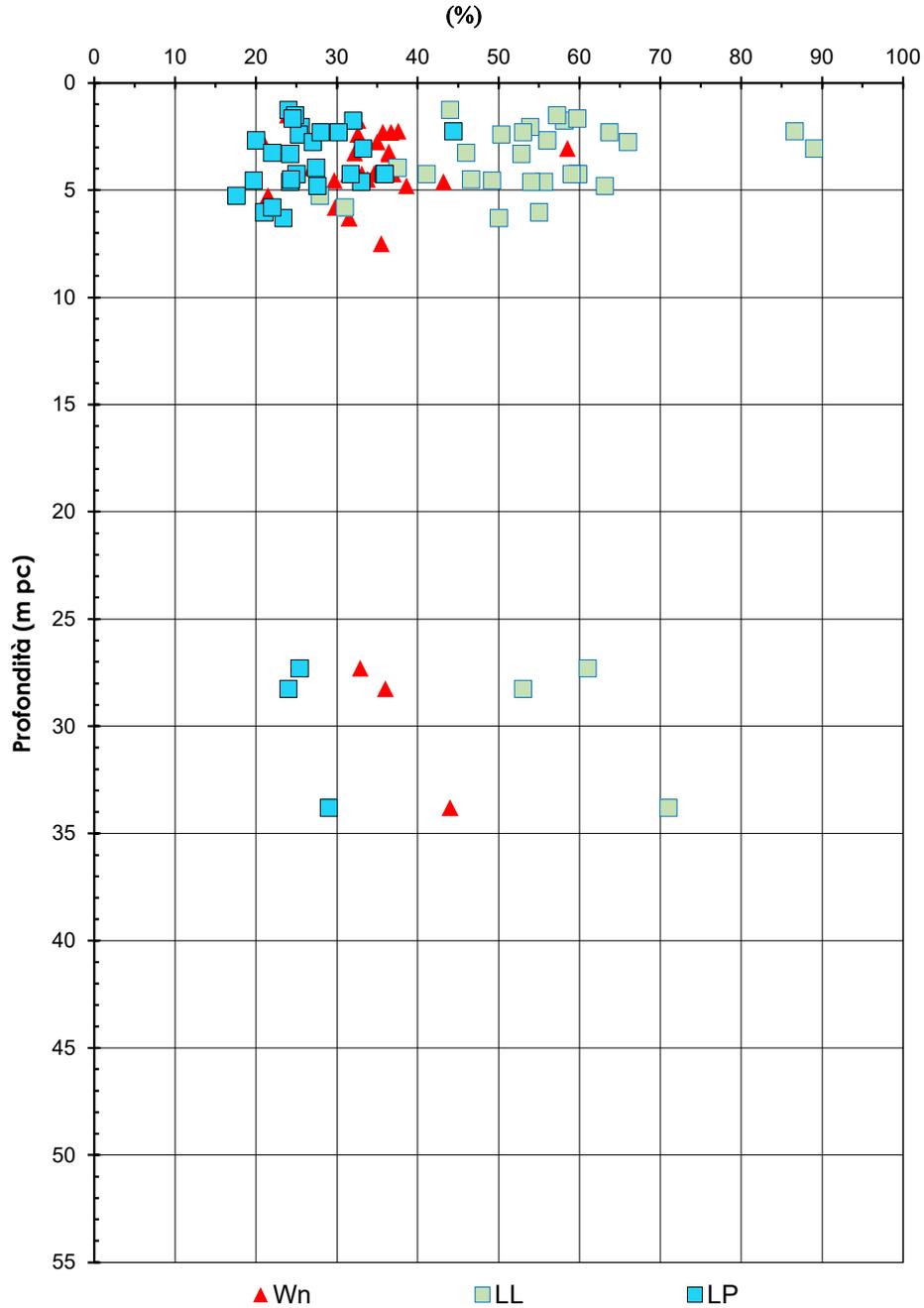


Figura 27 – Limiti di Atterberg e contenuto d'acqua tra pk 39+200 e pk 44+250

**AV/AC VERONA VICENZA**

pk 39+200 - pk 44+250

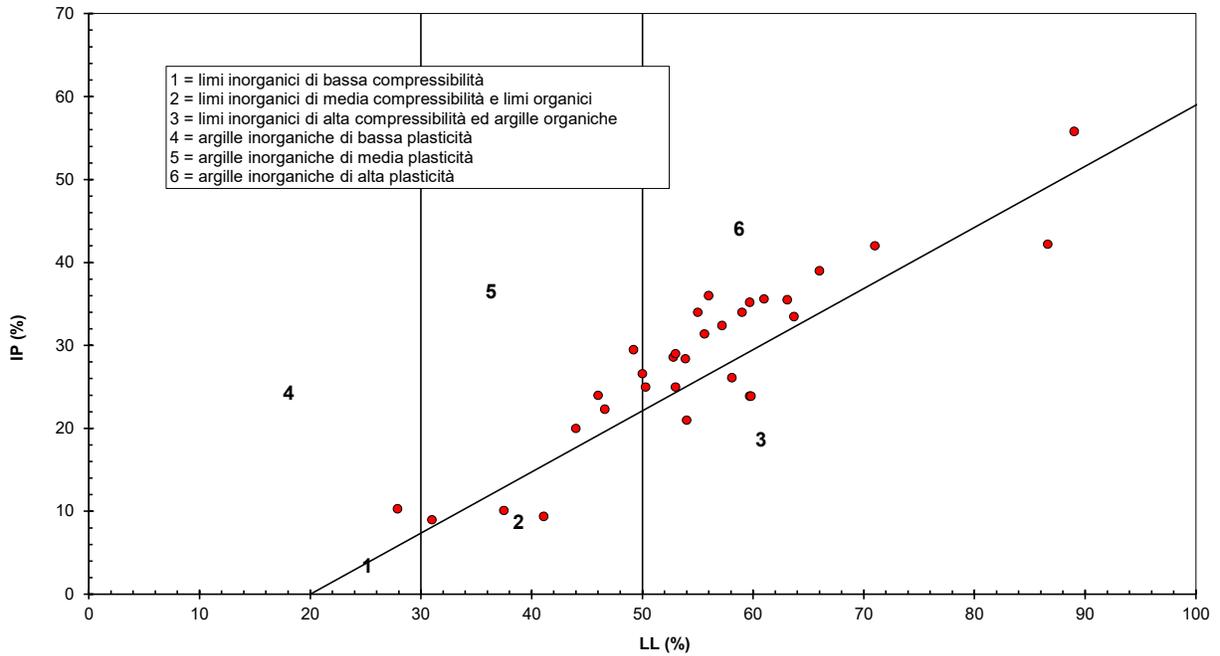


Figura 28 – Carta di plasticità di Casagrande: depositi coesivi superficiali tra pk 39+200 e pk 44+250

**AV/AC VERONA VICENZA**

**pk 39+200 - pk 44+250**

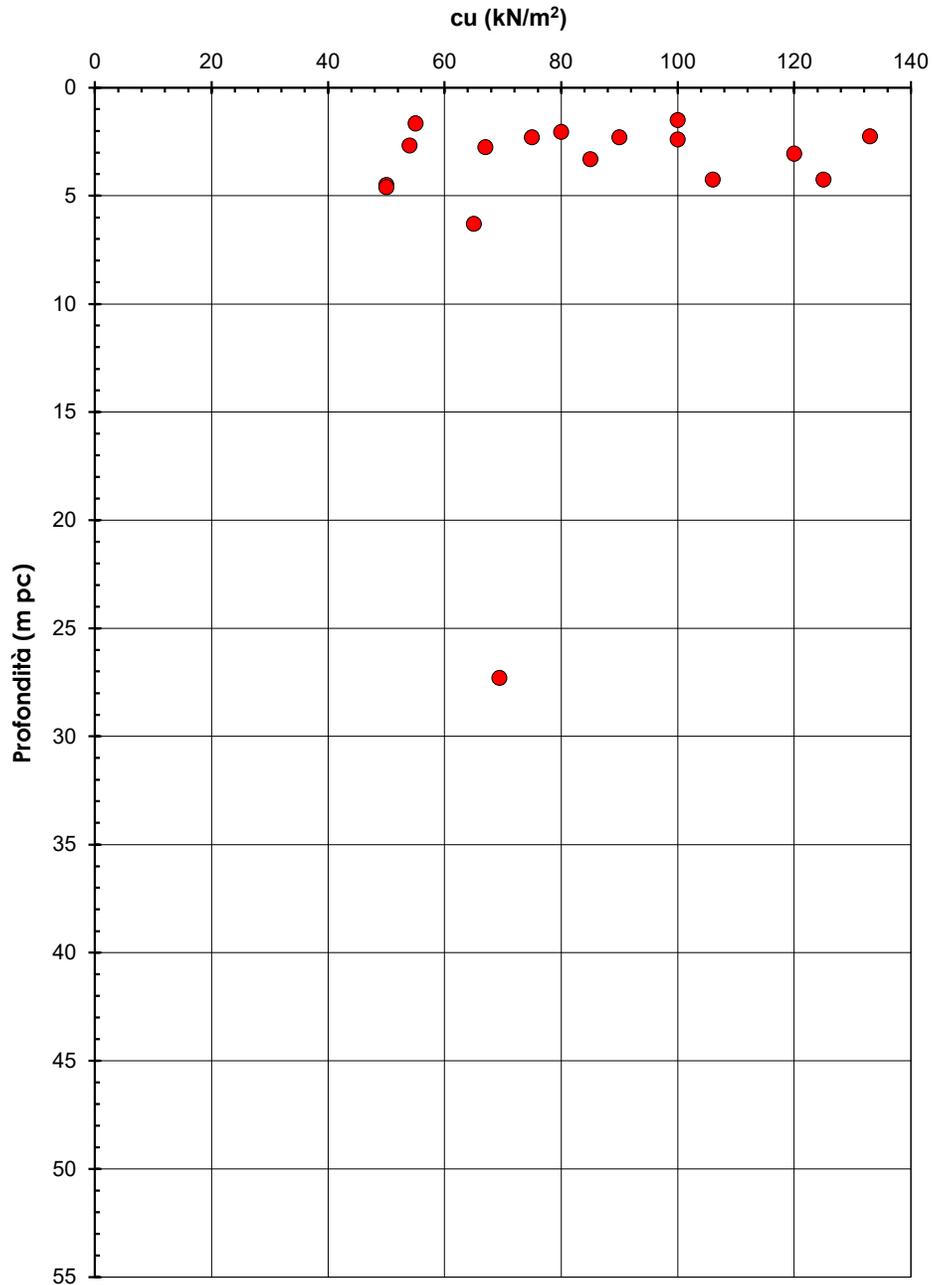


Figura 29 – Resistenza al taglio non drenata stimata da prove di laboratorio, tra pk 39+200 e pk 44+250

**AV/AC VERONA VICENZA**

**pk 39+200 - 44+250**

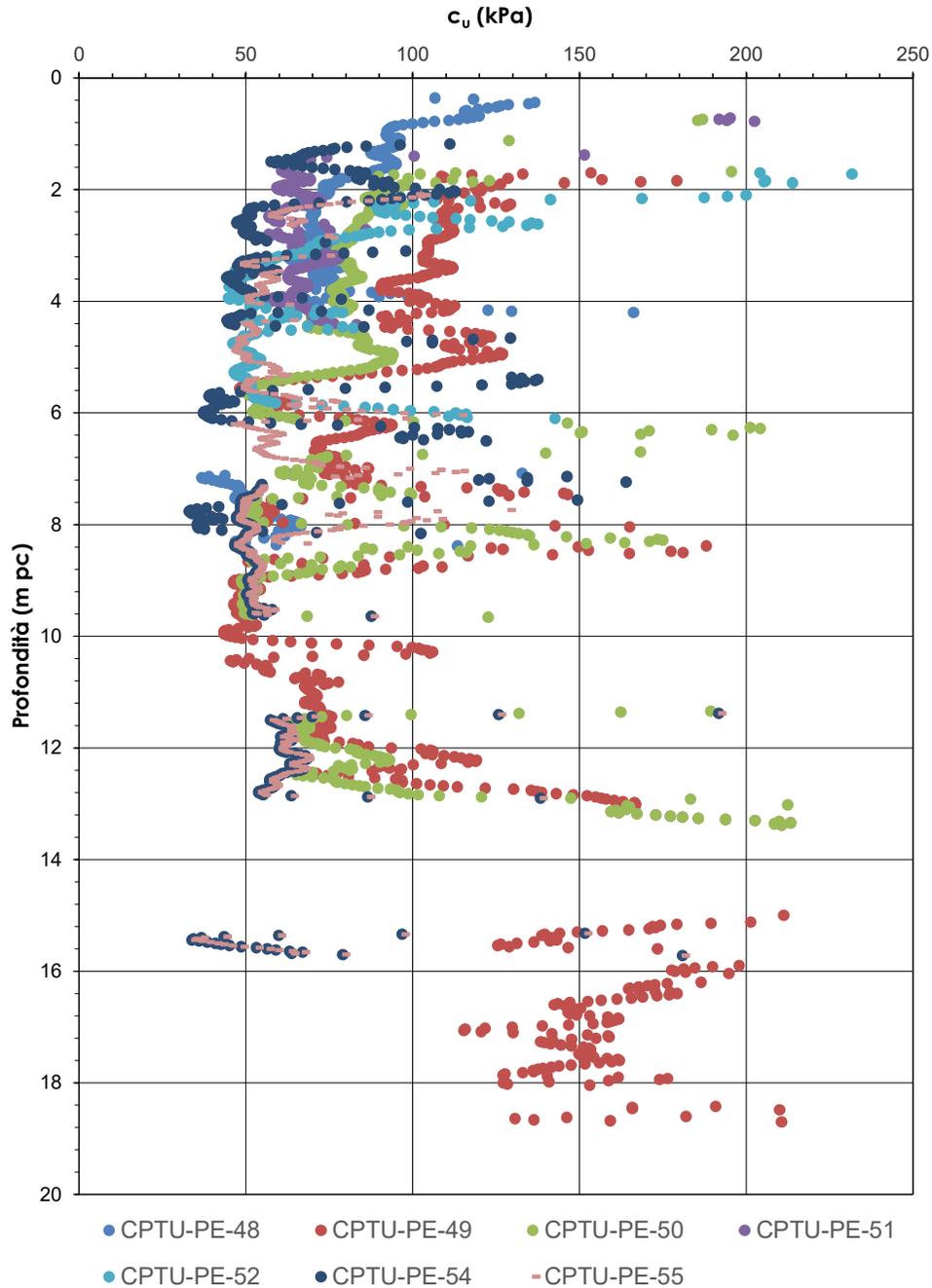


Figura 30 – Resistenza al taglio non drenata stimata da prove CPTU tra pk 39+200 e pk 44+250

**AV/AC VERONA VICENZA**

**pk 39+200 - pk 44+250**

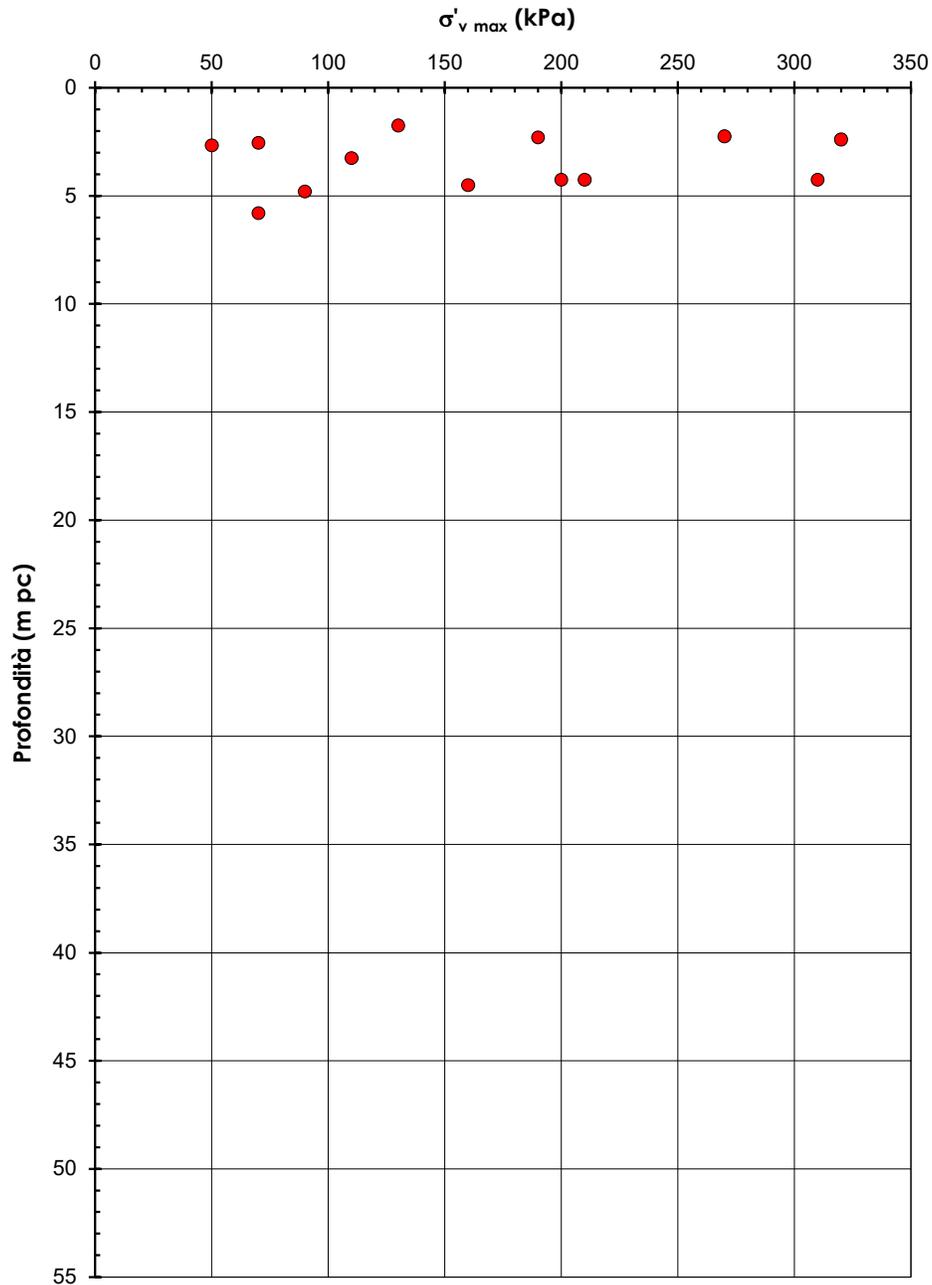


Figura 31 – Tensioni di preconsolidazione da EDO tra pk 39+200 e pk 44+250

**AV/AC VERONA VICENZA**

**pk 38+075 - pk 43+000**

$V_s$  (m/s)

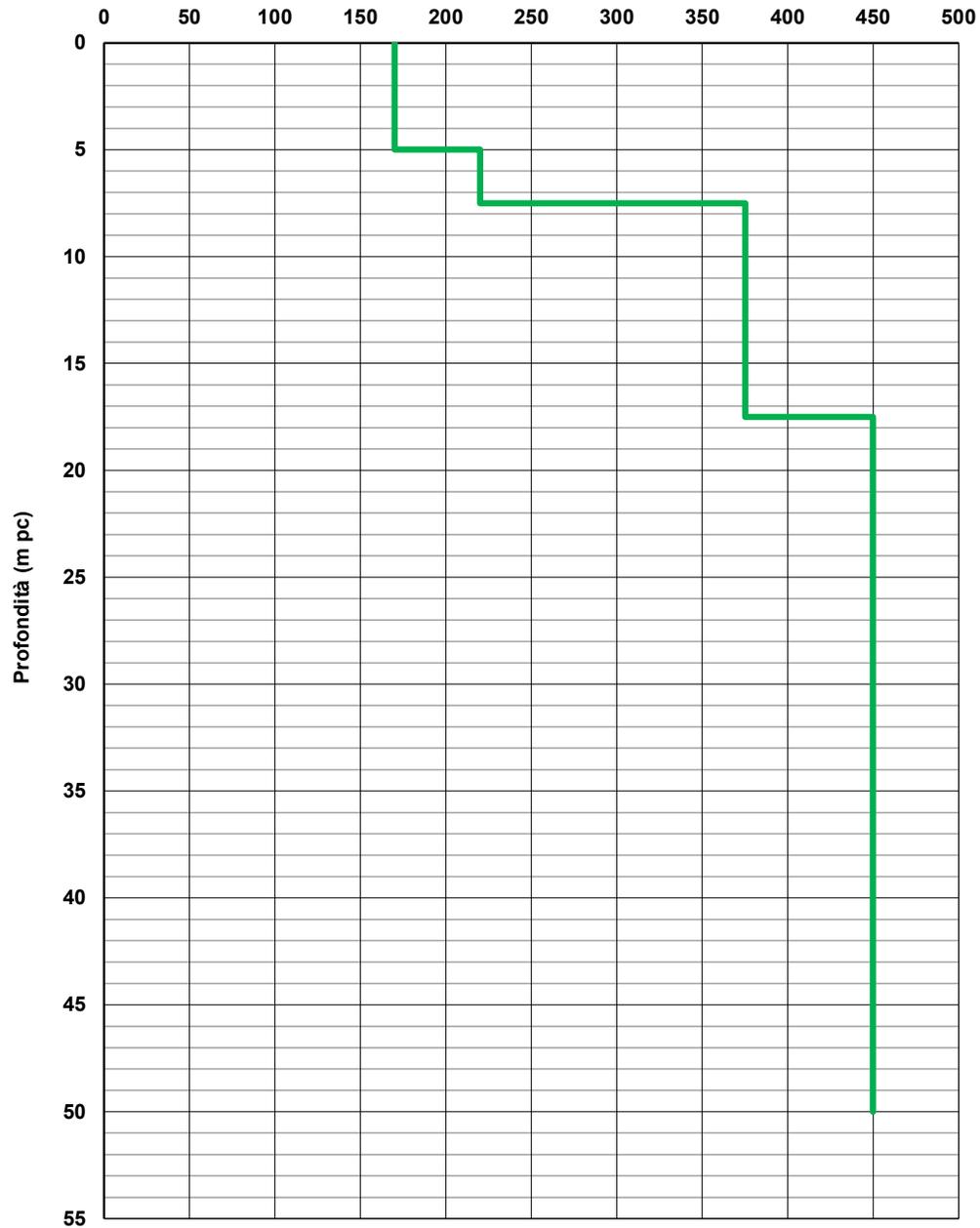


Figura 32 – Profilo di velocità  $V_s$  tra pk 38+075 e pk 43+000 (Doc. rif. [6])

**AV/AC VERONA VICENZA**

pk 43+000 - pk 44+250

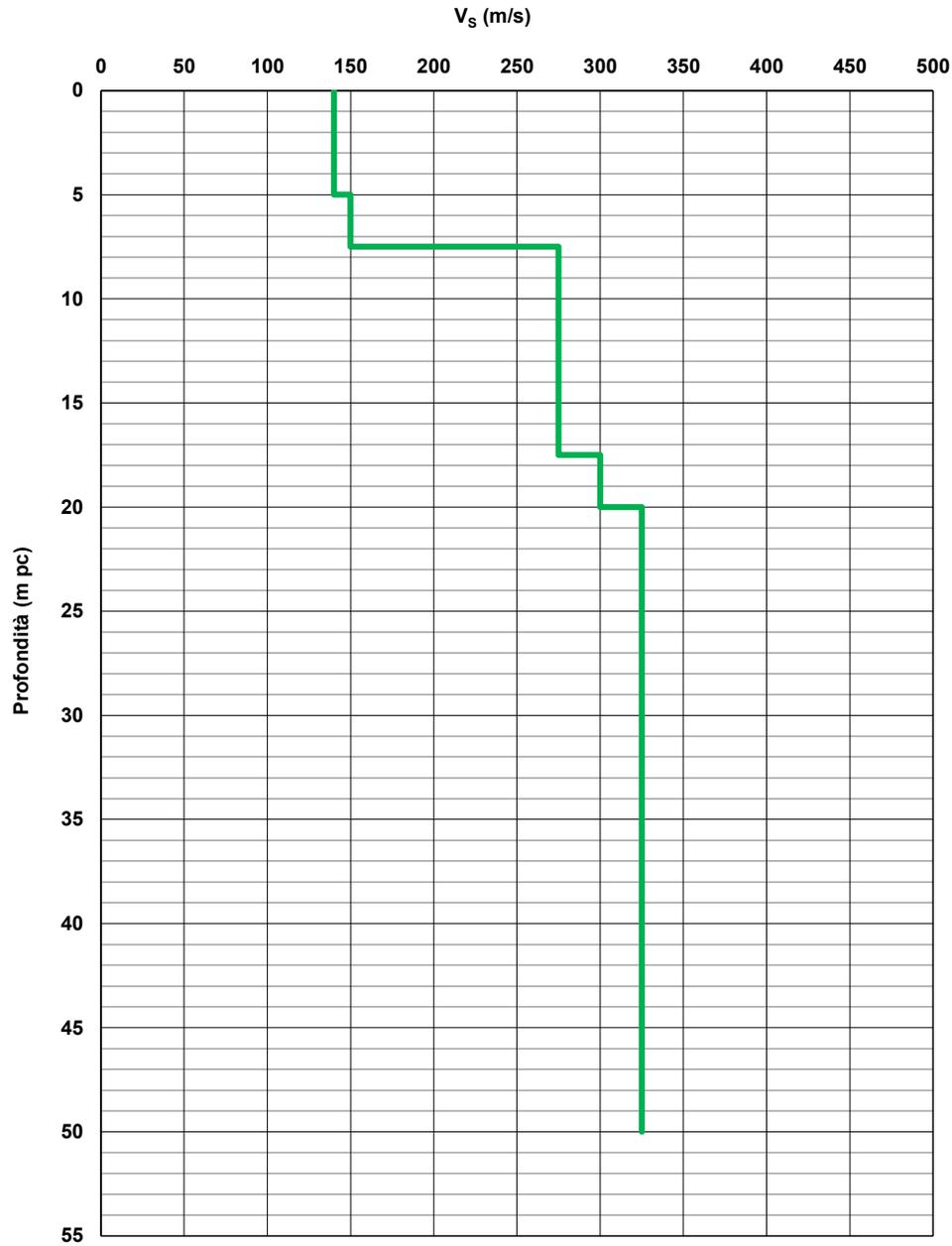


Figura 33 – Profilo di velocità Vs tra pk 43+000 e pk 44+250 (Doc. rif. [6])

**AV/AC VERONA VICENZA**

**pk 38+075 - pk 43+000**

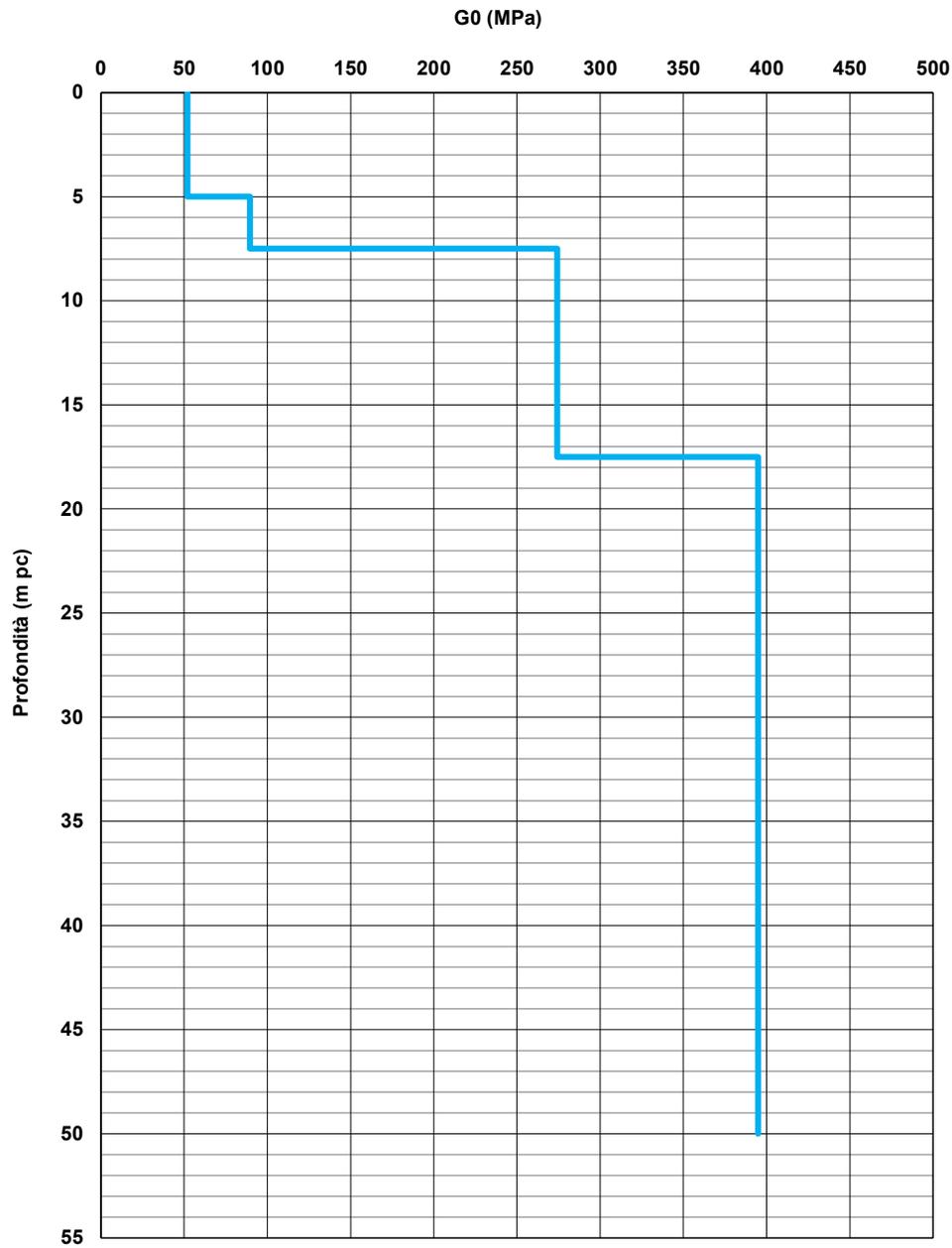


Figura 34 – Modulo di taglio  $G_0$  tra pk 38+075 e pk 43+000

**AV/AC VERONA VICENZA**

**pk 43+000 - pk 44+250**

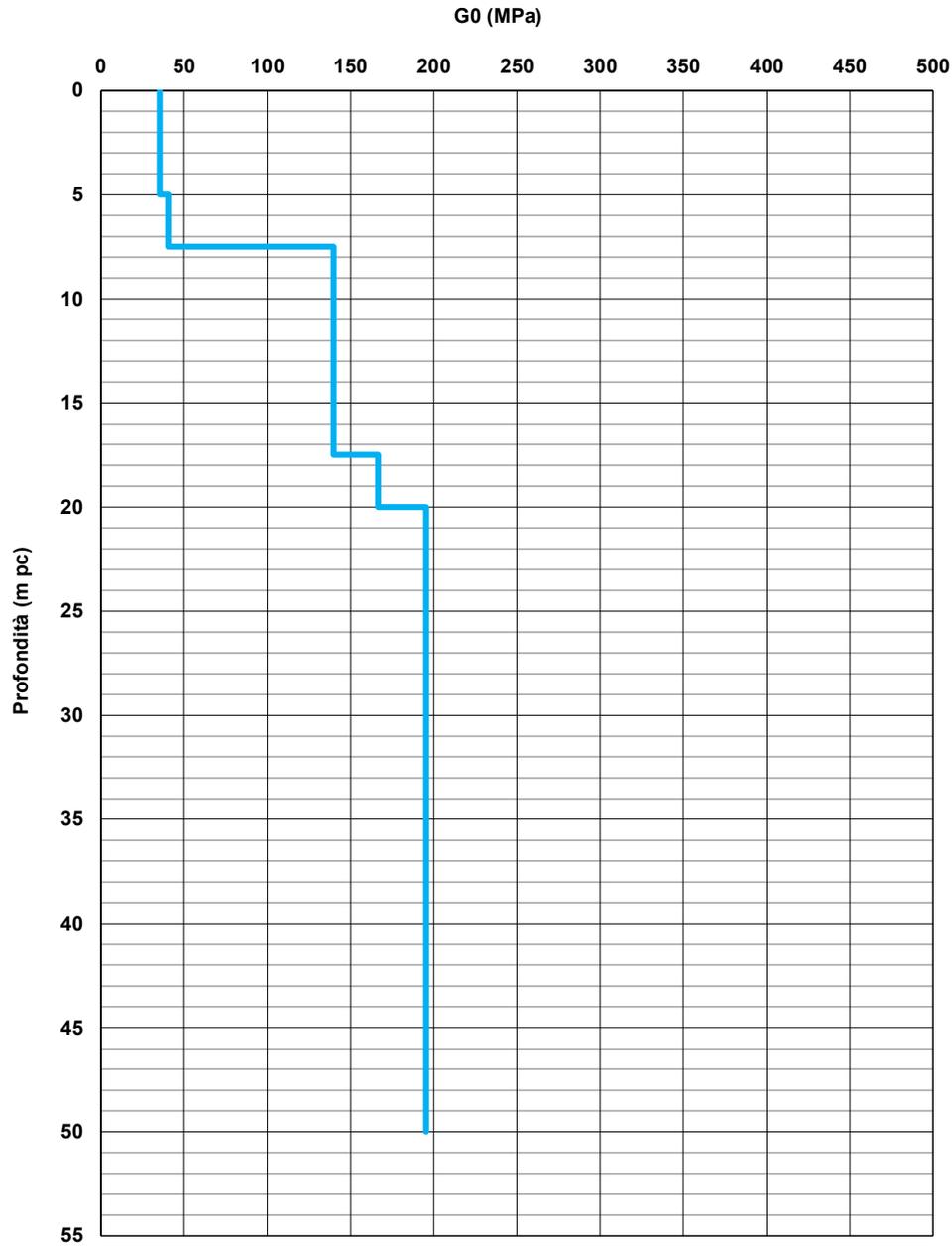


Figura 35 – Modulo di taglio  $G_0$  tra pk 43+000 e pk 44+250

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 73 di 91

## 6.4 Permeabilità

Nell'ambito del Progetto Esecutivo sono state eseguite alcune prove Lefranc in corrispondenza del sondaggio BH-PE-70, per fornire indicazioni circa le permeabilità dei materiali rinvenuti e gli elementi necessari per la progettazione di rilevati ed altre opere d'arte.

Di seguito si fornisce una sintesi dei risultati delle prove e, per maggiori dettagli, si rimanda alla relazione Idrogeologica [4].

*Tabella 16 – Risultati prove Lefranc*

Sondaggio n°	Profondità (m da pc)		livello falda (m da pc)	Litologia*	k (m/s)
	da	a			
BH-PE-74	6.8	7.3	5.0	A(L) / L(A)	3.97E-6
BH-PE-74	8.5	9.0	5.0	A(L) / L(A)	8.23E-7
BH-PE-74	12.0	12.8	5	G(S)(L)	4.77E-5

\* Doc. rif. [7]

In considerazione dei dati disponibili, le attività di progettazione saranno eseguite adottando assunzioni cautelative, in funzione della natura delle opere in esame e delle indagini ritenute significative. Le cautele prese saranno volte a garantire accettabili margini di sicurezza.

Per maggiori dettagli circa le permeabilità attese, si rimanda alla Relazione Idrogeologica (Doc. rif. [2]) ed alle Relazioni Geotecniche delle singole WBS.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 74 di 91

## 7 RIASSUNTO DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

Lo studio geotecnico ha avuto come finalità la classificazione e caratterizzazione dei depositi investigati, coerentemente con le indicazioni emerse dallo studio geologico-geomorfologico della zona. I Profili Geotecnici (Doc.Rif. [7]) individuano la presenza delle unità stratigrafiche definite nei capitoli precedenti, sulla base dei risultati delle indagini disponibili. I parametri caratteristici suggeriti per ognuna delle unità sono elencati nelle tabelle seguenti. La progettazione geotecnica delle singole opere dovrà esaminare le condizioni specifiche locali, e sviluppando un modello geotecnico dell'area di responsabilità del progettista della specifica opera.

*Tabella 17 - Parametri geotecnici caratteristici per la tratta dalla 33+500 alla 39+200*

Unità	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Dr (%)	$\phi'$ (°)	Vs (m/s)	G0 (MPa)	E' (MPa)	Cu (kPa)	$\sigma'_p$ (kPa)
2	18-19	-	26-30	100-150 <sup>(1)</sup> 150-200 <sup>(2)</sup>	20-90	10-25 <sup>(1)</sup> 25-40 <sup>(2)</sup>	50-80 <sup>(1)</sup> 80-150 <sup>(2)</sup>	200-300 <sup>(1)</sup> 400-500 <sup>(2)</sup>
6	19-20	25-60	39-41	300-400	170-300	80-240		-

Note

(1) Valori nei primi 5-15 m

(2) Valori per strati fini in profondità

*Tabella 18 - Parametri geotecnici caratteristici per la tratta dalla 39+200 alla 44+250*

Unità	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Dr (%)	$\phi'$ (°)	Vs (m/s)	G0 (MPa)	E' (MPa)	Cu (kPa)	$\sigma'_p$ (kPa)
2	18-19	-	26-30	100-200	20-90-	10-30 <sup>(1)</sup> 25-50	50-120 <sup>(1)</sup> 120-200 <sup>(2)</sup>	150-300 <sup>(1)</sup>
6	19-20	25-60	39-41	250-400	120-300	50-240		-

Note

(1) Valori nei primi 5-10 m

(2) Valori per strati fini in profondità

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 75 di 91

## 8 PROBLEMATICHE DI LIQUEFAZIONE

Le indagini integrative, ed in particolar modo le prove penetrometriche CPTU, hanno confermato la presenza di situazioni potenzialmente critiche nel tratto già individuato in sede di PD, dalla progressiva 43 circa fino a fine lotto, e relative alla suscettibilità alla liquefazione di strati nei primi 6-8 m di coperture.

Sono in corso di ultimazione le indagini di laboratorio sui campioni prelevanti all'interno dello strato in questione, per valutarne la composizione granulometrica. L'insieme dei dati (PE+PD) che ne emergerà dovrà essere valutato con attenzione durante la fase di progettazione esecutiva delle relative WBS per le ricadute progettuali in termini di interventi di mitigazione.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B	Foglio 76 di 91

## 9 STABILIZZAZIONE SUPERFICIALE DEI MATERIALI IN SITO

E' stata valutata, in termini generali, la possibile idoneità dei terreni più superficiali a subire un trattamento di stabilizzazione a calce per consentirne l'utilizzo per la realizzazione di rilevati e strati di sottofondo dei rilevati stessi.

La possibilità di utilizzo di calce per la stabilizzazione del terreno naturale viene analizzata nel capitolo 18.6.3 del Capitolato Generale Tecnico Di Appalto Delle Opere Civili - Parte II – RFI.

I pre-requisiti di idoneità dei materiali per il trattamento a calce sono sintetizzati nella Tabella 18.6.3.1.1-1, qui riportata per facilità di consultazione (Tabella 19).

Tabella 19 – Limiti di accettazione dei terreni naturali da sottoporre a trattamento di stabilizzazione con calce

LIMITI DI ACCETTAZIONE DEL TERRENO NATURALE			
Test di Laboratorio	Norma di riferimento	Requisito	Limiti di accettabilità
Analisi granulometrica	CNR B.U n. 36 UNI EN 933-1 UNI CEN ISO/TS 17892-4	Granulometria	par. 2.1 della norma CNR B.U. n.36 <sup>(1)</sup>
Limiti di Atterberg (LL-LP)	UNI CEN ISO/TS 17892-12	Indice di plasticità IP	>10 <sup>(1)</sup>
Contenuto in sostanze organiche	ASTM D 2974 - C	Sostanze organiche	< 2% <sup>(2)</sup>
Contenuto in solfati	UNI EN 1744-1	Solfati totali	< 0,25% <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Saranno ammesse granulometrie diverse da quelle interamente comprese nel fuso e un valore minore della plasticità a condizione che si dimostri l'idoneità della terra ad essere trattata, attraverso lo studio delle miscele di laboratorio e un campo prova preventivamente approvato da Ferrovie. In ogni caso il diametro massimo degli elementi non dovrà essere maggiore della metà dello spessore finito di ciascuno degli strati di terra trattata per la realizzazione dei rilevati e l'indice di plasticità dovrà essere IP>5

<sup>(2)</sup> Questo valore può essere aumentato fino al 4%, nel caso di impiego del trattamento per il piano di posa del rilevato, a condizione che siano soddisfatti i valori delle prove sul prodotto finale riportati al capitolo II.5

<sup>(3)</sup> Questo valore può essere aumentato fino a raggiungere l'1%, qualora lo studio di laboratorio della miscela sia stato ritenuto idoneo da Ferrovie

Dal punto di vista granulometrico, i materiali da assoggettare al trattamento a calce devono, in linea di principio, rientrare nel fuso granulometrico riportato nel paragrafo 2.1 della Norma CNR B.U. 36 del 21/2/1973, riportato nella Figura 36.

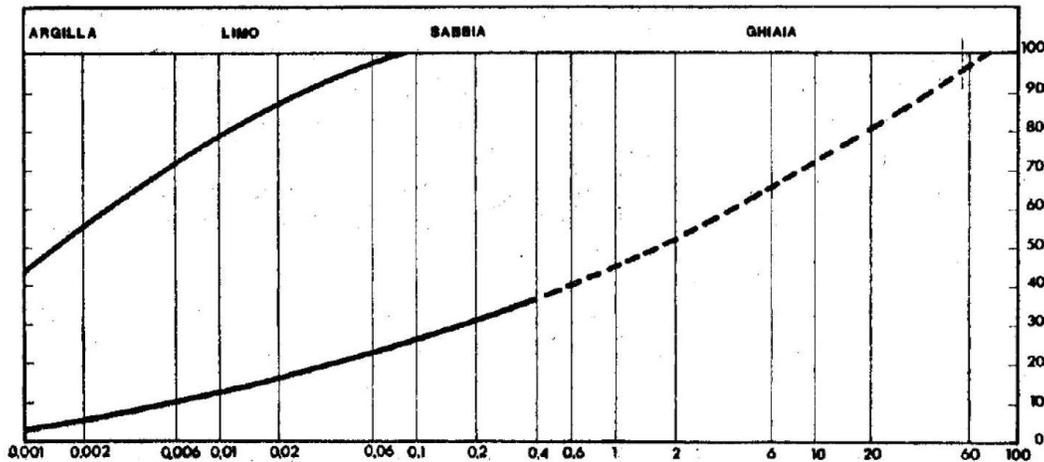


Figura 36 – Fusso granulometrico delle terre per la stabilizzazione con calce (CNR B.U. 36)

Come indicato nella Tabella 19, sono ammesse anche granulometrie non ricadenti nel fuso citato, anche con valori inferiori di plasticità, purché ne venga dimostrata l' idoneità tramite sperimentazione specifica di laboratorio e di sito.

Per valutare, in maniera preliminare ed in termini generali, la possibile idoneità al trattamento a calce dei terreni superficiali nella tratta in oggetto, sono stati esaminati i risultati delle prove di laboratorio disponibili eseguite su campioni di terreno prelevati nei sondaggi e nei pozzetti, nell'ambito dei primi 2 m di profondità da p.c..

Il grafico della Figura 37 mostra i valori del contenuto di fine determinati per profondità fino a 2 m da p.c.. Come si può vedere, salvo poche eccezioni, il contenuto di fini (<0.063 mm) risulta generalmente superiore al 25%, valore limite inferiore del fuso granulometrico di Figura 36 (CNR B.U. 36).

La Figura 38 mostra l'andamento dei valori dell'indice di plasticità IP nei primi 2 m di profondità, determinato su campioni prelevati nei sondaggi e nei pozzetti esplorativi eseguiti lungo la tratta. Tranne pochi casi, la grande maggioranza dei materiali risulta conforme ai requisiti di accettazione di Tabella 19 ( $IP > 10$ ) e un valore ricade nell'intervallo  $5 \div 10$ . Nessun campione tra quelli coesivi considerati (ovvero quelli per i quali è stata possibile la determinazione dei limiti di Atterberg) risulta avere un valore di IP inferiore a 5. Si segnala comunque una piccola quantità di campioni (circa il 13% del totale) per i quali non è stato possibile determinare i limiti di Atterberg, in quanto il materiale è risultato non plastico (identificati con  $IP = 0$  nel grafico).

In linea generale, le caratteristiche granulometriche e di plasticità della maggior parte dei campioni superficiali appaiono compatibili con i requisiti minimi di accettazione delle terre per la stabilizzazione a calce. A questo proposito, i materiali appartenenti alla unità 3b si presentano con caratteristiche favorevoli nei confronti di questa tipologia di trattamento.

**AV/AC VERONA VICENZA**

Pk 33+500 ÷ 44+250

Contenuto di limo e argilla FC (%)

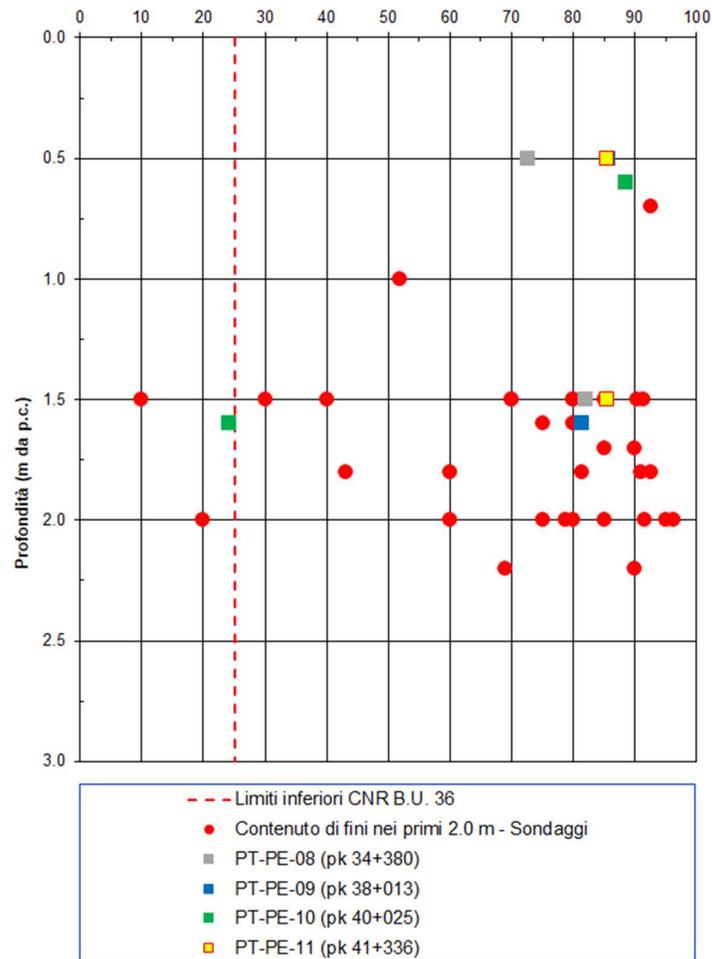


Figura 37 – Contenuto di fini dei campioni superficiali di terreno (0.0 ÷ 2.0 m)

**AV/AC VERONA VICENZA**

Pk 33+500 ÷ 44+250

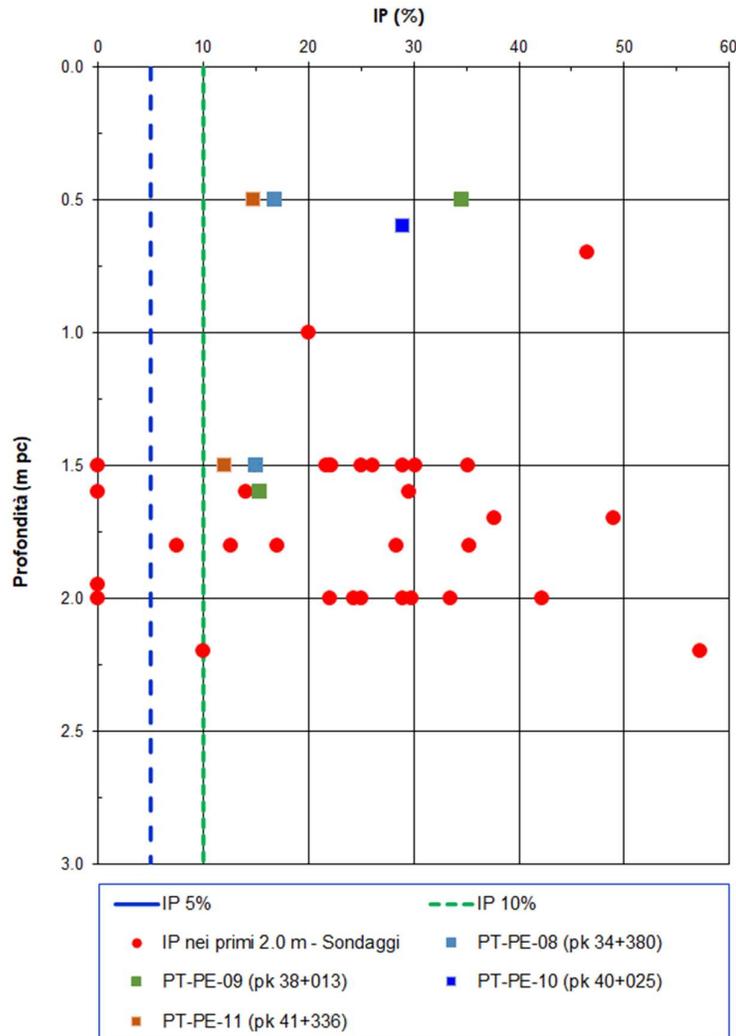


Figura 38 – IP dei campioni superficiali di terreno (0.0 ÷ 2.0 m)

Per quanto riguarda i limiti di accettazione per i solfati, le informazioni disponibili indicano valori di concentrazione sui campioni superficiali (0.0 ÷ 2.0 m) generalmente inferiori o pari allo 0.01 %, compatibili con quanto indicato in Tabella 19. In sede di realizzazione di ciascun singolo rilevato, dovranno in ogni caso essere eseguite ulteriori e puntuali determinazioni in tal senso sul materiale da stabilizzare..

Analogamente, specifiche determinazioni andranno condotte in fase di realizzazione in termini di contenuto di sostanze organiche, per valutare localmente la compatibilità con questa tipologia di

trattamento.

In generale, per i campioni superficiali prelevati lungo l'intero tracciato, il contenuto di sostanza organica è risultato compreso tra l'1.2 ed il 4.4% (mediamente il 3%), come era lecito attendersi in terreni superficiali sottoposti ad intenso uso agricolo; si tratta di valori compatibili con il trattamento, previa idonea sperimentazione per la determinazione della miscela ottimale.

Si segnala infine, per completezza di trattazione, che ad oggi sono state eseguite prove di laboratorio su miscele di terreno e calce a partire da campioni prelevati nel pozzetto PT-PE-7bis, posizionato alla progressiva Pk 20+013 (quindi non nella tratta in oggetto). Si tratta di materiale di tipo A7-6 con un consumo iniziale di calce (CIC) pari all'1.5%.

I risultati ottenuti appaiono positivi (Tabella 20), già per contenuti di calce piuttosto ridotti, dell'ordine del 2% in peso (valore minimo a partire dal CIC, secondo quanto indicato al punto 18.6.3.1.2. del "Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili - Parte II - Sezione 18 - Utilizzo di aggregati riciclati e trattamenti con calce per opere in terra" di RFI).

Sono in corso ulteriori prove di laboratorio su miscele di terreno e calce a partire da campioni prelevati in diversi pozzetti lungo il tracciato della linea ferroviaria in progetto. Per quasi tutti i campioni infatti, la curva granulometrica ricade nel fuso di riferimento (Figura 39). I relativi risultati, insieme a quelli del citato pozzetto PT-PE-7bis, saranno oggetto di una successiva emissione.

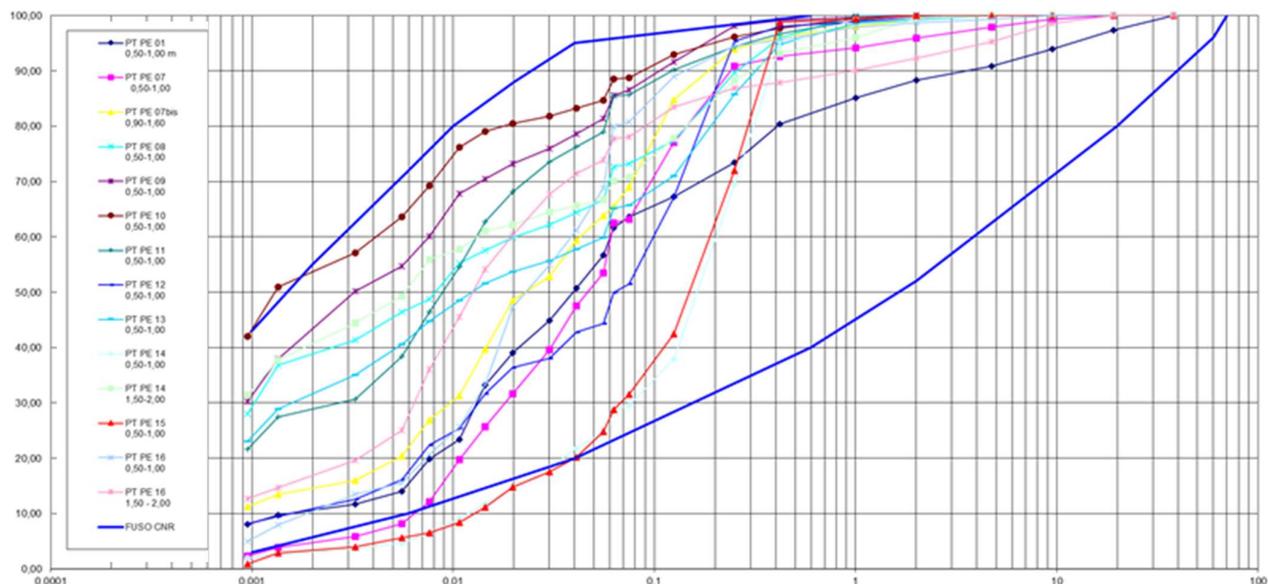


Figura 39. Curve granulometriche dei campioni prelevati dai pozzetti dislocati lungo la linea.

Nella fase realizzativa dovranno comunque essere condotte tutte le sperimentazioni del caso per aree

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2RBGE0000004B</p>	<p>Foglio 81 di 91</p>

omogenee di materiale, secondo quanto riportato per esteso nei paragrafo 18.6.3.2 e 18.6.3.3 del Capitolato RFI citato, inclusa la realizzazione di campi prova sperimentali.

Tabella 20 – Risultati delle prove di miscelazione con calce eseguite su materiale prelevato nel pozzetto PT-PE-7bis

POZZETTO ESPLORATIVO	PT-PE-7bis (pk 20+013)			
	PT-PE-7bis naturale	PT-PE-7bis trattato a CaO al 2%	PT-PE-7bis trattato a CaO al 2.5%	PT-PE-7bis trattato a CaO al 3%
Camp.	0,90-1,60	0,90-1,60	0,90-1,60	0,90-1,60
Prof. (m da p.c.)				
Descrizione	Limo con sabbia argilloso marrone rossiccio			
UNI 11531-1	A7-6			
ghiaia (> 2 mm)	0.7%			
sabbia (> 0.06 mm)	34.1%			
limo (> 2 µm)	50.6%			
argilla (< 2 µm)	14.7%			
Wn	35.7%			
LL	41.8%			
LP	23.6%			
IP	18.2%			
γ ricostituito max umido da prova proctor mod (Mg/m <sup>3</sup> )	2.035	2.040	2.036	2.072
γ ricostituito max secco da prova proctor mod. (Mg/m <sup>3</sup> )	1.798	1.785	1.788	1.755
W% Ottimo da prova proctor mod.	13.2	14.3	15.2	16.8
Gs (Mg/m <sup>3</sup> ) (STIMATO)	2.70			
INDICE CBR IPI a 2,5 mm (all' umidità ottima)	77.7			
INDICE CBR IPI a 5,0 mm (all' umidità ottima)	73.0			
INDICE CBR immerso 96h a 2,5 mm (all' umidità ottima)	3.1			
INDICE CBR immerso 96h a 5,0 mm (all' umidità ottima)	3.8			
Rigonfiamento dopo immersione 96h (%)	4.94			
Umidità dopo 96 ore di immersione (%)	23.2			
SOLFATI (%)				
SOSTANZA ORGANICA (%)	1.9			
Consumo iniziale di calce (CIC) (%)	1.5			
INDICE CBR IPI a 2,5 mm (all' umidità ottima)		74.5	94.9	94.3
INDICE CBR IPI a 5,0 mm (all' umidità ottima)		94.2	95.3	102.3
INDICE CBR immerso 96h a 2,5 mm (all' umidità ottima) (7 gg)		100.2	126.1	130.7
INDICE CBR immerso 96h a 5,0 mm (all' umidità ottima) (7 gg)		95.7	121.2	121.4
Rigonfiamento dopo immersione 96h (%) (7 gg)		0.09	0.06	0.05
Umidità dopo 96 ore di immersione (%) (7 gg)		17.2	18.3	20.0
INDICE CBR immerso 96h a 2,5 mm (all' umidità ottima) (28 gg)		104.9	124.7	142.6
INDICE CBR immerso 96h a 5,0 mm (all' umidità ottima) (28 gg)		84.3	129.5	138.8
Rigonfiamento dopo immersione 96h (%) (28 gg)		0.02	0.03	0.03
Umidità dopo 96 ore di immersione (%) (28 gg)				
ELL 7 gg compattata a OPT -2% (tensione verticale, MPa)		0.67	0.66	0.74
ELL 7 gg compattata a OPT -2% (Coes. non drenata Cu (MPa))		0.34	0.33	0.37
ELL 7 gg compattata a OPT (tensione verticale MPa)		0.75	0.86	0.92
ELL 7 gg compattata a OPT (Coes. non drenata Cu (MPa))		0.37	0.43	0.46
ELL 7 gg compattata a OPT +2% (tensione verticale MPa)		0.79	0.81	0.68
ELL 7 gg compattata a OPT +2% (Coes. non drenata Cu (MPa))		0.39	0.40	0.34
ELL 28 gg compattata a OPT -2% (tensione verticale MPa)		0.76	1.05	1.07
ELL 28 gg compattata a OPT -2% (Coes. non drenata Cu (MPa))		0.38	0.52	0.53
ELL 28 gg compattata a OPT (tensione verticale MPa)		0.85	1.04	1.09
ELL 28 gg compattata a OPT (Coes. non drenata Cu (MPa))		0.43	0.52	0.54
ELL 28 gg compattata a OPT +2% (tensione verticale MPa)		0.96	0.99	1.04
ELL 28 gg compattata a OPT +2% (Coes. non drenata Cu (MPa))		0.48	0.49	0.52

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	11	EI2RBGE0000004	A

**ALLEGATI**

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)	Progetto	Lotto	Codifica	Foglio
	IN17	10	EI2RBGE0000004B	84 di 91

**ALLEGATO 1 - PLANIMETRIE TRACCIATO ED UBICAZIONE DELLE INDAGINI**

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)

Progetto

IN17

Lotto

10

Codifica

EI2RBGE0000004

A



Figura 40 – Planimetria tracciato ed ubicazione indagini tra pk 33+500 e pk 27+500

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)

Progetto

IN17

Lotto

10

Codifica

EI2RBGE000004B

Foglio

86 di 91

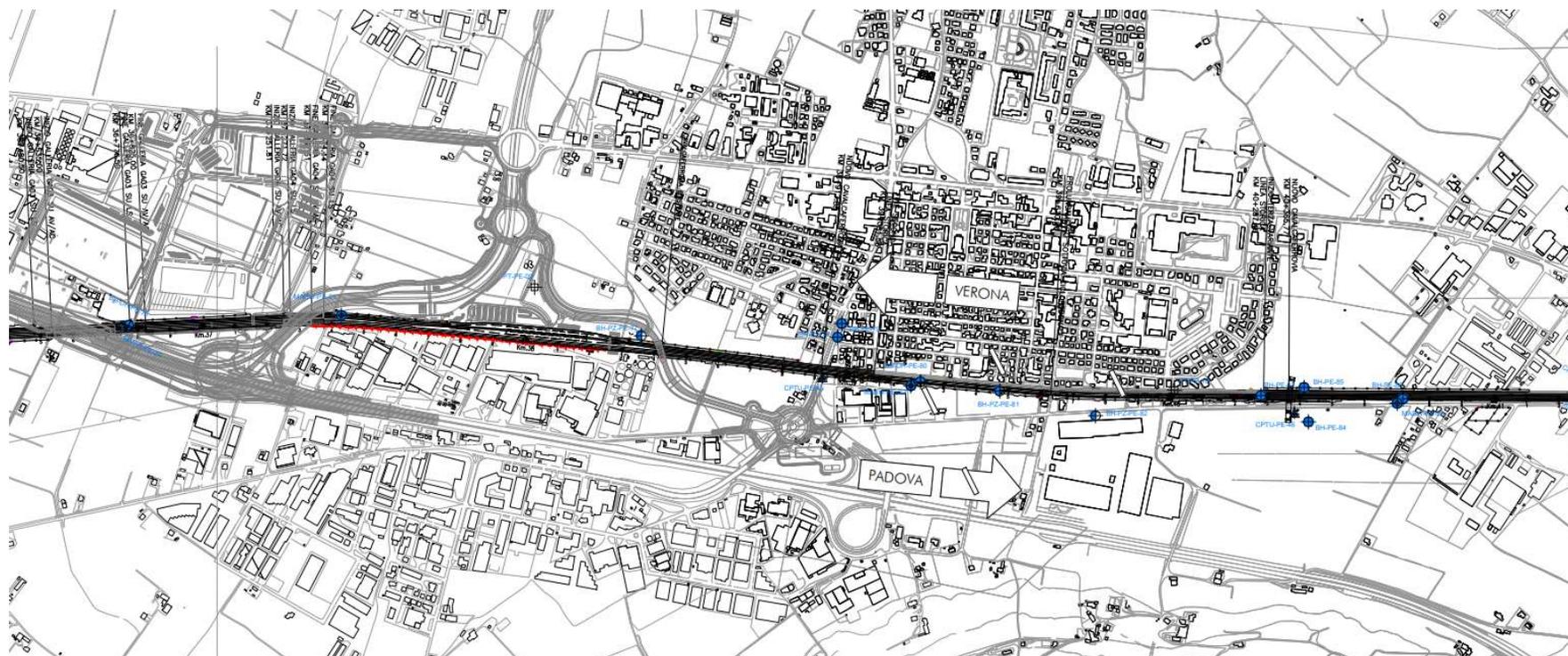


Figura 41 – Planimetria tracciato ed ubicazione indagini tra pk 36+400 e pk 41+250

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio IricAV Due</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica E12RBGE000004B</p>	<p>Foglio 87 di 91</p>

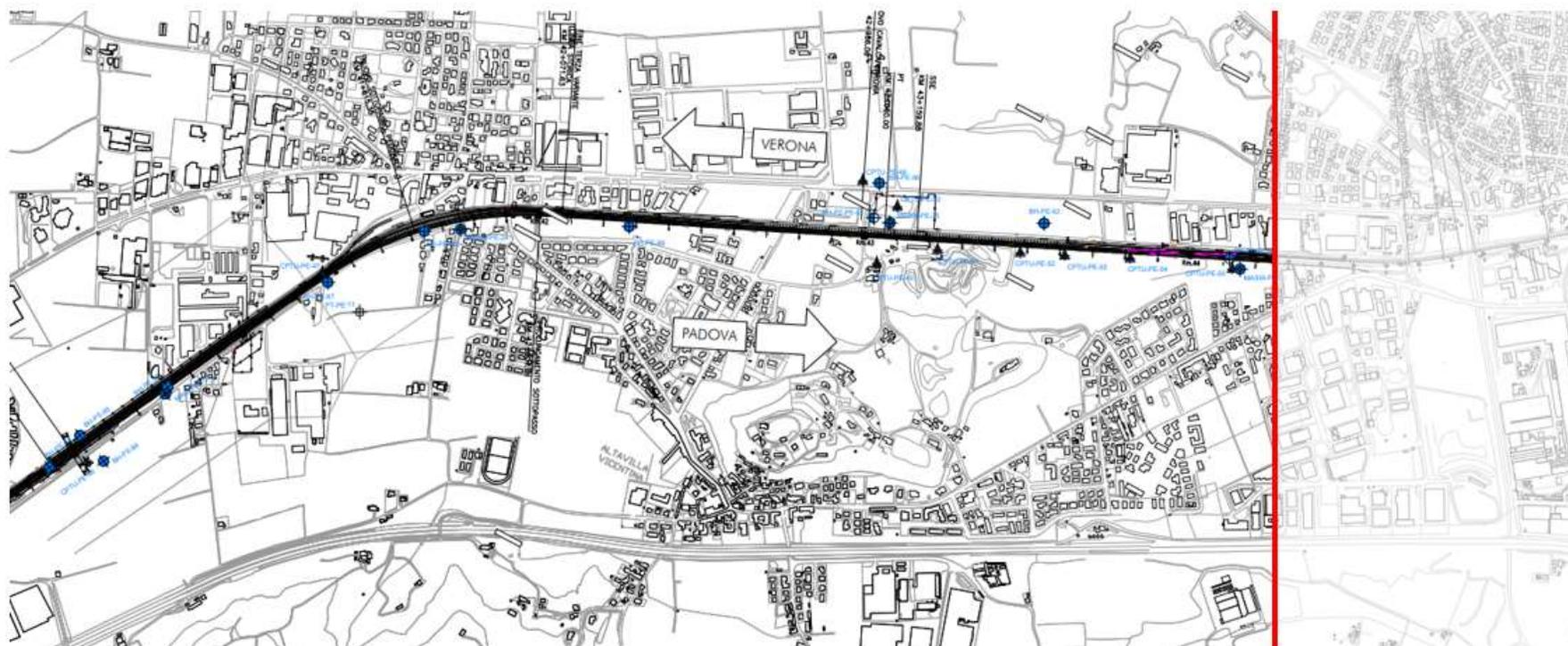


Figura 42 – Planimetria tracciato ed ubicazione indagini tra pk 40+100 e pk 44+250

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica EI2RBGE0000004</p>	<p>A</p>

**ALLEGATO 2 – PROFILI GEOTECNICI**

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004

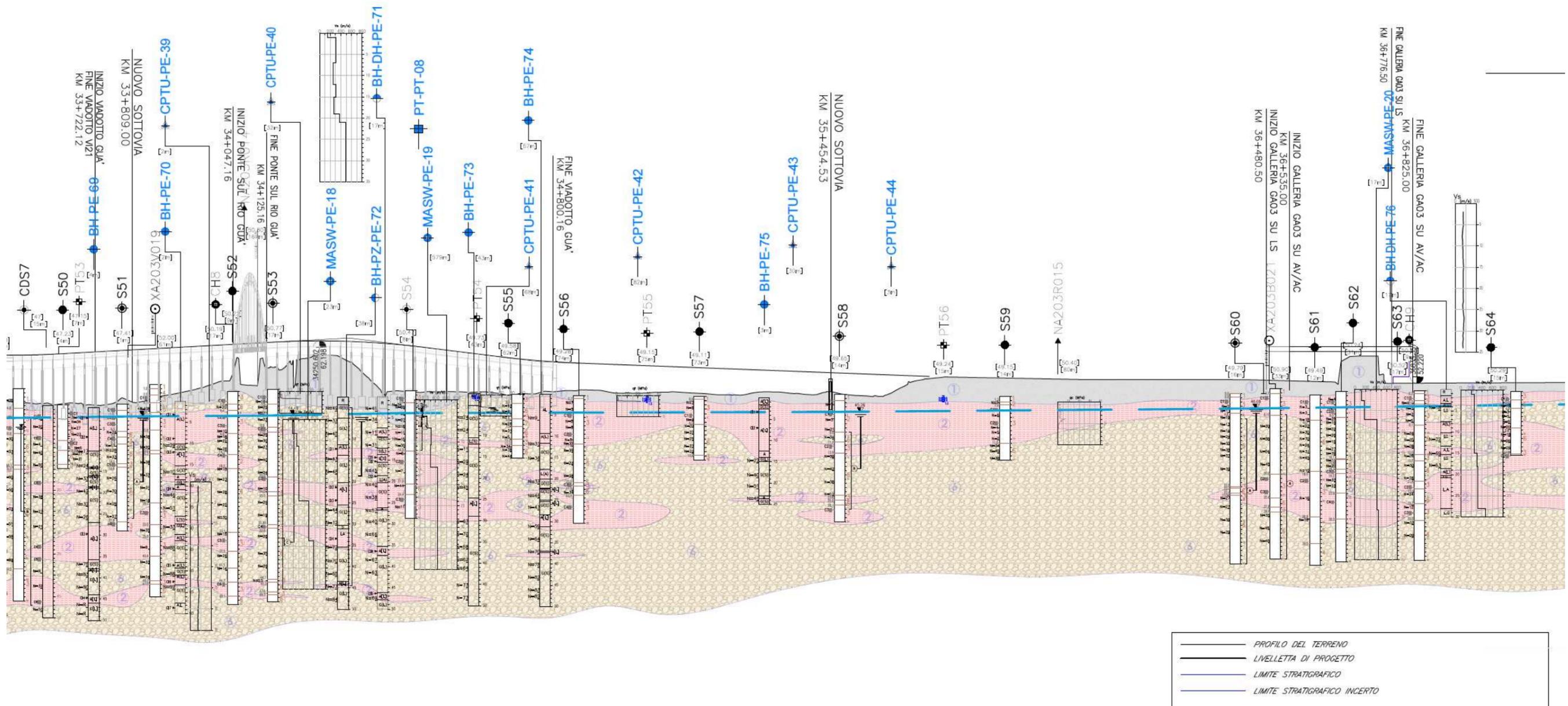


Figura 43 – Profilo geotecnico, da pk 33+500 a pk 37+175

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B
Relazione geotecnica (da 33+500 a 44+250)			

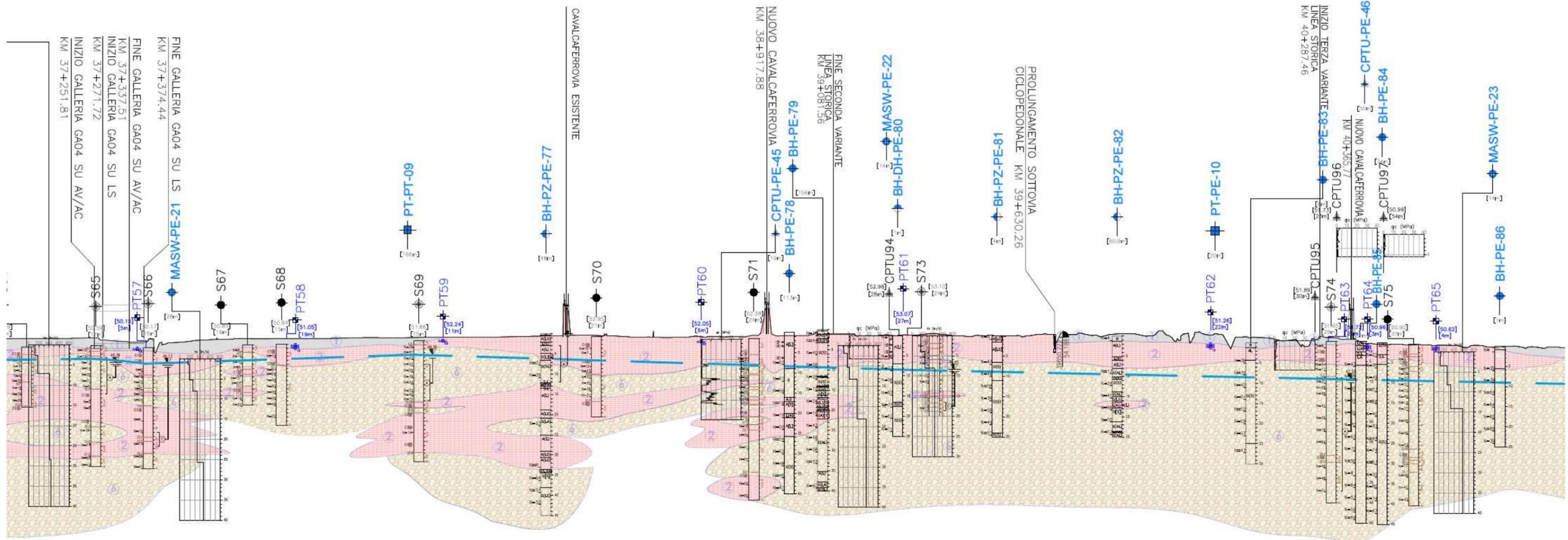


Figura 44 – Profilo geotecnico, da pk 37+175 a pk 40+875

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica EI2RBGE0000004B

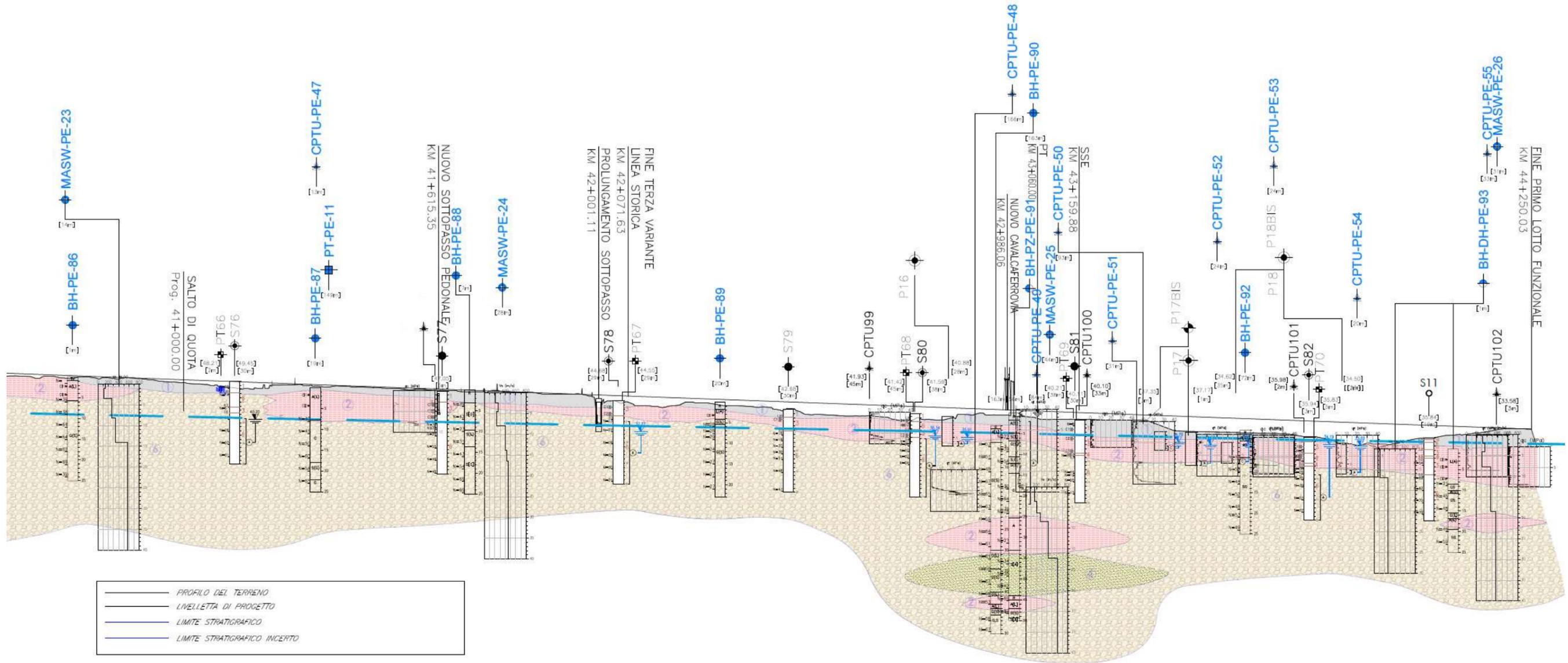


Figura 45 – Profilo geotecnico, da pk 40+875 a pk 44+250