

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 10+050 a 21+990)**

|   |  |                  |  |            |
|---|--|------------------|--|------------|
| GENERAL CONTRACTOR  |  | DIRETTORE LAVORI |  | SCALA<br>- |
| IL PROGETTISTA INTEGRATORE<br>Ing. Giovanni MALAVENDA<br>Inserito all'Ordine degli<br>Ingegneri di Venezia n. 4289<br>Data: Giugno 2021 | Consorzio<br>Iricav Due<br>ing. Paolo Carmona<br>Data: Giugno 2021 | 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 2  | C    | - - - P - - - |



|  |                            |             |
|--|----------------------------|-------------|
|  | VISTO CONSORZIO IRICAV DUE |             |
|  | Firma                      | Data        |
|  | Luca RANDOLFI              | Giugno 2021 |

Progettazione:

| Rev. | Descrizione                        | Redatto        | Data        | Verificato     | Data        | Approvato     | Data        | IL PROGETTISTA |
|------|------------------------------------|----------------|-------------|----------------|-------------|---------------|-------------|----------------|
| B    | RECEPIMENTO ISTRUTTORIA VALIDATORE | A. Mingoia<br> | Aprile 2021 | V. Pastore<br> | Aprile 2021 | P. Ascari<br> | Aprile 2021 |                |
| C    | RECEPIMENTO ISTRUTTORIA ITALFERR   | A. Mingoia<br> | Giugno 2021 | V. Pastore<br> | Giugno 2021 | P. Ascari<br> | Giugno 2021 |                |



|  |                      |                                  |
|--|----------------------|----------------------------------|
| CIG. 8377957CD1                            | CUP: J41E91000000009 | File: IN1710EI2RBGE0000002C.DOCX |
| Progetto cofinanziato dalla Unione Europea |                      | Cod. origine:                    |





|   |  |                     |                                     |                            |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                            |
| <p>Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)</p>  | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>10</p> | <p>Codifica<br/>E12RBGE0000002C</p> | <p>Foglio<br/>2 di 176</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 .....   | 6   |
| 3       | DESCRIZIONE DELLE CAMPAGNE DI INDAGINE.....  | 10  |
| 4       | DATI PIEZOMETRICI.....   | 15  |
| 5       | CRITERI DI VALUTAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI.....   | 25  |
| 5.1     | Premessa.....  | 25  |
| 5.2     | Densità relativa dei materiali a grana grossa .....  | 25  |
| 5.2.1   | Generalità .....   | 25  |
| 5.2.2   | Sabbie.....  | 25  |
| 5.2.3   | Ghiaie.....  | 26  |
| 5.3     | Resistenza al taglio – parametri drenati .....   | 27  |
| 5.3.1   | Materiali a grana grossa .....   | 27  |
| 5.3.1.1 | Angolo di resistenza al taglio di sabbie e ghiaie in accordo a Bolton (1986) .....                         | 27  |
| 5.3.1.2 | Angolo di resistenza al taglio di sabbie e ghiaie in accordo a Schmertmann.....                            | 29  |
| 5.3.2   | Materiali a grana fine .....   | 30  |
| 5.4     | Resistenza al taglio – parametri non drenati .....   | 31  |
| 5.5     | Determinazione della storia tensionale – (OCR).....  | 32  |
| 5.6     | Determinazione del coefficiente di consolidazione verticale $c_v$ .....                                    | 33  |
| 6       | BREVE DESCRIZIONE DEL TRACCIATO, DELLE OPERE PRINCIPALI DA REALIZZARE E DEL<br>PROFILO STRATIGRAFICO ..... | 40  |
| 6.1     | Introduzione .....   | 40  |
| 6.2     | Falda di progetto .....  | 40  |
| 6.3     | Principali Unità individuate.....  | 41  |
| 6.4     | Tratto compreso fra pk 10+050 e pk 14+546 .....  | 42  |
| 6.5     | Tratto compreso fra pk 14+546 e pk 16+340 .....  | 64  |
| 6.6     | Tratto compreso fra pk 16+340 e pk 19+159 .....  | 87  |
| 6.7     | Tratto compreso fra pk 19+159 e pk 21+990 (spalla Est Vi Alpone).....                                      | 106 |
| 6.8     | Permeabilità .....   | 126 |
| 7       | RIASSUNTO DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO .....   | 127 |
| 8       | PROBLEMATICHE DI LIQUEFAZIONE.....   | 129 |
| 9       | STABILIZZAZIONE SUPERFICIALE DEI MATERIALI IN SITO .....   | 130 |
| 9.1     | Requisiti normativi.....   | 130 |
| 9.2     | Granulometria ed IP.....   | 131 |
| 9.3     | Contenuto di solfati .....   | 135 |

|   |  |             |                             |                    |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                    |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>3 di 176 |

|               |   |     |
|---------------|---|-----|
| 9.4           | Contenuto di sostanze organiche .....   | 135 |
| 9.5           | Prove su miscele terreno-legante eseguite durante la fase di Progetto Esecutivo ..... | 135 |
| ALLEGATI..... |   | 145 |
|               | Allegato 1 - Sintesi dei risultati delle prove fisiche di laboratorio .....           | 146 |
|               | Allegato 2 - Planimetrie tracciato ed ubicazione delle indagini.....                  | 169 |
|               | Allegato 3 - Profili geotecnici.....  | 173 |

|   |  |             |                             |                    |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                    |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>4 di 176 |

## 1      **PREMESSA**

Il presente documento costituisce il secondo volume della Relazione Geotecnica Generale di Progetto Esecutivo della sub tratta Verona – Vicenza della Linea AV/AC Verona – Padova, e riguarda il tratto compreso tra le progressive 10+050 e 21+990.

Il documento si basa su tutti i risultati delle indagini realizzate lungo il percorso 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 durante la 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 nella tratta in questione (Capitolo 6);
- Stima dei principali parametri geotecnici di interesse per la progettazione (Capitolo 7);
- Discussione sulle problematiche di liquefazione (Capitolo 8).
- Esame della problematica dei trattamenti a calce per i terreni superficiali (Capitolo 9)

Scopo del documento è di fornire un quadro geotecnico di riferimento, da utilizzare ai fini del dimensionamento 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.





|   |  |                     |                                     |                            |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                            |
| <p>Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)</p>  | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>10</p> | <p>Codifica<br/>E12RBGE0000002C</p> | <p>Foglio<br/>5 di 176</p> |

## 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 con ubicazione indagini e profilo geotecnico tav. 1-11
- [8] IN1710EI2RHGE0000007A Relazione di sintesi dei sondaggi e prove eseguite 1/2 (da 0+000 a 21+990)
- [9] IN1710EI2RHGE0000008A Relazione di sintesi dei sondaggi e prove eseguite 2/2 (da 22+000 a 44+250)
- [10] IN1710EI2P5GE0000012A-22A Planimetria 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
- [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

|   |  |                     |                                     |                            |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                            |
| <p>Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)</p>  | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>10</p> | <p>Codifica<br/>E12RBGE0000002C</p> | <p>Foglio<br/>6 di 176</p> |



- [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] IN1710EI2PRGE00000010A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 0+000 a pk 21+990 - ATI GEOSERVING - GEOLAVORI - Vol.2
- [21] IN1710EI2PRGE00000011A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 21+990 a pk 44+250 - ATI GEOSERVING - GEOLAVORI - Vol.1
- [22] IN1710EI2PRGE00000012A, 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

## 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

|   |  |             |                             |                    |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                    |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>7 di 176 |



- [30] Atkinson J.H. and Sallfors G. (1991), "Experimental determination of soil properties. General Session 1", Proc. X ECSMF, 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 Ruiter (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
- [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

|   |  |             |                             |                    |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                    |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>8 di 176 |

- [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., Christoffersen H.P., Tjelta T.I. (1985) "Engineering use of piezocone data in North Sea clays" Proc. XI ICSMFE, S. Francisco
- [48] Lunne, T., Robertson, P.K., Powell, J.J.M. (1997). "Cone Penetration Testing in Engineering Practice" Blackie Academic and Professional, London
- [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. & Houlsby, G.T. (1991), "An analytical study of the cone penetration test in clay", Geotechnique 41, n. 1, pp. 17-34
- [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

|   |  |             |                             |                    |
|---|--|-------------|-----------------------------|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                    |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>9 di 176 |

- [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<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                     |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>10 di 176 |

### 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 2. 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.

I risultati delle indagini di sito e di laboratorio sono riportati nei documenti da [11] a [26]. Ad essi si rimanda per una caratterizzazione geotecnica di dettaglio per la progettazione delle singole WBS.

La sintesi dei risultati delle prove fisiche di laboratorio sono riportati in Allegato 1.

|   |  |             |                             |                     |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                     |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>11 di 176 |

*Tabella 1 - Indagini tra pk 10+050 e pk 21+990*

| <b>Progressiva<br/>pk</b> | <b>ID indagini<br/>-</b> | <b>Campagna<br/>anno</b> |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 10+400                    | CPTU16                   | 2014/2015                |
| 10+418                    | PT10                     |                          |
| 10+524                    | BH-PE-21                 | 2020-2021                |
| 10+550                    | CPTU18                   | 2014/2015                |
| 10+555                    | CPTU-PE-05               | 2020-2021                |
| 10+560                    | SPA16                    | 2014/2015                |
| 10+580                    | BH-PE-22                 | 2020-2021                |
| 11+313                    | BH-DH-PE-23              | 2020-2021                |
| 11+450                    | SA203P010                | 2002                     |
| 11+500                    | CPTU21                   | 2014/2015                |
| 11+510                    | SP17                     | 2014/2015                |
| 11+520                    | CH4                      | 2014/2015                |
| 11+597                    | BH-PE-24                 | 2020-2021                |
| 11+697                    | BH-PE-25                 | 2020-2021                |
| 11+697                    | BH-PE-25Bis              | 2020-2021                |
| 11+700                    | SPAA19                   | 2014/2015                |
| 11+720                    | CPTU24 e CPTU24bis       | 2014/2015                |
| 11+800                    | PT12                     |                          |
| 12+000                    | CPTU25                   | 2014/2015                |
| 12+010                    | SPA20                    | 2014/2015                |
| 12+030                    | P1                       | 2015                     |
| 12+030                    | P1 bis                   | 2015                     |
| 12+030                    | P1 quater                | 2015                     |
| 12+030                    | P1 ter                   | 2015                     |
| 12+035                    | PT-PE-07                 | 2020-2021                |
| 12+113                    | PT13                     |                          |
| 12+117                    | CPTU-PE-06               | 2020-2021                |
| 12+266                    | MASW-PE-05               | 2020-2021                |
| 12+319                    | BH-PE-27                 | 2020-2021                |
| 12+340                    | SPA20bis                 | 2014/2015                |
| 12+470                    | P2                       | 2015                     |
| 12+510                    | CPTU28 e CPTU28bis       | 2014/2015                |
| 12+510                    | CPTU29 e CPTU29bis       | 2014/2015                |
| 12+550                    | SPA21                    | 2014/2015                |
| 12+566                    | PT14                     |                          |
| 12+580                    | CPTU30 e CPTU30bis       | 2014/2015                |
| 12+774                    | PT15                     |                          |
| 12+780                    | CPTU30ter                | 2014/2015                |
| 13+000                    | P3                       | 2015                     |
| 13+000                    | P3 bis                   | 2015                     |
| 13+033                    | CPTU-PE-07               | 2020-2021                |
| 13+132                    | BH-PZ-PE-28              | 2020-2021                |
| 13+190                    | CPTU31                   | 2014/2015                |
| 13+285                    | CPTU-PE-08               | 2020-2021                |
| 13+287                    | BH-PE-29                 | 2020-2021                |
| 13+320                    | P4                       | 2015                     |
| 13+433                    | PT16                     |                          |
| 13+485                    | CPTU31bis                | 2014/2015                |
| 13+721                    | BH-PE-30                 | 2020-2021                |

GENERAL CONTRACTOR


 Consorzio IricAV Due

ALTA SORVEGLIANZA


 ITALFERR  
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)

Progetto

IN17

Lotto

10

Codifica



E12RBGE0000002C

Foglio

12 di 176

| <b>Progressiva<br/>pk</b> | <b>ID indagini<br/>-</b> | <b>Campagna<br/>anno</b> |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 13+730                    | MASW-PE-06               | 2020-2021                |
| 13+800                    | CPTU32                   | 2014/2015                |
| 13+808                    | PT17                     |                          |
| 13+920                    | P5                       | 2015                     |
| 13+920                    | P5bis                    | 2015                     |
| 14+143                    | CPTU-PE-09               | 2020-2021                |
| 14+350                    | CPTU32bis                | 2014/2015                |
| 14+350                    | P6                       | 2015                     |
| 14+352                    | PT18                     |                          |
| 14+641                    | BH-PZ-PE-31              | 2020-2021                |
| 14+691                    | BH-PE-32                 | 2020-2021                |
| 14+691                    | BH-PE-32Bis              | 2020-2021                |
| 14+705                    | CPTU-PE-10               | 2020-2021                |
| 14+862                    | PT19                     |                          |
| 14+870                    | CPTU33 e CPTU33bis       | 2014/2015                |
| 14+880                    | CPTU34 e CPTU34bis       | 2014/2015                |
| 14+880                    | CPTU35 e CPTU35bis       | 2014/2015                |
| 14+880                    | SP22                     | 2014/2015                |
| 14+890                    | SPA23 + CH5              | 2014/2015                |
| 14+940                    | CPTU37 e CPTU37bis       | 2014/2015                |
| 15+133                    | PT20                     |                          |
| 15+150                    | SA203C011                | 2002                     |
| 15+280                    | P7                       | 2015                     |
| 15+280                    | P7bis                    | 2015                     |
| 15+325                    | CPTU35Bis-B              | 2014/2015                |
| 15+517                    | PT21                     |                          |
| 15+548                    | CPTU-PE-11               | 2020-2021                |
| 15+830                    | CPTU-PE-12               | 2020-2021                |
| 15+860                    | BH-PE-33                 | 2020-2021                |
| 15+880                    | P8                       | 2015                     |
| 15+960                    | CPTU35Ter                | 2014/2015                |
| 16+030                    | P9                       | 2015                     |
| 16+030                    | P9bis                    | 2015                     |
| 16+160                    | SPA24                    | 2014/2015                |
| 16+170                    | BH1V                     | 2015                     |
| 16+237                    | CPTU-PE-13               | 2020-2021                |
| 16+297                    | PT22                     |                          |
| 16+495                    | CPTU-PE-14               | 2020-2021                |
| 16+499                    | BH-PZ-PE-35              | 2020-2021                |
| 16+556                    | BH-PE-34                 | 2020-2021                |
| 16+576                    | BH2V                     | 2015                     |
| 16+610                    | CPTU1V                   | 2015                     |
| 16+635                    | PT23                     |                          |
| 16+761                    | CPTU-PE-15               | 2020-2021                |
| 16+767                    | MASW-PE-07               | 2020-2021                |
| 16+792                    | BH-PE-36                 | 2020-2021                |
| 16+800                    | PT-PE-12                 | 2020-2021                |
| 16+820                    | P10                      | 2015                     |
| 16+823                    | CPTU2V                   | 2015                     |
| 17+050                    | BH3V+CH1V                | 2015                     |
| 17+200                    | CPTU-PE-16               | 2020-2021                |
| 17+250                    | CPTU3V                   | 2015                     |



|   |  |             |                             |                     |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                     |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>13 di 176 |

| <b>Progressiva<br/>pk</b> | <b>ID indagini<br/>-</b> | <b>Campagna<br/>anno</b> |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 17+250                    | P11                      | 2015                     |
| 17+250                    | P11bis                   | 2015                     |
| 17+359                    | SPA25                    |                          |
| 17+420                    | CPTU4V                   | 2015                     |
| 17+580                    | BH4V                     | 2015                     |
| 17+600                    | P20                      | 2015                     |
| 17+650                    | CPTU-PE-17               | 2020-2021                |
| 17+725                    | CPTU5V                   | 2015                     |
| 17+875                    | CPTU6V                   | 2015                     |
| 18+400                    | CPTU-PE-19               | 2020-2021                |
| 18+413                    | BH-PE-37                 | 2020-2021                |
| 18+720                    | BH5V                     | 2015                     |
| 18+893                    | BH-PZ-PE-38              | 2020-2021                |
| 18+910                    | CPTU9V                   | 2015                     |
| 18+940                    | BH6V+CH2V                | 2015                     |
| 19+060                    | CPTU10V e CPTU10Vbis     | 2015                     |
| 19+060                    | CPTU-PE-21               | 2020-2021                |
| 19+070                    | CPTU11V                  | 2015                     |
| 19+142                    | MASW-PE-08               | 2020-2021                |
| 19+360                    | BH7V                     | 2015                     |
| 19+510                    | CPTU12V                  | 2015                     |
| 19+820                    | BH8V                     | 2015                     |
| 19+820                    | CPTU13V e CPTU13Vbis     | 2015                     |
| 19+900                    | CPTU-PE-21ter            | 2020-2021                |
| 20+005                    | CPTU-PE-22               | 2020-2021                |
| 20+008                    | BH-PE-39                 | 2020-2021                |
| 20+010                    | BH-PE-38Bis              | 2020-2021                |
| 20+012                    | PT-PE-07bis              | 2020-2021                |
| 20+020                    | CPTU14V e CPTU14Vbis     | 2015                     |
| 20+150                    | BH9V                     | 2015                     |
| 20+275                    | CPTU15V e CPTU15Vbis     | 2015                     |
| 20+300                    | P12                      | 2015                     |
| 20+383                    | BH-PZ-PE-40              | 2020-2021                |
| 20+570                    | BH10V                    | 2015                     |
| 20+580                    | CPTU17V e CPTU17Vbis     | 2015                     |
| 20+600                    | CPTU16V e CPTU16Vbis     | 2015                     |
| 20+677                    | BH-DH-PE-41              | 2020-2021                |
| 20+680                    | BH11V                    | 2015                     |
| 20+930                    | CPTU19V                  | 2015                     |
| 20+940                    | BH12V                    | 2015                     |
| 21+100                    | CPTU20V                  | 2015                     |
| 21+119                    | BH-PE-42                 | 2020-2021                |
| 21+140                    | CPTU21V                  | 2015                     |
| 21+141                    | MASW-PE-09               | 2020-2021                |
| 21+260                    | BH13V                    | 2015                     |
| 21+260                    | CPTU22V                  | 2015                     |
| 21+375                    | BH14V+CH3V               | 2015                     |
| 21+550                    | CPTU23V                  | 2015                     |
| 21+630                    | P13                      | 2015                     |
| 21+640                    | CPTU24V e CPTU24Vbis     | 2015                     |
| 21+677                    | BH-PE-43                 | 2020-2021                |
| 21+870                    | CPTU25V                  | 2015                     |

GENERAL CONTRACTOR



 Consorzio IricAV Due

ALTA SORVEGLIANZA

 **ITALFERR**  
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

|   |          |       |                 |           |
|---|----------|-------|-----------------|-----------|
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990) | Progetto | Lotto | Codifica        | Foglio    |
|   | IN17     | 10    | EI2RBGE0000002C | 14 di 176 |

| <b>Progressiva<br/>pk</b> | <b>ID indagini<br/>-</b> | <b>Campagna<br/>anno</b> |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 21+870                    | BH15V                    | 2015                     |

|   |  |             |                             |                     |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                     |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>15 di 176 |

#### **4 DATI PIEZOMETRICI**

Nelle tabelle che seguono (da Tabella 2 a Tabella 10) si elencano le letture piezometriche eseguite nel corso delle diverse campagne di indagine a partire da novembre 2014.

Per quanto concerne la definizione dei livelli di falda di progetto, si rimanda al capitolo 6.2.























|  |   |             |                             |                     |
|--|---|-------------|-----------------------------|---------------------|
| <b>GENERAL CONTRACTOR</b><br><br> | <b>ALTA SORVEGLIANZA</b><br><br> |             |                             |                     |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)  | Progetto<br>IN17  | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>24 di 176 |

**Tabella 10 – Riepilogo dati piezometrici 9/9**

| PK     | ID          | NORD        | EST         | QUOTA<br>(m slm) | 25-27/09/18 | 04/10/18 | 12/10/18 | 19/10/18 | 25/10/18 | 30-31/10/18 | 26-27/08/20   | 23-24/09/20   | 28-29/10/20   | 25-26/11/20   | 11/01-08/02/21 | 16/03/21 | 12/04/21 | 03-14/05/21 | 27-31/05/21 | 03-09/06/21 |
|--------|-------------|-------------|-------------|------------------|-------------|----------|----------|----------|----------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------|----------|-------------|-------------|-------------|
| 10+550 | SPA16       | 5029394     | 1667653     | 29.78            | 2.16        |          |          |          |          | 1.92        | 1.93          | 1.99          | 1.80          | 2.12          |                |          |          |             |             | 1.64        |
| 11+500 | SDA18       | 5029266     | 1668601     | 29.74            | 2.90        |          |          |          |          | 2.65        | 2.89          | 2.91          | 2.76          | 3.01          |                |          |          |             |             | 2.00        |
| 11+710 | SPAA19 sup  | 5029267     | 1668803     | 28.08            | 1.57        |          |          |          |          | 1.32        | 1.48          | 1.45          | 1.31          | 1.54          |                |          |          |             |             | 1.21        |
| 11+710 | SPAA19 prof | 5029267     | 1668803     | 28.08            | 1.70        |          |          |          |          | 1.43        | 1.55          | 1.52          | 1.37          | 1.60          |                |          |          |             |             | 1.31        |
| 12+025 | SPA20       | 5029328     | 1669095     | 28.67            | 2.41        |          |          |          |          | 2.15        | 2.29          | 2.26          | 2.12          | 2.33          |                |          |          |             |             | 2.02        |
| 12+100 | P1 Ter      | 5029206     | 1669116     | 30.05            | falada ass. |          |          |          |          | falda ass.  | distrutto     | distrutto     | distrutto     | distrutto     |                |          |          |             |             |             |
| 12+100 | P1 quater   | 5029210     | 1669116     | 30.04            | 4.35        |          |          |          |          | distrutto   | distrutto     | distrutto     | distrutto     | distrutto     |                |          |          |             |             |             |
| 12+100 | P1 bis      | 5029203     | 1669115     | 30.05            | falada ass. |          |          |          |          | falda ass.  | distrutto     | distrutto     | distrutto     | distrutto     |                |          |          |             |             |             |
| 12+100 | P1          | 5029201     | 1669115     | 30.02            | 4.25        |          |          |          |          | distrutto   | distrutto     | distrutto     | distrutto     | distrutto     |                |          |          |             |             |             |
| 12+340 | SPA20bis    | 5029315     | 1669429     | 26.44            |             |          |          |          |          |             | distrutto     | distrutto     | distrutto     | distrutto     |                |          |          |             |             |             |
| 12+500 | P2          | 5029304     | 1669557     | 26.01            | 0.68        |          |          |          |          | 0.40        | 0.54          | 0.46          | 0.35          | 0.51          |                |          |          |             |             |             |
| 12+550 | SPA21       | 5029301     | 1669595     | 26.35            | 0.73        |          |          |          |          | 0.42        | 0.60          | 0.52          | 0.40          | 0.60          |                |          |          |             |             | 0.52        |
| 13+000 | P3 bis      | 5029394     | 1670070     | 26.10            | 1.42        |          |          |          |          | 1.08        | distrutto     | distrutto     | distrutto     | distrutto     |                |          |          |             |             |             |
| 13+000 | P3          | 5029392     | 1670069     | 26.06            | 1.42        |          |          |          |          | 1.09        | distrutto     | distrutto     | distrutto     | distrutto     |                |          |          |             |             |             |
| 13+132 | PZ-PE-28    | 5029464.235 | 1670203.433 | 26.08            |             |          |          |          |          |             |               |               |               |               | 0.84           |          |          |             |             |             |
| 13+320 | P4          | 5029325     | 1670417     | 25.64            | 1.57        |          |          |          |          | 1.23        | 1.44          | 1.40          | 1.22          | 1.42          |                |          |          |             |             |             |
| 13+800 | P5 bis      | 5029255     | 1670993     | 25.09            | assente     |          |          |          |          | 1.42        | falda ass.    | falda ass.    | 1.42          | falda ass.    |                |          |          |             |             |             |
| 13+800 | P5          | 5029255     | 1670990     | 25.06            | 1.76        |          |          |          |          | 1.41        | 1.68          | 1.61          | 1.42          | 1.64          |                |          |          |             |             |             |
| 14+300 | P6          | 5029440     | 1671440     | 26.99            | 2.11        |          |          |          |          | 1.80        | distrutto     | distrutto     | distrutto     | distrutto     |                |          |          |             |             |             |
| 14+650 | PZ-PE-31    | 5029411.407 | 1671726.797 | 24.53            |             |          |          |          |          |             |               |               |               |               | 0.55           |          |          |             |             |             |
| 14+875 | SPA23       | 5029327     | 1671950     | 24.14            |             |          |          |          |          |             | distrutto     | distrutto     | distrutto     | distrutto     |                |          |          |             |             |             |
| 15+350 | P7 bis      | 5029164     | 1672322     | 23.41            | 1.38        |          |          |          |          | 0.96        | 1.36          | 1.26          | 0.69          | 1.08          |                |          |          |             |             |             |
| 15+350 | P7          | 5029164     | 1672320     | 23.43            | 1.27        |          |          |          |          | 0.97        | 1.17          | 1.22          | 0.95          | 1.18          |                |          |          |             |             |             |
| 15+900 | P8          | 5029054     | 1672929     | 23.66            | 2.11        |          |          |          |          | 1.80        | 1.98          | 1.87          | 1.66          | 1.96          |                |          |          |             |             |             |
| 16+025 | P9 bis      | 5029024     | 1673095     | 23.12            | 1.44        |          |          |          |          | 1.05        | 1.26          | 1.04          | 0.63          | 1.32          |                |          |          |             |             |             |
| 16+025 | P9          | 5029024     | 1673097     | 23.10            | 1.49        |          |          |          |          | 1.17        | 1.43          | 1.26          | 1.04          | 1.35          |                |          |          |             |             |             |
| 16+175 | SPA24       | 5029004     | 1673202     | 23.31            | 1.51        |          |          |          |          | 1.19        | 1.53          | 1.28          | 1.12          | 1.36          |                |          |          |             |             |             |
| 16+200 | BH1V        | 5028976     | 1673232     | 22.47            | 1.47        |          |          |          |          | 1.15        | 1.40          | 1.23          | 1.10          | 1.33          |                |          |          |             |             |             |
| 16+500 | BH2V        | 5028905     | 1673519     | 22.25            | 1.58        |          |          |          |          | 1.26        | 1.49          | 1.32          | 1.21          | 1.40          |                |          |          |             |             |             |
| 16+517 | PZ-PE-35    | 5028927.274 | 1673522.1   | 22.60            |             |          |          |          |          |             |               |               |               |               | 0.39           |          |          |             |             |             |
| 16+775 | P10         | 5028870     | 1673810     | 21.37            | 0.70        |          |          |          |          | 0.51        | 0.61          | 0.46          | 0.43          | 0.49          |                |          |          |             |             |             |
| 17+300 | P11 bis     | 5028801     | 1674285     | 21.60            | 1.16        |          |          |          |          | 0.73        | 1.08          | 0.79          | 0.70          | 0.99          |                |          |          |             |             |             |
| 17+300 | P11         | 5028803     | 1674285     | 21.59            | 1.10        |          |          |          |          | 0.93        | 0.99          | 0.83          | 0.81          | 1.00          |                |          |          |             |             |             |
| 17+600 | BH4V        | 5028768     | 1674595     | 21.59            | 1.23        |          |          |          |          | 1.04        | 1.18          | 0.96          | 0.86          | 1.03          |                |          |          |             |             |             |
| 17+725 | P20         | 5028802     | 1674600     | 21.94            | 1.61        |          |          |          |          | 1.45        | 1.50          | 1.18          | 1.15          | 1.39          |                |          |          |             |             |             |
| 18+725 | BH8V        | 5028557     | 1676867     | 21.65            | 1.80        |          |          |          |          | 1.43        | inaccessibile | inaccessibile | inaccessibile | inaccessibile |                |          |          |             |             |             |
| 18+850 | PZ-PE-38    | 5028613.534 | 1675894.666 | 22.06            |             |          |          |          |          |             |               |               |               |               | 0.57           |          |          |             |             |             |
| 20+075 | P12         | 5028473     | 1677281     | 21.04            | 2.87        |          |          |          |          | 2.50        | distrutto     | distrutto     | distrutto     | distrutto     |                |          |          |             |             |             |
| 20+400 | PZ-PE-40    | 5028435.646 | 1677369.908 | 22.99            |             |          |          |          |          |             |               |               |               |               | 1.88           |          |          |             |             |             |
| 20+575 | BH10V       | 5028374     | 1677548     | 26.50            | 6.87        |          |          |          |          | 6.44        | 7.00          | 6.58          | 6.09          | 6.49          |                |          |          |             |             |             |
| 20+950 | BH12V       | 5028358     | 1677925     | 25.20            | 5.58        |          |          |          |          | 5.19        | 5.73          | 5.34          | 5.10          | 5.22          |                |          |          |             |             |             |
| 21+850 | BH15V       | 5028405     | 1678951     | 26.30            | 6.72        |          |          |          |          | 6.33        | 7.39          | 6.79          | 6.31          | 6.37          |                |          |          |             |             |             |
| 21+900 | P13         | 5028465     | 1678637     | 27.79            | 3.77        |          |          |          |          | 3.61        | 3.74          | 3.50          | 3.48          | 3.66          |                |          |          |             |             |             |
| 21+900 | P 13 bis    |             |             |                  |             |          |          |          |          |             | distrutto     | distrutto     | distrutto     | distrutto     |                |          |          |             |             |             |

|   |  |             |                             |                     |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                     |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>25 di 176 |

## 5 CRITERI DI VALUTAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI

### 5.1 Premessa

Di seguito si illustrano le metodologie seguite per la valutazione dei parametri geotecnici, 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 caratteristici 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 da Skempton (1986, Doc. rif. [54]). Nella formulazione adottata, la densità relativa  $D_r$  può essere correlata al valore  $N_{SPT}$  con la seguente relazione:



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

essendo:

- A, B costanti empiriche indicate in Tabella 11;
- $\sigma_{vo}'$  pressione verticale efficace esistente in sito alla quota della prova SPT (kg/cm<sup>2</sup>);
- $N_{SPT}$  numero di colpi per 30 cm di infissione.

Tabella 11 - 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<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                     |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>26 di 176 |

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, che dipende 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, assunto come rappresentativo tutti i depositi sabbiosi della tratta;

$P_a$  pressione atmosferica = 98.1 kPa

$\sigma'_{vo}$  tensione verticale efficace (geostatica) 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 NSPT 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<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                     |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>27 di 176 |

|                |   |
|----------------|---|
| $D_{50}$       | 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 seguente caso.

- 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 dell'angolo di resistenza al taglio operativo sono stati stimati considerando i diversi approcci di seguito descritti.

#### 5.3.1.1 Angolo di resistenza al taglio di sabbie e ghiaie in accordo a Bolton (1986)

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

|   |  |                     |                                     |                             |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                             |
| <p>Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)</p>  | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>10</p> | <p>Codifica<br/>E12RBGE0000002C</p> | <p>Foglio<br/>28 di 176</p> |

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 (vedi Bolton, 1986):

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

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 12) (°)
- $D_r$                 densità relativa, valutata in accordo con quanto riportato al punto 5.2

*Tabella 12 - Valori della costante empirica m secondo Bolton (1986)*



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

$\sigma_2'$  = tensione principale efficace intermedia

$\sigma_3'$  = tensione principale efficace minore

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



|   |  |             |                             |                     |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                     |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>29 di 176 |

indicato nella Tabella 13 (v. ad esempio Youd 1972 o Stroud 1988, Doc. rif. [62] e [57]).

*Tabella 13 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.

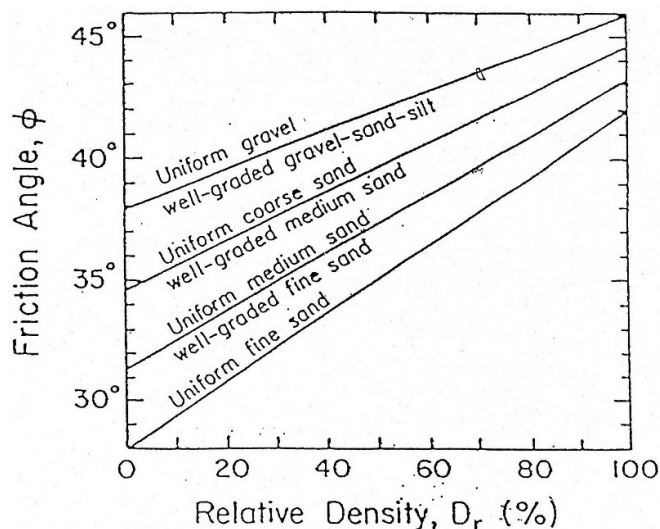




Figura 1 -Relazione fra angolo di resistenza al taglio operativo e densità relativa

|   |  |             |                             |                     |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                     |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>30 di 176 |

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

Sulla base degli studi di Jefferies e Been (2006, Doc. rif. [42]), Robertson e Cabal (2012, Doc. rif. [52]), hanno proposto la seguente correlazione fra la resistenza alla punta normalizzata  $Q_{tn}$  e, 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, considerate 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 nella Figura 2 e nella Figura 3, come citati da Mesri e Abdel Ghaffar (1993, Doc. rif. [51]). I valori riportati nell'articolo citato si riferiscono a back-analysis di rotture di pendii, in argille NC e OC.

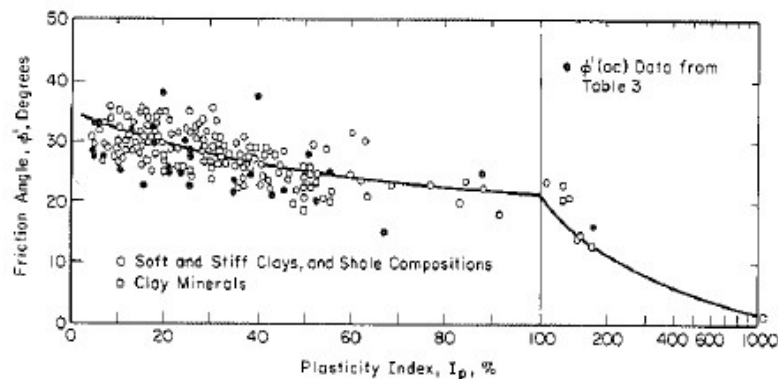




Figura 2 - Valori dell'angolo di resistenza al taglio per materiali argillosi (Mesri e Abdel-Ghaffar, 1993)

|   |  |                     |                                     |                             |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                             |
| <p>Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)</p>  | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>10</p> | <p>Codifica<br/>E12RBGE0000002C</p> | <p>Foglio<br/>31 di 176</p> |

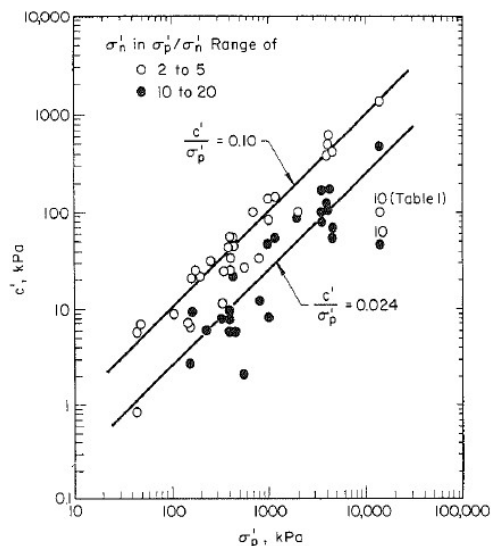




Figura 3 - Valori della coesione intercetta  $c'$  in funzione della tensione di preconsolidazione e del valore della tensione normale al piano di rottura, al momento della rottura  $\sigma'_n$  (da Mesri e Abdel-Ghaffar, 1993)

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

I valori della resistenza al taglio non drenata  $c_u$  sono stati stimati sulla base delle prove di laboratorio e delle prove penetrometriche tipo CPTU.

Nella stima dei parametri qui 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 possibile degrado, 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) ed i 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;

|   |  |             |                             |                     |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                     |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>32 di 176 |

- 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.

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. [48]).

## 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 sulla base del valore dell'indice di plasticità, 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.

|   |  |             |                             |                     |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                     |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>33 di 176 |

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

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

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

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 una dissipazione del 50%  $T^* = 0.245$ ;
- $I_r$  indice di rigidità del materiale, stimato in accordo 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  $I_r = 140$

$$I_r \approx \frac{0.65 \cdot G_o}{C_u} = \text{indice di rigidità};$$

- $r$  raggio del cono, pari a 1.78 cm;
- $t$  tempo necessario ad una determinata dissipazione.

Tabella 14 - 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 |

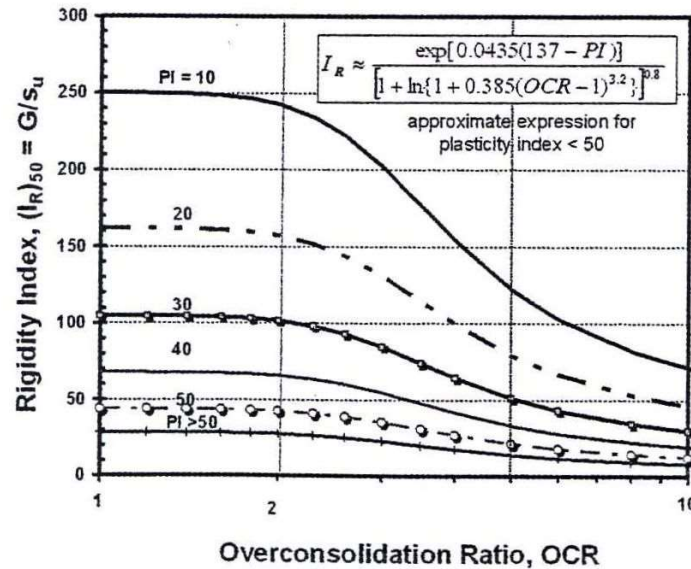


Figura 4 – Coefficiente di sovraconsolidazione in funzione dell'indice di rigidezza (Keaveny and Mitchell, 1986)



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 14.

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<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                     |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>35 di 176 |

- 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 fra  $k_h / k_v$  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. [3]).

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. [29]), e riportato in Figura 5), valutazione dell'entità degrado dei moduli iniziali, facendo riferimento a curve di letteratura.

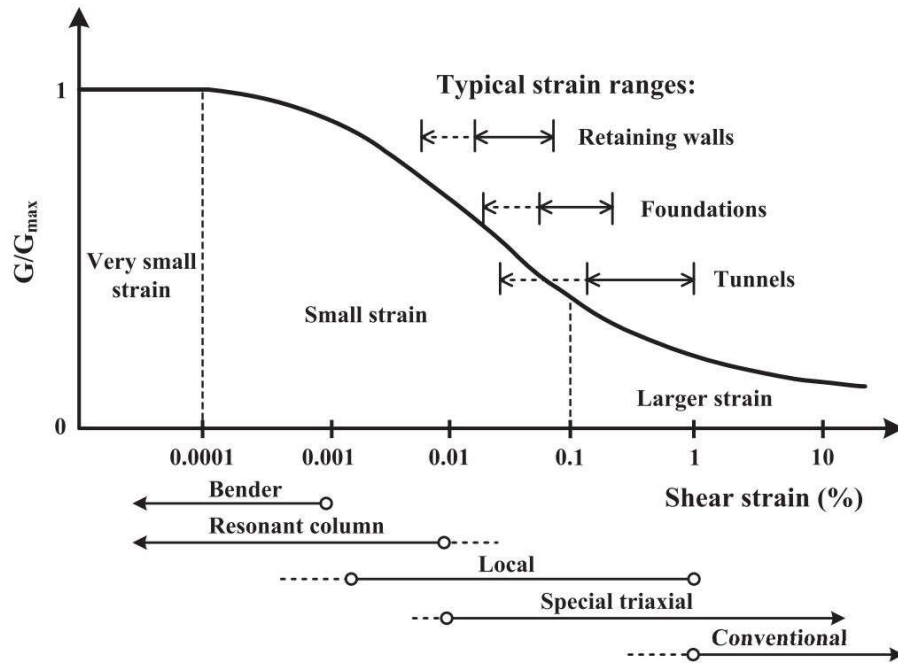


Figura 5 – Livelli deformativi raggiunti dal terreno per diverse opere di ingegneria (Doc. rif.[29],[31])

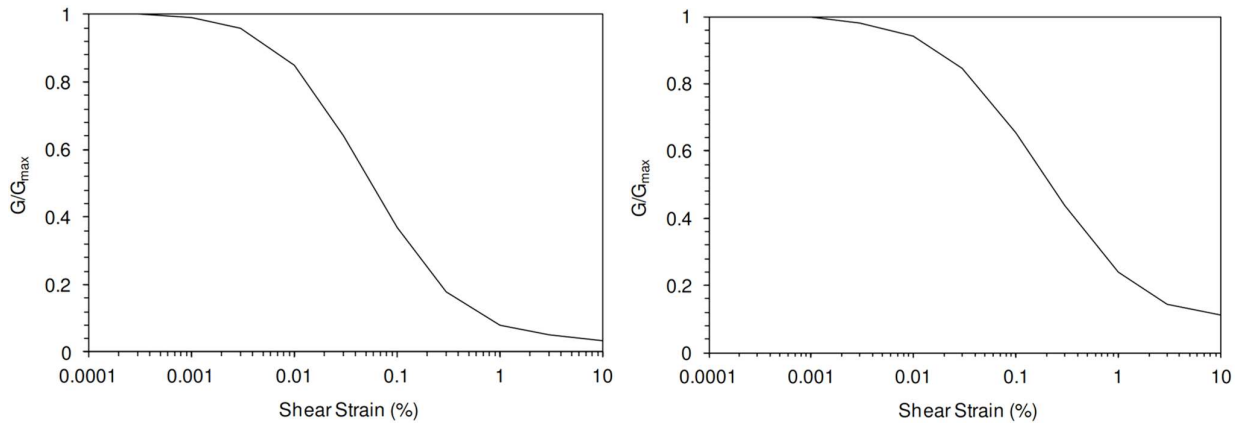


Figura 6 – Curva di decadimento del modulo di taglio per depositi sabbiosi (a sinistra, Doc. rif. [54]) e argillosi (a destra, Doc. rif. [55])



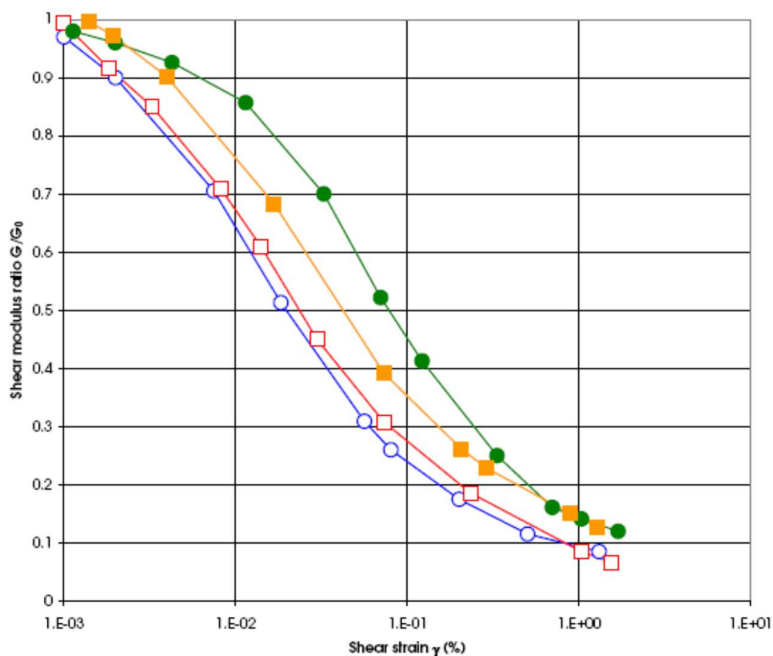


Figura 7 – Altro esempio di curva di decadimento del modulo di taglio (Doc. rif. [39])



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<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                     |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>38 di 176 |

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

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

Infine, nel caso in cui ci si è trovati di fronte a strati profondi 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 15 - Grado di affidabilità dei campioni (SQD) Terzaghi et al. (1996)



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

|   |  |             |                             |                     |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                     |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>39 di 176 |

**Tabella 16 - Grado di affidabilità dei campioni Lunne et al. (1997).  $\Delta e/e_0$  a  $\sigma'_{v0}$**

| <b>OCR = 1 ÷ 2</b> | <b>OCR = 2 ÷ 4</b> | <b>Livello</b>              |
|--------------------|--------------------|-----------------------------|
| < 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 generalmente esclusi 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<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                     |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>40 di 176 |

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

### 6.1 Introduzione

Il tratto d'interesse è compreso tra le pk 10+050 e pk 21+990 ed è rappresentato nelle figure in Allegato 2. All'interno di esso si prevede la realizzazione di:

- viadotti Grena (VI18) , Alpone(VI05) ed Illasi (VI02);
- ponti sul canale Sereghetta (VI03) e sul dev. Dugale (VI04);
- cavalcavia;
- sottovia;
- sottopassi;
- rilevati, di altezza compresa tra 1.8 m e 7.6 m.

Sulla base delle evidenze geotecniche riscontrate, il tratto è stato suddiviso in zone relativamente omogenee, anche tenendo in conto della posizione dei singoli manufatti, 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], v. Allegato 3). Si rimanda invece alle relazioni geotecniche delle singole WBS per informazioni di dettaglio ed assunzioni progettuali.

### 6.2 Falda di progetto

I valori di soggiacenza misurati nei piezometri lungo la tratta in esame, riportati nel capitolo 4, indicano una sostanziale stabilità nelle escursioni stagionali. La differenza di quota massima e minima misurata risulta essere inferiore ad 2 m.

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 assumerà un livello di falda coincidente con il piano campagna per la progettazione delle opere definitive.

Nella progettazione delle opere provvisorie di sostegno degli scavi, ad esempio in presenza di opere temporanee di sostegno di rilevati realizzati al disopra del pc attuale, la quota di falda lato monte degli scavi potrà essere scelta dal progettista coerentemente con le letture piezometriche disponibili in zona, e

|   |  |             |                             |                     |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                     |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>41 di 176 |

tenendo conto della morfologia dell'area, ed eventualmente prescrivendo controlli in corso d'opera, al fine di garantire la necessaria sicurezza e funzionalità.



### 6.3 Principali Unità individuate

I terreni rinvenuti lungo il tracciato sono stati raggruppati in Unità geotecniche di riferimento. All'interno di ciascuna Unità si ritrovano quei terreni che hanno caratteristiche fisiche e meccaniche omogenee, sia pure nell'ambito della naturale variabilità normalmente esibita dalle formazioni sedimentarie.

Nel tratto oggetto della presente relazione, sono state individuate le seguenti unità (a partire dal p.c.)

- Depositi superficiali recenti (Unità 3a e 3b), generalmente di spessore variabile da 3 a 6 metri, con un tendenziale inspessimento procedendo verso est, ove raggiungono un massimo spessore di circa 10/12 m a fine tratta, in corrispondenza della Spalla Ovest del Viadotto Alpone. Nel primo tratto, e fino al km 18 circa, si tratta prevalentemente di limi sabbiosi poco addensati (Unità 3a) con problematiche di liquefazione a partire dal km 12, spesso intervallati da livelli coesivi (unità3b). Nei profili, tali alternanze sono state denominate con Unità3a/3b. A partire dal km 18 circa e fino al km 21 circa, prevale invece la facies limoso-argillosa (Unità 3b) . Le caratteristiche geotecniche di tali materiali sono state principalmente desunte dalle prove CPT e SPT, e, ove prevalenti i depositi argillosi 3b, anche dai dati di laboratorio sui campioni indisturbati
- Depositi ghiaiosi (Unità 6). Si tratta in genere di ghiaie con sabbie e sabbiose, limose o debolmente limose, presenti praticamente lungo tutto il tratto esaminato. Le loro caratteristiche sono state desunte dall'interpretazione delle prove SPT per quanto concerne le caratteristiche di resistenza al taglio, (le CPT hanno praticamente sempre incontrato rifiuto), e dalle prove geofisiche (MASW; CH, e DH) per quanto concerne i parametri di deformazione. (si veda al proposito il capitolo 5)
- Sabbie medie e grossolane, a volte ghiaiose/con ghiaia, generalmente debolmente limose o limose (Unità 4). Anche per queste si sono seguite le stesse metodologie adottate per le ghiaie, utilizzando correlazioni differenti, (si veda al proposito il capitolo 5). Nella zona terminale del tracciato qui esaminato, dal km 21 in poi (orientativamente nella seconda metà del VI Alpone), le sabbie, generalmente più sciolte e meno grossolane, sono presenti fino da p.c.
- Limi argillosi compatti (Unità 2). Sono generalmente presenti a profondità superiori ai 10 m da p.c. Si tratta di depositi a grana fine sovraconsolidati, poco plastici, compatti, generalmente di spessore modesto, da metrico fino ad un massimo di 3-4 m. Sono stati caratterizzati sulla base delle prove di laboratorio, dei pocket eseguiti sulle carote, e da qualche prova SPT.

Nel seguito, per tratti identificati come stratigraficamente relativamente omogenei, viene riportata una descrizione stratigrafica ed una caratterizzazione geotecnica più di dettaglio.

|   |  |             |                             |                     |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                     |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>42 di 176 |

#### 6.4 Tratto compreso fra pk 10+050 e pk 14+546



Il tratto in esame parte dalla spalla Est del Viadotto Fibbio e si estende per circa 4500 m, lungo i quali si prevede la realizzazione di rilevati di altezza compresa tra 2.5 m e 7.6 m, del Viadotto Illasi (pk 11+494 circa), del ponte sul canale Sereghetta (pk 12+310 circa), di un cavalcavia alla pk 13+240 e di sottovia e sottopassi (Doc. rif. [7]).

I rilevati ferroviari di nuova realizzazione (RI17, RI18, RI19, RI20, RI21, RI22 e RI23) raggiungono la massima altezza in prossimità del Viadotto Fibbio (circa 8 m), in corrispondenza delle due spalle del Viadotto Illasi (7 m ca), per poi abbassarsi verso il ponte sul canale Sereghetta, con altezze massime dell'ordine dei 4 m.

Le indagini eseguite sono elencate in Tabella 17 e consistono in sondaggi a carotaggio continuo (BH, SP, SPA), prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU) e dinamiche, pozzetti esplorativi (PT) e prove geofisiche tipo down-hole (DH), cross-hole (CH) e MASW. La posizione delle indagini ed il loro esito sono descritti in dettaglio in elaborati di progetto dedicati (Doc. rif. [7], [8], [9], [11] e seguenti).



Tabella 17 - Indagini tra pk 10+050 e pk 14+546

| Progressiva<br>pk | ID indagini<br>-   | Campagna<br>anno |
|-------------------|--------------------|------------------|
| 10+400            | CPTU16             | 2014/2015        |
| 10+418            | PT10               |                  |
| 10+524            | BH-PE-21           | 2020-2021        |
| 10+550            | CPTU18             | 2014/2015        |
| 10+555            | CPTU-PE-05         | 2020-2021        |
| 10+560            | SPA16              | 2014/2015        |
| 10+580            | BH-PE-22           | 2020-2021        |
| 11+313            | BH-DH-PE-23        | 2020-2021        |
| 11+450            | SA203P010          | 2002             |
| 11+500            | CPTU21             | 2014/2015        |
| 11+510            | SP17               | 2014/2015        |
| 11+520            | CH4                | 2014/2015        |
| 11+597            | BH-PE-24           | 2020-2021        |
| 11+697            | BH-PE-25           | 2020-2021        |
| 11+697            | BH-PE-25Bis        | 2020-2021        |
| 11+700            | SPAA19             | 2014/2015        |
| 11+720            | CPTU24 e CPTU24bis | 2014/2015        |
| 11+800            | PT12               |                  |
| 12+000            | CPTU25             | 2014/2015        |
| 12+010            | SPA20              | 2014/2015        |

|   |  |             |                             |                     |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                     |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>43 di 176 |

| <b>Progressiva<br/>pk</b> | <b>ID indagini<br/>-</b> | <b>Campagna<br/>anno</b> |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 12+030                    | P1                       | 2015                     |
| 12+030                    | P1 bis                   | 2015                     |
| 12+030                    | P1 quater                | 2015                     |
| 12+030                    | P1 ter                   | 2015                     |
| 12+035                    | PT-PE-07                 | 2020-2021                |
| 12+113                    | PT13                     |                          |
| 12+117                    | CPTU-PE-06               | 2020-2021                |
| 12+266                    | MASW-PE-05               | 2020-2021                |
| 12+319                    | BH-PE-27                 | 2020-2021                |
| 12+340                    | SPA20bis                 | 2014/2015                |
| 12+470                    | P2                       | 2015                     |
| 12+510                    | CPTU28 e CPTU28bis       | 2014/2015                |
| 12+510                    | CPTU29 e CPTU29bis       | 2014/2015                |
| 12+550                    | SPA21                    | 2014/2015                |
| 12+566                    | PT14                     |                          |
| 12+580                    | CPTU30 e CPTU30bis       | 2014/2015                |
| 12+774                    | PT15                     |                          |
| 12+780                    | CPTU30ter                | 2014/2015                |
| 13+000                    | P3                       | 2015                     |
| 13+000                    | P3 bis                   | 2015                     |
| 13+033                    | CPTU-PE-07               | 2020-2021                |
| 13+132                    | BH-PZ-PE-28              | 2020-2021                |
| 13+190                    | CPTU31                   | 2014/2015                |
| 13+285                    | CPTU-PE-08               | 2020-2021                |
| 13+287                    | BH-PE-29                 | 2020-2021                |
| 13+320                    | P4                       | 2015                     |
| 13+433                    | PT16                     |                          |
| 13+485                    | CPTU31bis                | 2014/2015                |
| 13+721                    | BH-PE-30                 | 2020-2021                |
| 13+730                    | MASW-PE-06               | 2020-2021                |
| 13+800                    | CPTU32                   | 2014/2015                |
| 13+808                    | PT17                     |                          |
| 13+920                    | P5                       | 2015                     |
| 13+920                    | P5bis                    | 2015                     |
| 14+143                    | CPTU-PE-09               | 2020-2021                |
| 14+350                    | CPTU32bis                | 2014/2015                |
| 14+350                    | P6                       | 2015                     |
| 14+352                    | PT18                     |                          |

La Figura 8 riporta l'insieme delle prove SPT eseguite nel tratto considerato, identificando la frazione prevalente del materiale nel quale l'SPT è stato eseguito. Si ritiene che la rappresentazione dell'insieme

|   |  |                     |                                     |                             |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                             |
| <p>Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)</p>  | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>10</p> | <p>Codifica<br/>E12RBGE0000002C</p> | <p>Foglio<br/>44 di 176</p> |

dei dati, che verranno comunque interpretati separatamente per ogni Unità individuata, fornisca un utile quadro di insieme delle condizioni geotecniche nel tratto considerato.



Per quanto riguarda le condizioni stratigrafiche, la successione può essere così definita:

- Nei primi 2-5 m di profondità si evidenzia la presenza di depositi eterogenei, costituiti da alternanze di limi argillosi, localmente sovraconsolidati per essiccamento se prossimi alla superficie, tendenti a diventare teneri più in profondità (Unità 3b), in genere di bassa e media plasticità (IP=15-35), e limi sabbiosi e sabbie limose sciolte (Unità 3a). All'interno di questi ultimi strati si registrano resistenze penetrometriche anche < 1 MPa ed  $N_{SPT} < 5$  colpi/30 cm (nei livelli più sabbiosi, sciolti). Su tali materiali, in sede di PD, sono state compiute diverse analisi granulometriche volte a definirne il comportamento in relazione alla suscettibilità alla liquefazione.
- Lo strato sottostante raggiunge all'incirca i 10-15 m da p.c. ed è composto da ghiaie e sabbie debolmente limose, mediamente addensate e con un contenuto di fini non superiore a 20%. L'unità in questione (Unità 6) ha uno spessore pressoché costante lungo il tratto, con un ispessimento in corrispondenza della spalla ovest del Viadotto Illasi. Le prove penetrometriche SPT hanno fornito resistenze piuttosto elevate, con NSPT generalmente compresi tra 20 colpi/30 cm e 70 colpi/30 cm; in alcuni casi si raggiungono le condizioni di rifiuto.
- A profondità superiori si rinviene uno spesso strato di sabbie limose (Unità 4), caratterizzato da uno stato di addensamento medio-alto e con percentuali di fini tra 10% e 20%. In tale unità si misurano resistenze alla penetrazione variabili e mediamente piuttosto alte, con NSPT tra 20 colpi/30 cm e 60 colpi/30 cm e  $q_c = 10\div 25$  MPa.
- Localmente, all'interno dell'Unità 4 si evidenzia la presenza di livelli di argilla con limo (Unità 2) di spessore generalmente compreso tra 2 m e 3 m, ma che raggiungono i 7 m di spessore intorno alla pk 13+700. Tali livelli non risultano essere continui e si localizzano prevalentemente a pochi metri dallo strato ghiaioso ed a profondità superiori a 25 m pc (Doc. Rif. [7]).

Sulla base dei criteri descritti nel capitolo 5, i parametri geotecnici sono stati determinati mediante l'interpretazione dei risultati delle prove di sito e di laboratorio. Nelle figure sottoindicate sono riportati i risultati delle analisi e dell'interpretazione delle prove in sito, suddivise per le diverse unità definite al punto 6.3, e più in particolare:

- Caratteristiche granulometriche delle diverse Unità riscontrate (Figura 9, Figura 10, Figura 11 e Figura 12)
- Resistenza al taglio non drenata e pressione di preconsolidazione dei terreni dell'Unità 3b (Figura 13 e Figura 14)



|   |  |             |                             |                     |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                     |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>45 di 176 |

- Densità relativa stimata da prove SPT (v. Figura 15 e Figura 16);
- Angolo di attrito stimato da prove SPT (v. Figura 17 e Figura 18);
- Limiti di Atterberg, Carta di plasticità di Casagrande e indice di consistenza (Figura 19 e Figura 20)
- Resistenza al taglio non drenata da prove di lab per Unità 3b e 2 (Figura 21)
- Velocità delle onde di taglio (Figura 22 e Figura 23, per il dettaglio si rimanda[5]);
- Modulo di taglio alle piccole deformazioni valutati a partire dai valori stimati di  $V_s$  (v. Figura 24 e Figura 25).

Sulla base di tali dati, si osserva quanto segue:

- relativamente all'Unità 3a e 3b, si osservano fitte intercalazioni di materiali incoerenti e coesivi. In superficie, l'effetto dell'essiccamento si fa avvertire (con riferimento al primo metro, tendenzialmente). Più in profondità i terreni limoso sabbiosi si presentano generalmente sciolti. Si tratta in genere di materiali che, quando coesivi, presentano caratteristiche di plasticità medio alte (LL= 40-70)
- Le ghiaie dell'Unità 6 presentano  $D_r$  nel campo 30-65%.
- Le sabbie profonde dell'Unità 4 sono caratterizzate da densità relative medio-alte e comprese tra 40% e 70%;
- Si stimano angoli di attrito compresi tra  $37^\circ$  e  $42^\circ$  per l'unità ghiaiosa, mentre per gli strati sabbiosi addensati le interpretazioni indicano angoli compresi tra  $36^\circ$  e  $40^\circ$ .
- I pochi dati di resistenza al taglio non drenate dell'Unità 2 in profondità forniscono valori superiori ai 100 kPa, in linea con i dati dei tratti precedenti.
- Il profilo di  $V_s$  derivante dalle interpretazioni discusse nella Relazione Sismica (Doc. rif. [5]) conferma la presenza di materiali mediamente addensati e di terreni di consistenza medio-bassa in superficie, ove si registrano velocità di circa 200 m/s. A profondità maggiori di 5 m pc si suggeriscono valori tra 300 m/s e 350 m/s e fino a 400 m/s nella porzione finale del tratto.
- I valori di modulo di taglio alle piccole deformazioni ( $G_0$ ) sono pari a circa di circa 150÷200 MPa per le ghiaie mediamente addensate e 200÷300 MPa per le sabbie addensate.

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

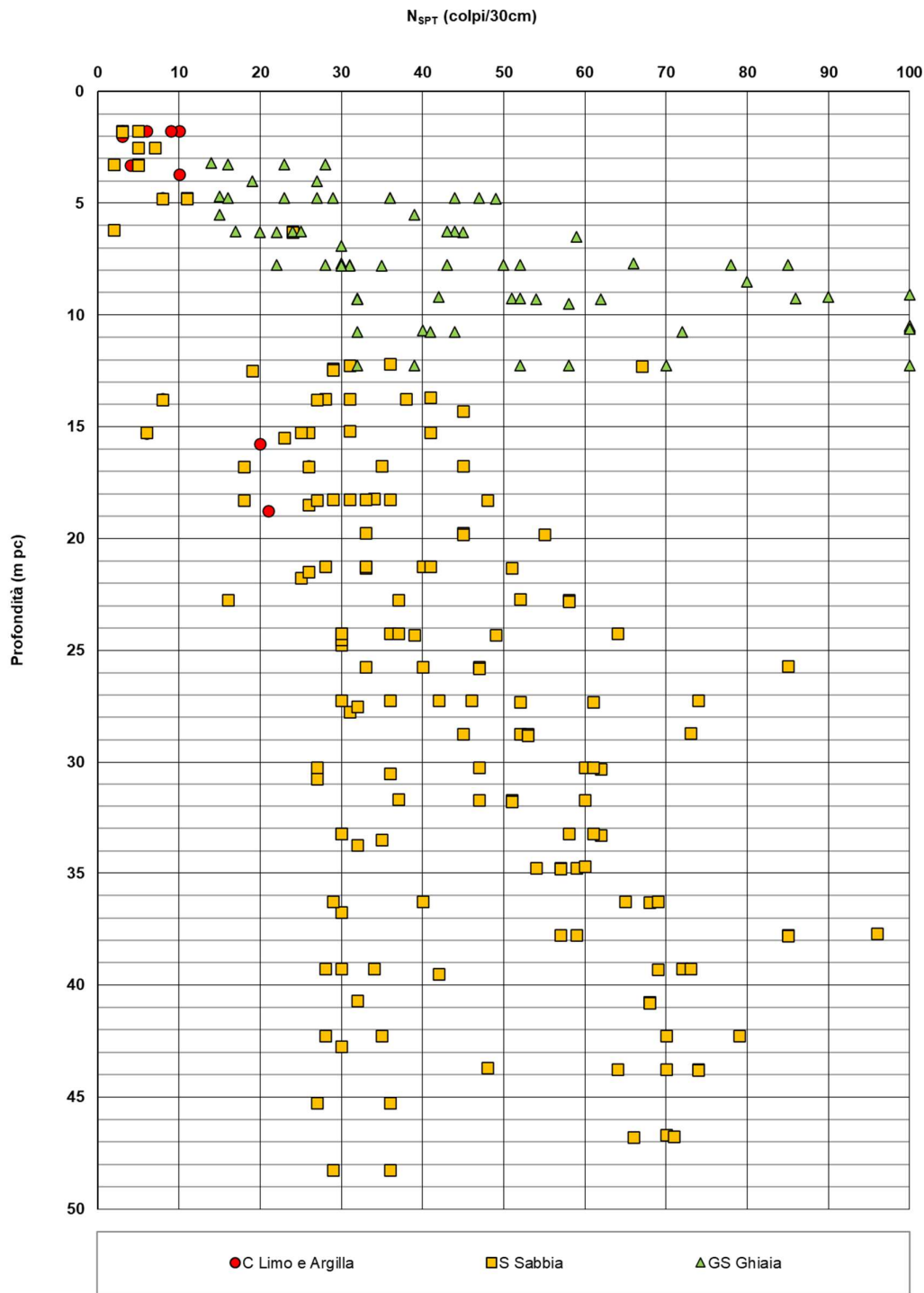


Figura 8 – Esito delle prove SPT tra pk 10+050 e pk 14+546

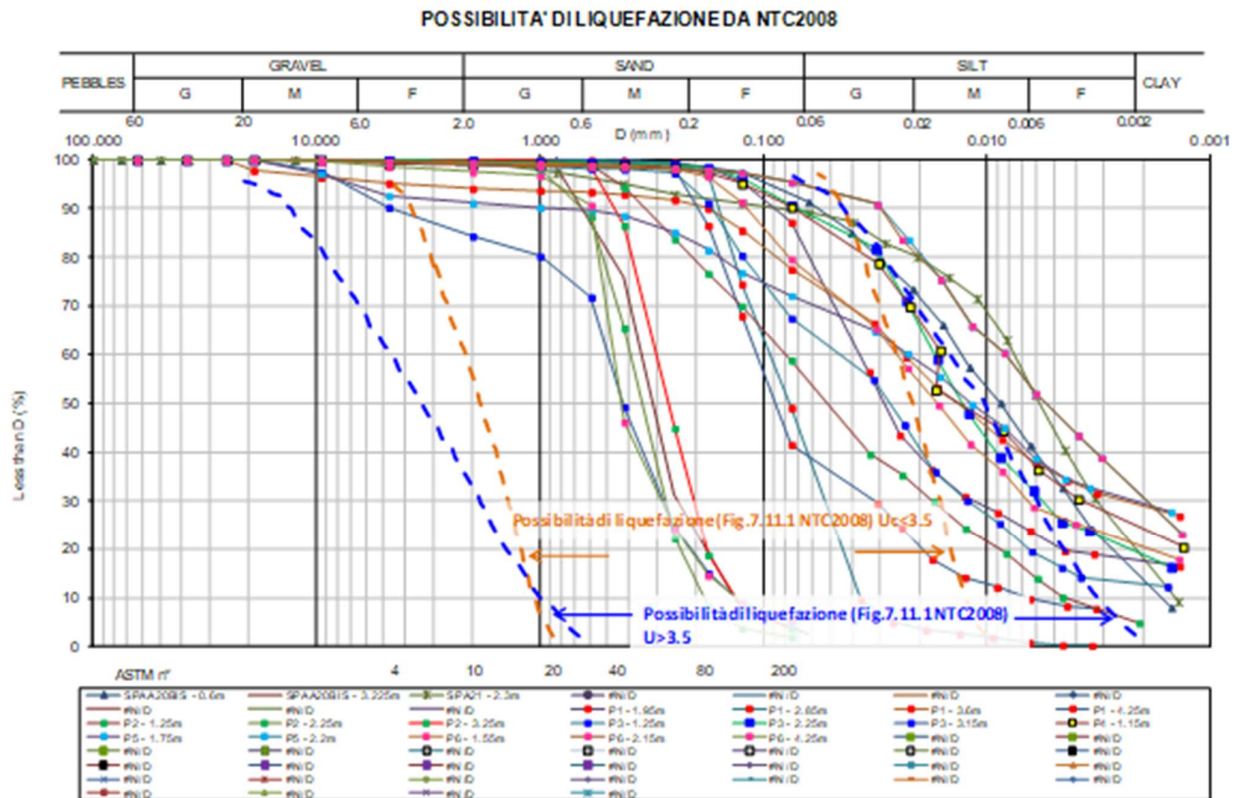


Figura 9 - Risultati delle analisi granulometriche dei materiali superficiali m 12+150 ed il km 14+300

Contributi granulometrici (%)

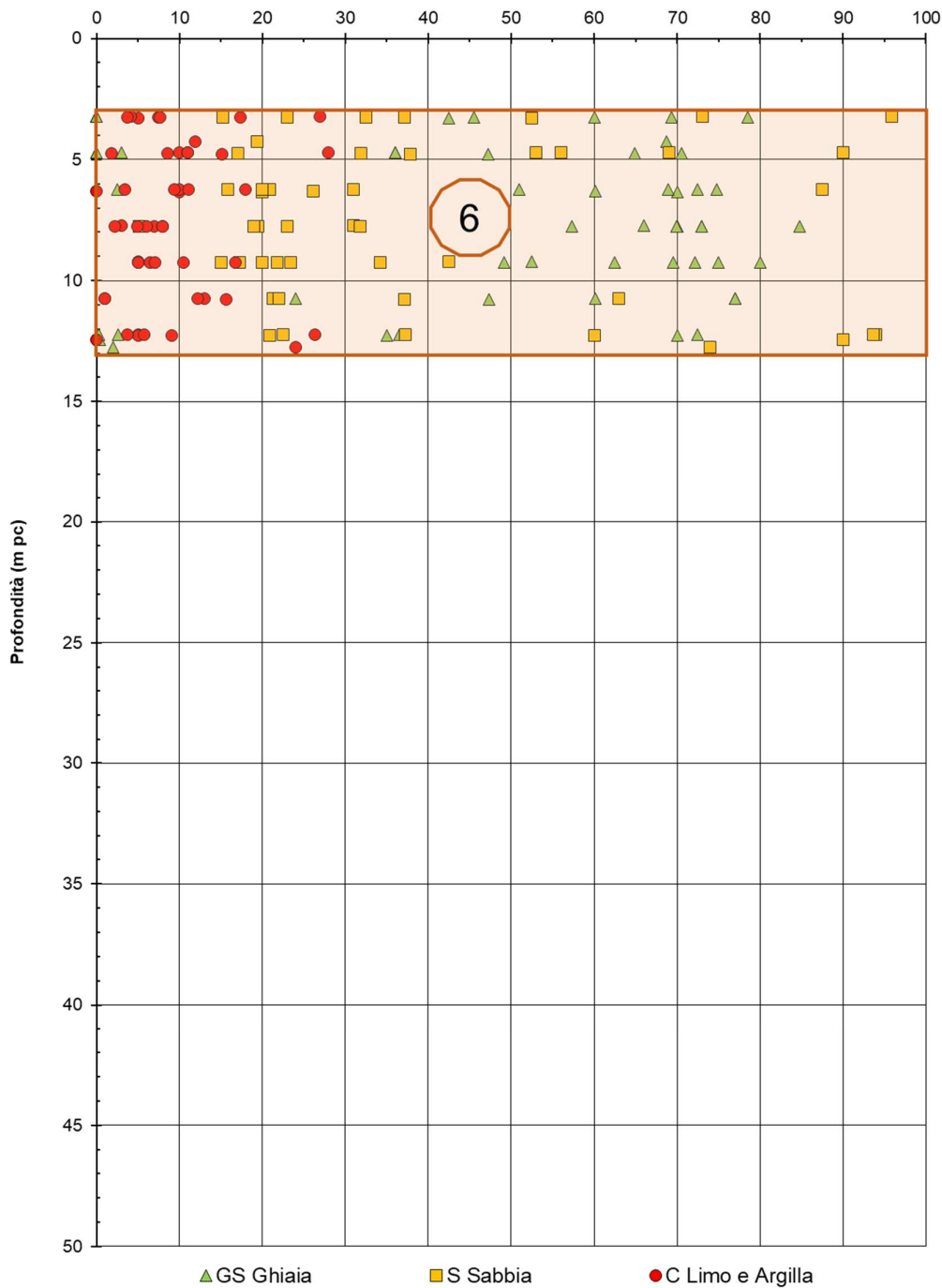


Figura 10 – Caratteristiche granulometriche Unità 6 tra pk 10+050 e pk 14+546

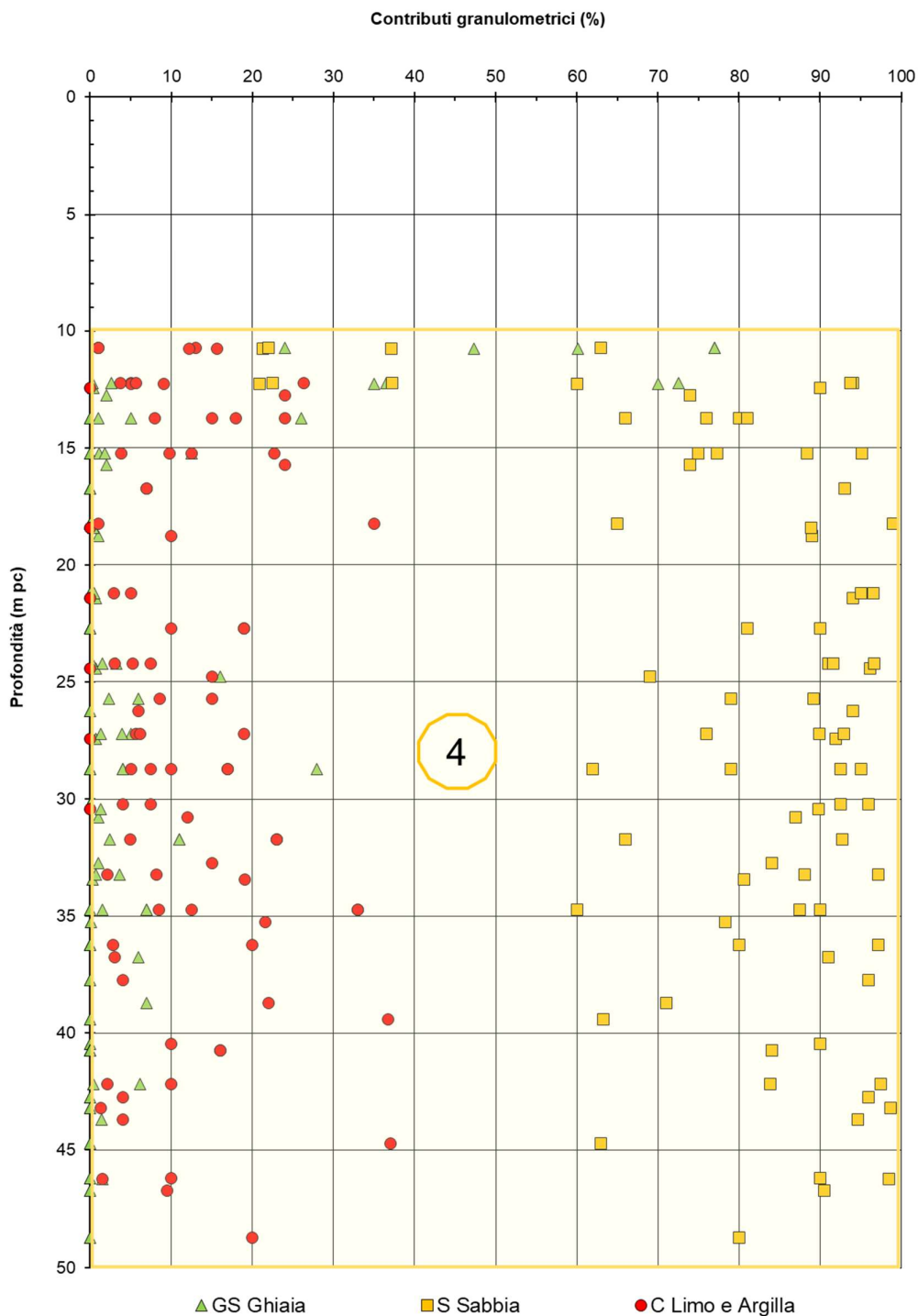


Figura 11 – Caratteristiche granulometriche Unità 4 tra pk 10+050 e pk 14+546

Contributi granulometrici (%)

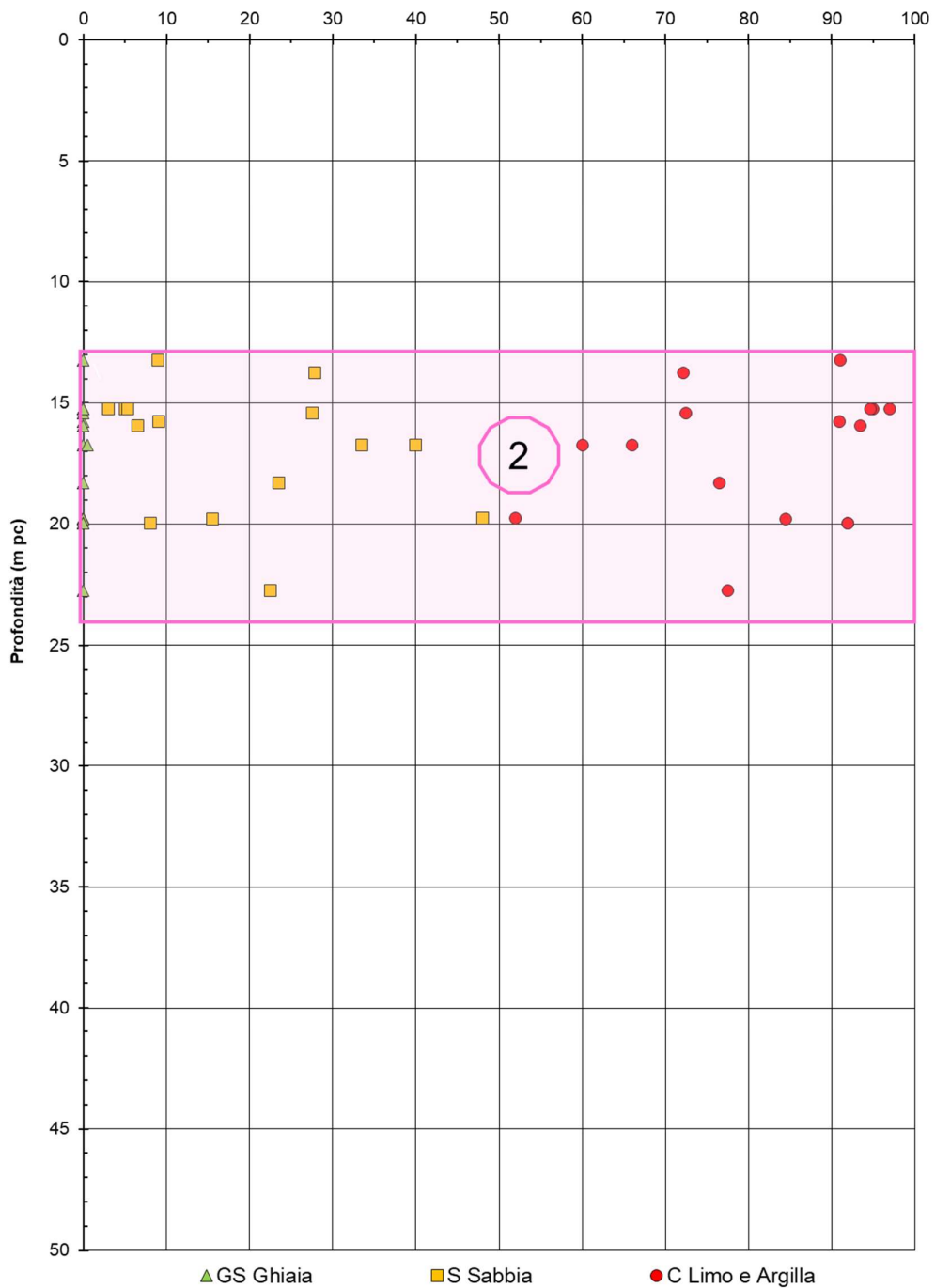


Figura 12 – Caratteristiche granulometriche Unità 2 tra pk 10+050 e pk 14+546

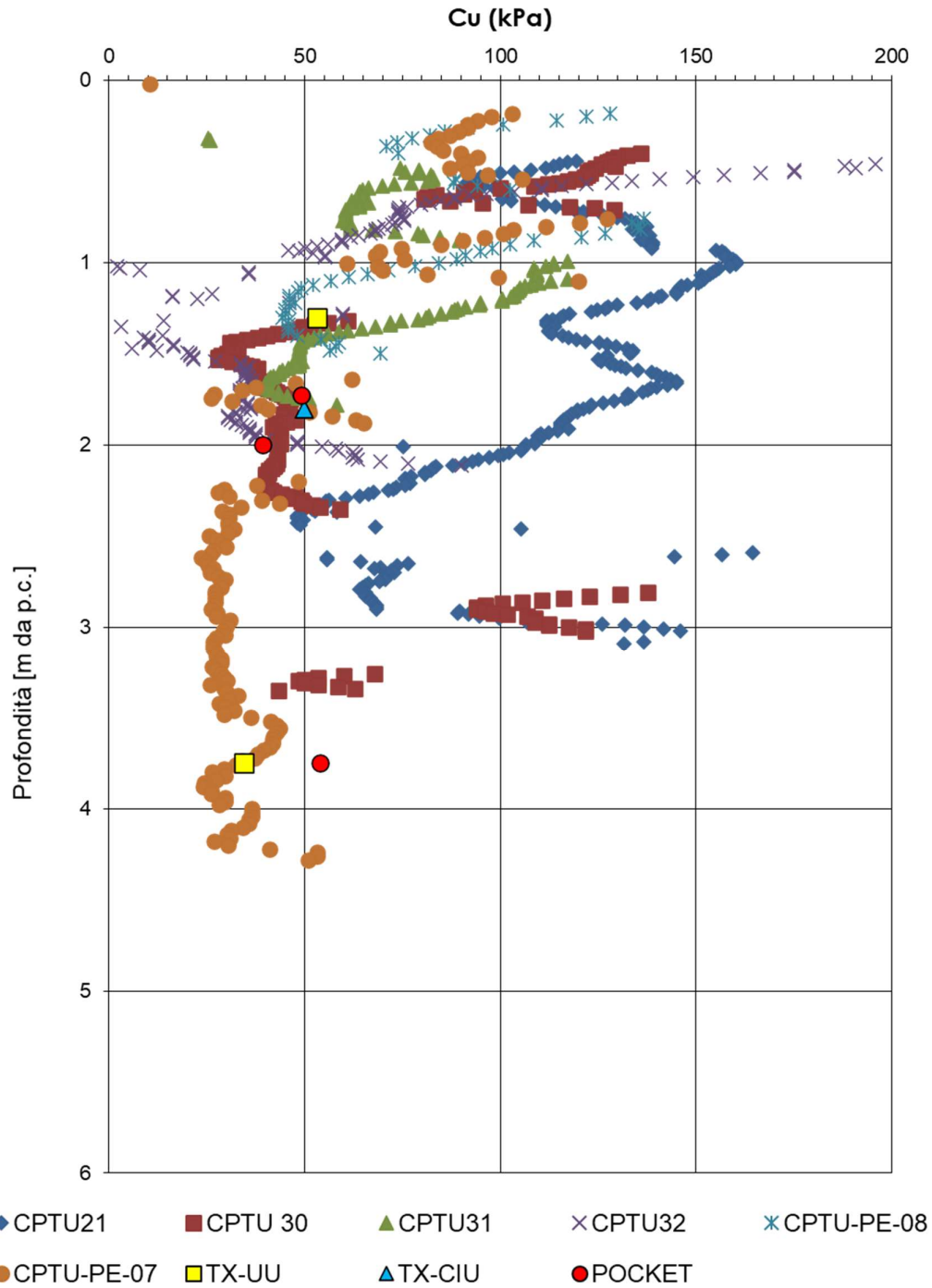


Figura 13 - Resistenza al taglio non drenata da prove CPTU e da prove di laboratorio Unità 3a/b tra pk 10+050 e pk 14+546

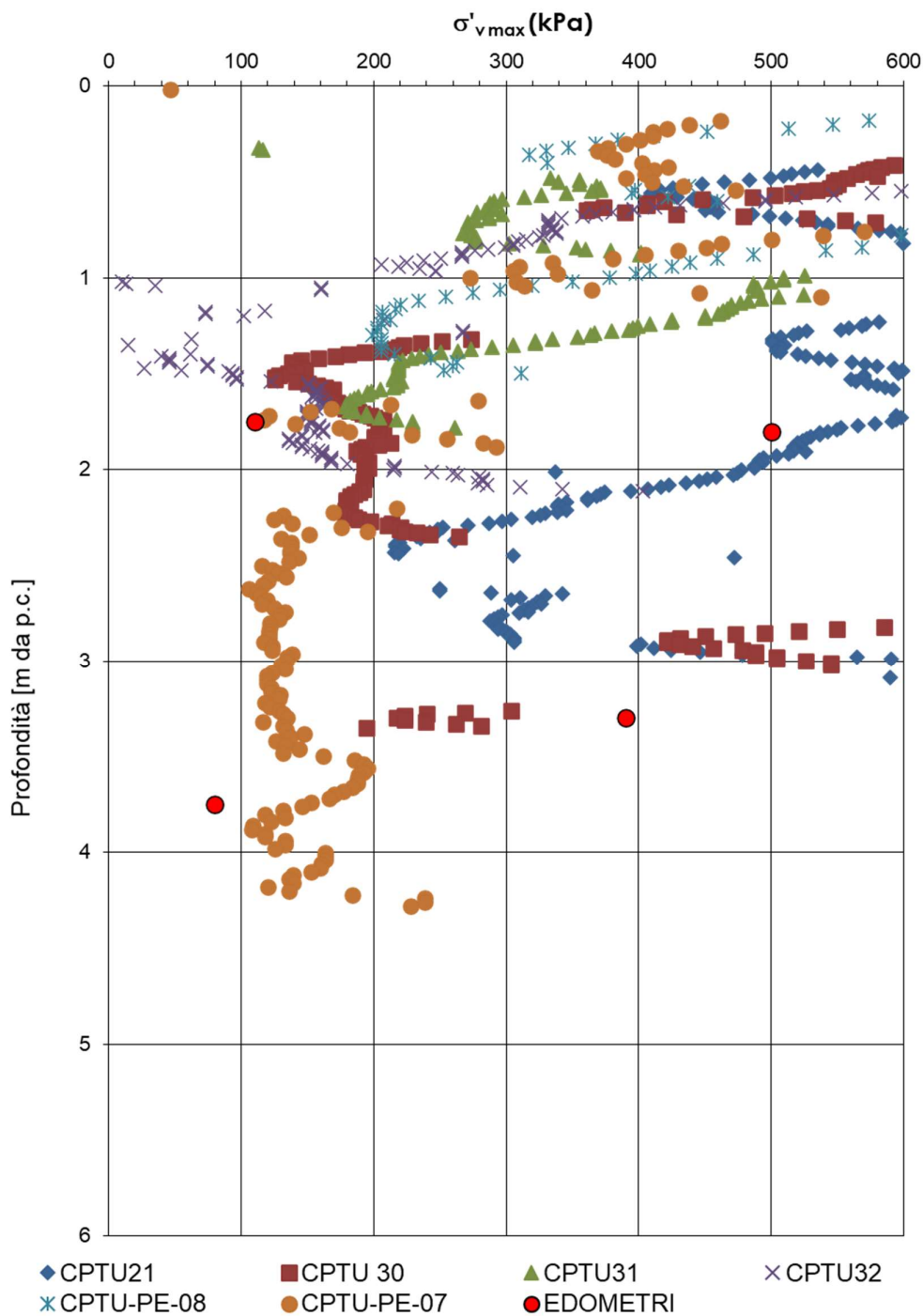


Figura 14 - Tensione di preconsolidazione da prove CPTU e da prove edometriche Unità 3a/b tra pk 10+050 e pk 14+546



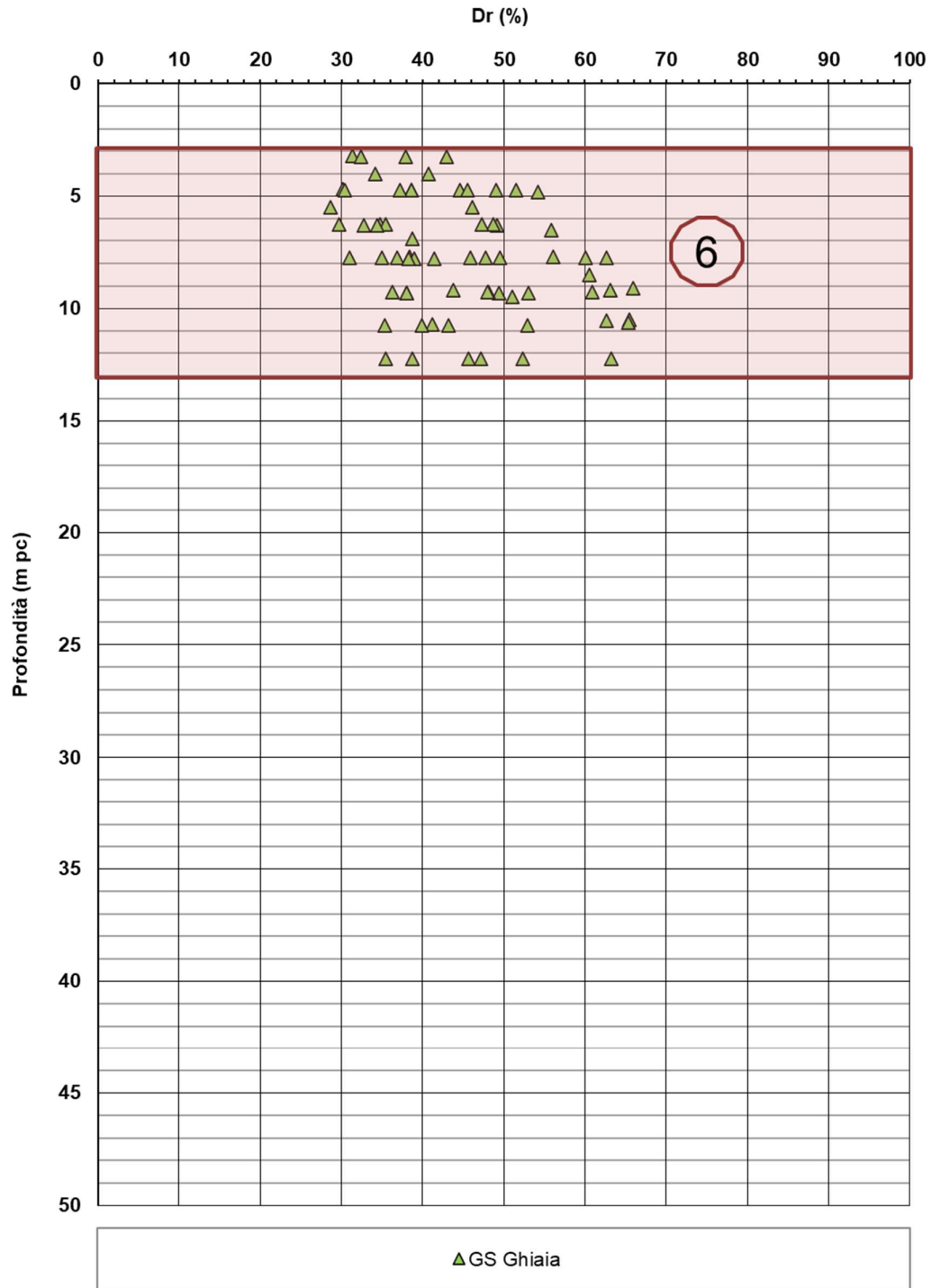


Figura 15 – Densità relativa da prove SPT Unità 6 tra pk 10+050 e pk 14+546

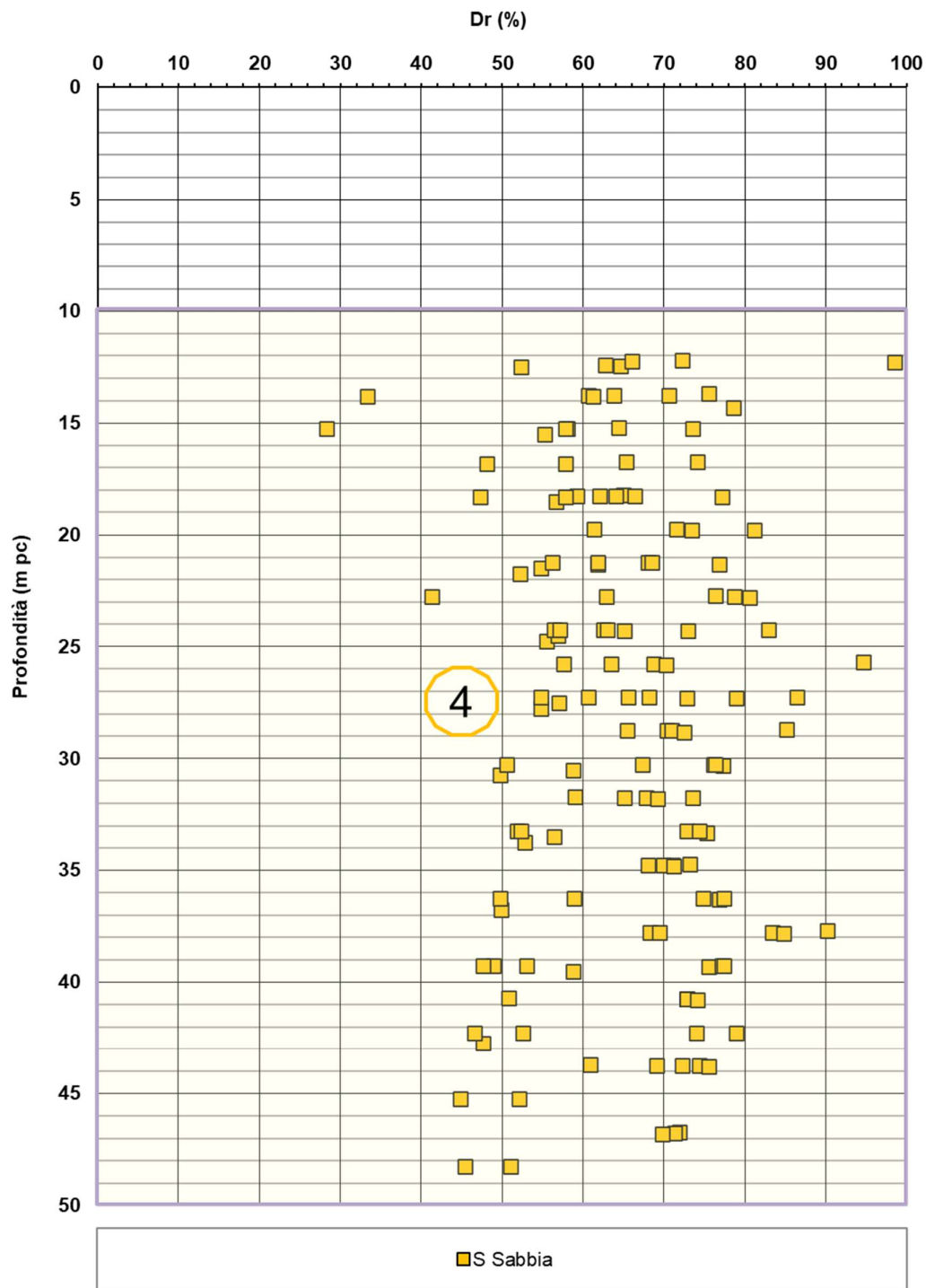


Figura 16 – Densità relativa da prove SPT Unità 4 tra pk 10+050 e pk 14+546

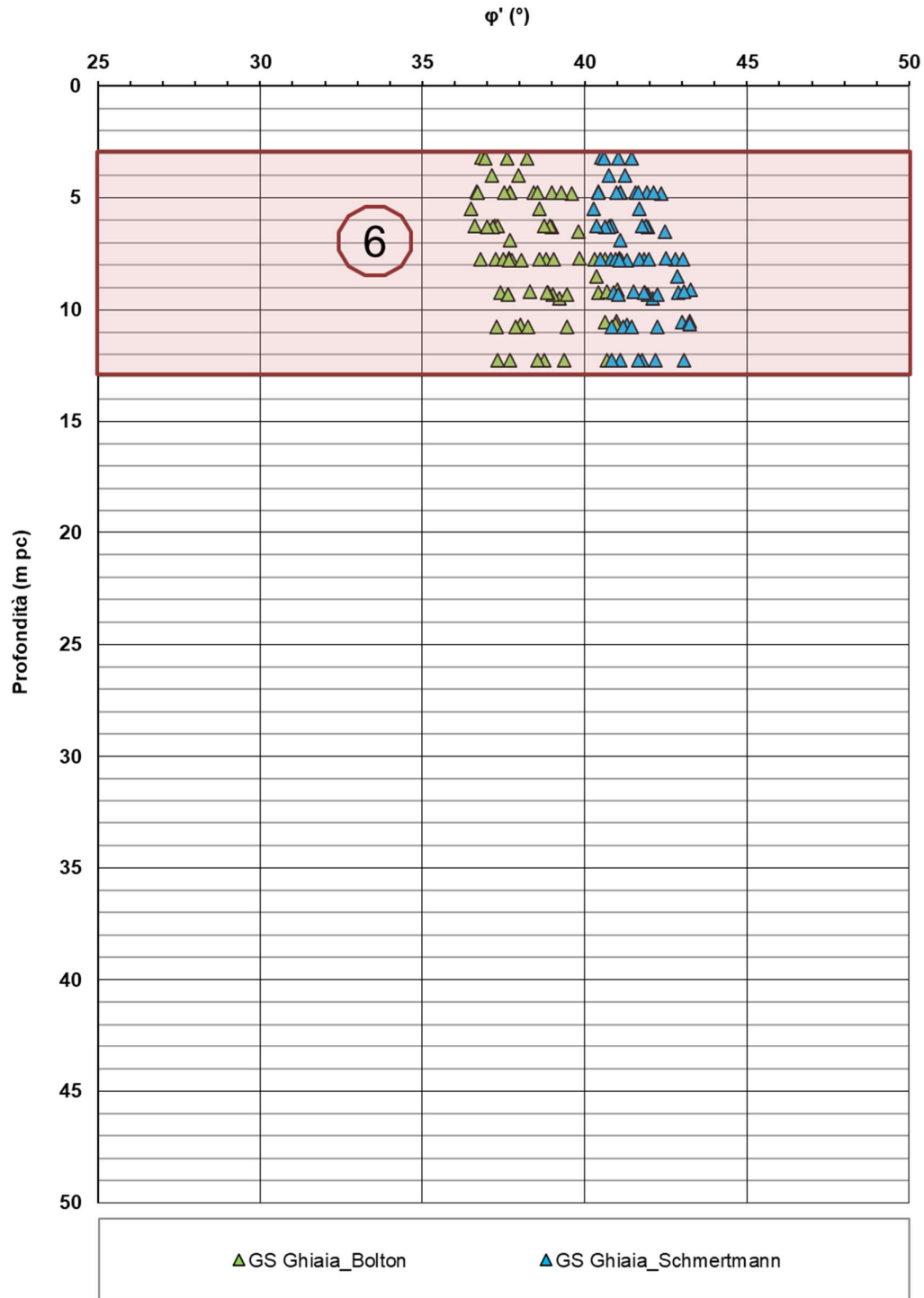


Figura 17 – Angoli di attrito da prove SPT Unità 6 tra pk 10+050 e pk 14+546

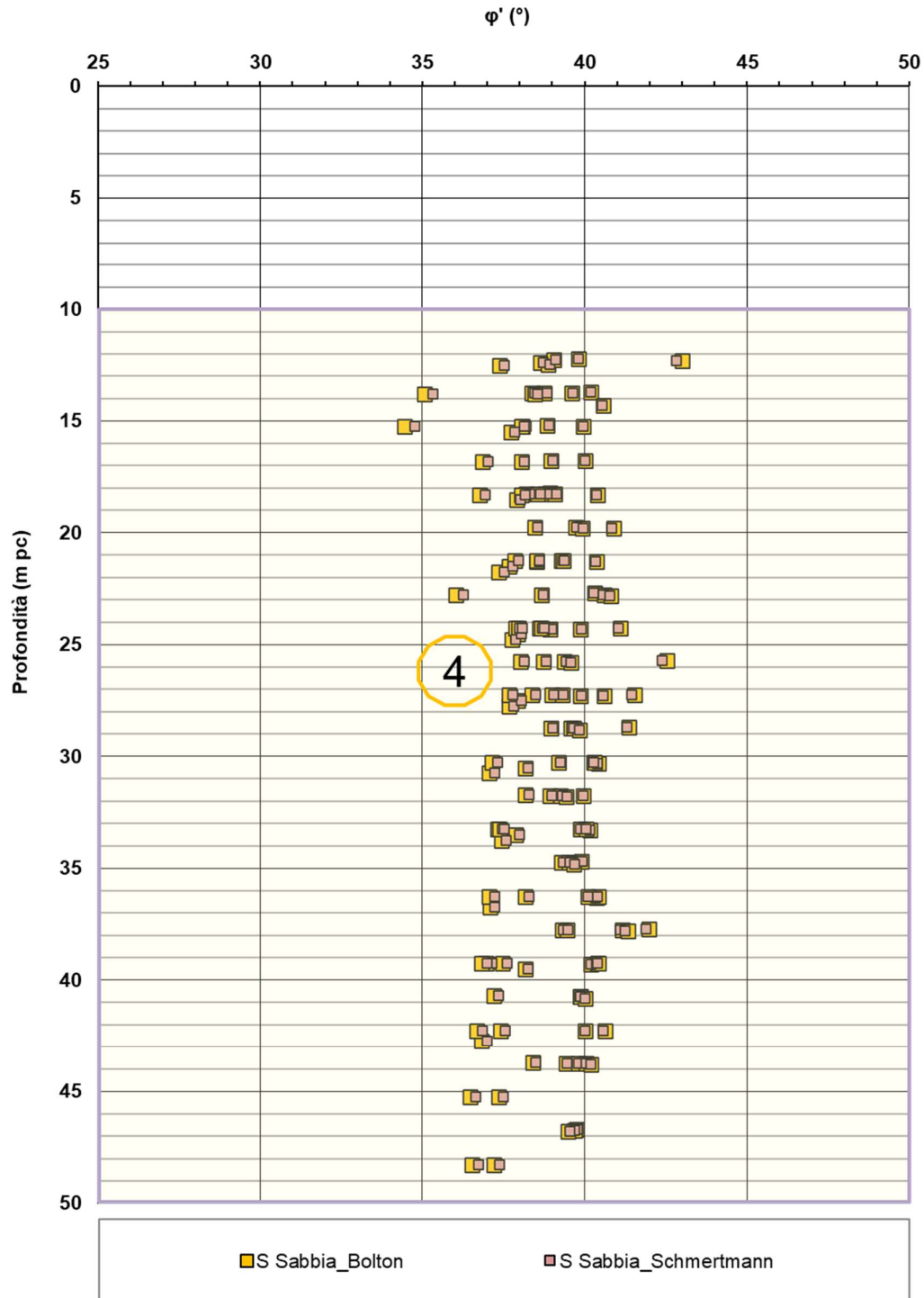


Figura 18 – Angoli di attrito da prove SPT Unità 4 tra pk 10+050 e pk 14+546

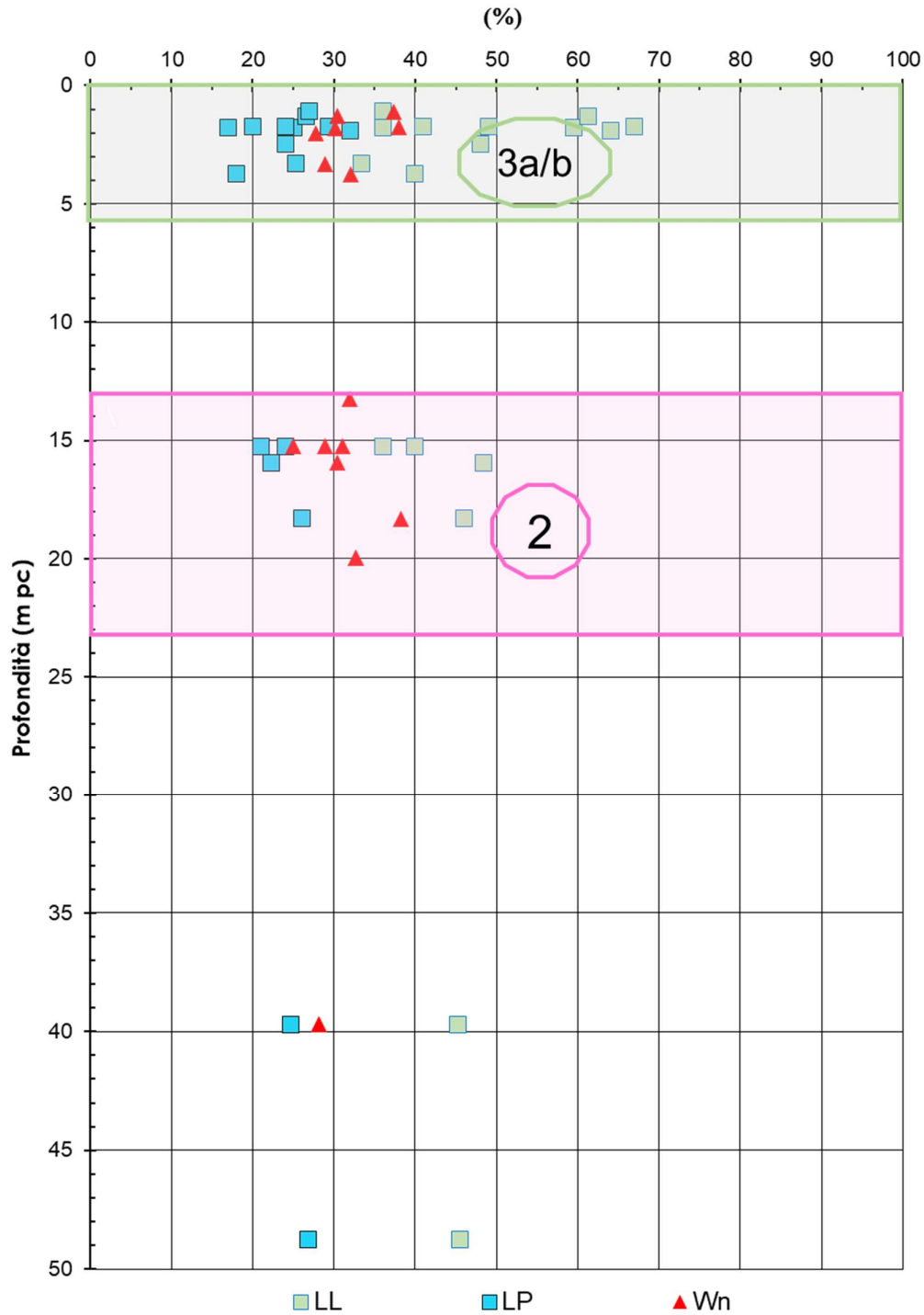


Figura 19 – Limiti di Atterberg e contenuto d'acqua tra pk 10+050 e pk 14+546

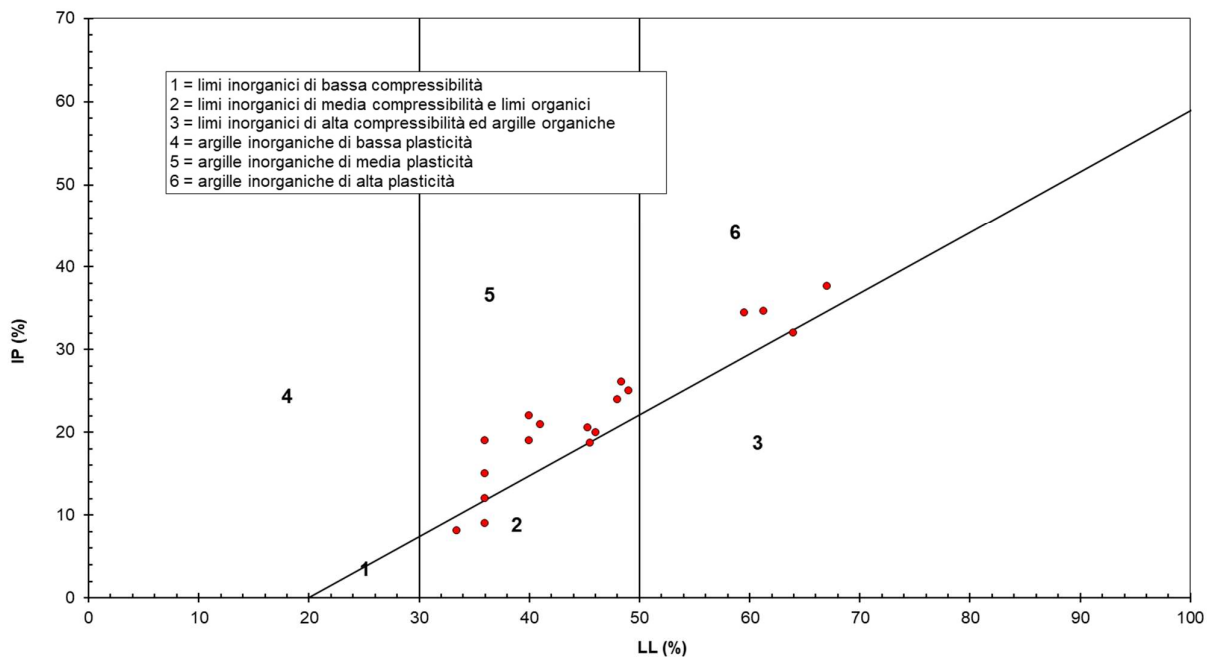


Figura 20 – Carta di plasticità di Casagrande: depositi coesivi tra pk 10+050 e pk 14+546

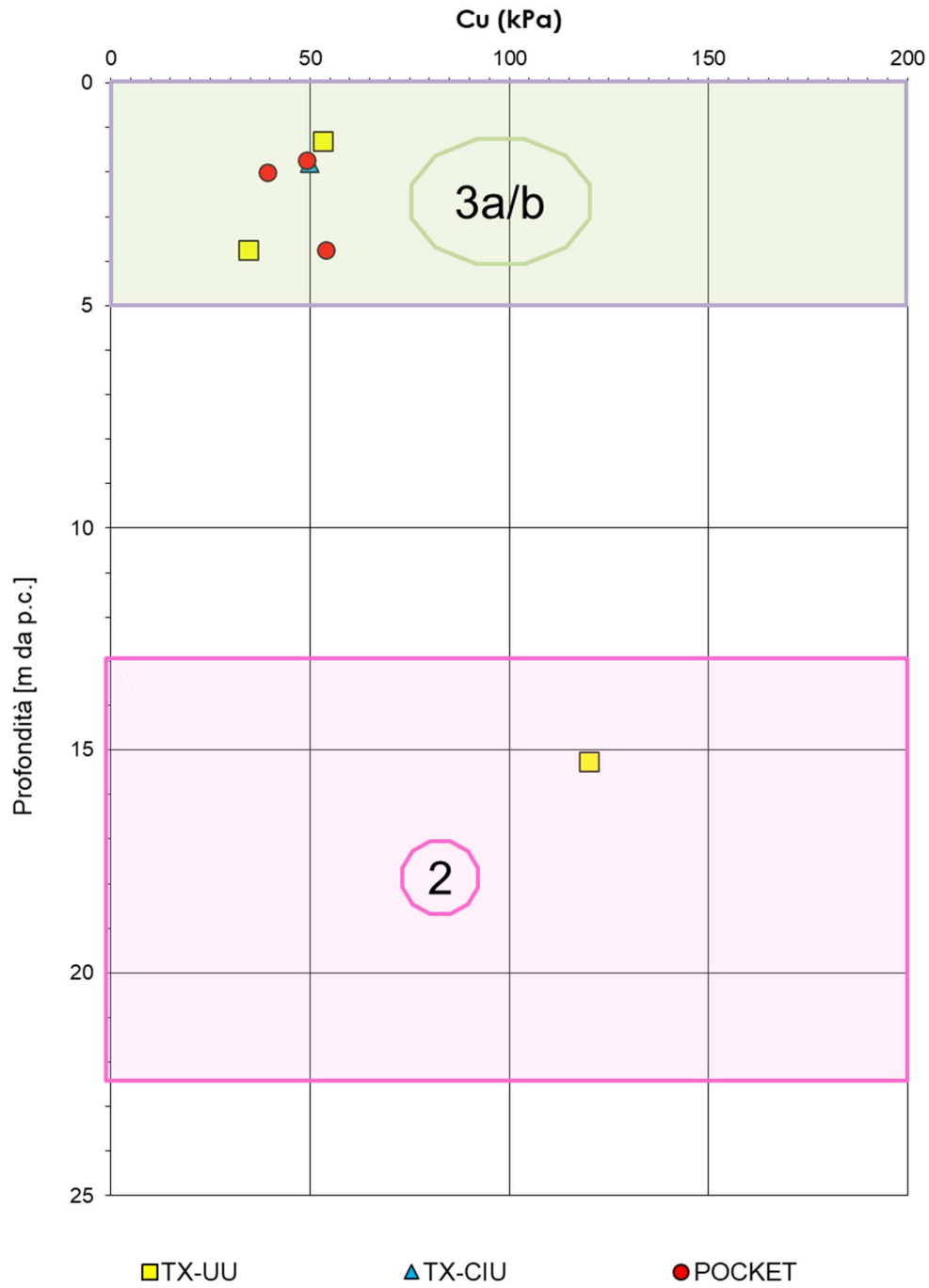


Figura 21 - Resistenza al taglio non drenata da prove di laboratorio tra pk 10+050 e pk 14+546

## AV/AC VERONA VICENZA

pk 7+555 - pk 13+240

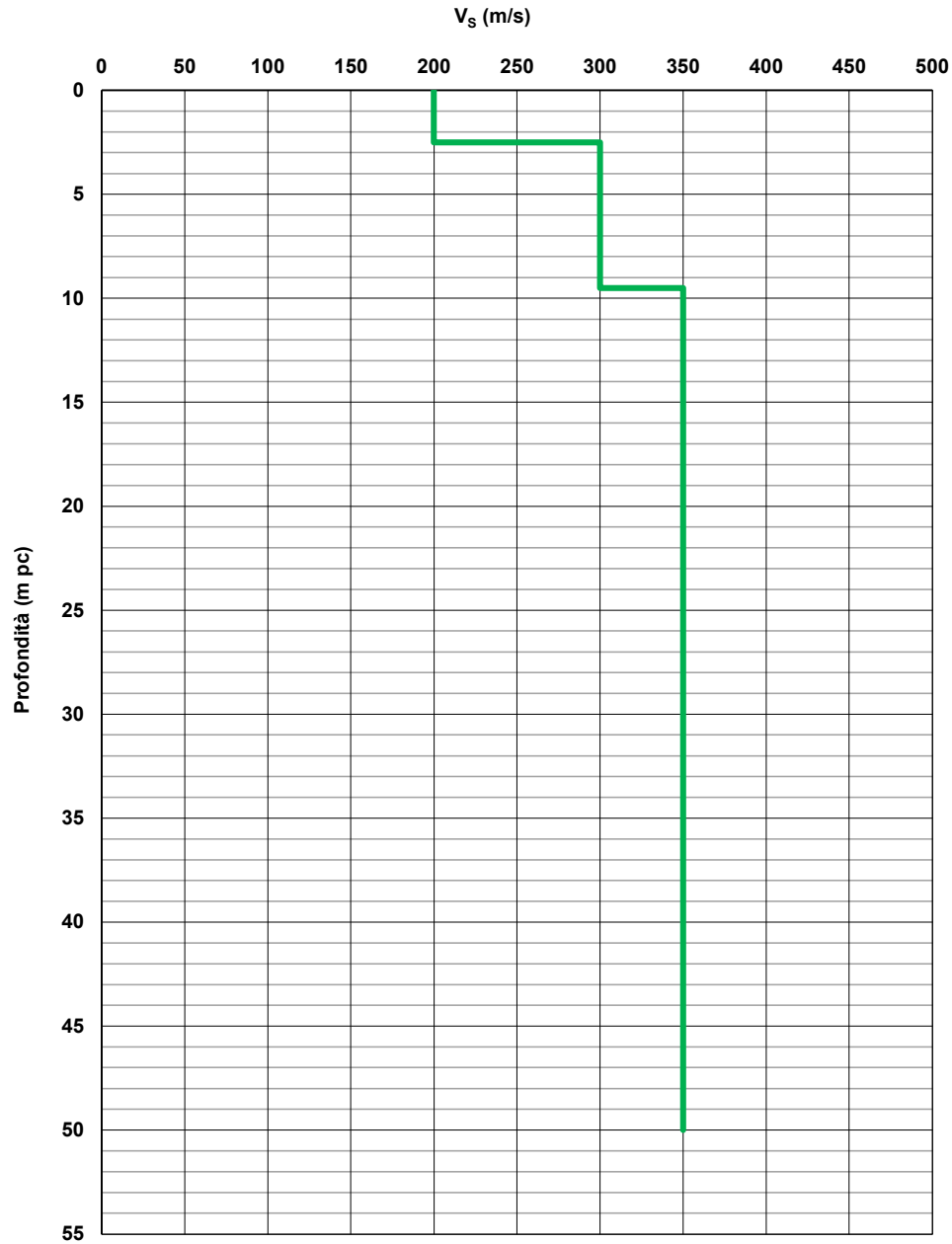


Figura 22 – Profilo di velocità  $V_s$  tra pk 7+555 e pk 13+240 (Doc. rif. [5])



**AV/AC VERONA VICENZA**

pk 13+240 - pk 20+000

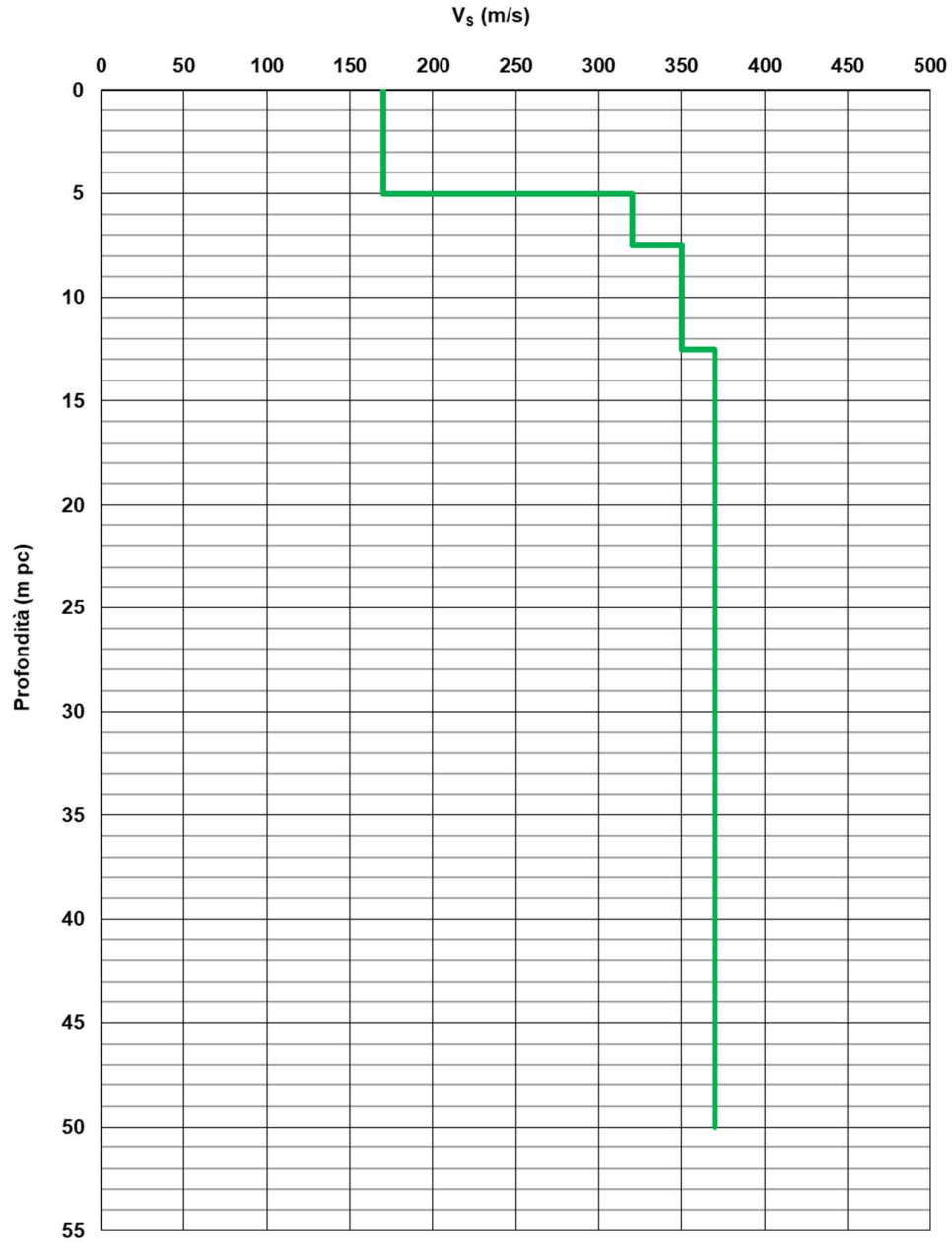


Figura 23 – Profilo di velocità  $V_s$  tra pk 13+240 e pk 20+000 (Doc. rif. [5])

**AV/AC VERONA VICENZA**

pk 7+555 - pk 13+240

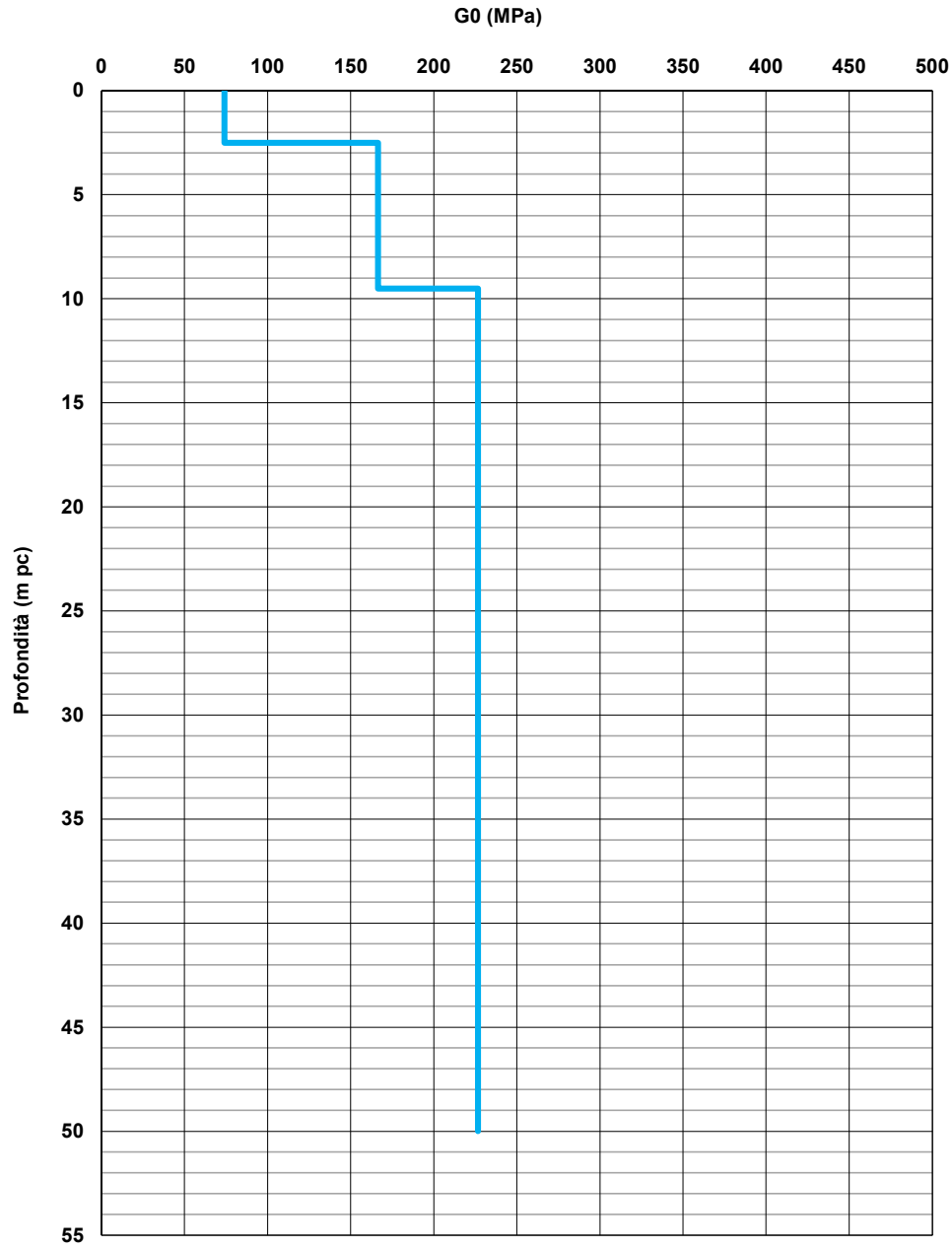


Figura 24 – Modulo di taglio G<sub>0</sub> tra pk 7+555 e pk 13+200

**AV/AC VERONA VICENZA**

**pk 13+240 - pk 20+000**

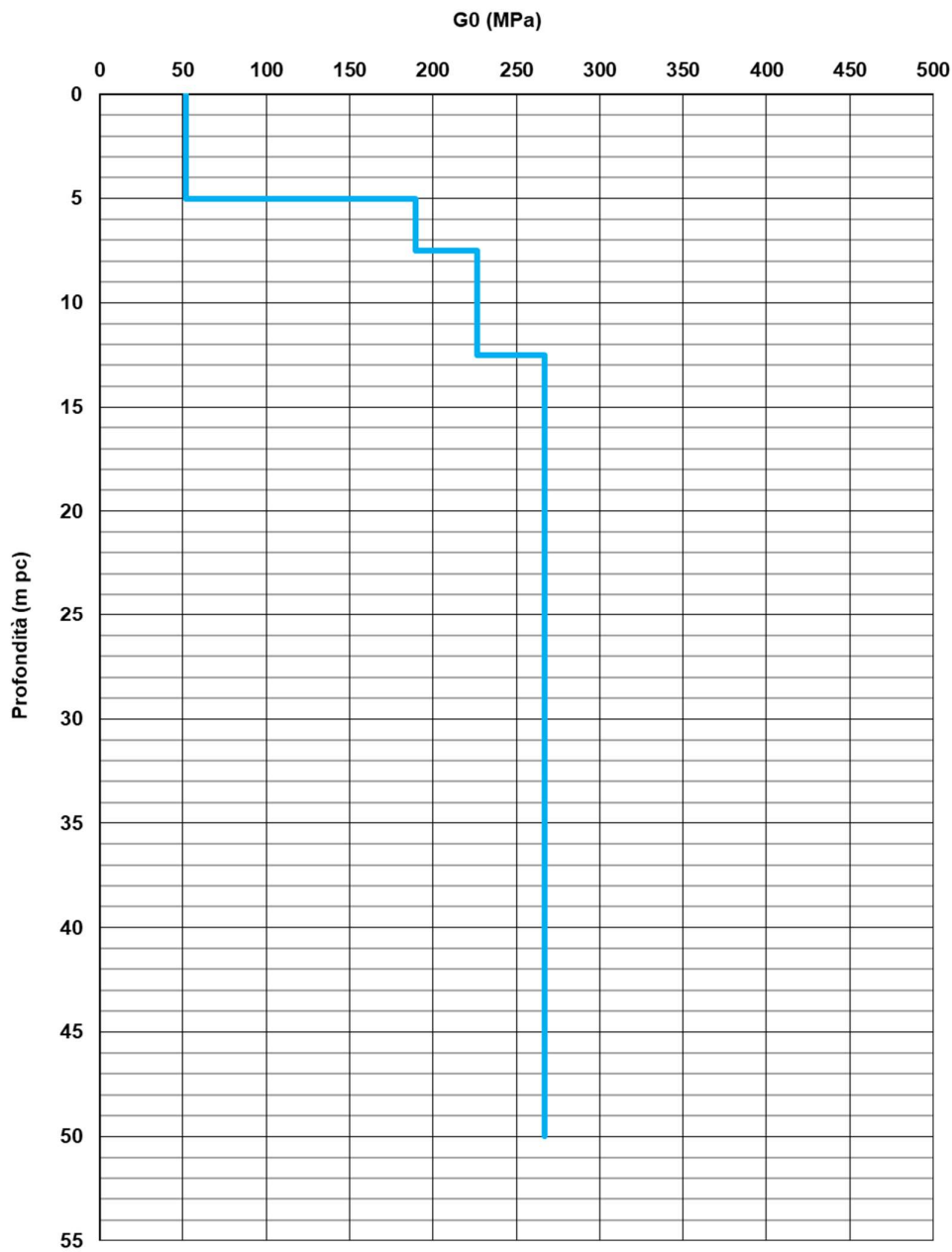




Figura 25 – Modulo di taglio  $G_0$  tra pk 13+240 e pk 20+000

|   |  |             |                             |                     |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                     |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>64 di 176 |

## 6.5 Tratto compreso fra pk 14+546 e pk 16+340



Il tratto in esame prevede la realizzazione di rilevati con altezza compresa tra 1.8 m e 4 m, di un cavalcavia alla pk 14+673 e di un sottovia alla pk 16+194.

Le indagini eseguite sono elencate in Tabella 18 e consistono in sondaggi a carotaggio continuo (BH, SP, SPA), prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU) e dinamiche, pozzetti esplorativi (PT) e prove geofisiche tipo down-hole (DH), cross-hole (CH) e MASW. La posizione delle indagini ed il loro esito sono descritti in dettaglio in elaborati di progetto dedicati (Doc. rif. [7], [8], [9], [11] e seguenti).

*Tabella 18 - Indagini tra pk 14+546 e pk 16+340*

| <b>Progressiva Pk</b> | <b>Indagini ID</b> | <b>Campagna Anno</b> |
|-----------------------|--------------------|----------------------|
| 14+641                | BH-PZ-PE-31        | 2020-2021            |
| 14+691                | BH-PE-32           | 2020-2021            |
| 14+691                | BH-PE-32Bis        | 2020-2021            |
| 14+705                | CPTU-PE-10         | 2020-2021            |
| 14+862                | PT19               |                      |
| 14+870                | CPTU33 e CPTU33bis | 2014/2015            |
| 14+880                | CPTU34 e CPTU34bis | 2014/2015            |
| 14+880                | CPTU35 e CPTU35bis | 2014/2015            |
| 14+880                | SP22               | 2014/2015            |
| 14+890                | SPA23 + CH5        | 2014/2015            |
| 14+940                | CPTU37 e CPTU37bis | 2014/2015            |
| 15+133                | PT20               |                      |
| 15+150                | SA203C011          | 2002                 |
| 15+280                | P7                 | 2015                 |
| 15+280                | P7bis              | 2015                 |
| 15+325                | CPTU35Bis-B        | 2014/2015            |
| 15+517                | PT21               |                      |
| 15+548                | CPTU-PE-11         | 2020-2021            |
| 15+830                | CPTU-PE-12         | 2020-2021            |
| 15+860                | BH-PE-33           | 2020-2021            |
| 15+880                | P8                 | 2015                 |
| 15+960                | CPTU35Ter          | 2014/2015            |
| 16+030                | P9                 | 2015                 |
| 16+030                | P9bis              | 2015                 |
| 16+160                | SPA24              | 2014/2015            |
| 16+170                | BH1V               | 2015                 |
| 16+237                | CPTU-PE-13         | 2020-2021            |



La Figura 26 riporta l'insieme delle prove SPT eseguite nel tratto considerato, identificando la frazione prevalente del materiale nel quale l'SPT è stato eseguito. Si ritiene che la rappresentazione dell'insieme dei dati, che verranno comunque interpretati separatamente per ogni Unità individuata, fornisca un utile

|   |  |                     |                                     |                             |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                             |
| <p>Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)</p>  | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>10</p> | <p>Codifica<br/>EI2RBGE0000002C</p> | <p>Foglio<br/>65 di 176</p> |

quadro di insieme delle condizioni geotecniche nel tratto considerato. Per quanto riguarda le condizioni stratigrafiche, la successione può essere così definita:

- Nei primi 2-5 m di profondità si evidenzia la presenza di depositi eterogenei, costituiti da alternanze di limi argillosi, localmente sovraconsolidati per essiccamento se prossimi alla superficie, tendenti a diventare teneri più in profondità (Unità 3b), in genere di bassa e media plasticità ( $IP=15-35$ ), e limi sabbiosi e sabbie limose sciolte (Unità 3a). All'interno di questi ultimi strati si registrano resistenze penetrometriche anche  $< 1$  MPa ed  $NSPT < 5$  colpi/30 cm (nei livelli più sabbiosi, sciolti). Su tali materiali, in sede di PD, sono state compiute diverse analisi granulometriche volte a definirne il comportamento in relazione alla suscettibilità alla liquefazione.
- Si segnala che, in corrispondenza del tratto compreso fra le progressive 14+300 fino alla 15+300, i terreni di copertura superficiali appaiono composti in modo predominante da argille mediamente compatte (Unità 3b). In corrispondenza del cavalcaferrovia IV05 al 14+673, si è inoltre rinvenuta la presenza di spesse coltri di materiali organico, (BH32 da ca 2 a 7 m da p.c.). Gli approfondimenti di indagine, e le conseguenti prove di laboratorio hanno evidenziato che si tratta in ogni caso di materiali consistenti, con indice dei vuoti attorno a 0.9-1.0, resistenze al taglio non drenata dell'ordine dei 50-70 kPa, e tensione di preconsolidazione dell'ordine dei 200-250 kPa. Le Figura 30 e la Figura 31 mostrano rispettivamente i valori di resistenza al taglio non drenata da prove TX – CIU e UU e da CPTU, e i valori di tensione di preconsolidazione dedotti sia dalle prove edometriche che dalle CPTU.
- Nei successivi 5 - 10 m di profondità vi sono ghiaie con sabbie a tratti debolmente limose (Unità 6), caratterizzate da un contenuto di fini non superiore al 10%, da densità relative medio-basse e valori di  $N_{SPT}$  piuttosto variabili, tra 18 colpi/30 cm e 50 colpi/30 cm.
- A profondità di poco superiori si individua un livello continuo di limi con argilla debolmente sabbiosi, debolmente sovraconsolidati ed aventi media plasticità, con  $q_c = 2-3$  MPa (Unità 2). Nei primi 400 m del tratto in esame, tale strato risulta presente anche a profondità maggiori e fino a 25 m pc , sempre caratterizzati da materiali di buona consistenza.. Si evidenzia, inoltre, che in corrispondenza del sondaggio BH-PE-31 (sempre in corrispondenza dell'IV05), tra 13.5 m pc e 16.5 m pc, nel corso delle perforazioni è stato rinvenuto del materiale torboso mediamente consistente.
- L'unità più profonda è costituita da sabbie dense con basso contenuto di fini (Unità 4). A profondità superiori di 12 m pc, lo stato esibisce elevate resistenze alla penetrazione, con  $N_{SPT}$  comprese tra 30 colpi/30 cm e 50 colpi/30 cm.

Sulla base dei criteri descritti nel capitolo 5, i parametri geotecnici sono stati determinati mediante


|   |  |             |                             |                     |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                     |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>66 di 176 |

l'interpretazione dei risultati delle prove di sito e di laboratorio. Nelle figure sottoindicate sono riportati i risultati delle analisi e dell'interpretazione delle prove in sito, suddivise per le diverse unità definite al punto 416.3, e più in particolare:

- Caratteristiche granulometriche delle diverse Unità riscontrate (v. Figura 27, Figura 28 e Figura 29);
- Resistenza al taglio non drenata e pressione di preconsolidazione dei terreni dell'Unità 3b (v. Figura 30 e Figura 31);
- Resistenza al taglio non drenata e pressione di preconsolidazione dei terreni argillosi, posti all'interno delle alternanze dell'Unità 3a/b (v. Figura 32 e Figura 33);
- Resistenza al taglio non drenata e pressione di preconsolidazione dei terreni dell'Unità 2 (v. Figura 34 e Figura 35 (sono stati inclusi, per completezze dei dati, anche quelli relative alle argille più superficiali poste all'interno dell'Unità 3a/b)
- Densità relativa stimata da prove SPT (v. Figura 36 e Figura 37);
- Angolo di attrito stimato da prove SPT (v. Figura 38 e Figura 39);
- Limiti di Atterberg e carta di plasticità di Casagrande (v. Figura 40 e Figura 41);
- Velocità delle onde di taglio (Doc. rif. [5], v. Figura 43);
- Modulo di taglio alle piccole deformazioni, a partire dai valori stimati di  $V_s$  (v. Figura 44).

Sulla base di tali dati, si osserva quanto segue:

- Il profilo stratigrafico è molto uniforme nel tratto considerato
- I valori di resistenza non drenata ricavati da diverse prove di laboratorio per l'Unità 3b, sia quando si trova in strati uniformi sia quando è intervallata da livelli più sabbiosi, sono in linea con quelli ottenibili dall'interpretazione delle prove penetrometriche, e variano generalmente fra 40 e 80 kPa, con valori più elevati in sommità.
- I valori di resistenza al taglio non drenata per le argille dell'Unità 2 oscillano fra 100 e i 200 kPa.
- Per i depositi ghiaiosi si stimano densità relative comprese tra 40% e 50%, mentre per le sabbie profonde si hanno  $D_R=50\%÷70\%$ .
- Si stimano angoli di attrito compresi tra 39° e 42° per l'unità ghiaiosa, mentre per gli strati sabbiosi addensati le interpretazioni indicano angoli compresi tra 37° e 40°.

|   |  |             |                             |                     |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                     |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>67 di 176 |

- Il profilo di Vs derivante dalle interpretazioni discusse nella Relazione Sismica (Doc. rif. [5]) evidenzia la presenza di materiali poco consistenti in superficie, con Vs = 170 m/s ed un notevole contrasto d'impedenza a circa 5 m pc. In particolar modo, a profondità superiori per lo strato ghiaioso si hanno velocità superiori a 300 m/s, mentre per le sabbie dense la velocità è superiore a 350 m/s fino a 50 m pc.
- I depositi poco consistenti superficiali sono caratterizzabili con un modulo di taglio a piccole deformazioni ( $G_0$ ) di circa 30÷50 MPa, mentre nelle ghiaie mediamente addensate e per le sabbie dense si hanno valori che si incrementano con la profondità nel campo 180-270 MPa.

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

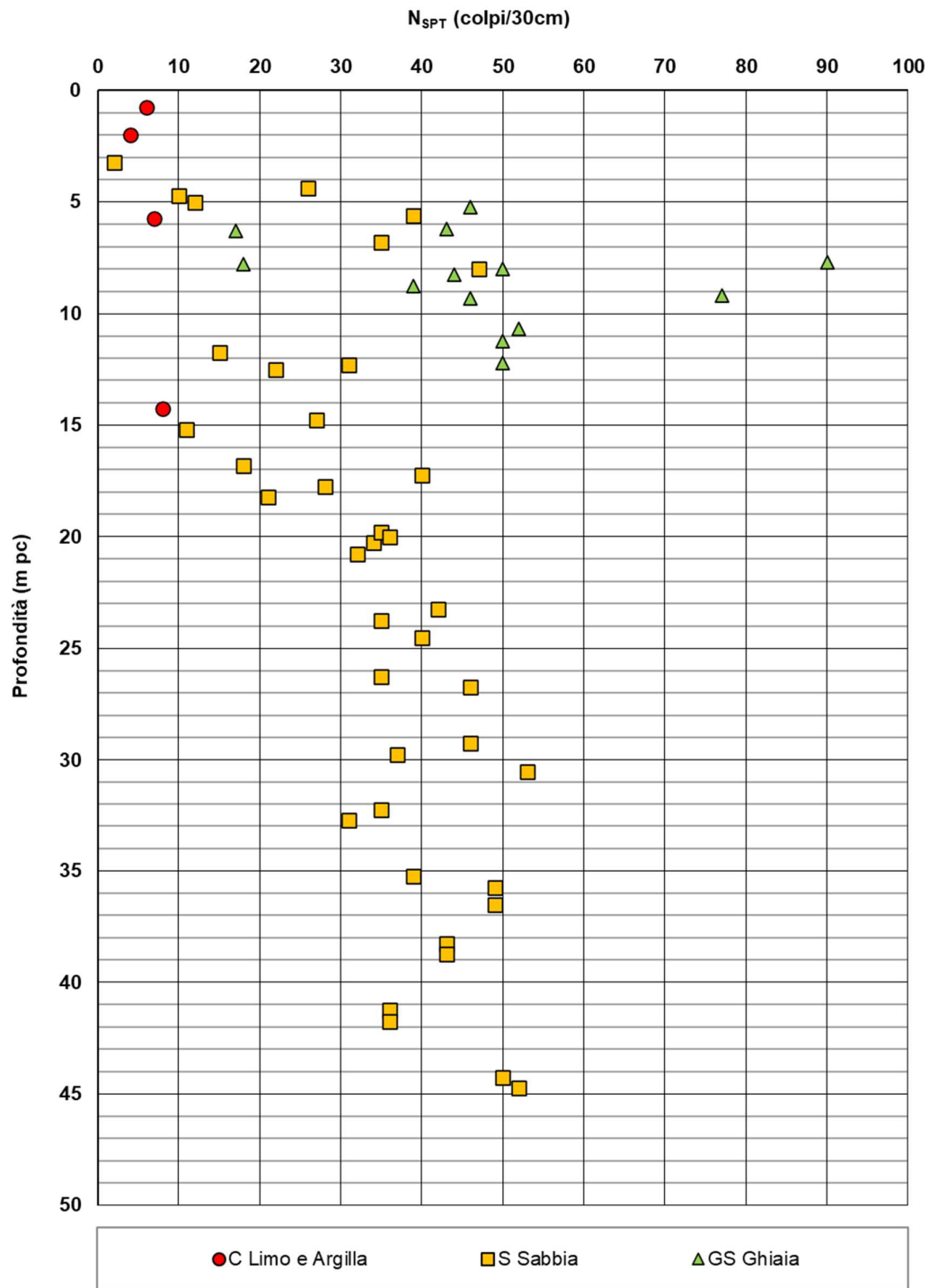


Figura 26 – Esito delle prove SPT tra pk 14+546 e pk 16+340



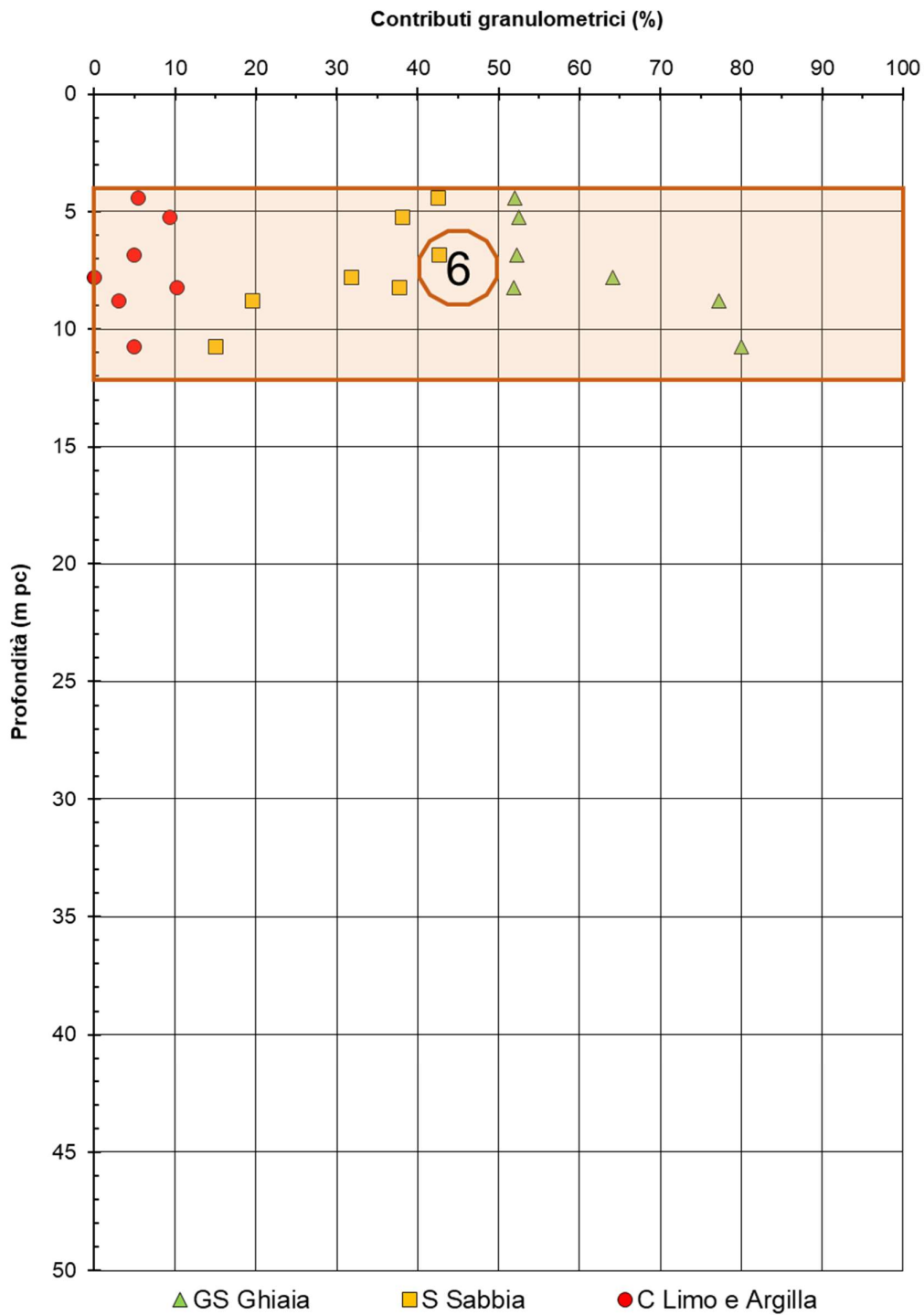


Figura 27 – Caratteristiche granulometriche Unità 6 tra pk 14+546 e pk 16+340

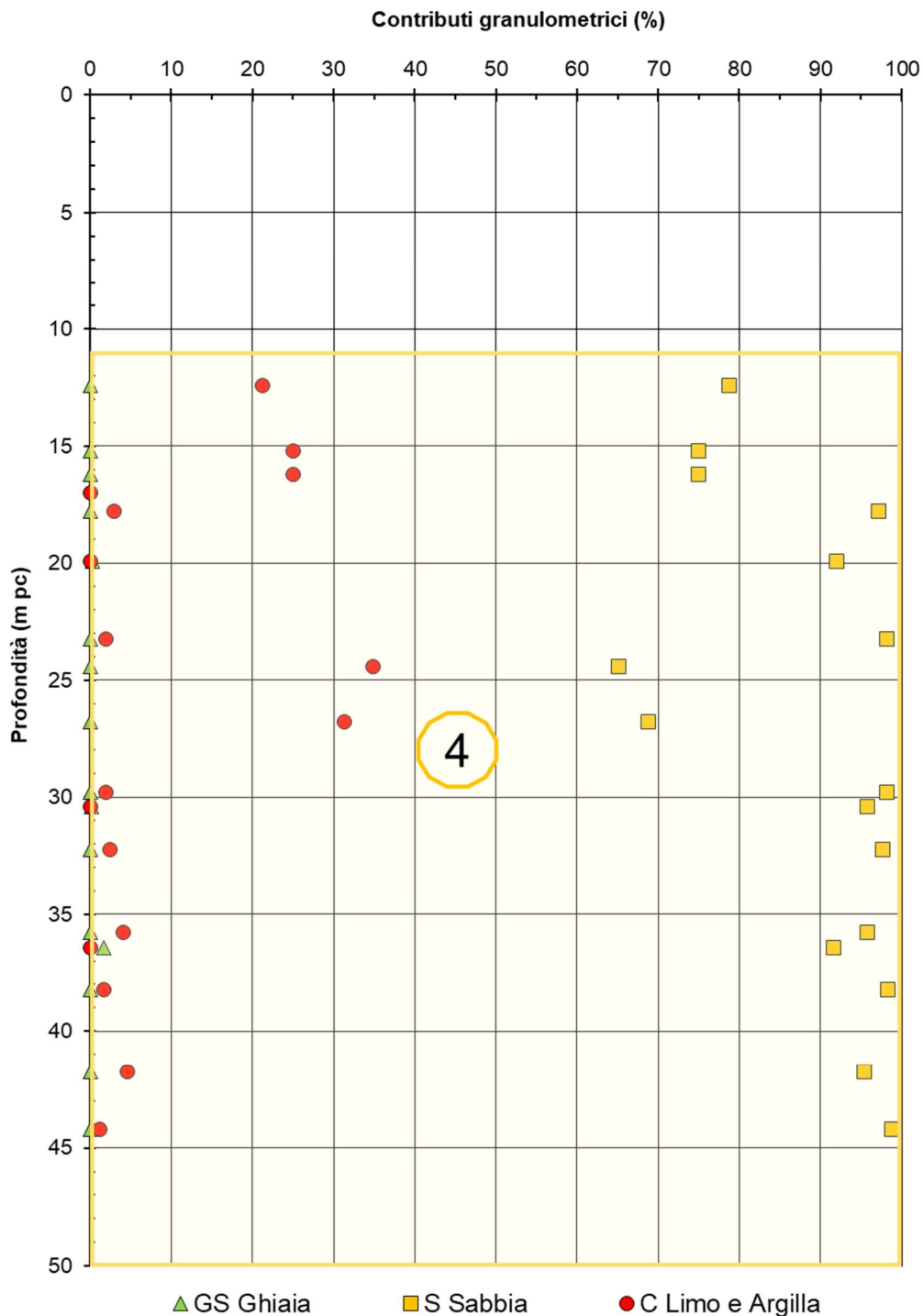


Figura 28 – Caratteristiche granulometriche Unità 4 tra pk 14+546 e pk 16+340

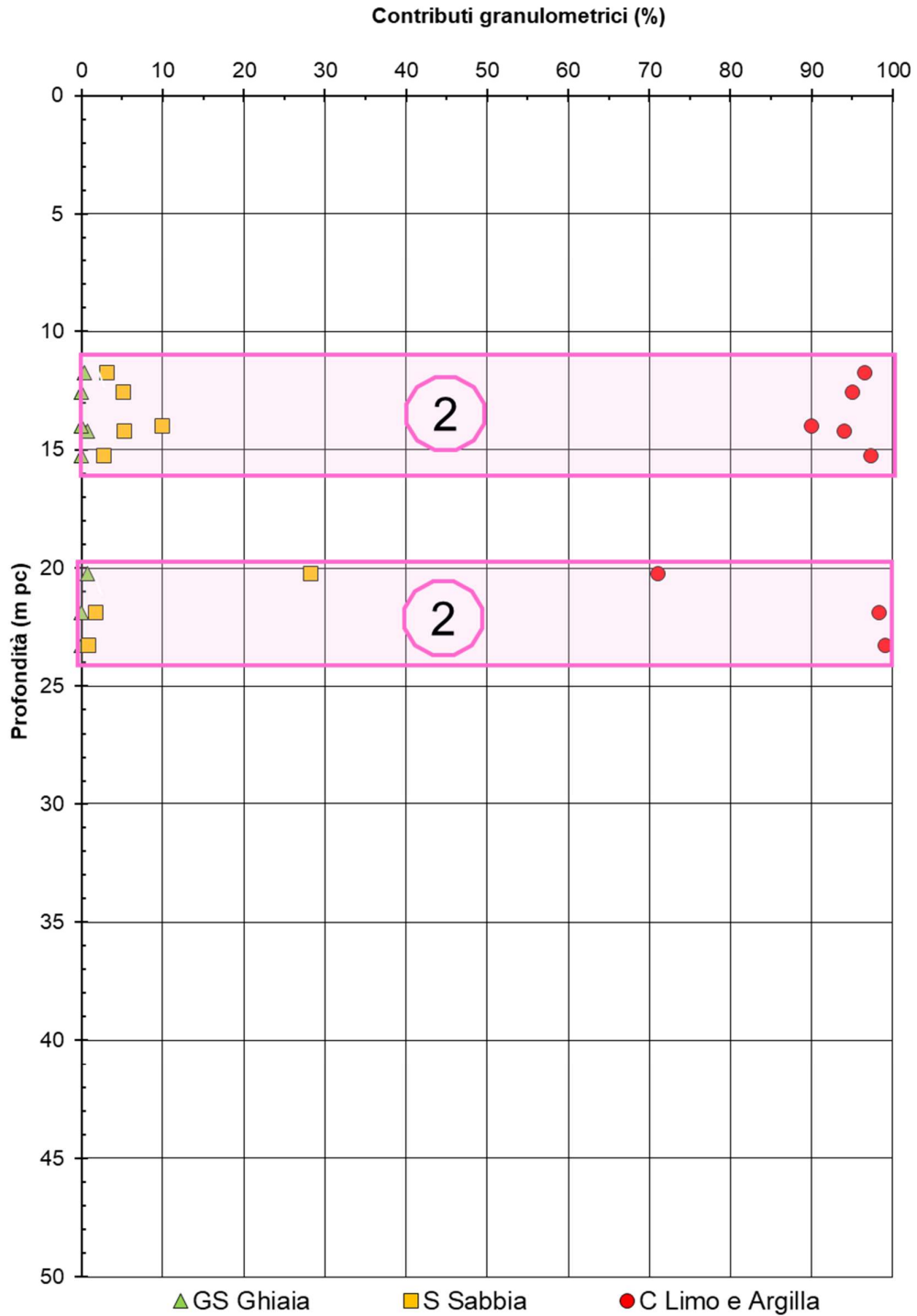


Figura 29 – Caratteristiche granulometriche Unità 2 tra pk 14+546 e pk 16+340

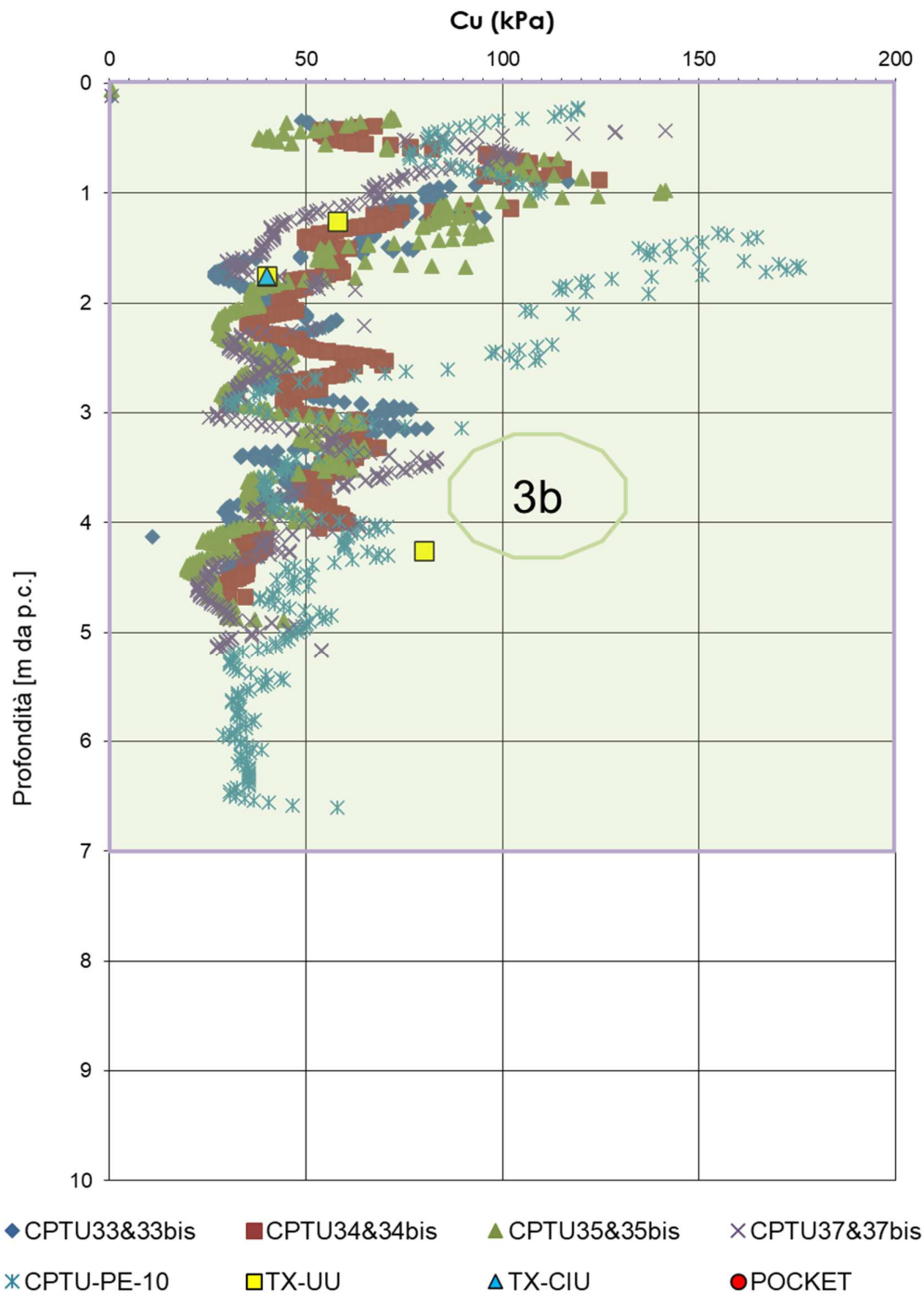


Figura 30 - Resistenza al taglio non drenata da CPTU e da prove di laboratorio Unità 3b tra pk 14+546 e pk 15+300

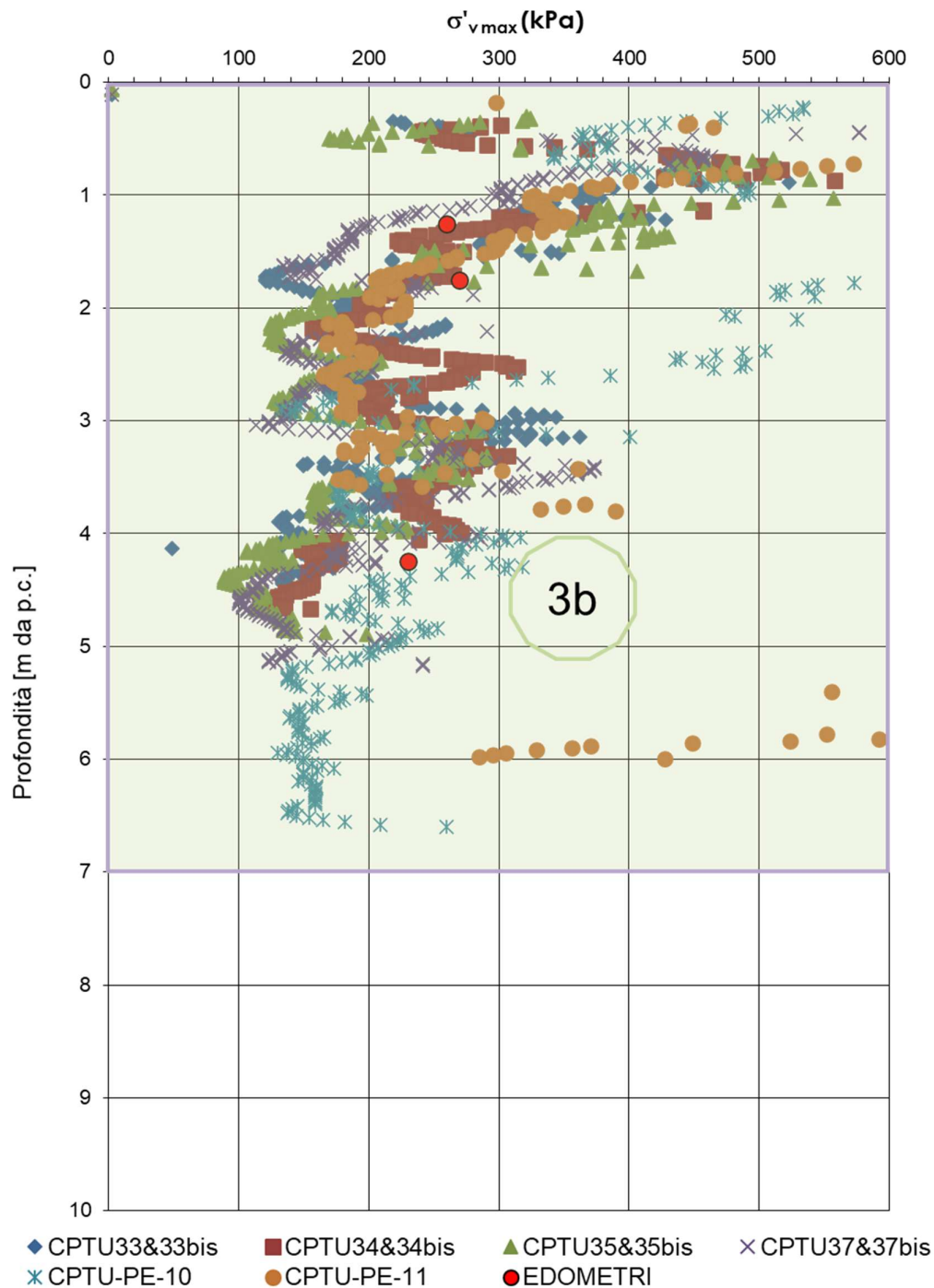


Figura 31 - Tensione di preconsolidazione da prove CPTU e da prove edometriche Unità 3b tra pk 14+546 e pk 15+300

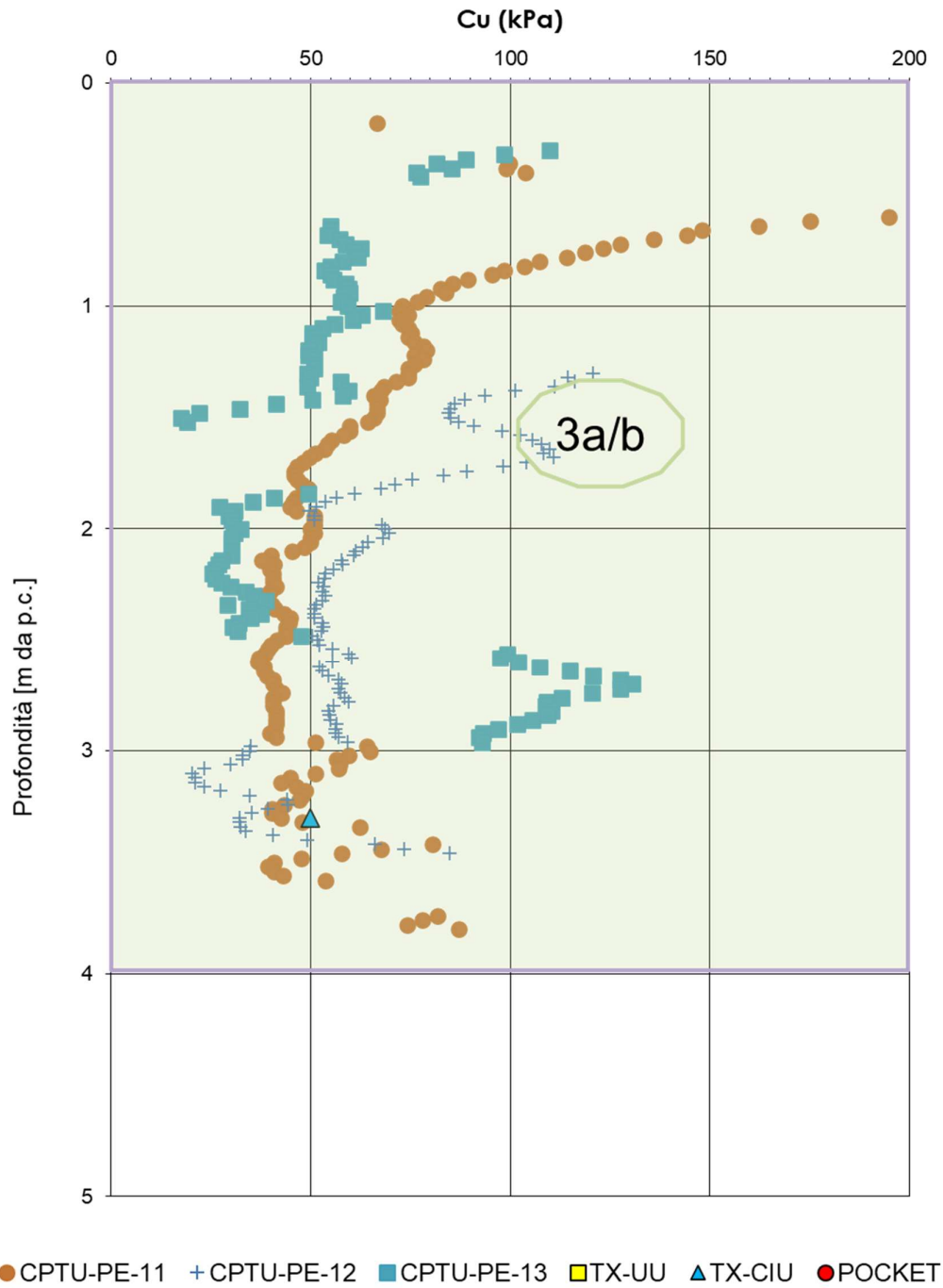


Figura 32 - Resistenza al taglio non drenata da CPTU e da prove di laboratorio su terreni argillosi all'interno dell' Unità 3a/b tra pk 15+300 e pk 16+340

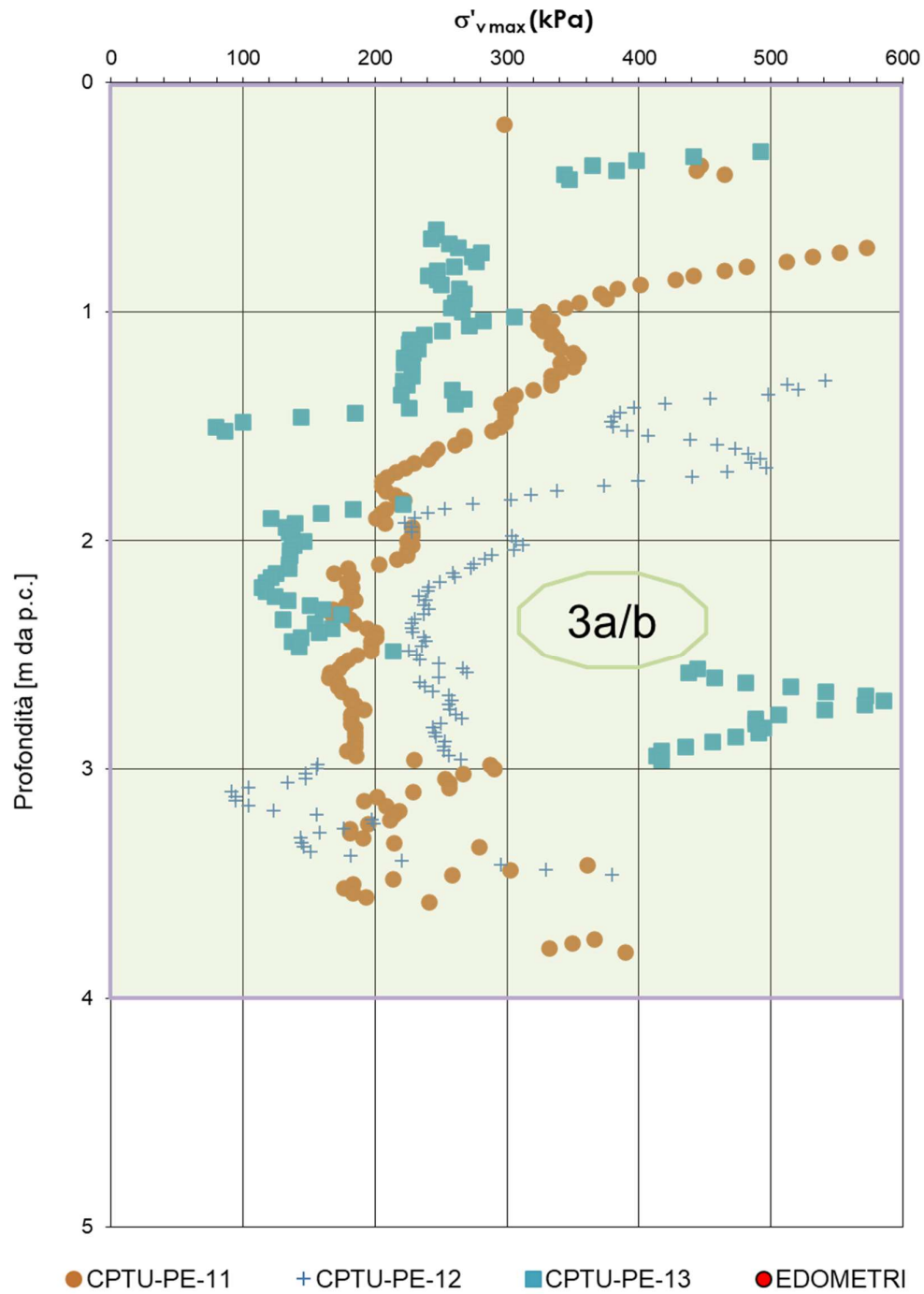


Figura 33 - Tensione di preconsolidazione da prove CPTU e da prove edometriche su terreni argillosi all'interno dell' Unità 3a/b tra pk 15+300 e pk 16+340

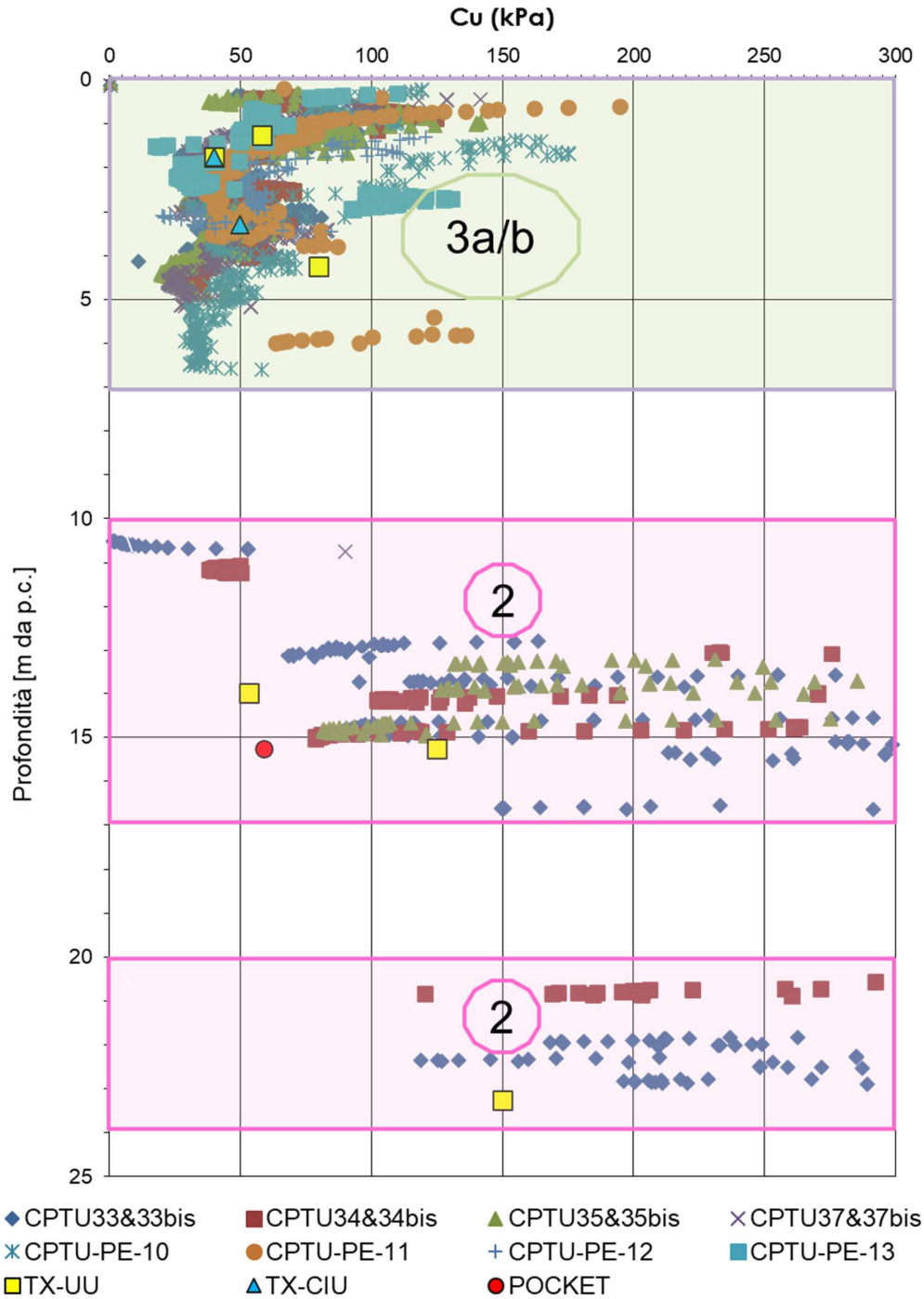


Figura 34 - Resistenza al taglio non drenata da CPTU e da prove di laboratorio Unità 2 tra pk 14+546 e pk 16+340



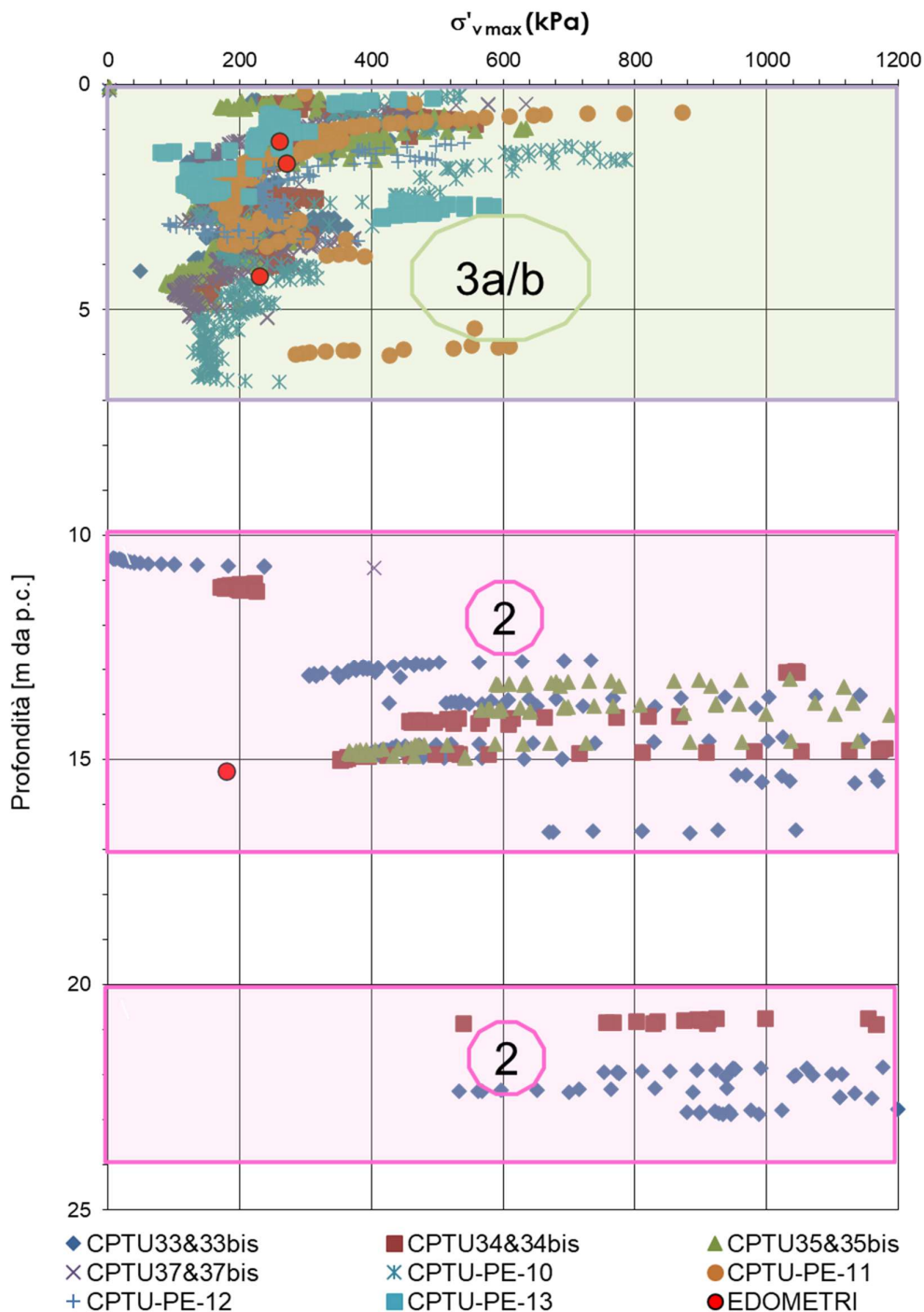


Figura 35 - Tensione di preconsolidazione da prove CPTU e da prove edometriche Unità 2 tra pk 14+546 e pk 16+340

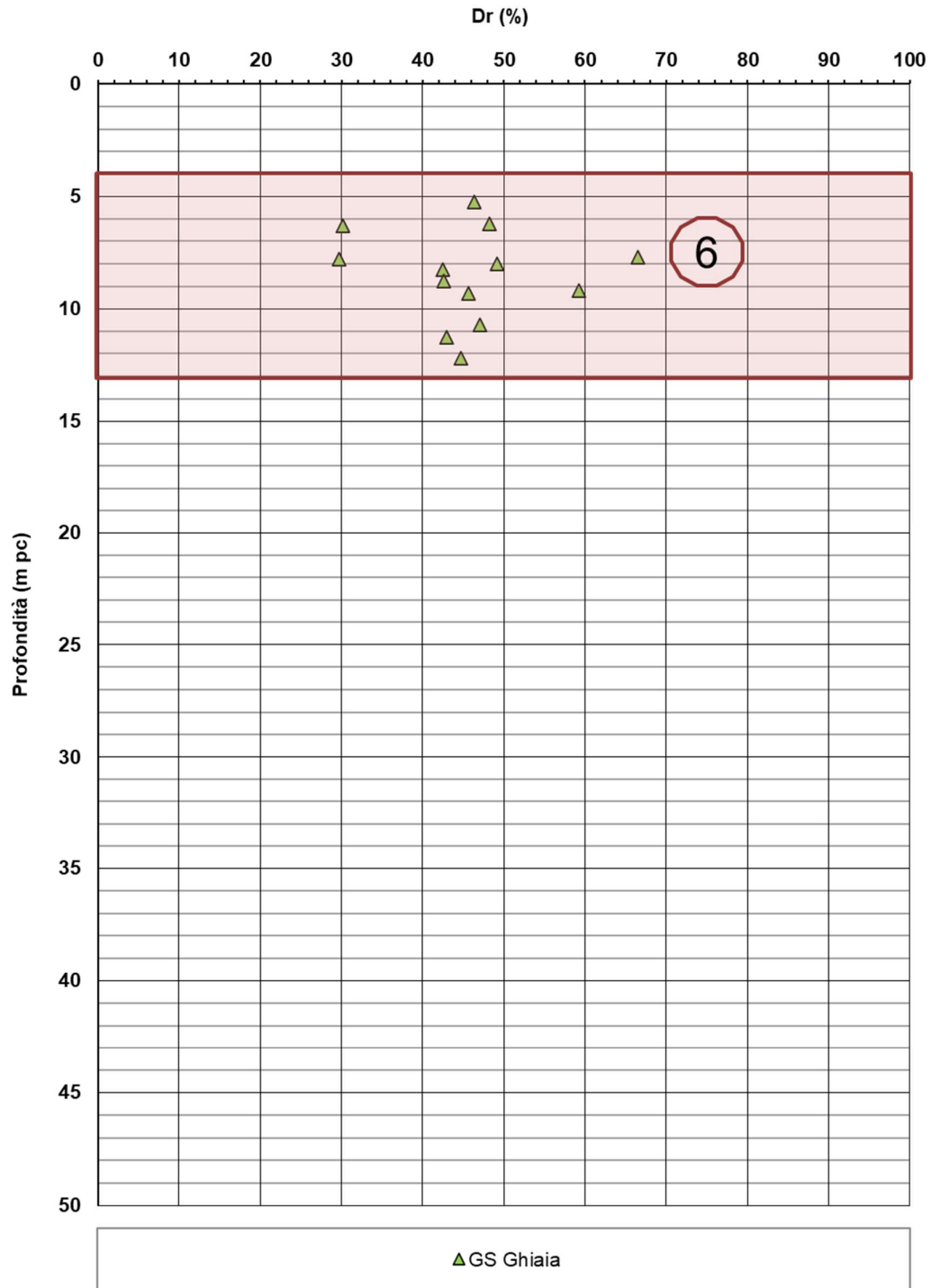


Figura 36 – Densità relativa da prove SPT Unità 6 tra pk 14+546 e pk 16+340

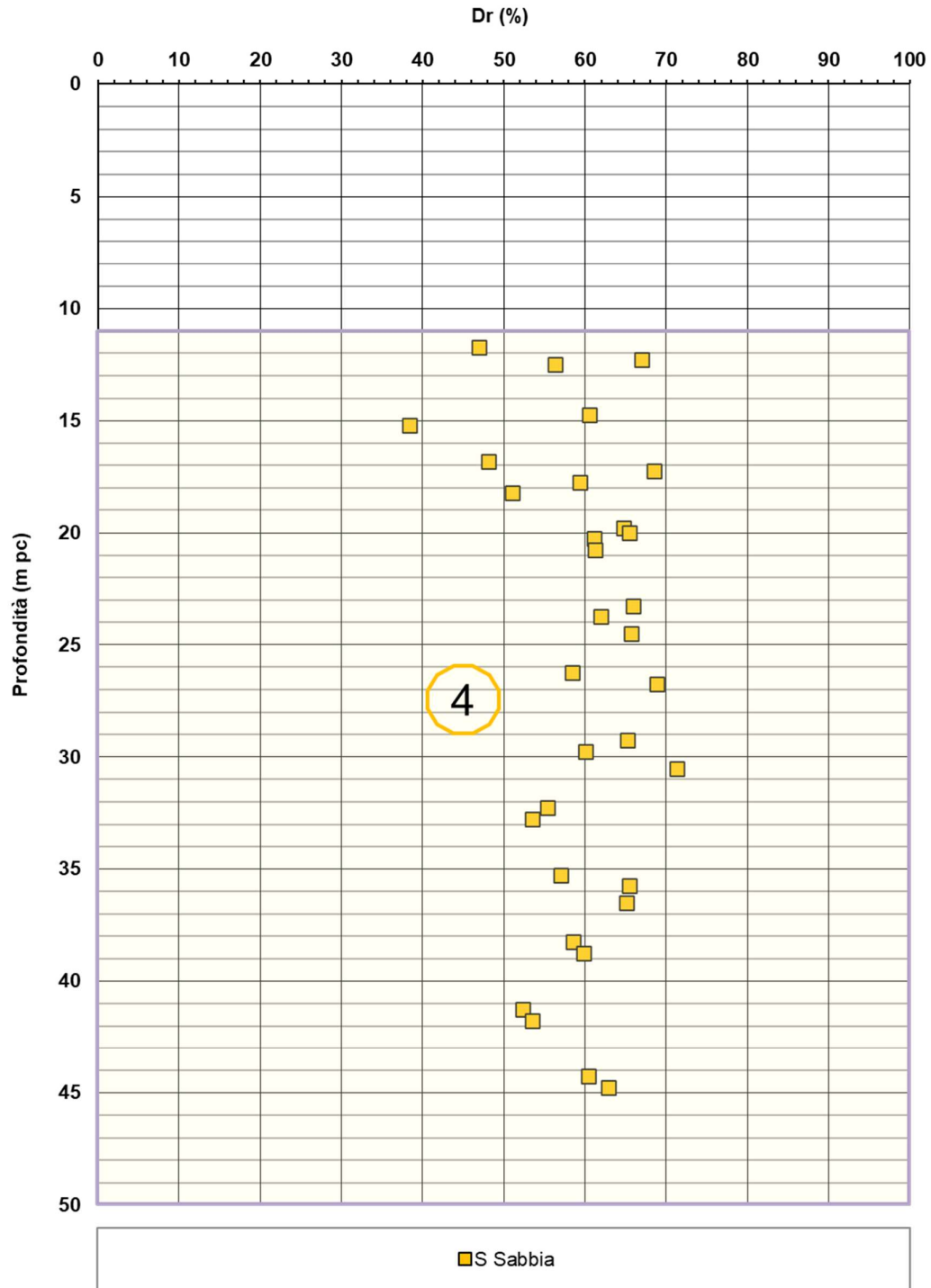


Figura 37 – Densità relativa da prove SPT Unità 4 tra pk 14+546 e pk 16+340

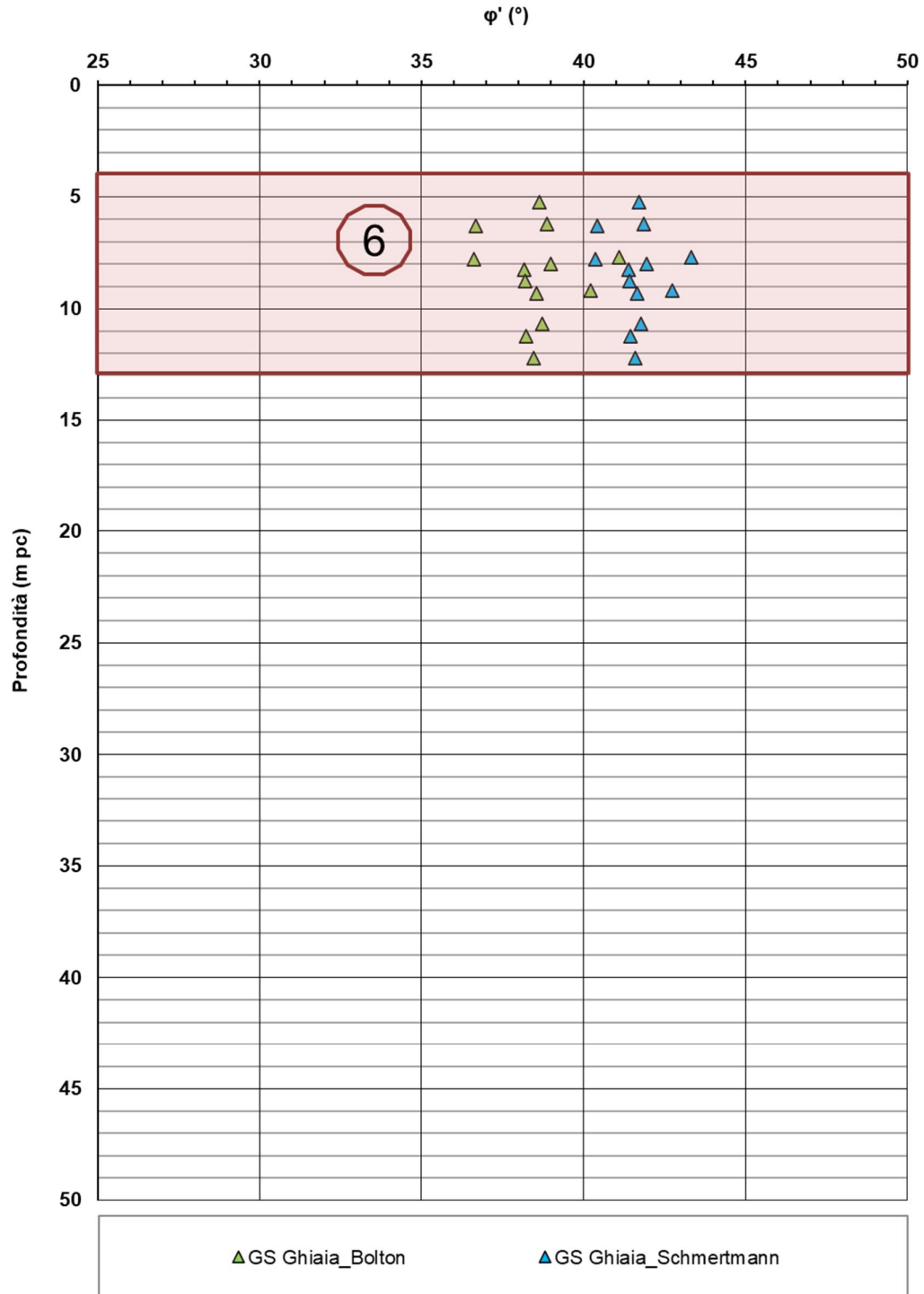


Figura 38 – Angoli di attrito da prove SPT Unità 6 tra pk 14+546 e pk 16+340

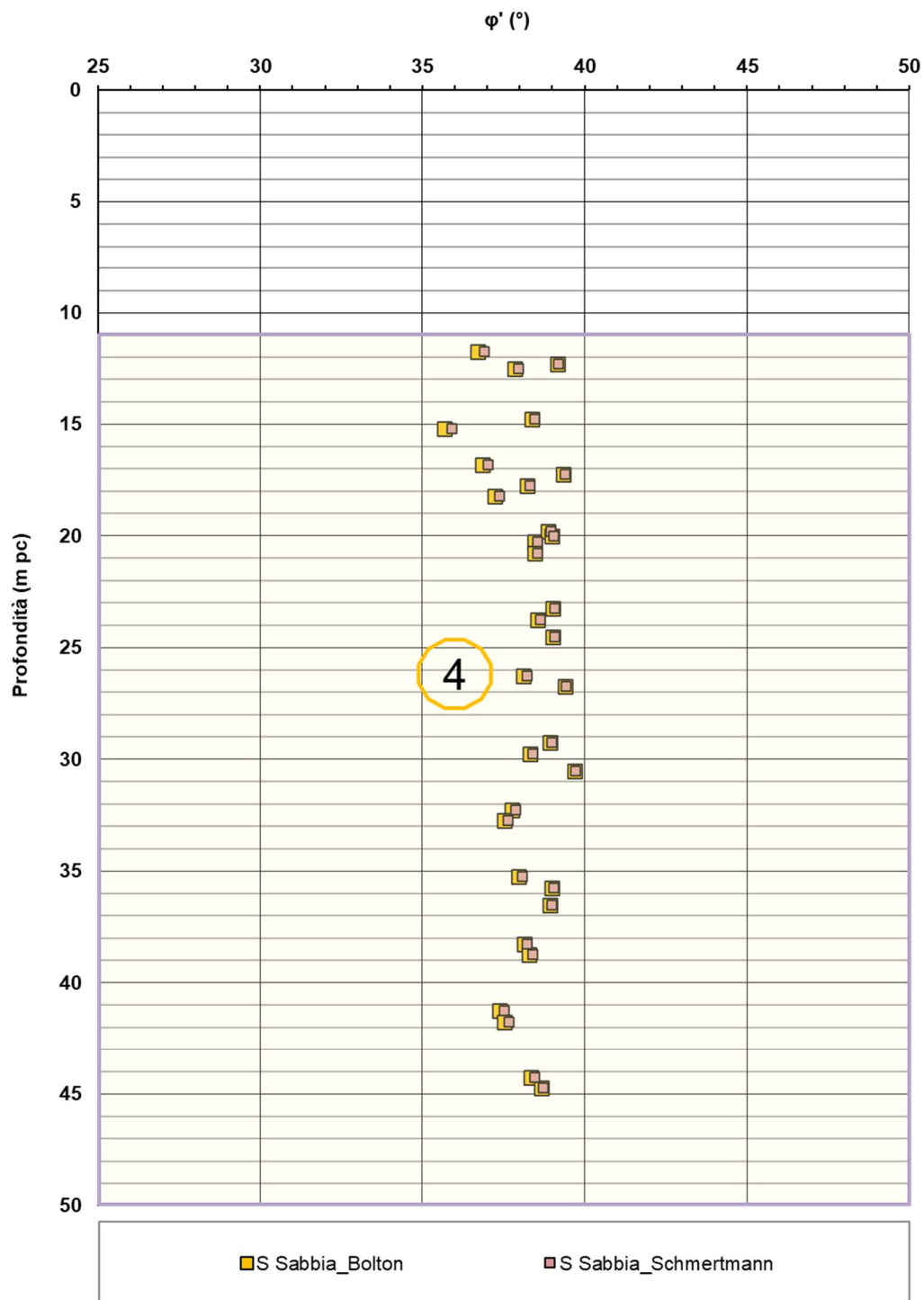


Figura 39 – Angoli di attrito da prove SPT Unità 4 tra pk 14+546 e pk 16+340

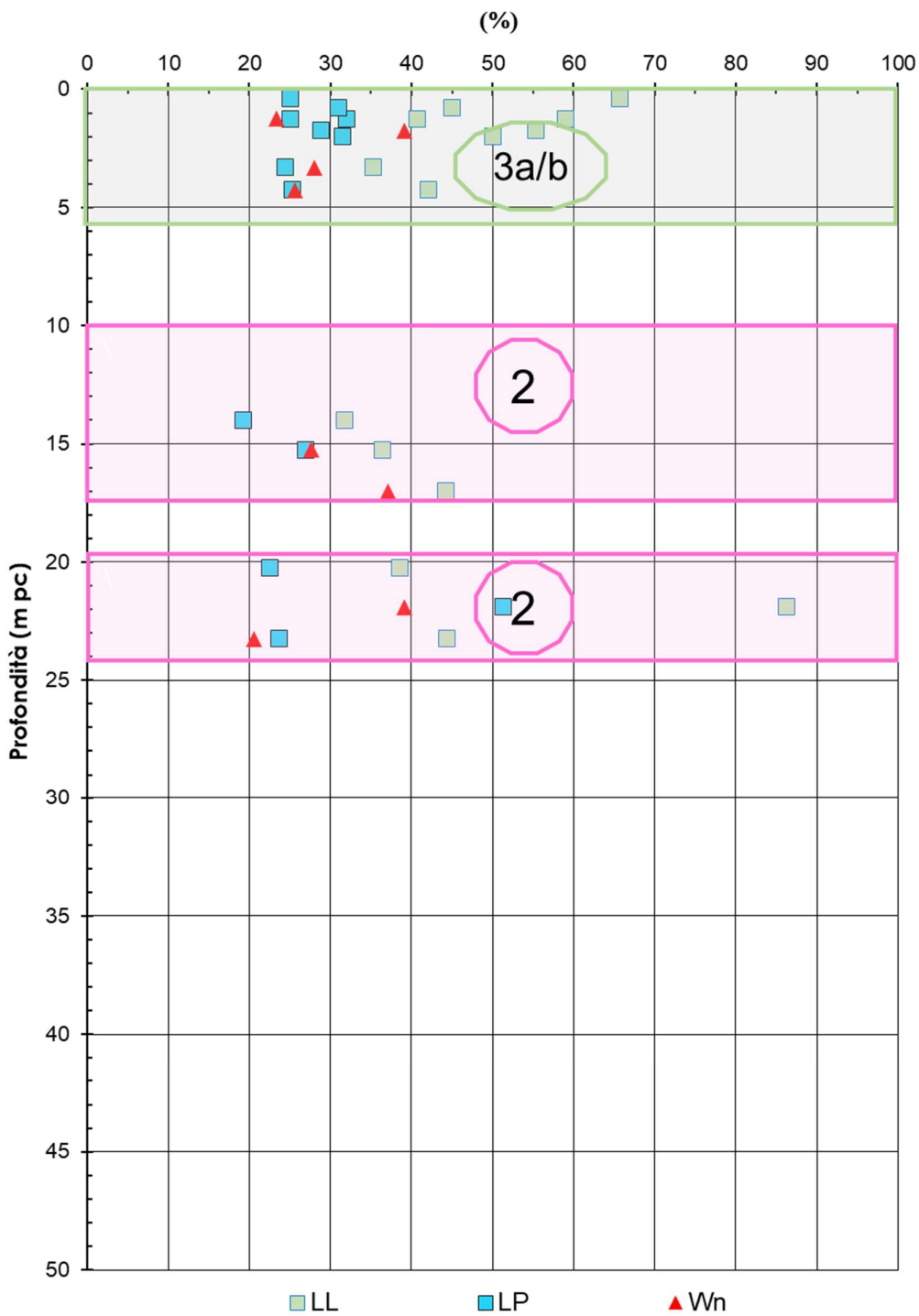


Figura 40 – Limiti di Atterberg e contenuto d'acqua tra pk 14+546 e pk 16+340

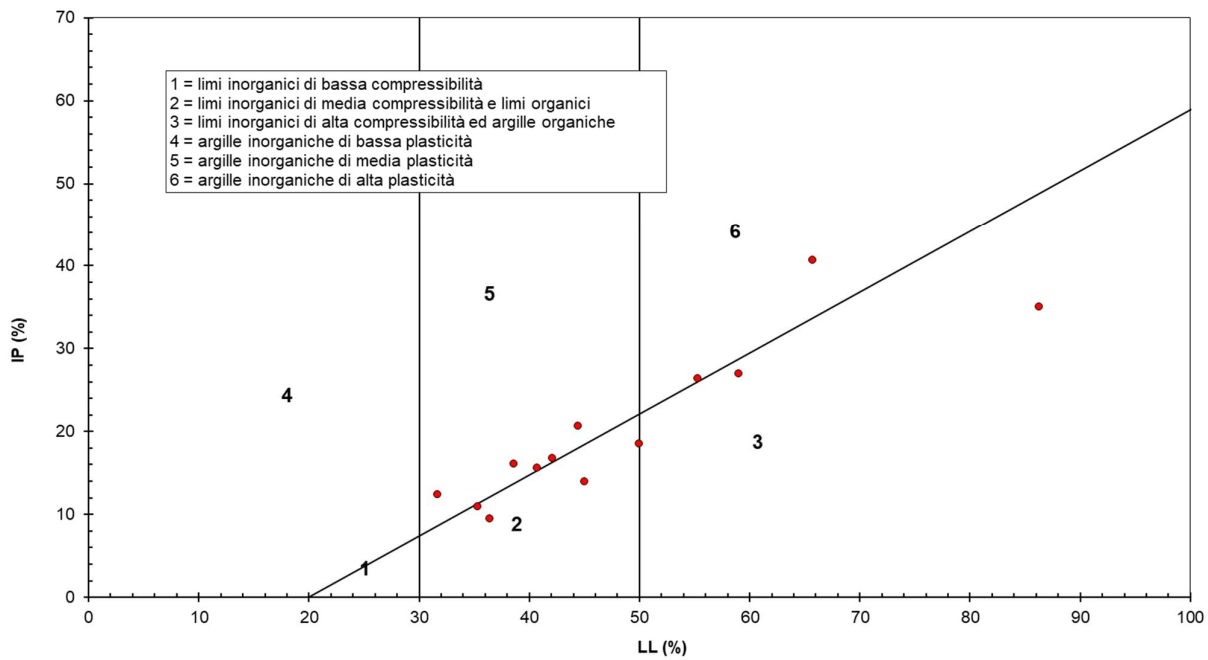


Figura 41 – Carta di plasticità di Casagrande: depositi coesivi tra pk 14+546 e pk 16+340

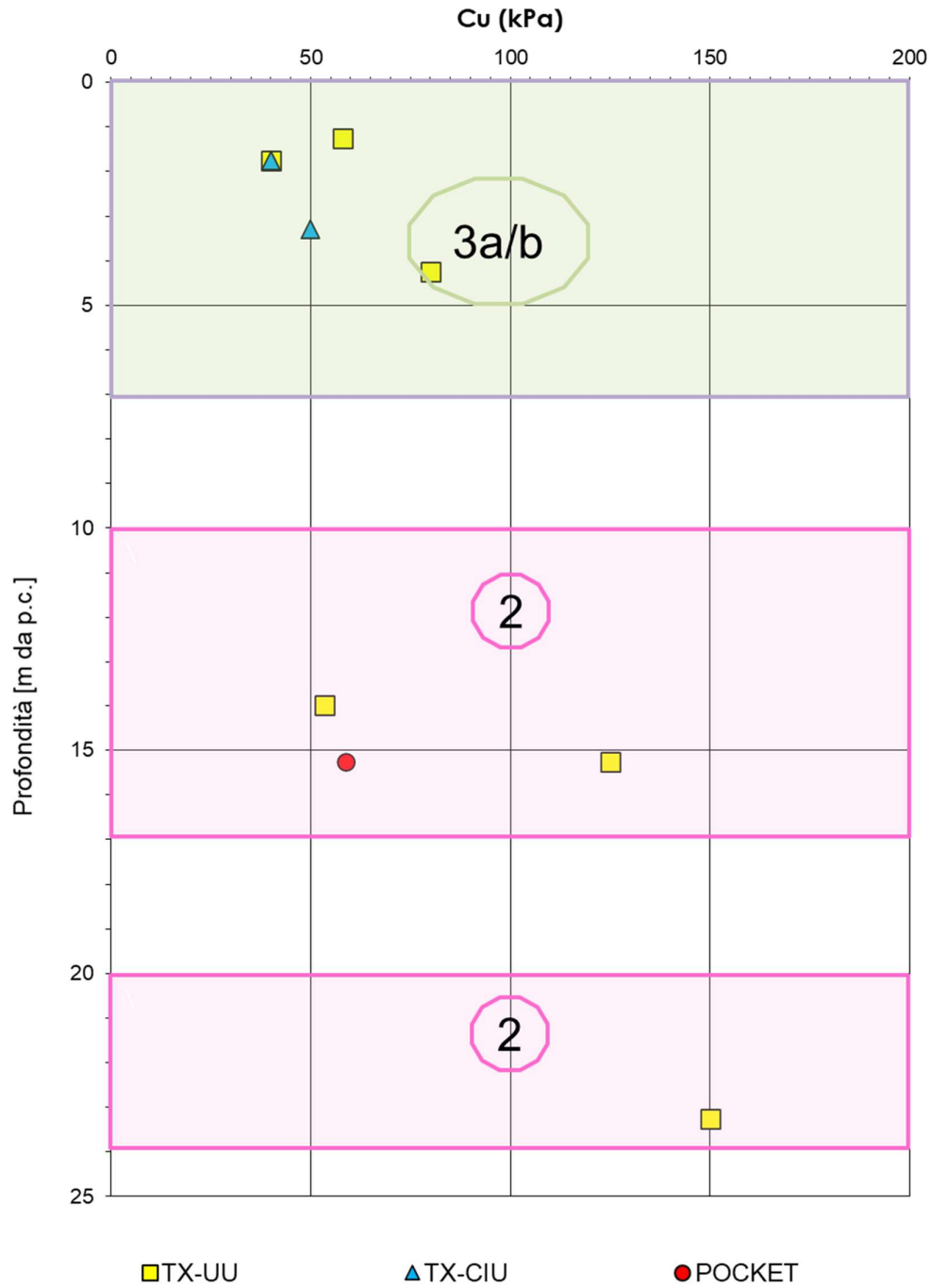


Figura 42 - Resistenza al taglio non drenata da prove di laboratorio tra pk 14+546 e pk 16+340



**AV/AC VERONA VICENZA**

pk 13+240 - pk 20+000

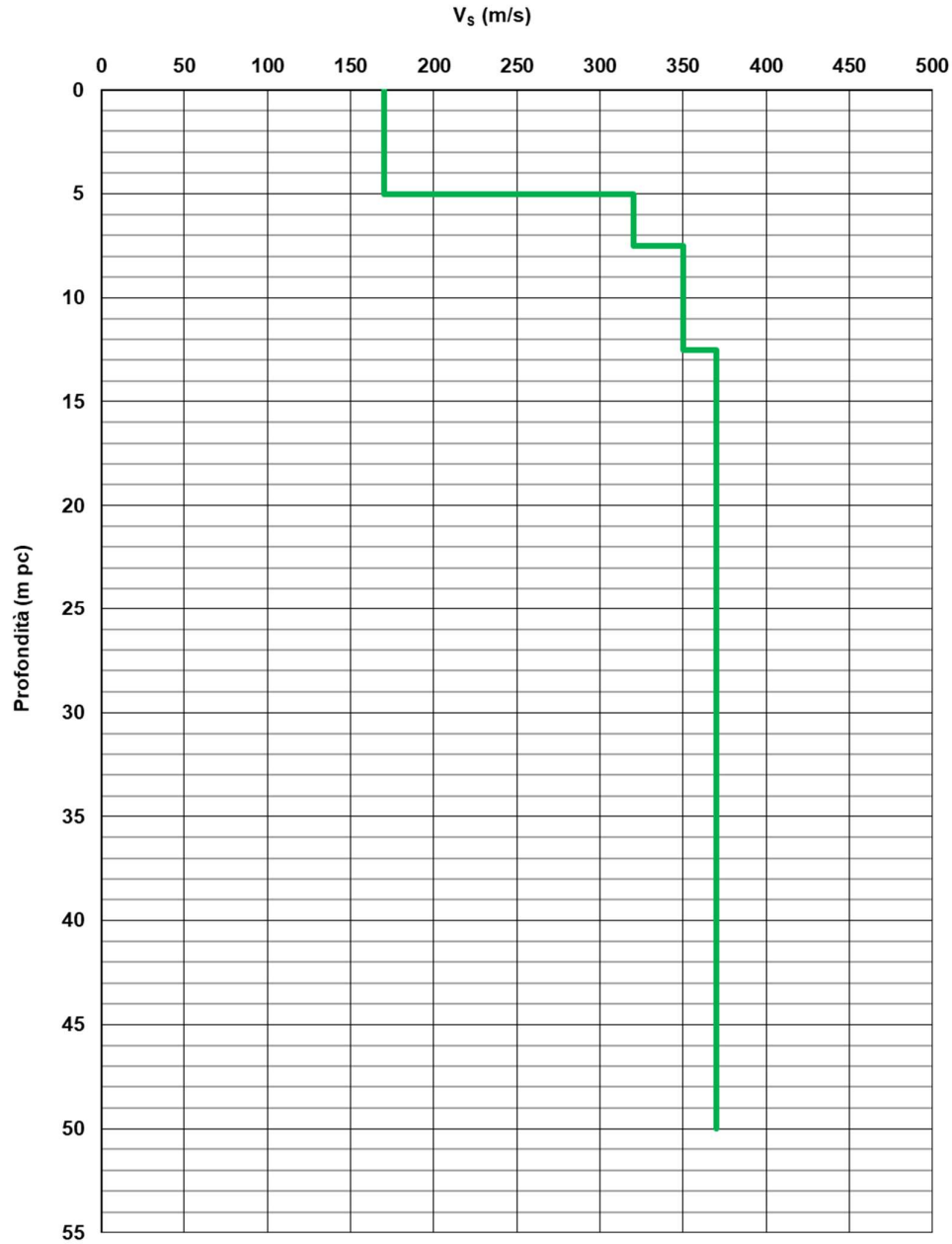


Figura 43 – Profilo di velocità Vs tra pk 13+240 e pk 20+000 (Doc. rif.[5])

**AV/AC VERONA VICENZA**

pk 13+240 - pk 20+000

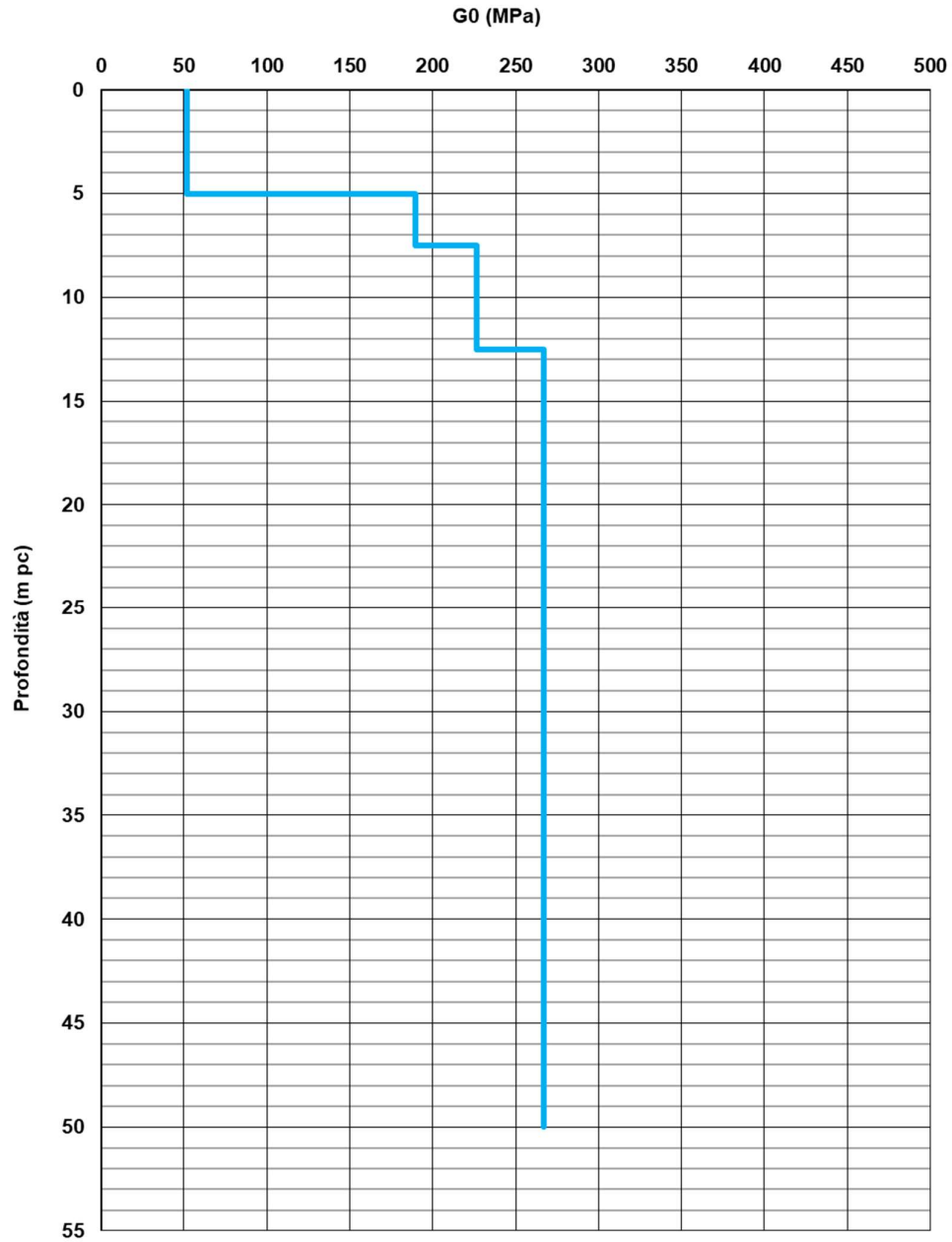




Figura 44 – Modulo di taglio  $G_0$  tra pk 13+240 e pk 20+000

|   |  |             |                             |                     |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                     |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>87 di 176 |



## 6.6 Tratto compreso fra pk 16+340 e pk 19+159

Lungo il tratto di lunghezza pari circa 2800 m si prevede la realizzazione di rilevati di altezza variabile tra 1.5 m ed 8.6 m, del Ponte sul dev. Dugale e del Viadotto Grena.

Le indagini eseguite sono elencate in Tabella 19 e consistono in sondaggi a carotaggio continuo (BH, SP, SPA), prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU) e dinamiche, pozzetti esplorativi (PT) e prove geofisiche tipo down-hole (DH), cross-hole (CH) e MASW. La posizione delle indagini ed il loro esito sono descritti in dettaglio in elaborati di progetto dedicati (Doc. rif. [7], [8], [9], [11] e seguenti).

*Tabella 19 - Indagini tra pk 16+340 e pk 19+159*

| Progressiva Pk | Indagini ID          | Campagna Anno |
|----------------|----------------------|---------------|
| 16+297         | PT22                 |               |
| 16+495         | CPTU-PE-14           | 2020-2021     |
| 16+499         | BH-PZ-PE-35          | 2020-2021     |
| 16+556         | BH-PE-34             | 2020-2021     |
| 16+576         | BH2V                 | 2015          |
| 16+610         | CPTU1V               | 2015          |
| 16+635         | PT23                 |               |
| 16+761         | CPTU-PE-15           | 2020-2021     |
| 16+767         | MASW-PE-07           | 2020-2021     |
| 16+792         | BH-PE-36             | 2020-2021     |
| 16+800         | PT-PE-12             | 2020-2021     |
| 16+820         | P10                  | 2015          |
| 16+823         | CPTU2V               | 2015          |
| 17+050         | BH3V+CH1V            | 2015          |
| 17+200         | CPTU-PE-16           | 2020-2021     |
| 17+250         | CPTU3V               | 2015          |
| 17+250         | P11                  | 2015          |
| 17+250         | P11bis               | 2015          |
| 17+359         | SPA25                |               |
| 17+420         | CPTU4V               | 2015          |
| 17+580         | BH4V                 | 2015          |
| 17+600         | P20                  | 2015          |
| 17+650         | CPTU-PE-17           | 2020-2021     |
| 17+725         | CPTU5V               | 2015          |
| 17+875         | CPTU6V               | 2015          |
| 18+400         | CPTU-PE-19           | 2020-2021     |
| 18+413         | BH-PE-37             | 2020-2021     |
| 18+720         | BH5V                 | 2015          |
| 18+893         | BH-PZ-PE-38          | 2020-2021     |
| 18+910         | CPTU9V               | 2015          |
| 18+940         | BH6V+CH2V            | 2015          |
| 19+060         | CPTU10V e CPTU10Vbis | 2015          |
| 19+060         | CPTU-PE-21           | 2020-2021     |
| 19+070         | CPTU11V              | 2015          |
| 19+142         | MASW-PE-08           | 2020-2021     |



|   |  |             |                             |                     |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                     |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>88 di 176 |

La Figura 45 riporta l'insieme delle prove SPT eseguite nel tratto considerato, identificando la frazione prevalente del materiale nel quale l'SPT è stato eseguito. Si ritiene che la rappresentazione dell'insieme dei dati, che verranno comunque interpretati separatamente per ogni Unità individuata, fornisca un utile quadro di insieme delle condizioni geotecniche nel tratto considerato.

Per quanto riguarda le condizioni stratigrafiche, la successione riprende sostanzialmente quella del tratto precedente, e può essere così definita:

- Nei primi metri si evidenzia la presenza di depositi eterogenei, costituiti da alternanze di limi argillosi, localmente sovraconsolidati per essiccamento se prossimi alla superficie, tendenti a diventare teneri più in profondità (Unità 3b), e limi sabbiosi e sabbie limose sciolte (Unità 3a). Gli spessori di tale coltre si mantengono piuttosto esigui, dell'ordine dei 2÷4 m, fino alla progressiva 18+000 circa, per poi incrementarsi verso il viadotto Grena, dove raggiungono anche la decina di metri di spessore (BH5V), laddove i rilevati raggiungono la loro massima altezza (circa 8 m). Su tali materiali sono state compiute diverse analisi granulometriche volte a definirne il comportamento in relazione alla suscettibilità alla liquefazione.
- Più in profondità e fino a 20 m pc circa si individua uno spesso strato di ghiaie con sabbie limose (Unità 6), con contenuto di fini generalmente inferiore a 15%. Gli  $N_{SPT}$  sono compresi tra 20 colpi/30 cm e 60 colpi/30 cm.
- Lo strato sottostante raggiunge la massima profondità indagata (50 m) ed è costituito da sabbie limose (Unità 4), con un contenuto di fine non superiore al 20%. Si stima che il materiale si trovi in uno stato di addensamento medio-alto e nel corso delle indagini si sono misurati valori di  $N_{SPT} = 20\div 50$  colpi/30cm.
- Localmente, all'interno di questo strato si rinviene un livello di limo argillosi di spessore pari a 2÷3 m a profondità comprese tra 20 m e 30 m pc (Unità 2). L'interpretazione della prova CPTU 11 V, penetrata per un breve tratto all'interno di questo livello, fornisce valori di  $c_u$  dell'ordine dei 100÷120 kPa, in linea con i dati dell'Unità 2 del tratto precedente.
- In corrispondenza dei sondaggi più ad ovest (BH-PE-37 e BH-PE-38) e ad una profondità compresa tra 9 m e 11.5 m da p.c. circa, si riscontra la presenza di argille limose torbose e limi argillosi torbosi, comunque compatti.

Sulla base dei criteri descritti nel capitolo 5, i parametri geotecnici sono stati determinati mediante l'interpretazione dei risultati delle prove di sito e di laboratorio. Nelle figure sottoindicate sono riportati i risultati delle analisi e dell'interpretazione delle prove in sito, suddivise per le diverse unità definite al punto 6.3, e più in particolare:

|   |  |                     |                                     |                             |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                             |
| <p>Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)</p>  | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>10</p> | <p>Codifica<br/>E12RBGE0000002C</p> | <p>Foglio<br/>89 di 176</p> |

- Caratteristiche granulometriche delle diverse Unità riscontrate (v. Figura 46, Figura 47, Figura 48 e Figura 49);
- Resistenza al taglio non drenata e pressione di preconsolidazione dei terreni dell'Unità 3b (v. Figura 50 e Figura 51);
- Densità relativa stimata da prove SPT (v. Figura 52 e Figura 53);
- Angolo di attrito stimato da prove SPT (v. Figura 54 e Figura 55);
- Limiti di Atterberg e carta di plasticità di Casagrande (v. Figura 56 e Figura 57);
- Velocità delle onde di taglio (Doc. rif. [5], v. Figura 58);
- Modulo di taglio alle piccole deformazioni, a partire dai valori stimati di  $V_s$  (v. Figura 59).

Sulla base di tali dati, si osserva quanto segue:

- I dati di plasticità e di contenuto d'acqua dei terreni argillosi 3b (Figura 56 e Figura 57) indicano che si tratta di materiali di plasticità da media ad alta ( $LL= 30\div70$ ,  $LP= 20\div30$ ), con contenuti d'acqua non lontani dal limite liquido, ad indicazione di una consistenza medio-bassa del materiale.
- Nelle alternanze superficiali dell'Unità 3a/b, molte granulometrie ricadono all'interno del fuso granulometrico dei terreni liquefacibili.
- Vi è un buon accordo fra la resistenza al taglio non drenata da prove TX e da CPTU. I valori sono più elevati in corrispondenza del p.c. (costa essiccata), e variabili nel campo  $40\div70$  kPa, per scendere con la profondità a valori nel campo  $30\div40$  kPa. La concordanza fra dato di laboratorio e interpretazione CPTU vale anche per la pressione di preconsolidazione, per la quale si può stabilire un ragionevole range nel campo  $100\div200$  kPa.
- Nell'unità ghiaiosa si hanno densità relative di  $30\div55\%$ , mentre nelle sabbie sottostanti  $D_R = 50\div75\%$ .
- Si stimano angoli di attrito compresi tra  $39^\circ$  e  $42^\circ$  per l'unità ghiaiosa, mentre per gli strati sabbiosi le interpretazioni indicano angoli compresi tra  $37^\circ$  e  $39^\circ$ .
- Il profilo di  $V_s$  derivante dalle interpretazioni discusse nella Relazione Sismica (Doc. rif. [5]) evidenzia la presenza di materiali poco consistenti in superficie, con  $V_s = 170$  m/s ed un notevole contrasto d'impedenza a circa 5 m pc. In particolar modo, a profondità superiori per lo strato

|   |  |             |                             |                     |
|---|--|-------------|-----------------------------|---------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                     |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>90 di 176 |

ghiaioso si hanno velocità superiori a 300 m/s, mentre per le sabbie dense la velocità è superiore a 350 m/s fino a 50 m pc.

- I depositi poco consistenti superficiali sono caratterizzabili con un modulo di taglio a piccole deformazioni ( $G_0$ ) di circa 30÷50 MPa, mentre nelle ghiaie mediamente addensate e per le sabbie dense si hanno valori che si incrementano con la profondità nel campo 180-270 MPa.

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

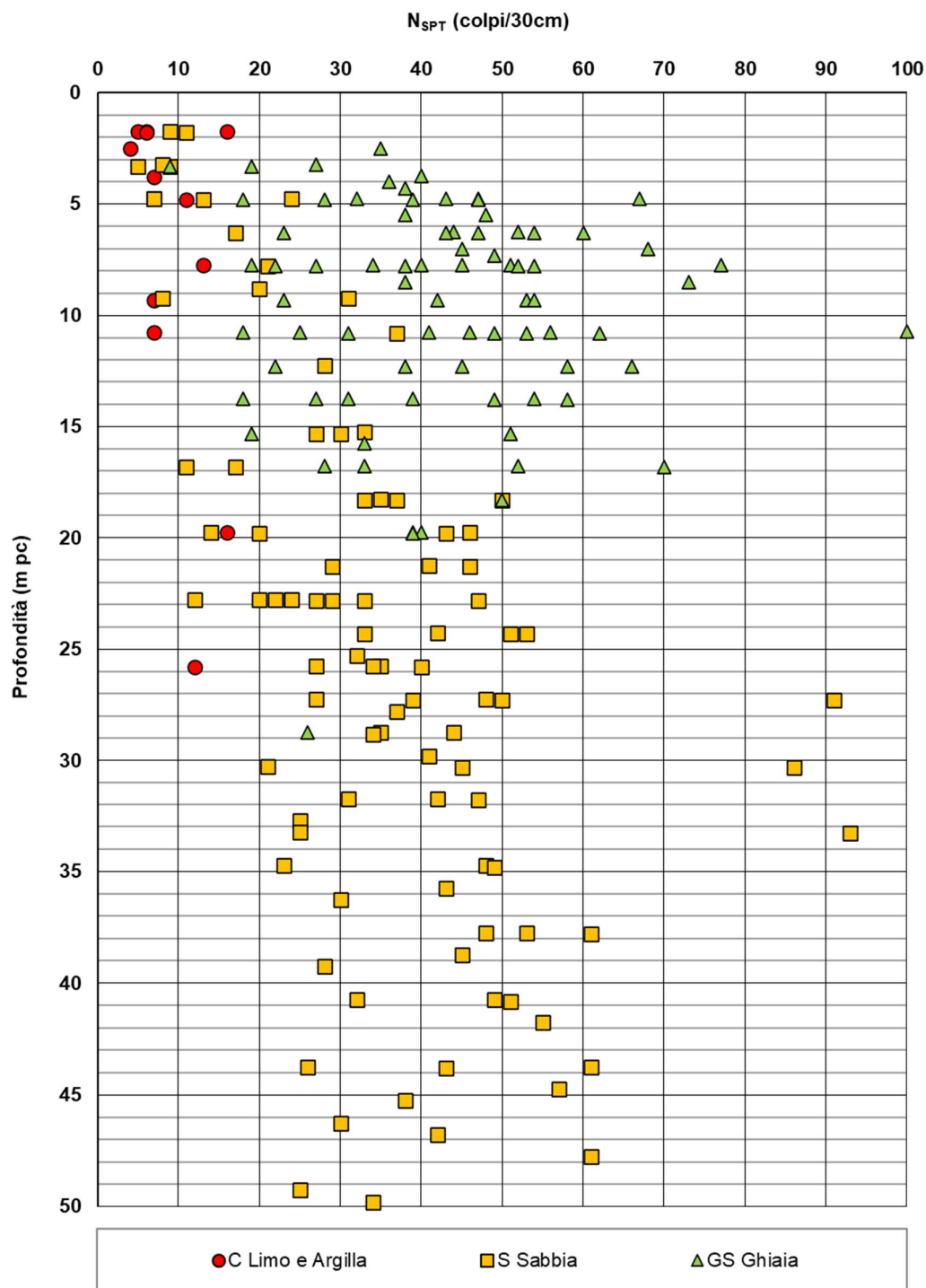


Figura 45 – Esito delle prove SPT tra pk 16+340 e pk 19+159

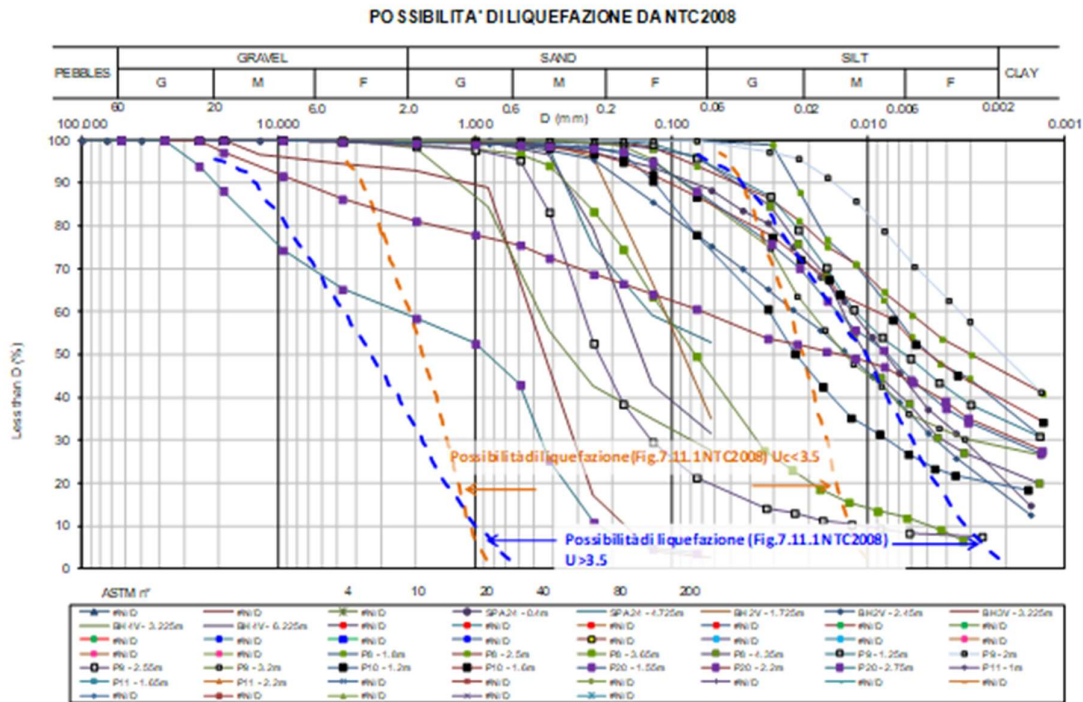


Figura 46. Dati granulometrici sui terreni 3a / 3b nel tratto fra la 15+300 ed il km 17+800



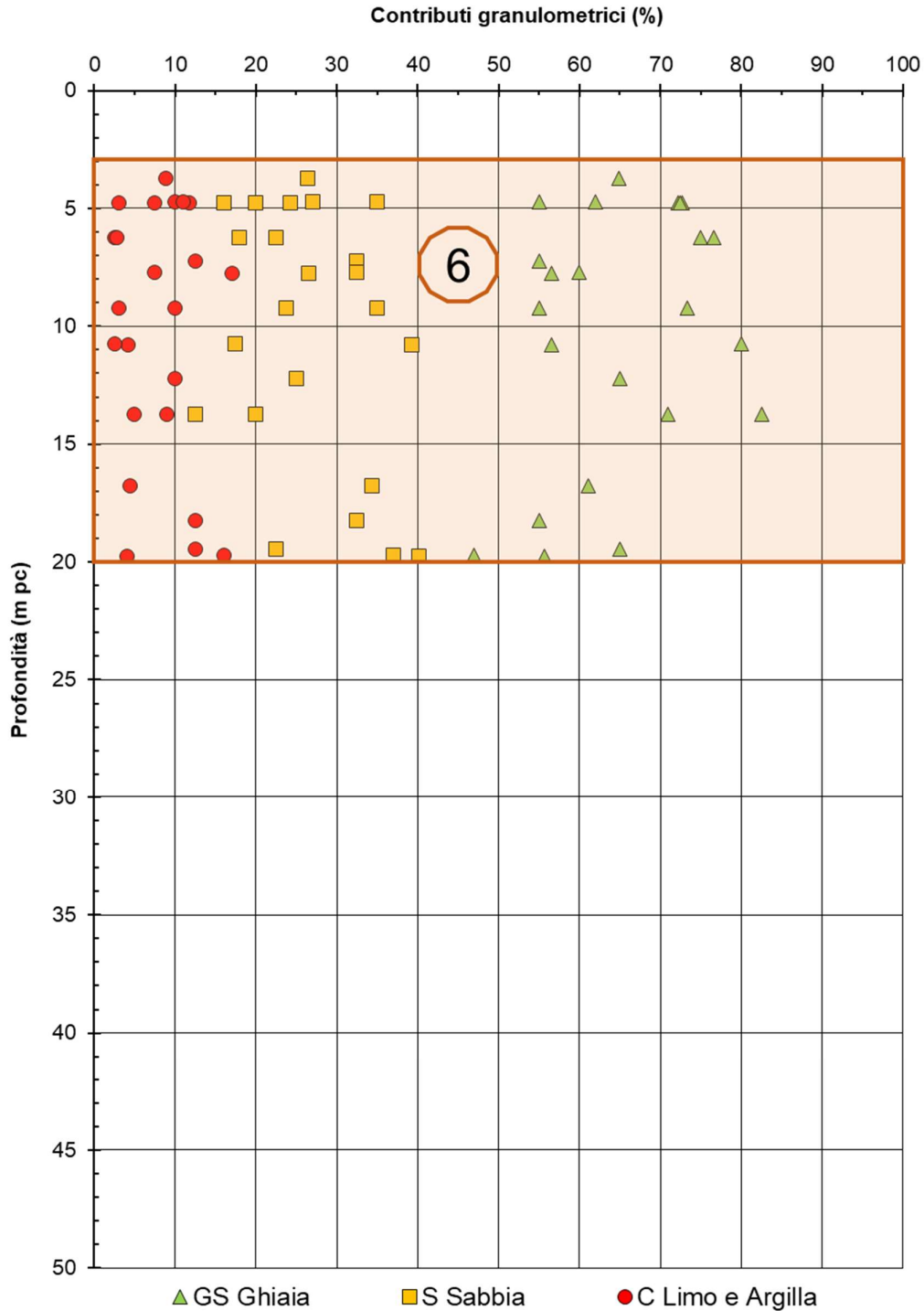


Figura 47 – Caratteristiche granulometriche Unità 6 tra pk 16+340 e pk 19+159

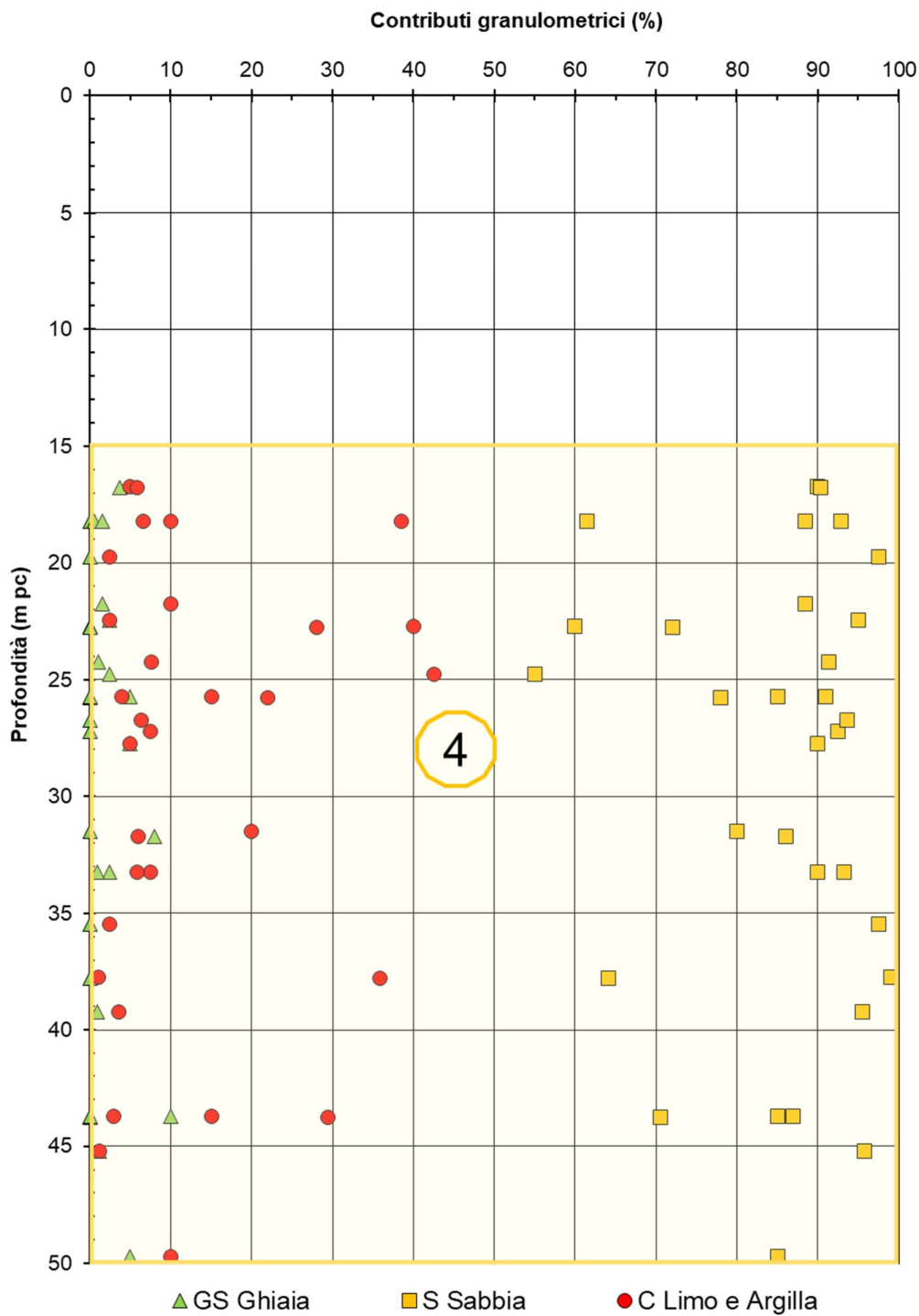


Figura 48 – Caratteristiche granulometriche Unità 4 tra pk 16+340 e pk 19+159

**Contributi granulometrici (%)**

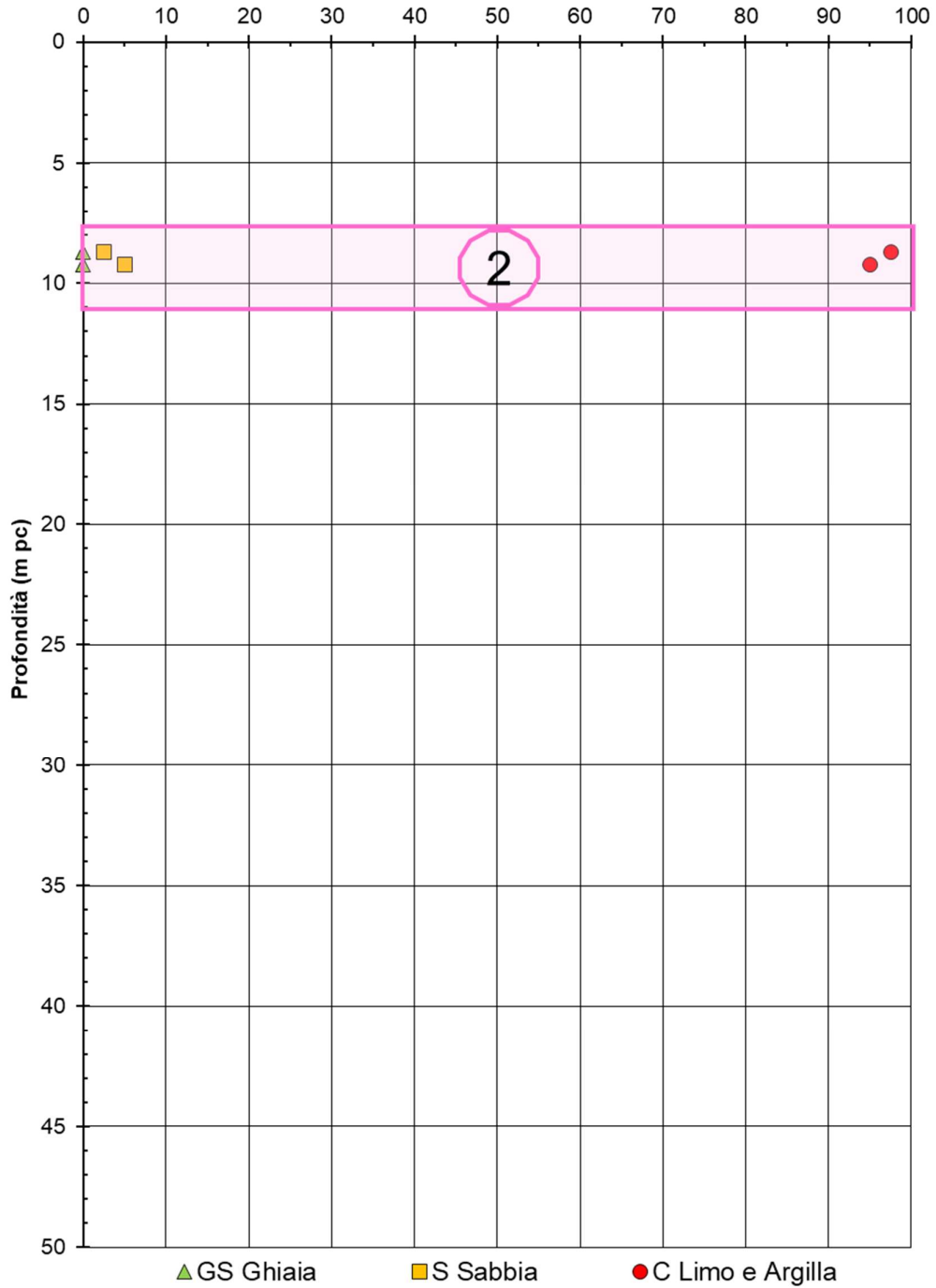


Figura 49 – Caratteristiche granulometriche Unità 2 tra pk 16+340 e pk 19+159

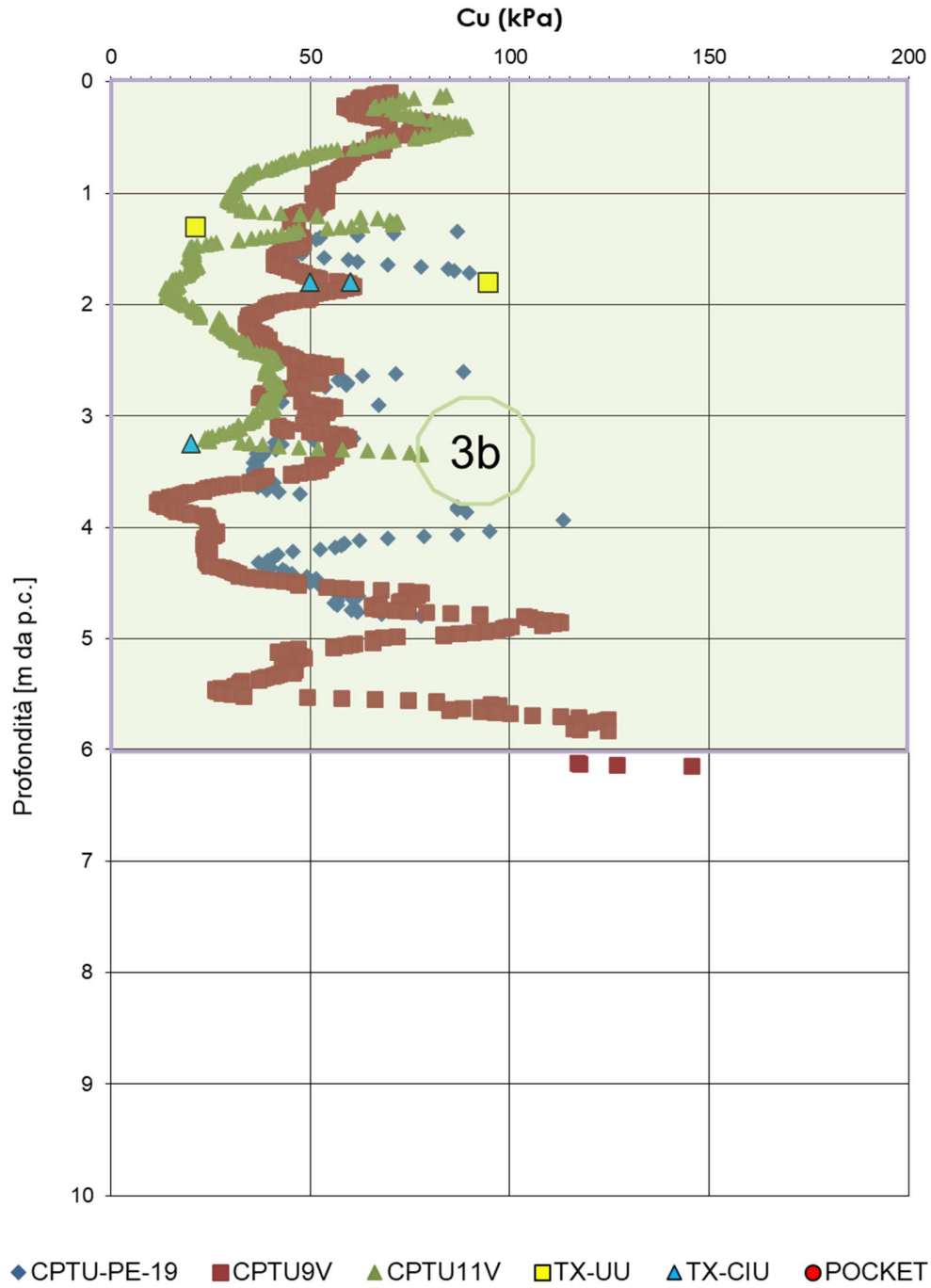


Figura 50 - Resistenza al taglio non drenata da prove CPTU e da prove di laboratorio Unità 3b tra pk 16+340 e pk 19+159

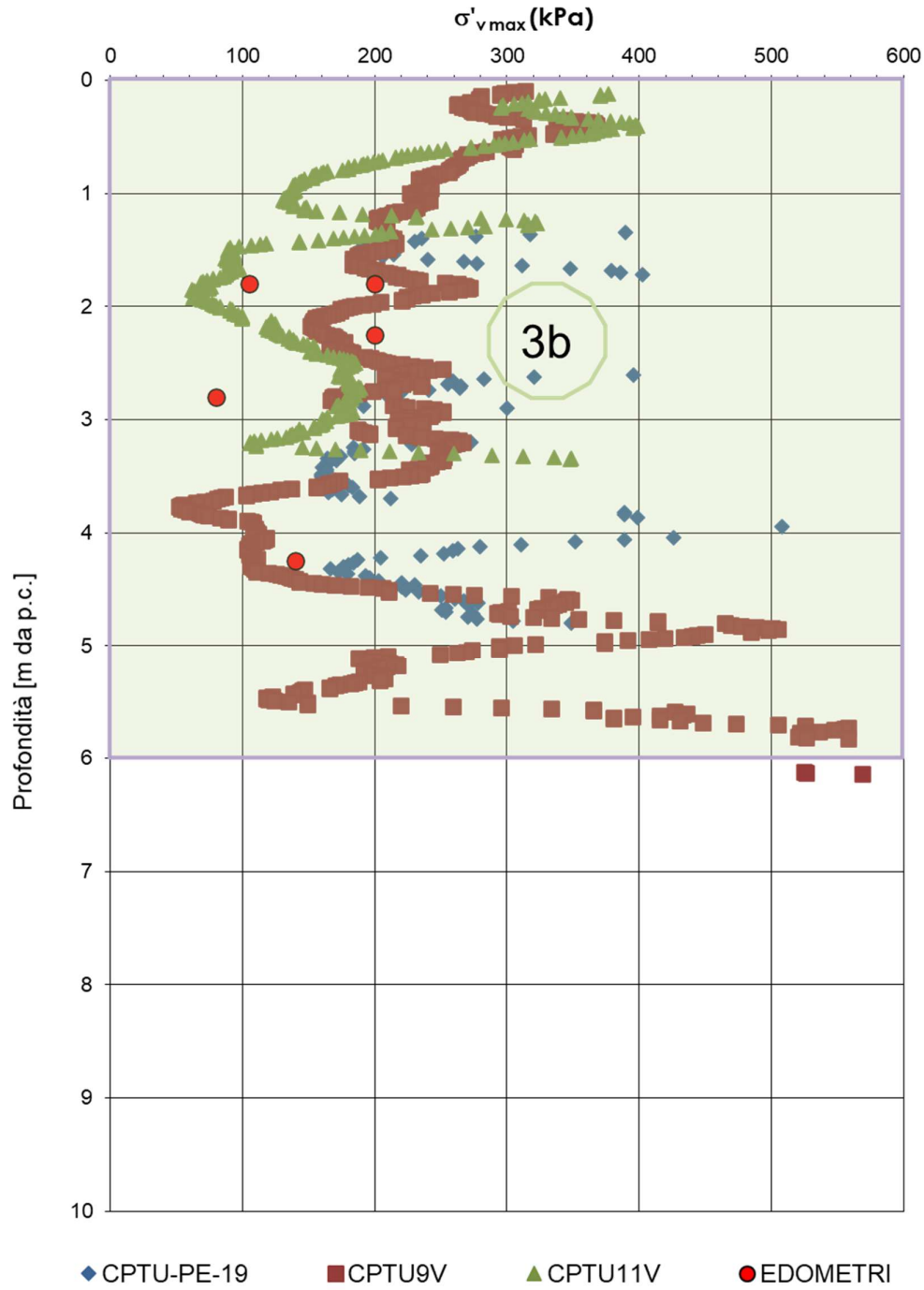


Figura 51 - Tensione di preconsolidazione da prove CPTU e da prove edometriche Unità 3b tra pk 16+340 e pk 19+159

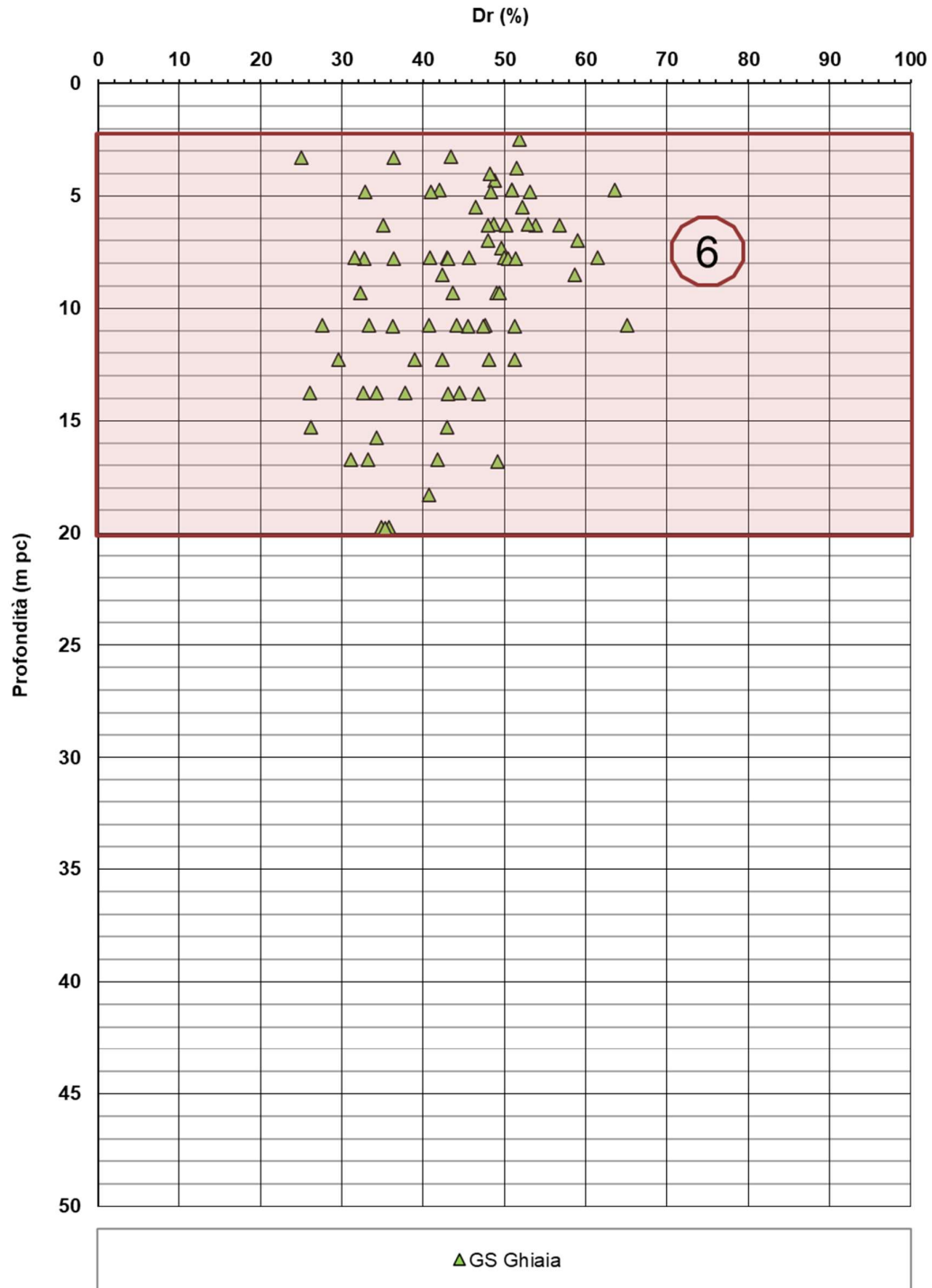


Figura 52 – Densità relativa da prove SPT Unità 6 tra pk 16+340 e pk 19+159

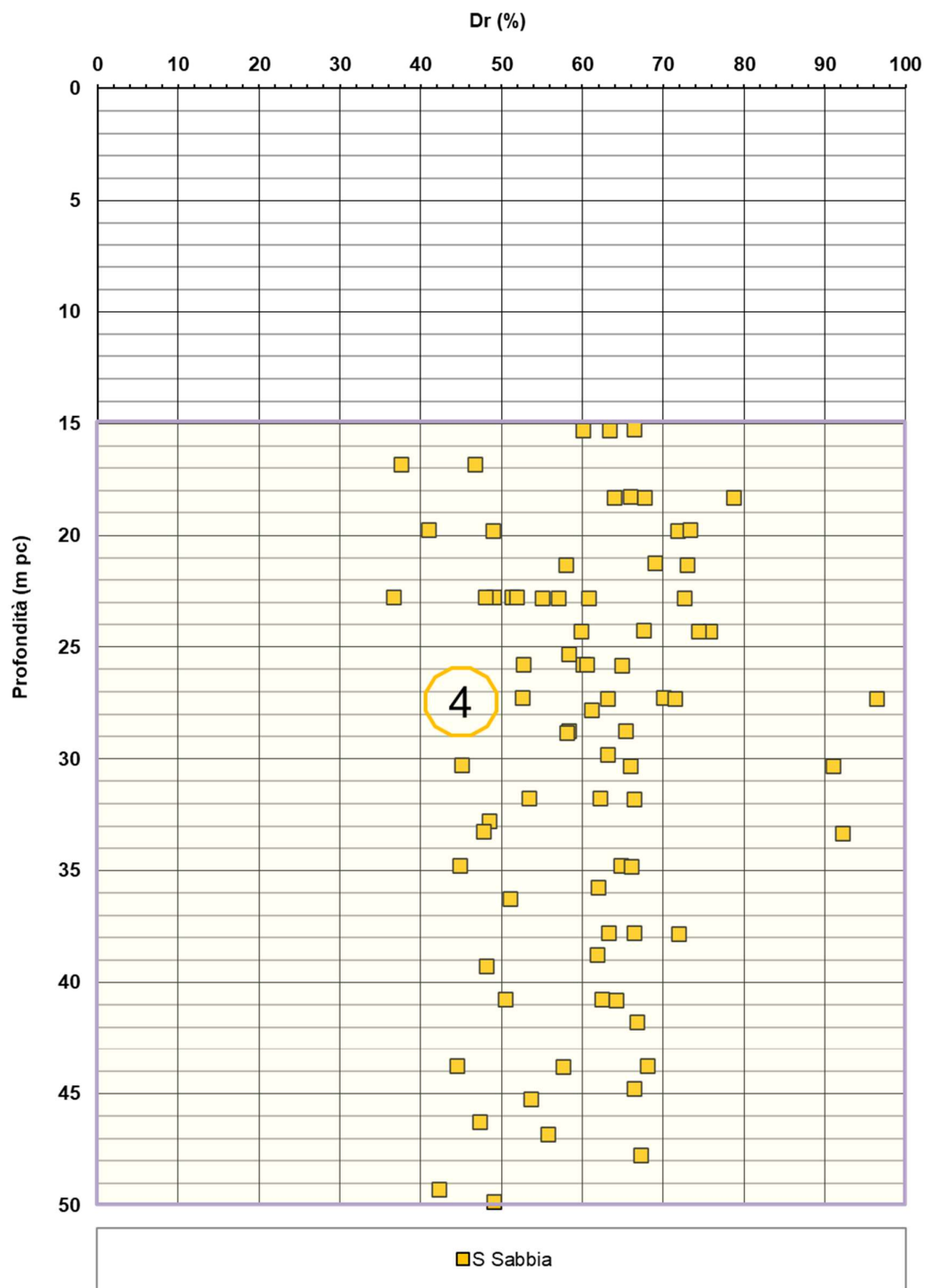


Figura 53 – Densità relativa da prove SPT Unità 4 tra pk 16+340 e pk 19+159

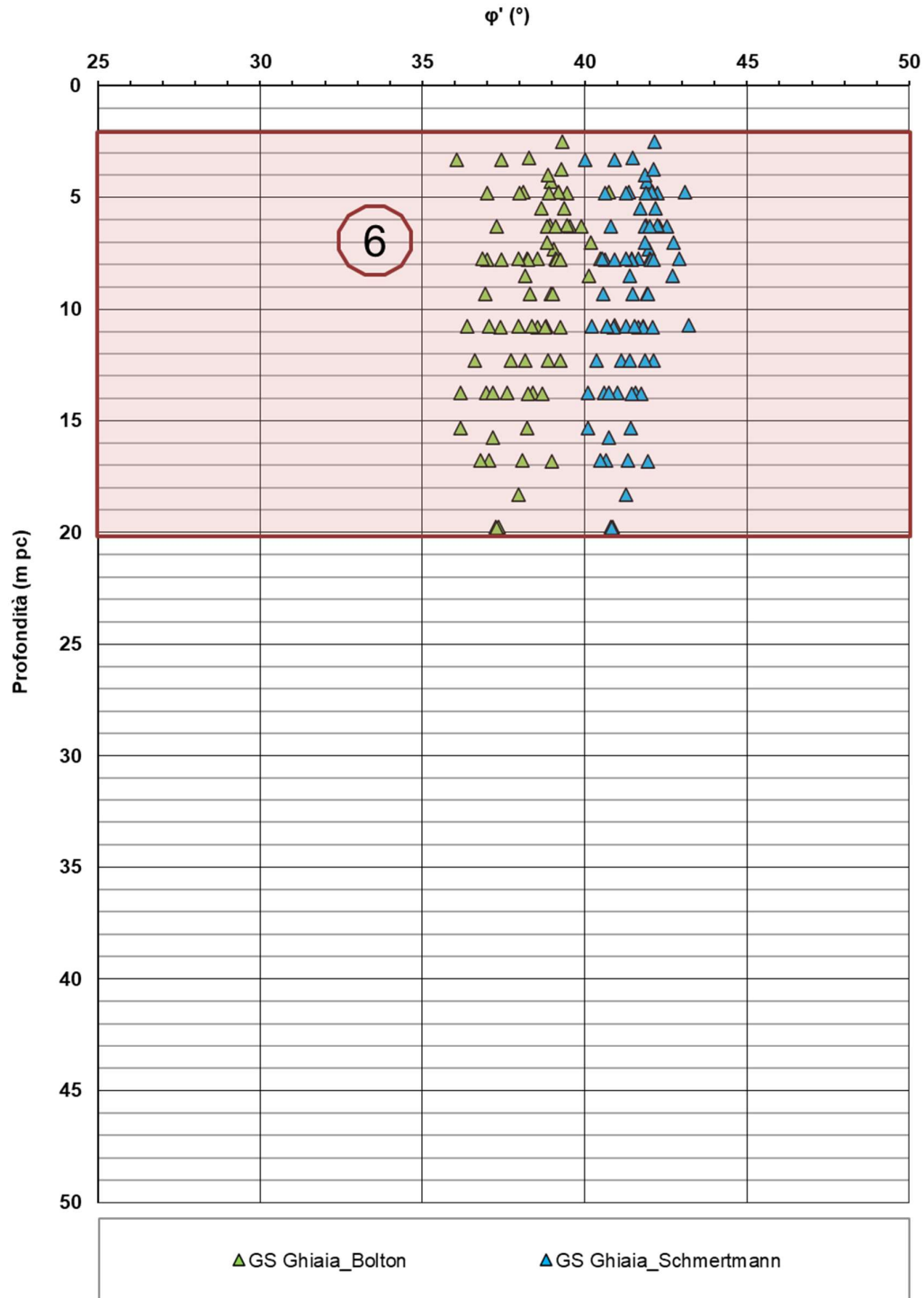


Figura 54 – Angoli di attrito da prove SPT Unità 6 tra pk 16+340 e pk 19+159



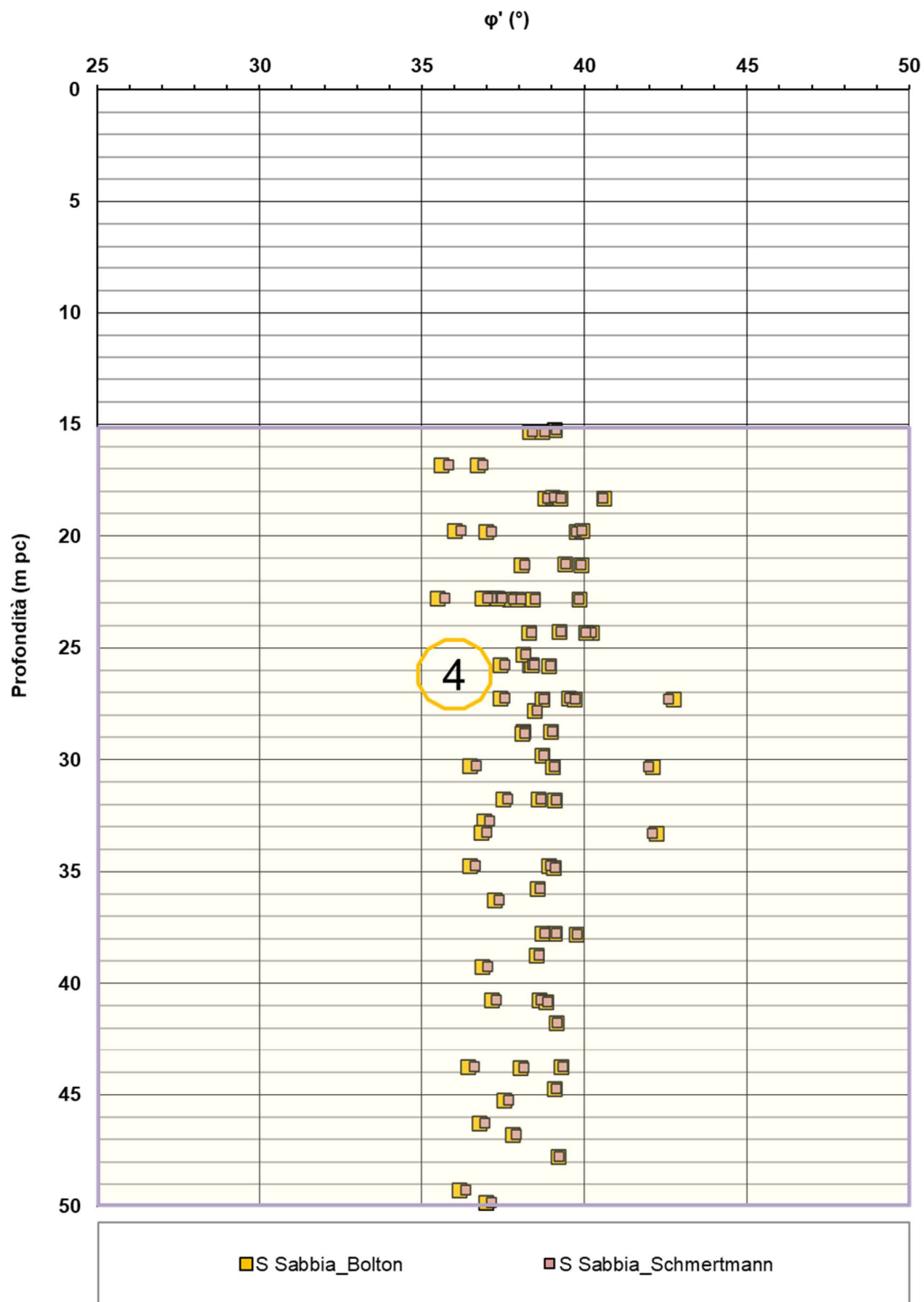


Figura 55 – Angoli di attrito da prove SPT Unità 4 tra pk 16+340 e pk 19+159

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)

Progetto

IN17

Lotto

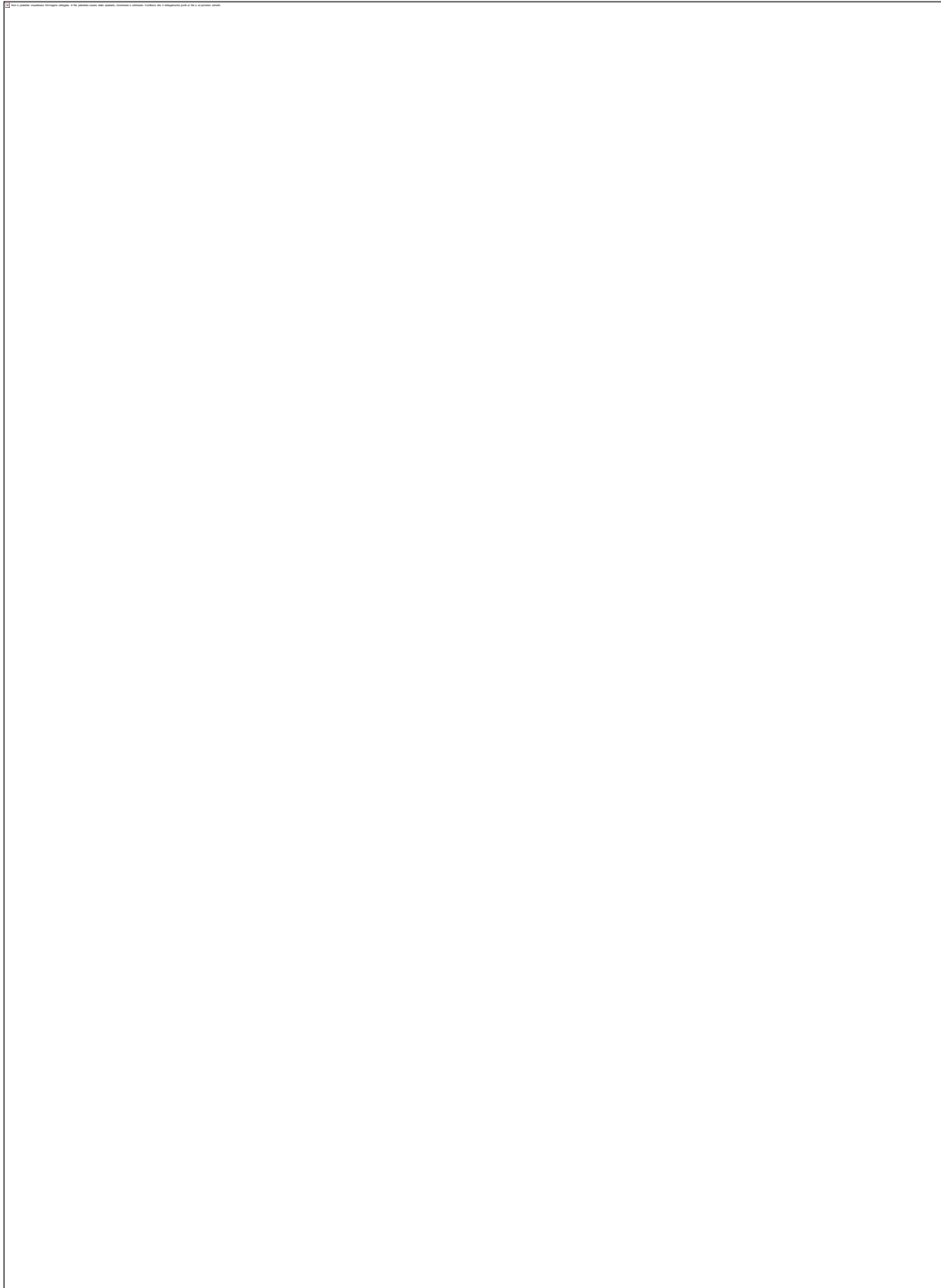
10

Codifica

EI2RBGE0000002C

Foglio

102 di  
176



*Figura 56 – Limiti di Atterberg e contenuto d'acqua tra pk 16+340 e pk 19+159*

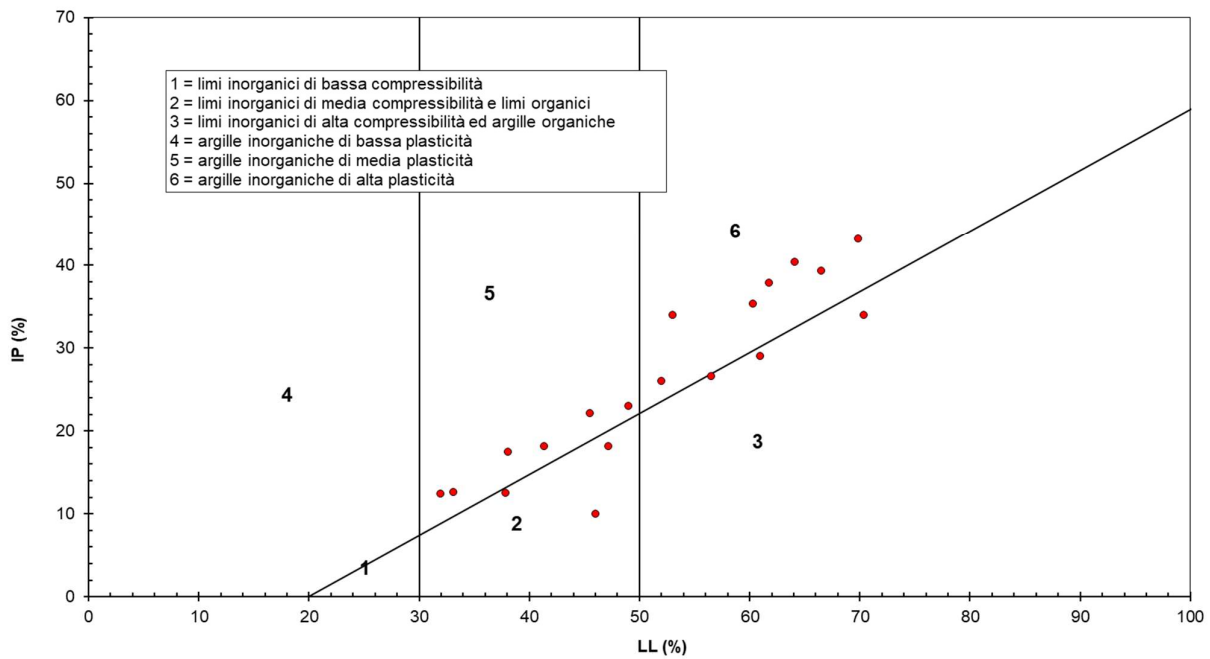


Figura 57 – Carta di plasticità di Casagrande: depositi coesivi tra pk 16+340 e pk 19+159

**AV/AC VERONA VICENZA**

**pk 13+240 - pk 20+000**

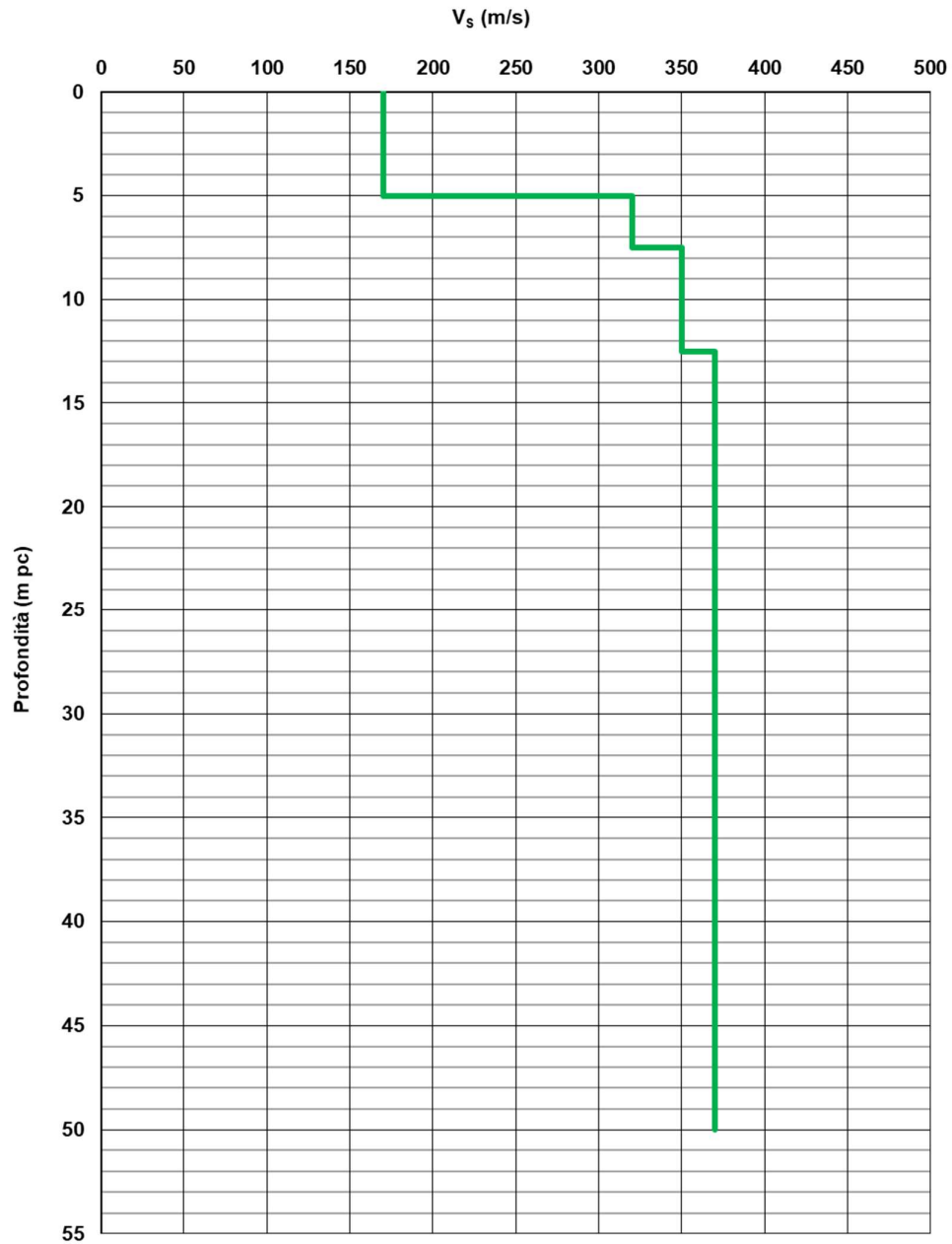


Figura 58 – Profilo di velocità  $V_s$  tra pk 13+240 e pk 20+000 (Doc. rif.[5])

**AV/AC VERONA VICENZA**

**pk 13+240 - pk 20+000**

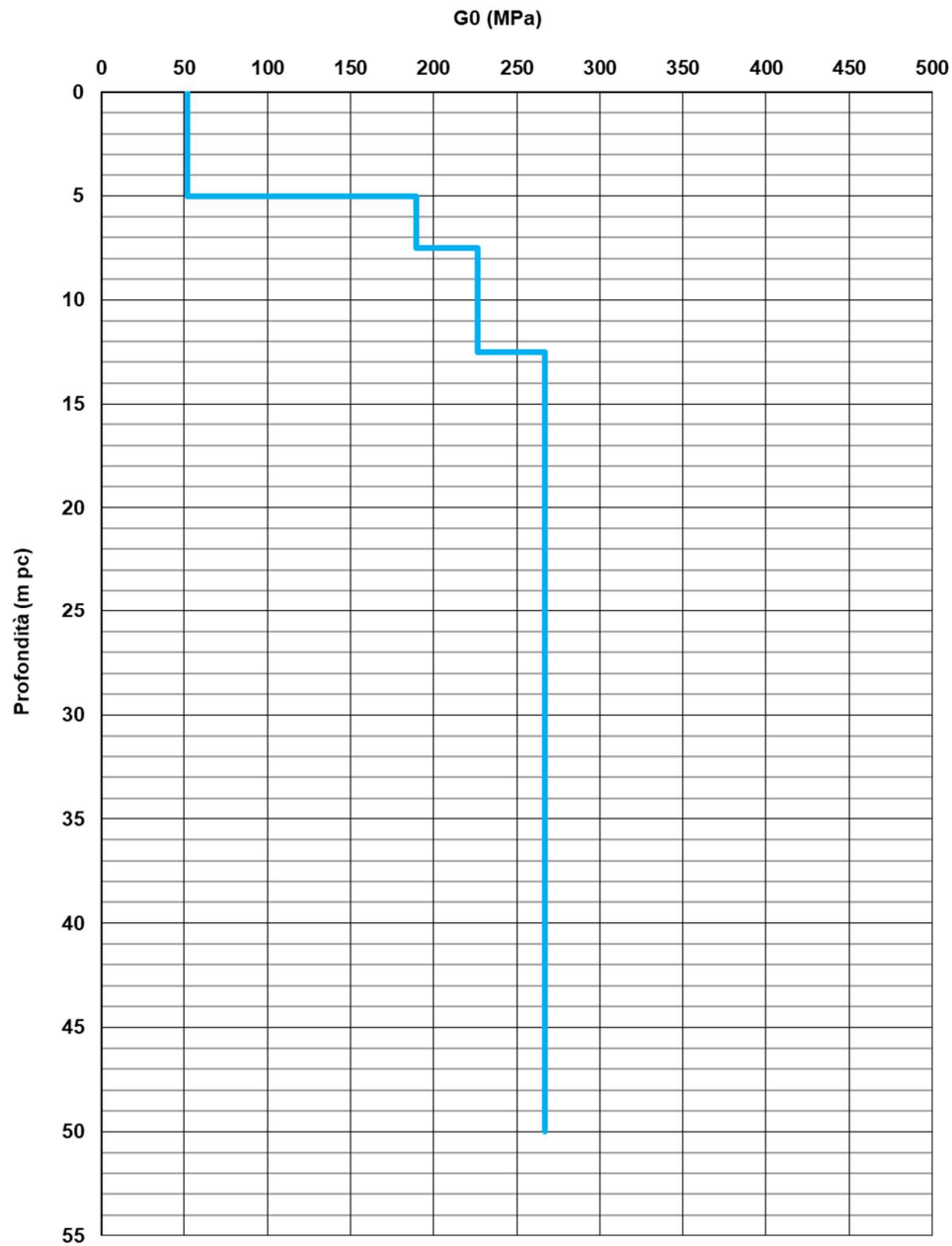



Figura 59 – Modulo di taglio G<sub>0</sub> tra pk 13+240 e pk 20+000

|   |  |             |                             |                      |
|---|--|-------------|-----------------------------|----------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                      |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>106 di 176 |

## 6.7 Tratto compreso fra pk 19+159 e pk 21+990 (spalla Est Vi Alpone)

Il tratto in questione include il Viadotto Alpone, fino al termine della tratta esaminata e si estende per circa 2800 m.

Le indagini eseguite sono elencate in Tabella 20 e consistono in sondaggi a carotaggio continuo (BH, SP, SPA), prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU) e dinamiche, pozzetti esplorativi (PT) e prove geofisiche tipo down-hole (DH), cross-hole (CH) e MASW. La posizione delle indagini ed il loro esito sono descritti in dettaglio in elaborati di progetto dedicati (Doc. rif. [7], [8], [9], [11] e seguenti).

*Tabella 20 - Indagini tra pk 19+159 e pk 21+990*

| <b>Progressiva<br/>Pk</b> | <b>Indagini<br/>ID</b> | <b>Campagna<br/>Anno</b> |
|---------------------------|------------------------|--------------------------|
| 19+360                    | BH7V                   | 2015                     |
| 19+510                    | CPTU12V                | 2015                     |
| 19+820                    | BH8V                   | 2015                     |
| 19+820                    | CPTU13V e CPTU13Vbis   | 2015                     |
| 19+900                    | CPTU-PE-21ter          | 2020-2021                |
| 20+005                    | CPTU-PE-22             | 2020-2021                |
| 20+008                    | BH-PE-39               | 2020-2021                |
| 20+010                    | BH-PE-38Bis            | 2020-2021                |
| 20+012                    | PT-PE-07bis            | 2020-2021                |
| 20+020                    | CPTU14V e CPTU14Vbis   | 2015                     |
| 20+150                    | BH9V                   | 2015                     |
| 20+275                    | CPTU15V e CPTU15Vbis   | 2015                     |
| 20+300                    | P12                    | 2015                     |
| 20+383                    | BH-PZ-PE-40            | 2020-2021                |
| 20+570                    | BH10V                  | 2015                     |
| 20+580                    | CPTU17V e CPTU17Vbis   | 2015                     |
| 20+600                    | CPTU16V e CPTU16Vbis   | 2015                     |
| 20+677                    | BH-DH-PE-41            | 2020-2021                |
| 20+680                    | BH11V                  | 2015                     |
| 20+930                    | CPTU19V                | 2015                     |
| 20+940                    | BH12V                  | 2015                     |
| 21+100                    | CPTU20V                | 2015                     |
| 21+119                    | BH-PE-42               | 2020-2021                |
| 21+140                    | CPTU21V                | 2015                     |
| 21+141                    | MASW-PE-09             | 2020-2021                |
| 21+260                    | BH13V                  | 2015                     |
| 21+260                    | CPTU22V                | 2015                     |
| 21+375                    | BH14V+CH3V             | 2015                     |
| 21+550                    | CPTU23V                | 2015                     |
| 21+630                    | P13                    | 2015                     |
| 21+640                    | CPTU24V e CPTU24Vbis   | 2015                     |
| 21+677                    | BH-PE-43               | 2020-2021                |
| 21+870                    | CPTU25V                | 2015                     |
| 21+870                    | BH15V                  | 2015                     |

|   |  |                     |                                     |                                  |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                                  |
| <p>Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)</p>  | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>10</p> | <p>Codifica<br/>E12RBGE0000002C</p> | <p>Foglio<br/>107 di<br/>176</p> |

La Figura 60 riporta l'insieme delle prove SPT eseguite nel tratto considerato, identificando la frazione prevalente del materiale nel quale l'SPT è stato eseguito. Si ritiene che la rappresentazione dell'insieme dei dati, che verranno comunque interpretati separatamente per ogni Unità individuata, fornisca un utile quadro di insieme delle condizioni geotecniche nel tratto considerato.

Per quanto riguarda le condizioni stratigrafiche in questo intervallo di progressive si possono identificare due tratti distinti e la successione può essere così definita:

- Un primo tratto, che va dalla progressiva 19+159 fino a circa la 21+100 (CPTU20V, BH-PE-42), nel quale i depositi superficiali diventano a predominante natura argillosa (unità 3b), e si inspessiscono; raggiungendo i 10 m di altezza sulla spalla del Viadotto Alpone. Proseguendo, tali depositi mantengono quindi uno spessore variabile fra 10 e 15, e raggiungono un massimo in corrispondenza delle due indagini citate, dove lo spessore complessivo è di quasi 20 m. All'interno di questo primo tratto, sotto la coltre argillosa tenera, si trova uno strato di ghiaia continuo, di 6÷8 m di spessore, fino ad una profondità da p.c che si mantiene costante nell'ordine dei 20 m (Unità 6). Al disotto delle ghiaie e fino alle massime profondità indagate (50 m) vi è uno strato di sabbie (Unità 4), talora intercalato da un livello limoso-argilloso compatto (unità 2) di un paio di metri di spessore a profondità comprese fra i 25 e i 30 m da p.c.
- Dalla progressiva 21+100 circa, e fino alla fine del tratto considerato (spalla est dell'Alpone), lo strato superiore viene in pratica sostituito da uno strato a predominante natura sabbiosa (Unità 4), di una quindicina di metri di spessore, a tratti con fitte intercalazioni fini, a sua volta seguito da uno strato di depositi coesivi teneri (Unità 3a e Unità 3b), dello spessore di circa 5 m, fino alla profondità di 20 m. L'Unità 4, nella sua parte inferiore (fra 10 e 15 m circa da p.c.) viene pian piano arricchito in componente fine, spostandosi verso la spalla Est dell'Alpone. In questo secondo tratto, la ghiaia scompare, e il suo posto viene preso, fino alle massime profondità indagate (50 m) da uno strato di sabbie (Unità 4). Anche in questo tratto, l'Unità 4 di base è interrotta da livelli argillosi compatti (Unità 2) di spessore maggiore rispetto al primo tratto, e variabile fra 2 e 5 m.

Sulla base dei criteri descritti nel capitolo 5, i parametri geotecnici sono stati determinati mediante l'interpretazione dei risultati delle prove di sito e di laboratorio. Nelle figure sottoindicate sono riportati i risultati delle analisi e dell'interpretazione delle prove in sito, suddivise per le diverse unità definite al punto 6.3, e più in particolare:

- Caratteristiche granulometriche delle diverse Unità riscontrate (Figura 61, Figura 62 e Figura 63);

|   |  |             |                             |                         |
|---|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>108 di<br>176 |

- Resistenza al taglio non drenata e pressione di preconsolidazione dei terreni dell'Unità 3b e Unità 2 (Figura 64 e Figura 65);
- Resistenza al taglio non drenata e pressione di preconsolidazione dei terreni dell'Unità 3b (in presenza di alternanze con livelli sabbiosi, Unità3a/b) /b e Unità 2 (Figura 66 e Figura 67);
- Densità relativa stimata da prove SPT (v. Figura 68 e Figura 69);
- Angolo di attrito stimato da prove SPT (v. Figura 70 e Figura 71);
- Limiti di Atterberg, Carta di plasticità di Casagrande e indice di consistenza (Figura 72 e Figura 73)
- Velocità delle onde di taglio (Figura 74, per il dettaglio si rimanda[5]);
- Modulo di taglio alle piccole deformazioni valutati a partire dai valori stimati di  $V_s$  (v. Figura 75).

Sulla base di tali dati, si osserva quanto segue:

- Per quanto concerne le caratteristiche dell'Unità 3b, la Figura 72 mostra i valori dei contenuti d'acqua naturali, dei limiti di Atterberg e dell'indice di consistenza di tutti i materiali argillosi presenti nell'area. Per l'unità 3b si deve essenzialmente fare riferimento ai valori relativi ai primi 10÷15 m da p.c. Come si può notare, si tratta di limi con argilla a plasticità media e alta, talora con componente organica, con valori di LL nel campo 60÷80. Alcuni valori di LL (qui non plottati per chiarezza di illustrazione del grafico) sono dell'ordine di 150÷200, a testimonianza comunque della locale presenza di materiale a elevata componente organica. I valori del limite plastico sono dell'ordine di  $LP= 20÷40$ , ed i valori dell'indice di consistenza  $I_c$  sono nel range 0.4÷0.8, caratteristici di materiali da poco a mediamente consistenti. Per quanto concerne le caratteristiche di resistenza al taglio e di storia tensionale, la Figura 64 e la Figura 65 illustrano i dati di laboratorio delle prove TX e EDO, e l'interpretazione delle prove CPTU nei terreni argillosi della tratta in questione. Si osserva che al disotto di una possibile crosta essiccata di 1÷2 m di spessore, si trovano terreni teneri con  $c_u$  variabili nel campo 25÷50 kPa. I valori di tensione di preconsolidazione variano nel campo 100÷200 kPa, con valori di OCR che decrescono con la profondità, a partire da un range di 2÷3 alla sommità dello strato, e si approssimano all'unità ( $OCR = 1.1÷1.3$ ) avvicinandosi alla base dello strato stesso.
- A profondità maggiori si rinvengono unità costituite da sabbia limosa debolmente argillosa (Unità 4), con un contenuto di fini pari a 10÷25%, densa e che esibisce una resistenza alla penetrazione decisamente superiore a quella dei materiali soprastanti, con  $N_{SPT}$  generalmente compresi tra 20 colpi/30cm e 60 colpi/30cm, anche superiori oltre i 35 m p.c. I valori di resistenza alla punta  $q_c$



|   |  |             |                             |                         |
|---|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>109 di<br>176 |

oscillano fra 10 e 20 MPa. Nella parte sommitale si hanno valori fra il 40 e l'80%, mentre più in profondità compresi fra il 30 e 60%. Si stimano angoli di attrito compresi tra 37° e 40°.

- Nella porzione occidentale del viadotto, tra i depositi coesivi più superficiale e l'unità sabbiosa densa si rinvencono livelli costituiti da ghiaie con sabbia limose (Unità 6), con contenuto di fini che può arrivare fino al 40%. Il materiale risulta essere da poco a mediamente addensato, con  $N_{SPT}$  variabili tra 20 colpi/30cm e 70 colpi/30cm. Si calcolano densità relative di 30-50% e si stimano angoli di attrito compresi tra 37° e 40°.
- Il profilo di  $V_s$  derivante dalle interpretazioni discusse nella Relazione Sismica (Doc. rif. [5]) conferma la presenza di uno strato di depositi poco consistenti caratterizzato da  $V_s = 140-170$  m/s ed indica velocità crescenti fino alle massime profondità indagate, laddove si stimano  $V_s = 400$  m/s circa. Si stima che nella parte sommitale di inizio tratto (fra la 20 e 21, ove la parte sommitale è occupata da materiali tenerti argillosi), i valori di  $V_s$  possano anche essere più bassi, dell'ordine dei 100-120 m/s. A partire dal profilo di  $V_s$  si definisce un modulo di taglio alle piccole deformazioni ( $G_0$ ) che cresce con la profondità da 30-60 MPa fino a 300 MPa, a 40 m pc.

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

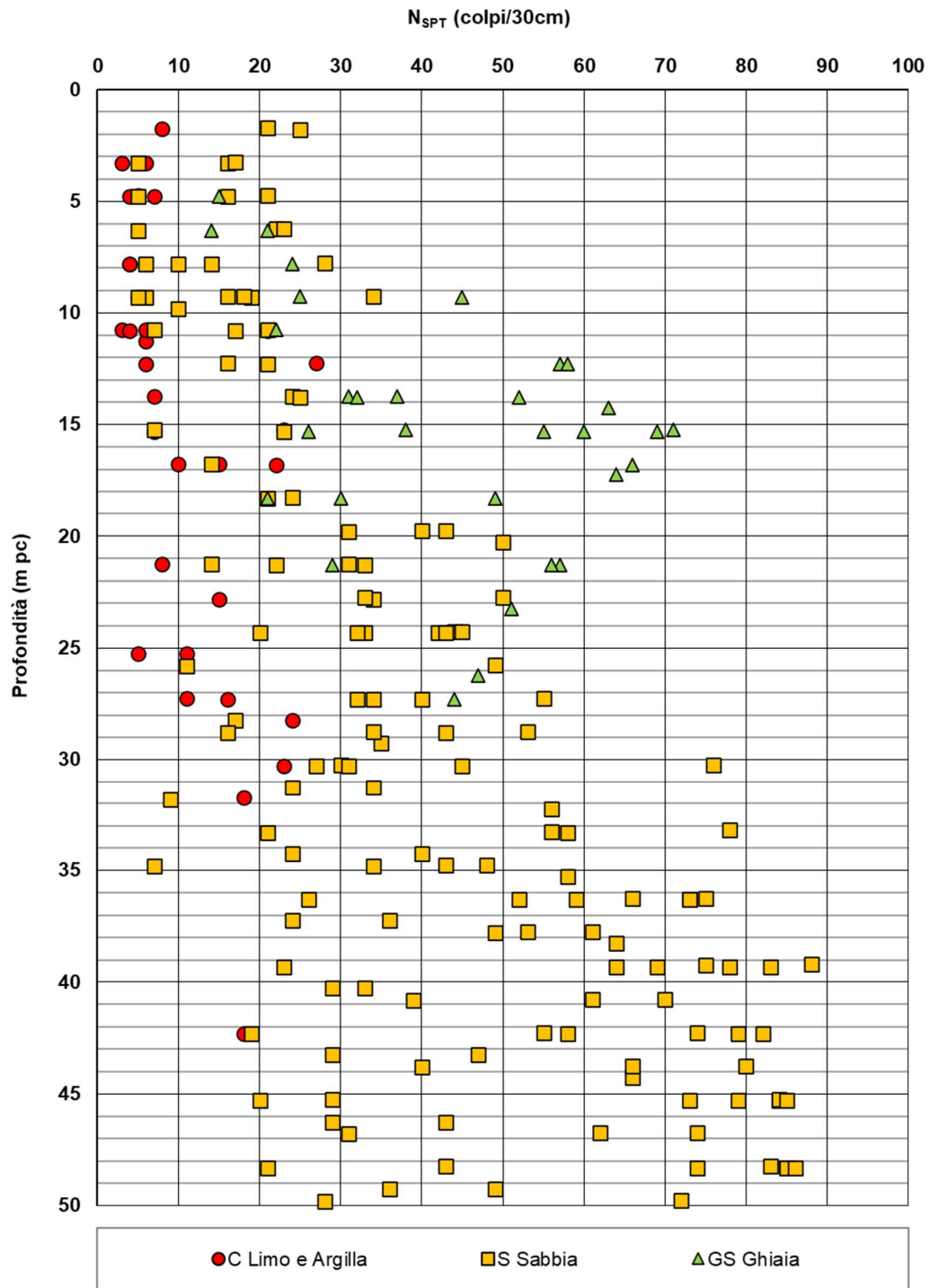


Figura 60 – Esito delle prove SPT tra pk 19+159 e pk 21+990

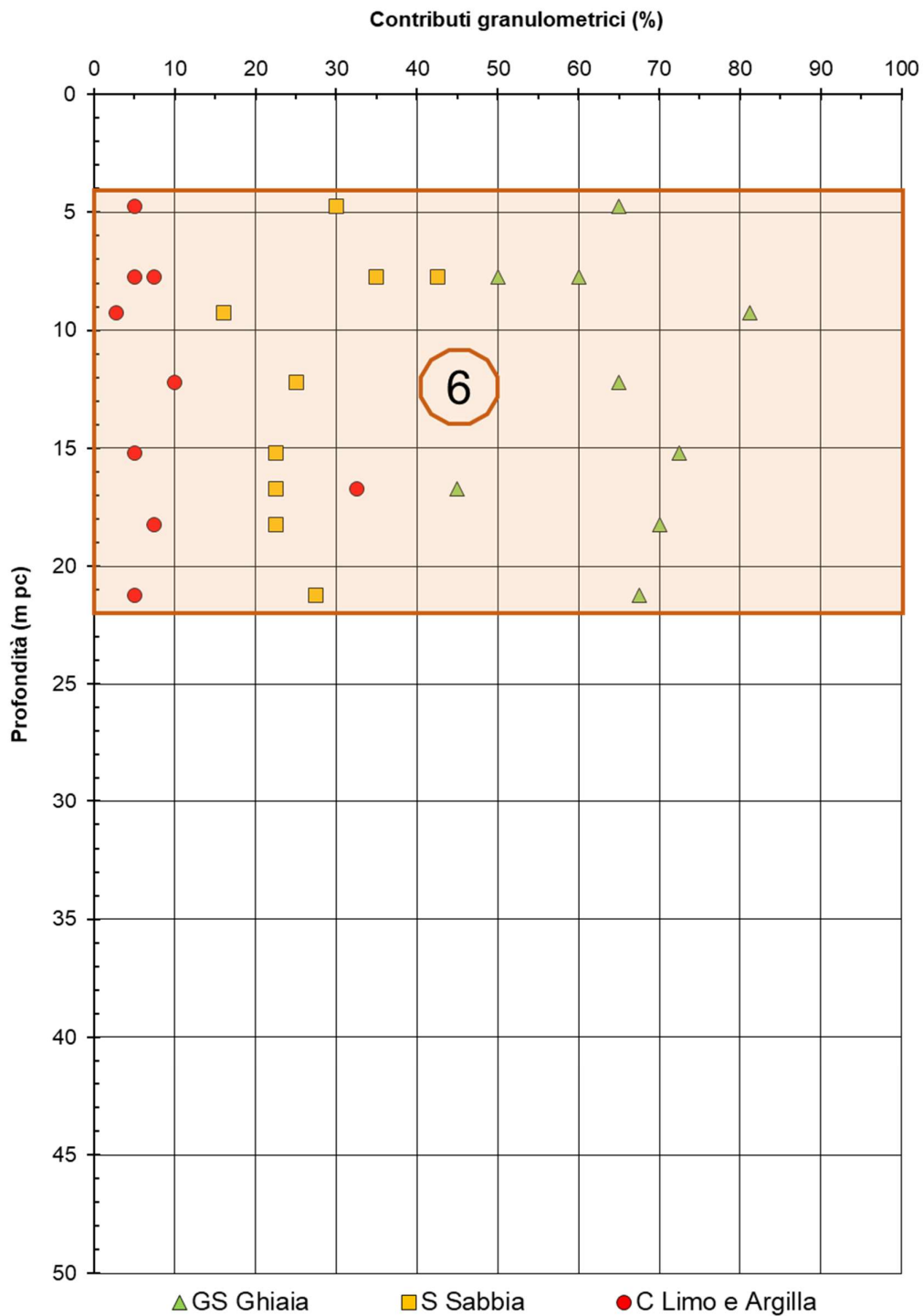


Figura 61 – Caratteristiche granulometriche Unità 6 tra pk 19+159 e pk 21+990

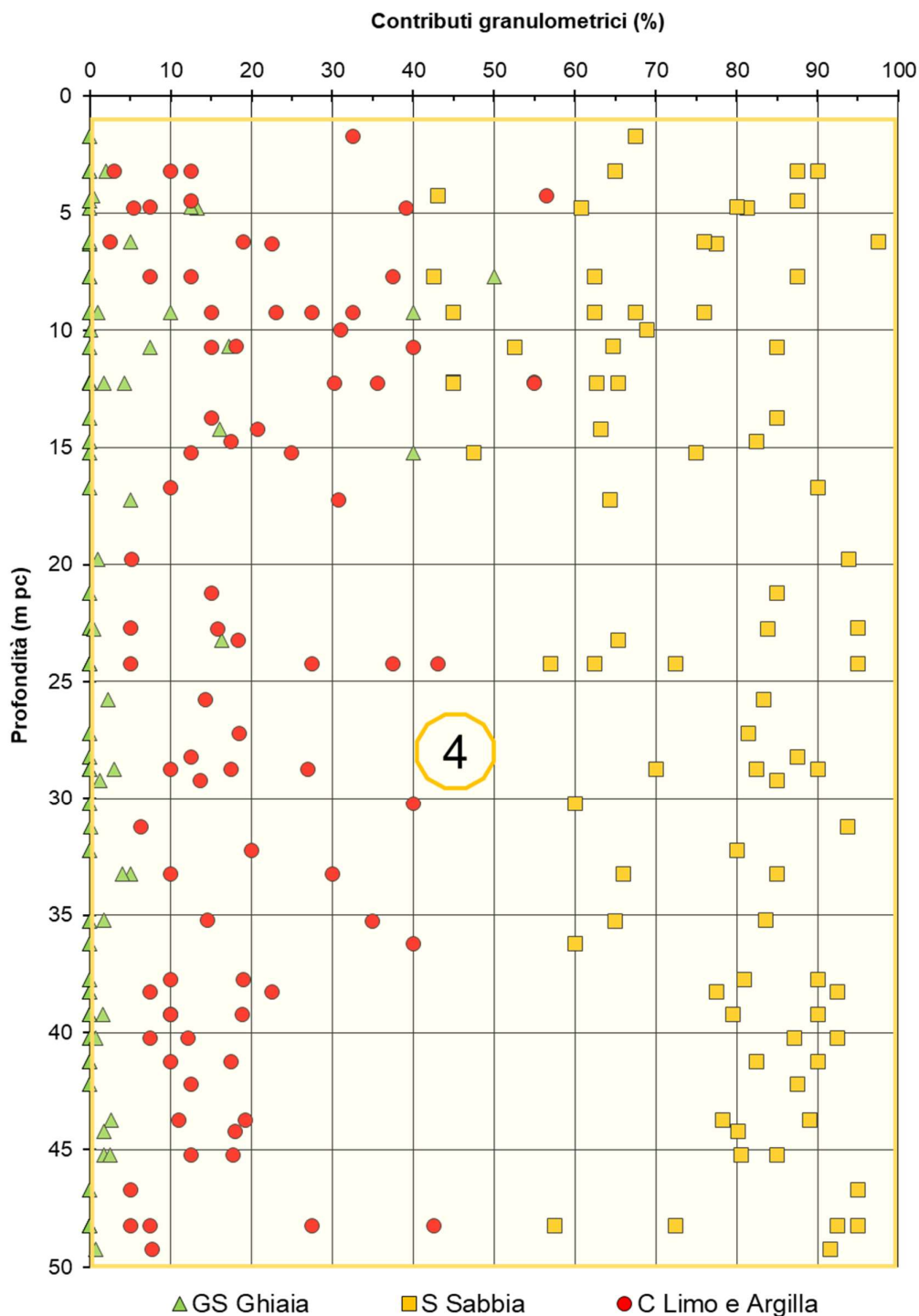


Figura 62 – Caratteristiche granulometriche Unità 4 tra pk 19+159 e pk 21+990

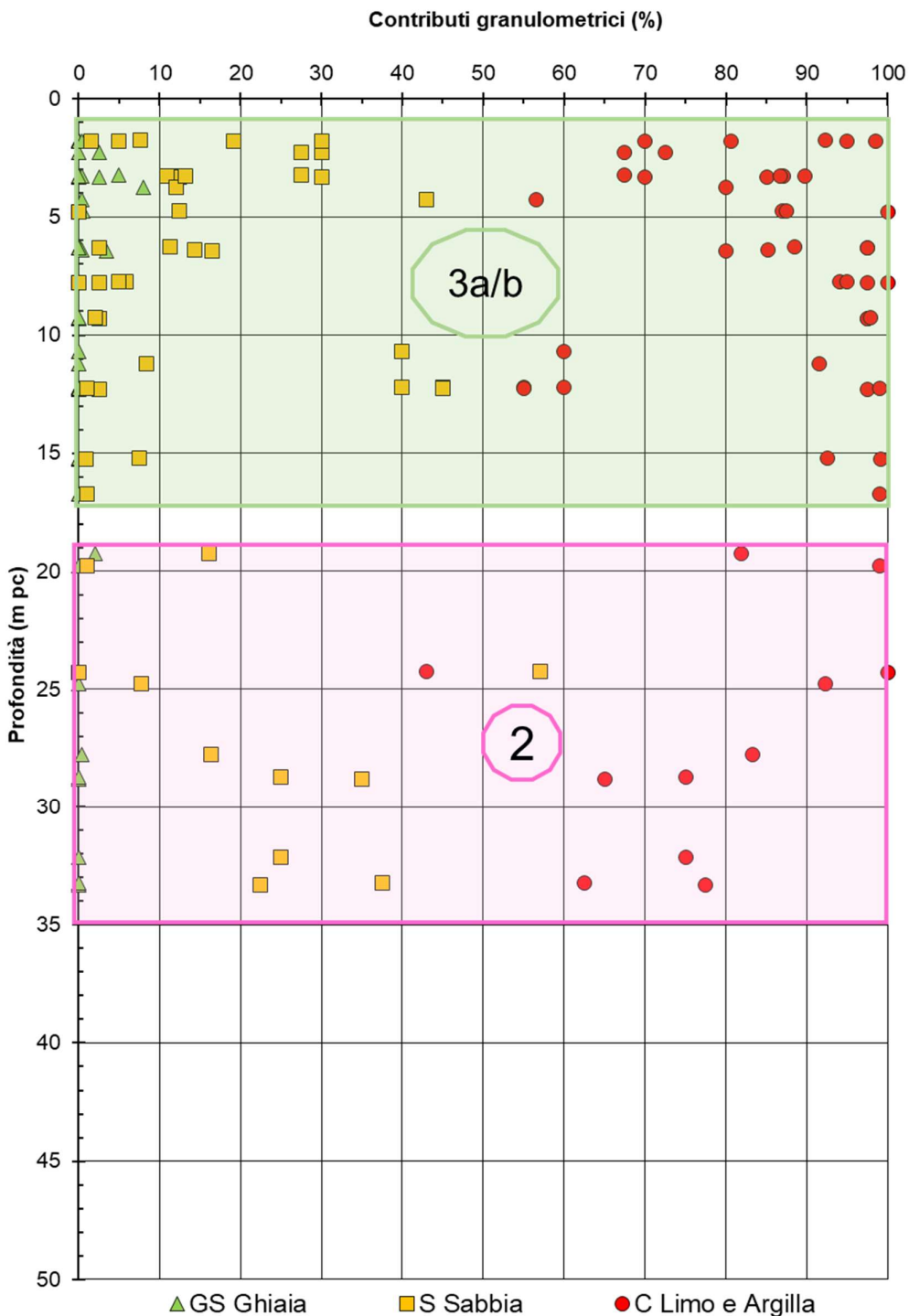


Figura 63 – Caratteristiche granulometriche Unità 6 tra pk 19+159 e pk 21+990

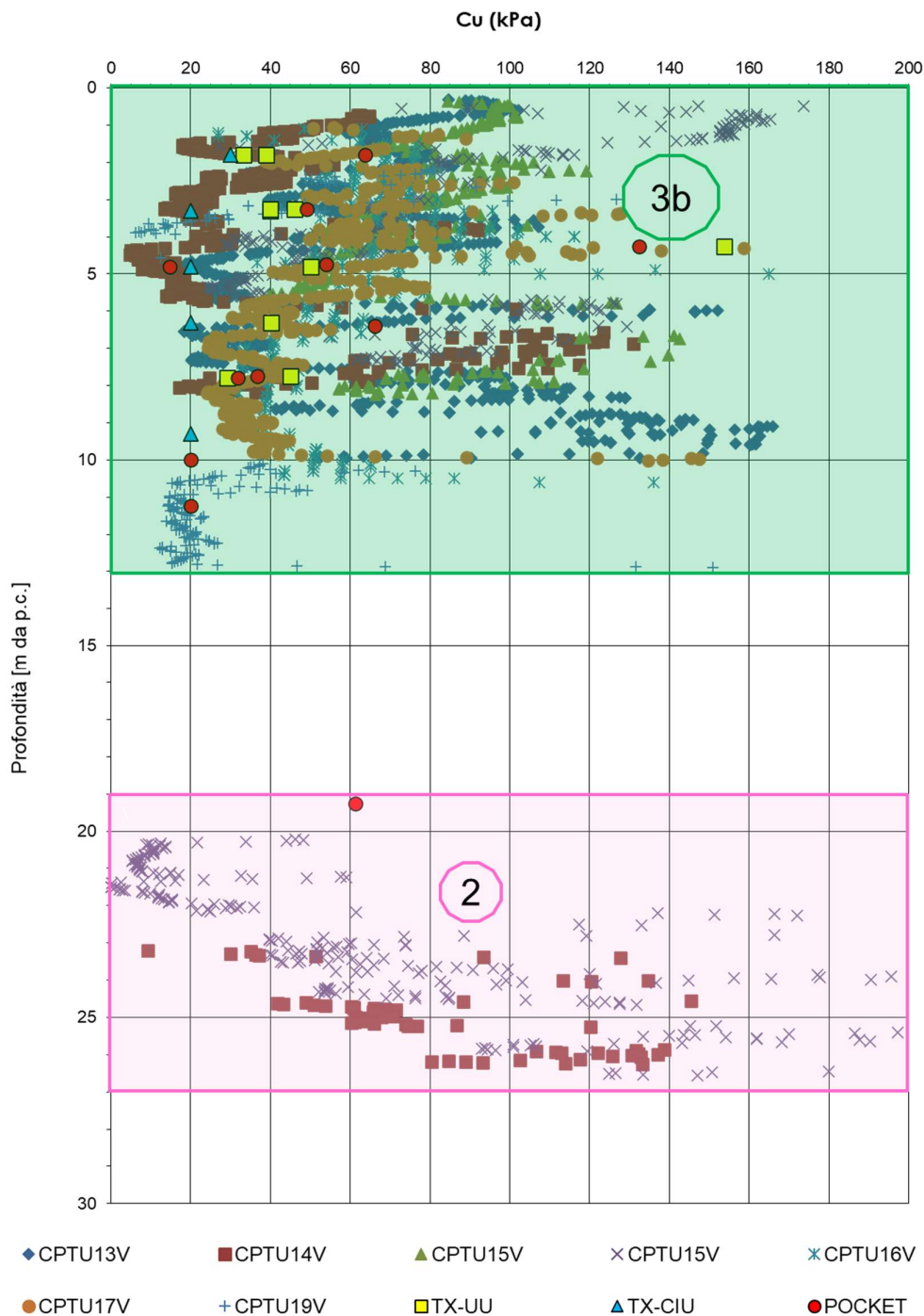


Figura 64 – Resistenza al taglio non drenata da prove CPTU e da prove di laboratorio Unità 3b e Unità 2 tra pk 19+159 e pk 21+100

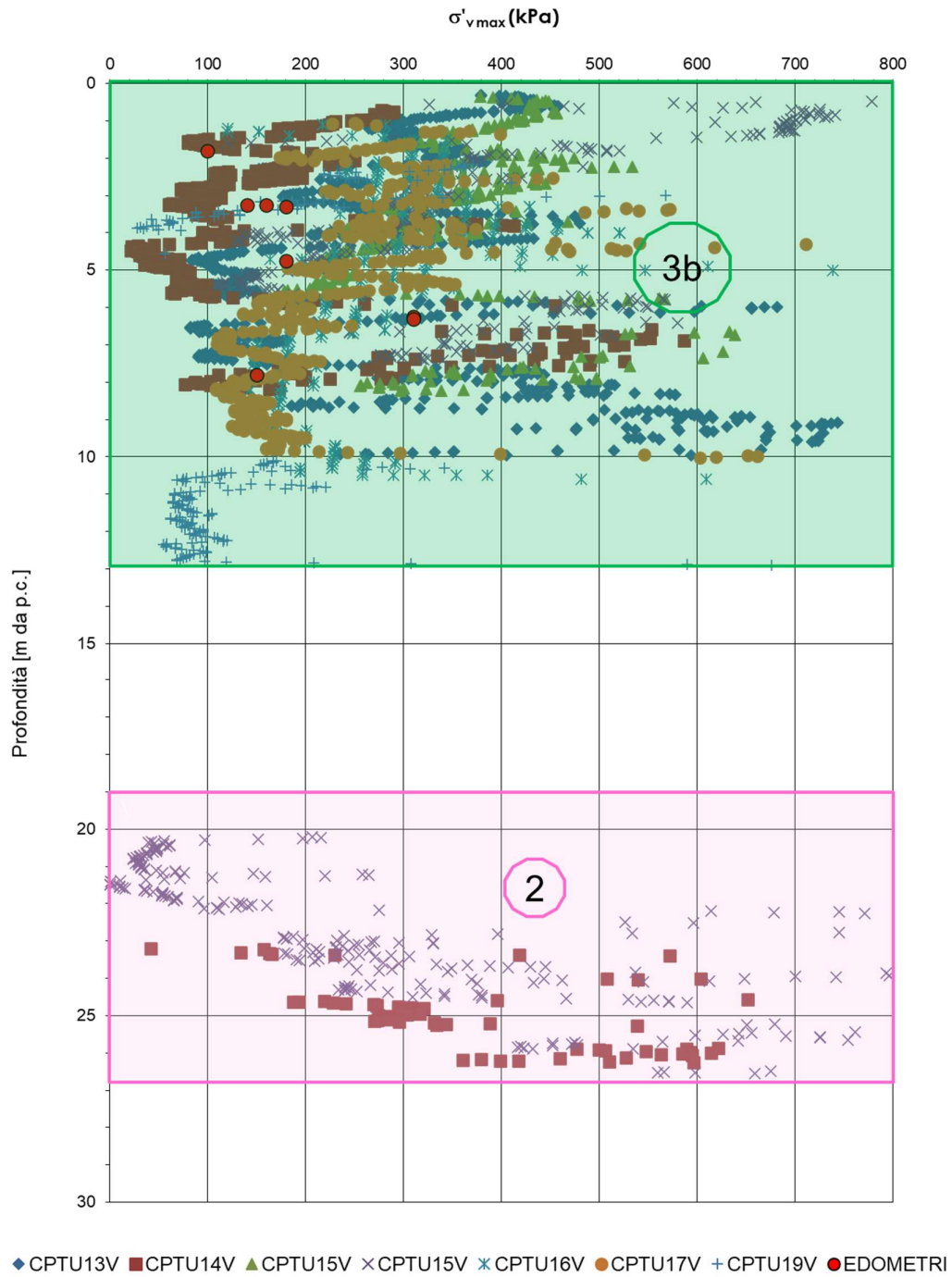


Figura 65 – Tensione di preconsolidazione da prove CPTU e da prove edometriche Unità 3b e Unità 2 tra pk 19+159 e pk 21+100

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)

Progetto

IN17

Lotto

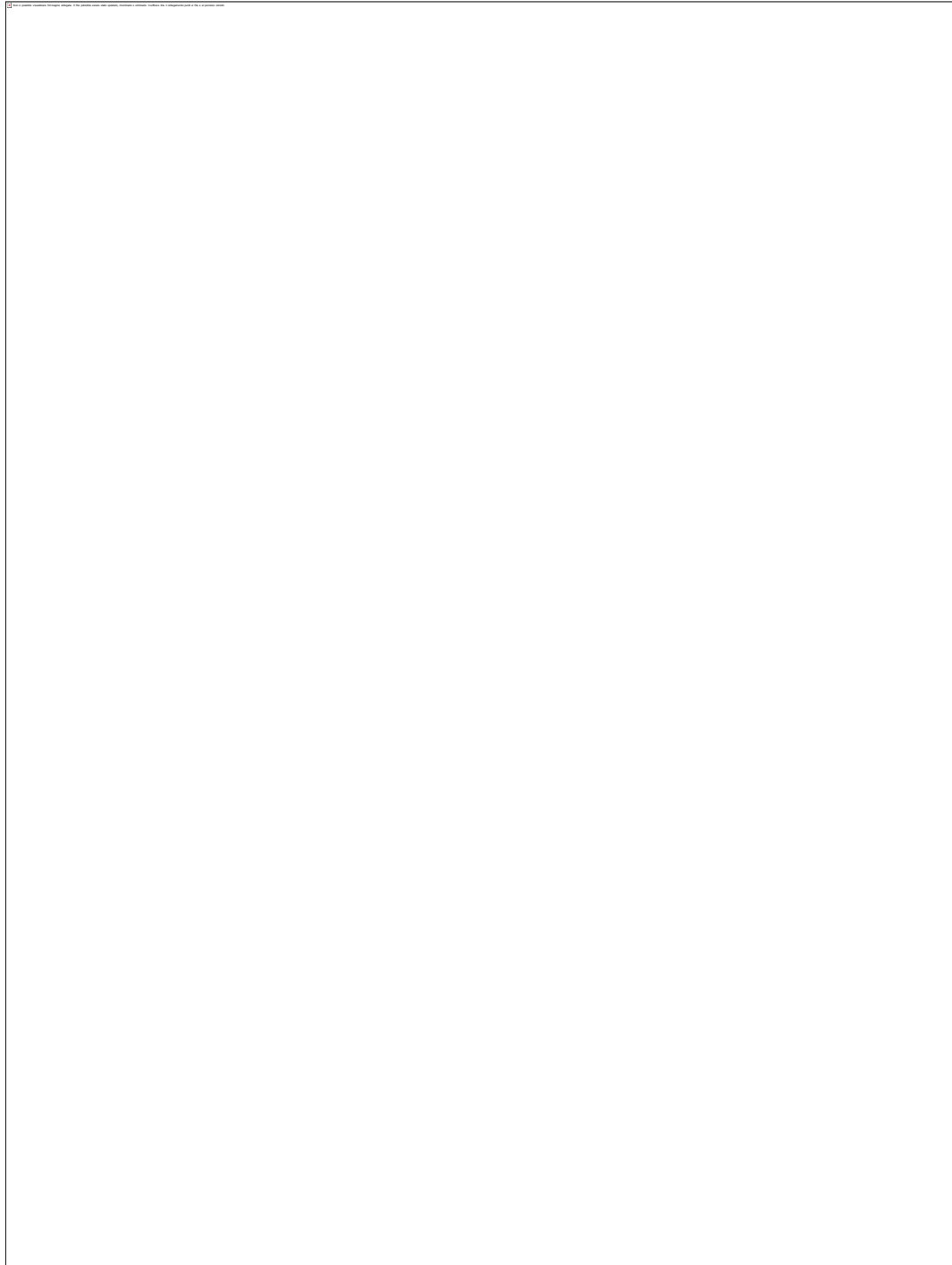
10

Codifica

EI2RBGE0000002C

Foglio

116 di  
176



*Figura 66 – Resistenza al taglio non drenata da prove CPTU e da prove di laboratorio Unità 3b, Unità 3a/b e Unità 2 tra pk 21+100 e pk 21+990*



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)

Progetto

IN17

Lotto

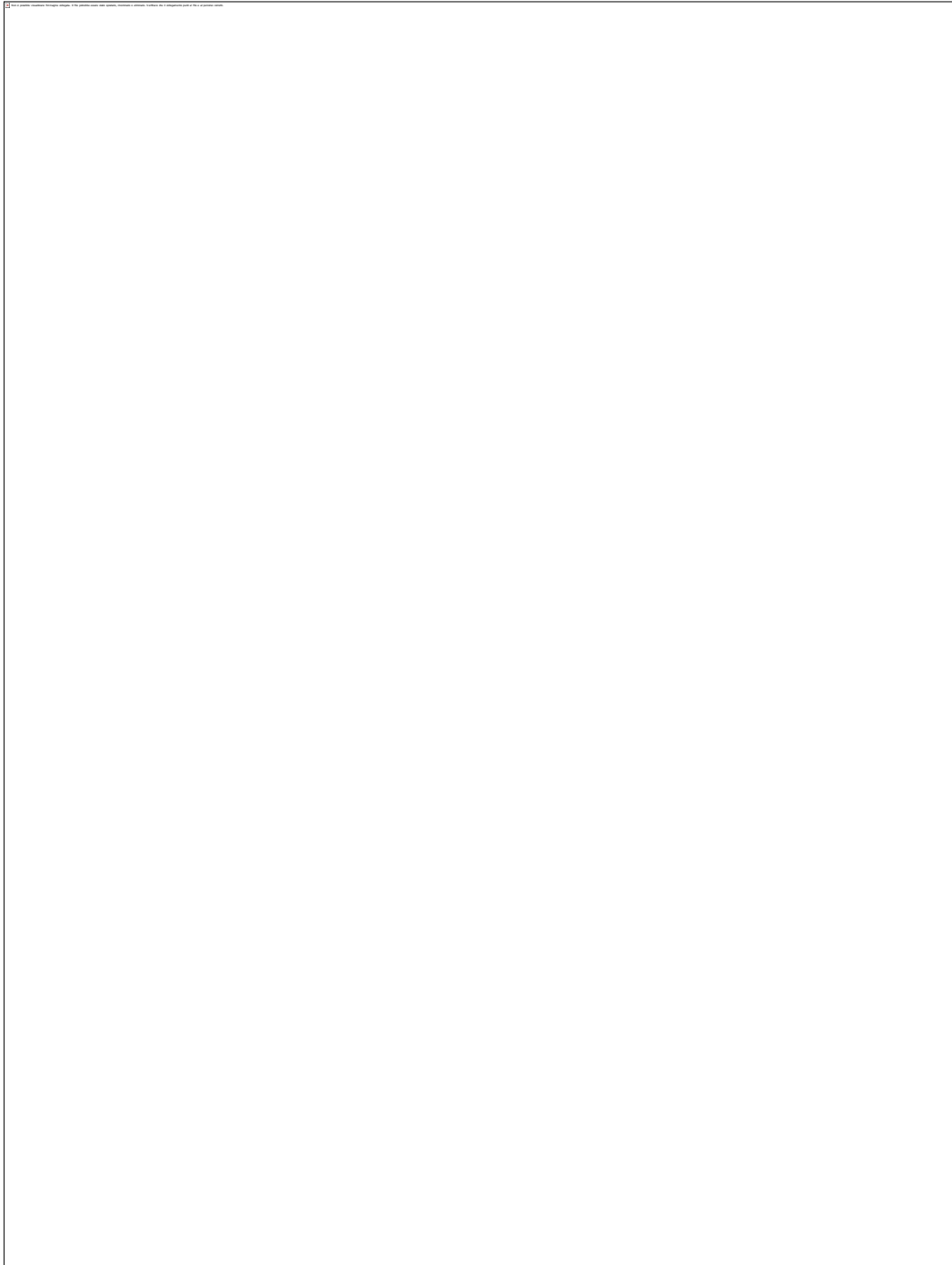
10

Codifica

EI2RBGE0000002C

Foglio

117 di  
176



*Figura 67 – Tensione di preconsolidazione da prove CPTU e da prove edometriche Unità 3b, Unità 3a/b e Unità 2 tra pk 21+100 e pk 21+990*

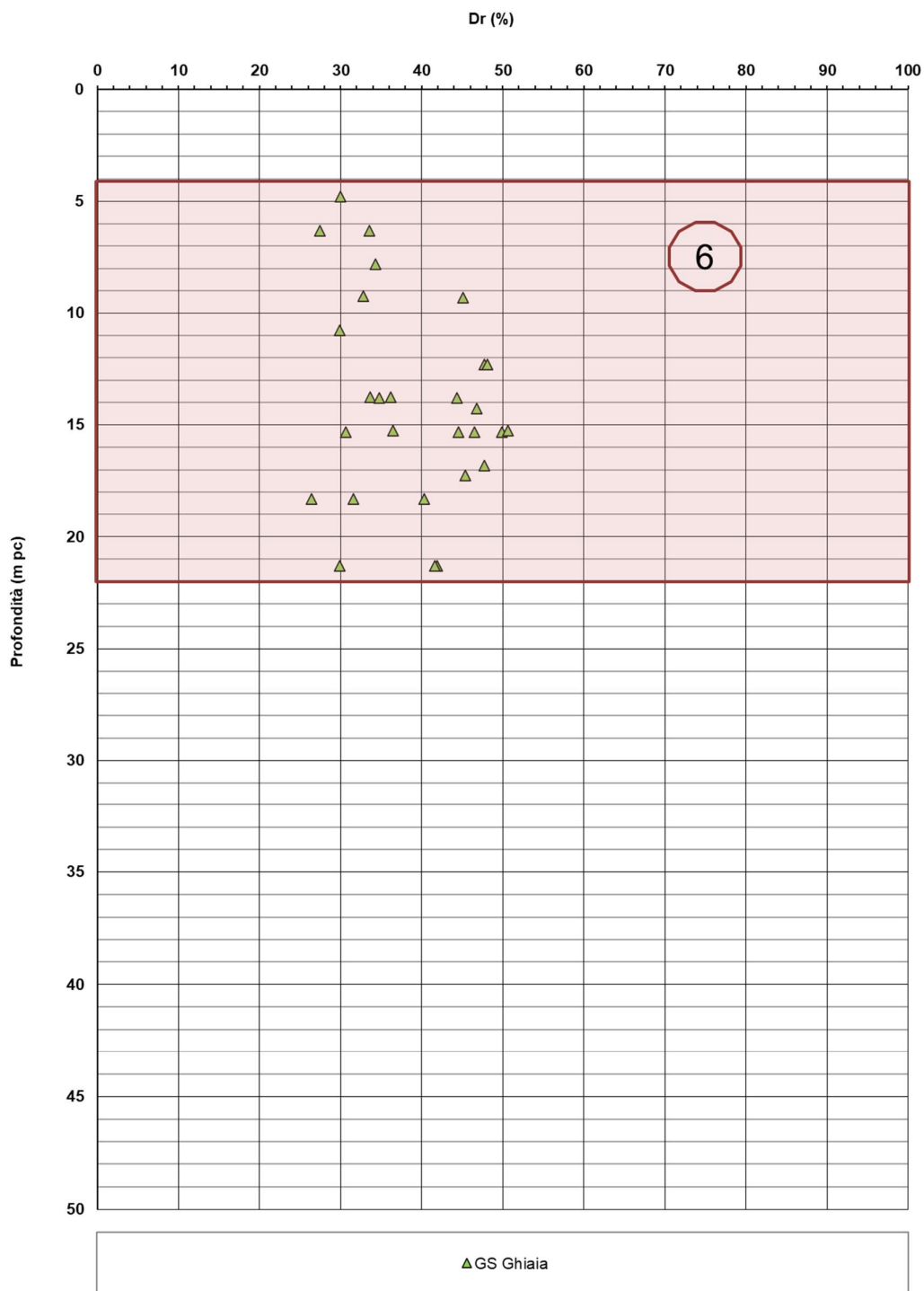


Figura 68 – Densità relativa da prove SPT Unità 6 tra pk 19+159 e pk 21+990

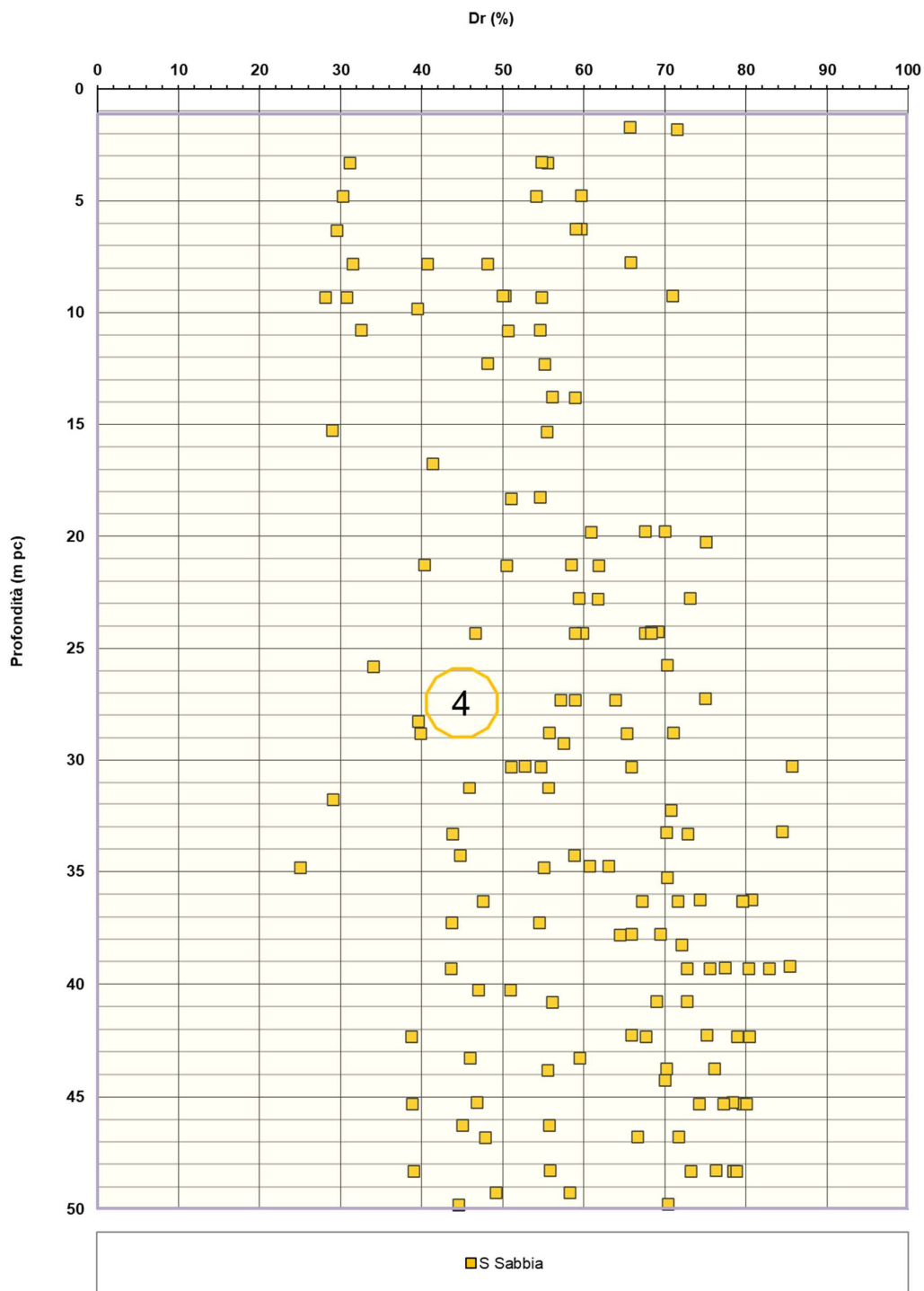


Figura 69 – Densità relativa da prove SPT Unità 4 tra pk 19+159 e pk 21+990

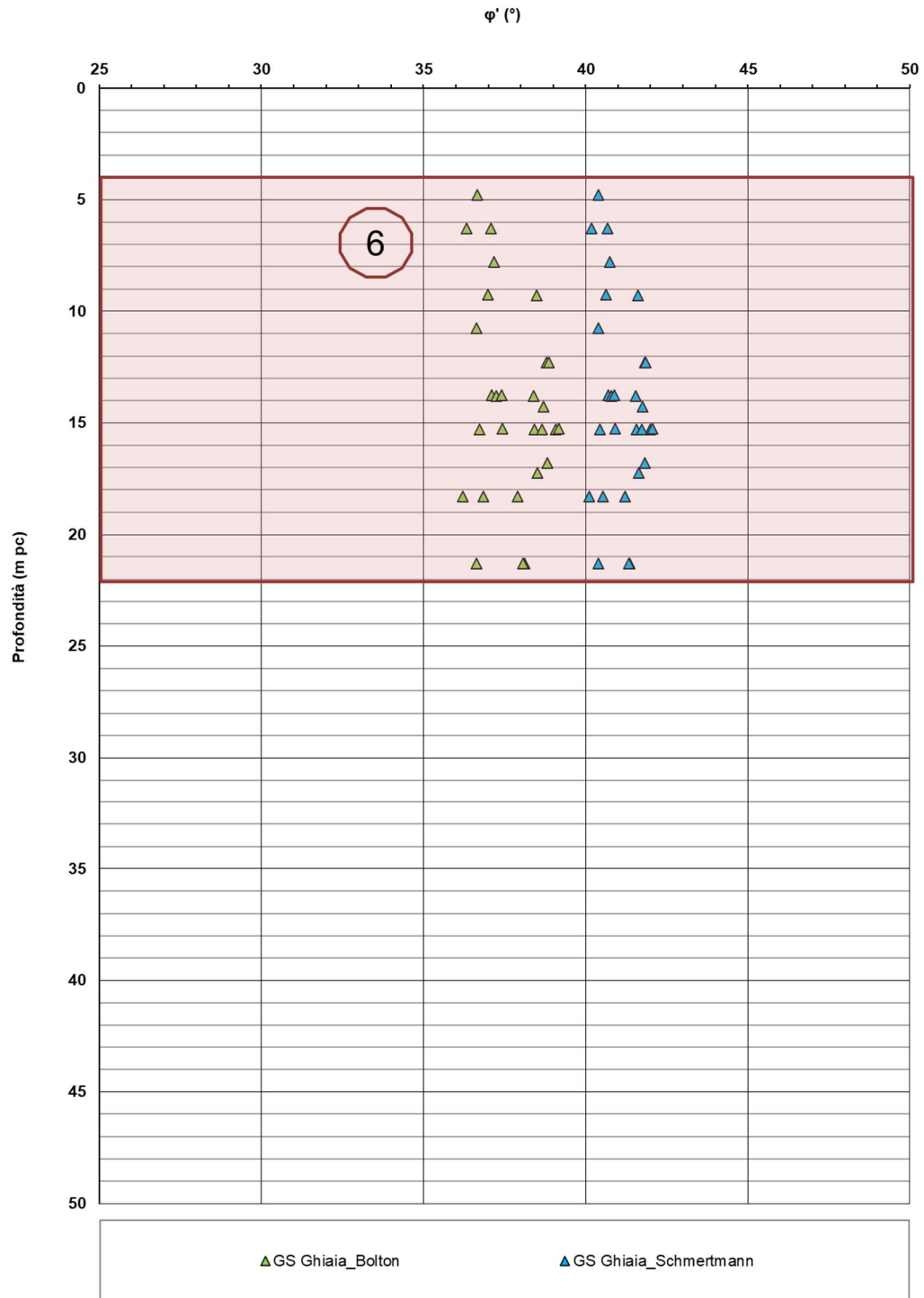


Figura 70 – Angoli di attrito da prove SPT Unità 6 tra pk 19+159 e pk 21+990

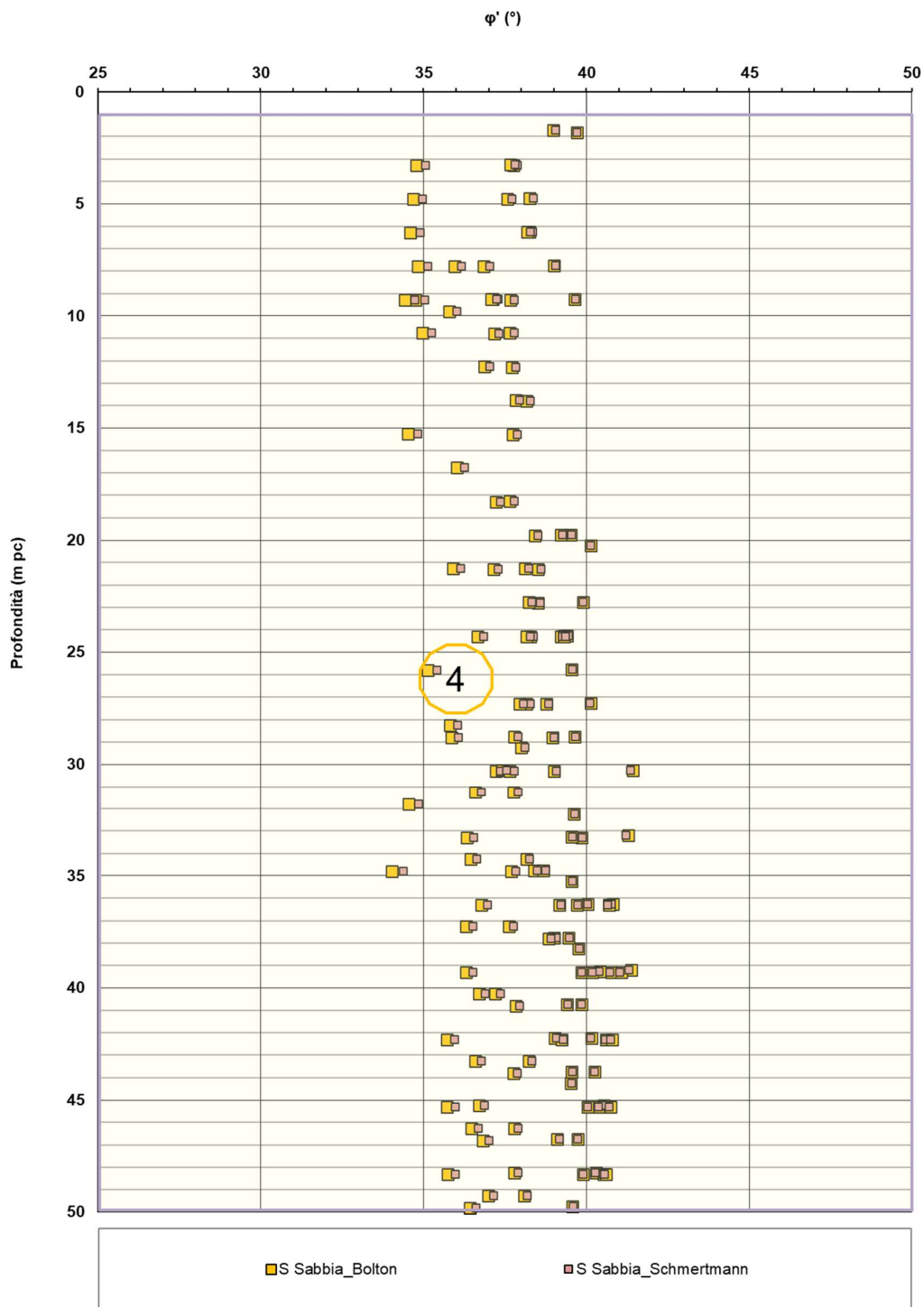


Figura 71 – Angoli di attrito da prove SPT Unità 4 tra pk 19+159 e pk 21+990

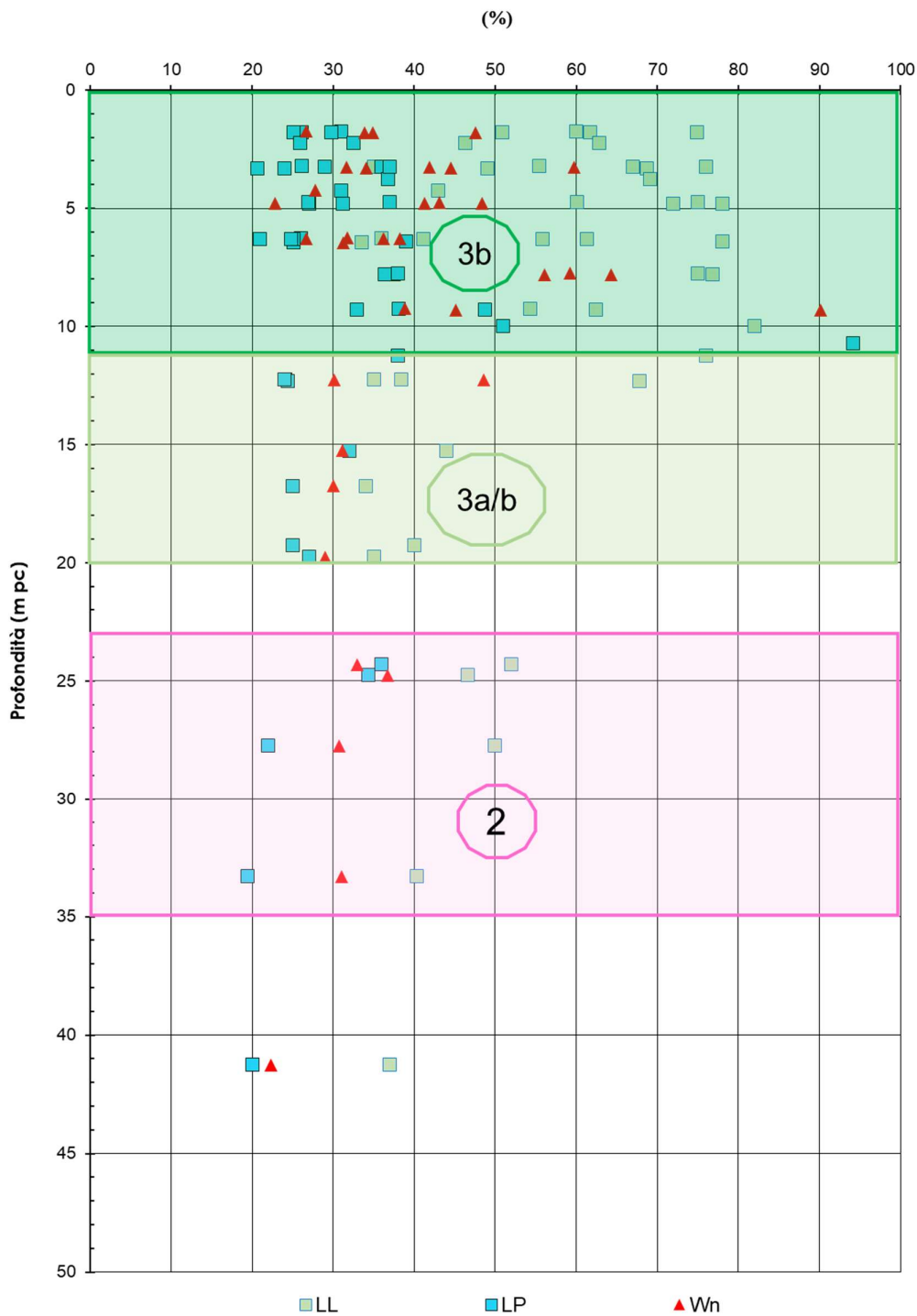


Figura 72 – Limiti di Atterberg e contenuto d'acqua tra pk 19+159 e pk 21+990

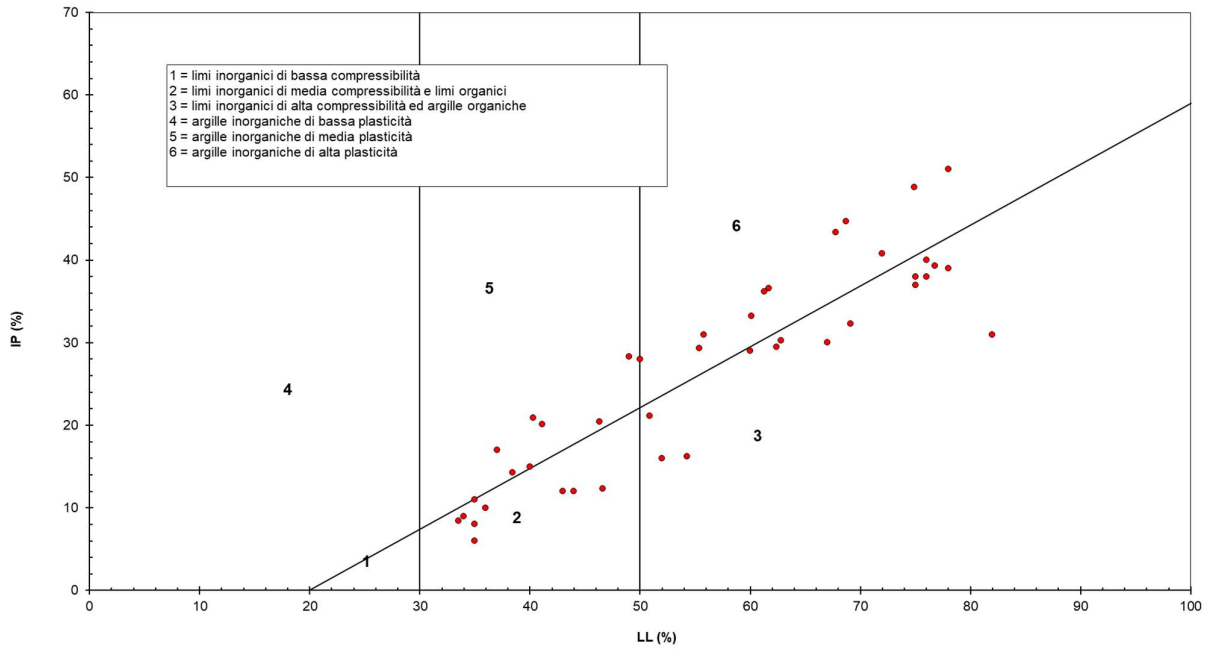


Figura 73 – Carta di plasticità di Casagrande: depositi coesivi superficiali tra pk 19+159 e pk 21+990

## AV/AC VERONA VICENZA

pk 20+000 - pk 24+000

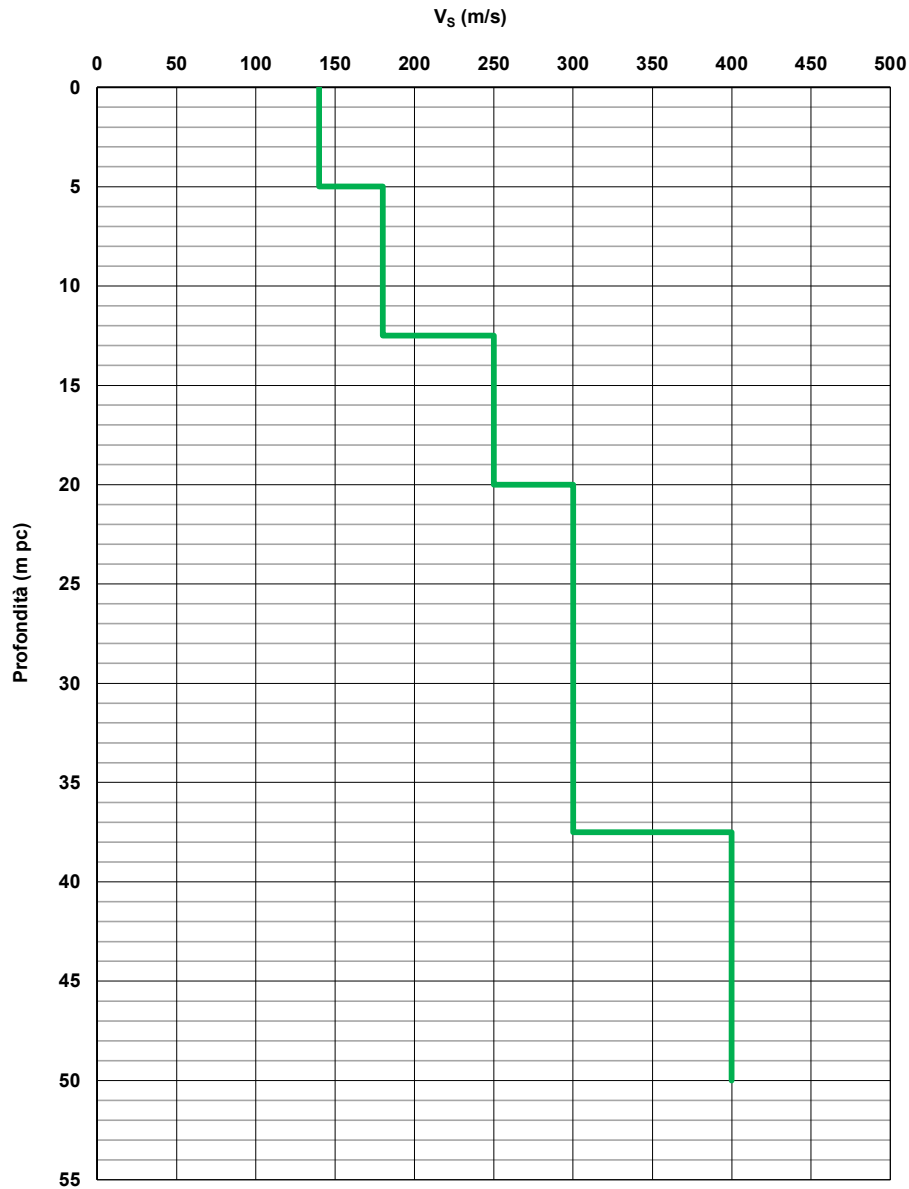


Figura 74 – Profilo di velocità  $V_s$  tra pk 20+000 e pk 24+000 (Doc. rif. [5])



**AV/AC VERONA VICENZA**

**pk 20+000 - pk 24+000**

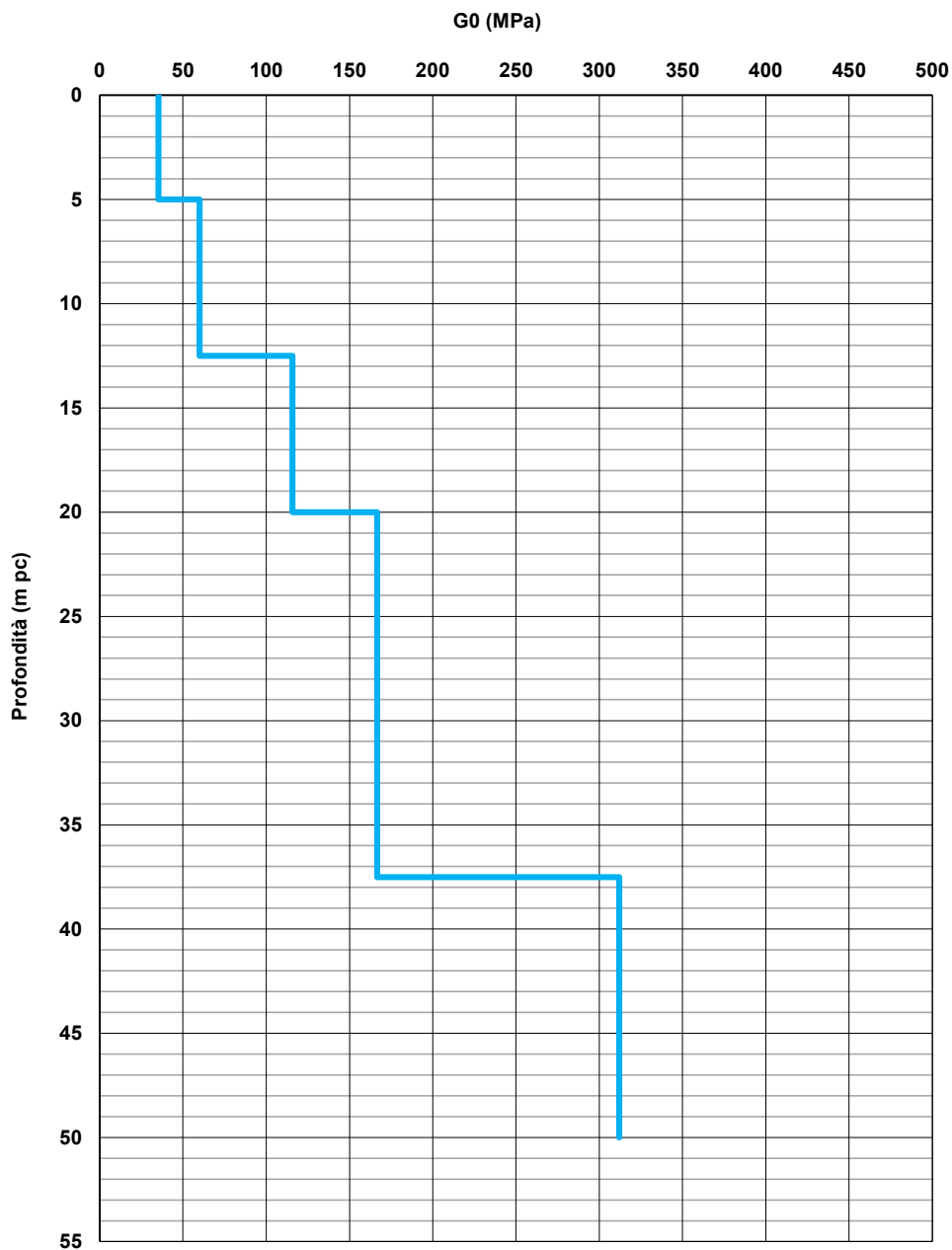




Figura 75 – Modulo di taglio  $G_0$  tra pk 20+000 e pk 24+000

|   |  |  |             |                             |                         |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> |  | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   |  | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>126 di<br>176 |

## 6.8 Permeabilità



I risultati delle prove Lefranc sono riportati nella Tabella 21.

Occorre tenere presente che, in particolare nella parte finale del tratto esaminato, caratterizzato da fitte intercalazioni e alternanze, i valori di permeabilità da considerare nella progettazione dovranno essere attentamente valutate dal progettista, in relazione alle condizioni locali, e tenendo conto dello spessore di terreno interessato dal fenomeno che si deve considerare. Per maggiori dettagli circa le permeabilità attese, si rimanda alla Relazione Idrogeologica (Doc. rif. [3]) ed alle Relazioni Geotecniche delle singole WBS.

*Tabella 21 – Risultati prove Lefranc*

| Sondaggio n° | Profondità<br>(m da pc) |     | livello falda<br>(m da pc) | Litologia* | k<br>(m/s) |
|--------------|-------------------------|-----|----------------------------|------------|------------|
|              | da                      | a   |                            |            |            |
| BH-PE 23     | 4                       | 4.2 | 2.65                       | G(S)       | 8.65E-05   |
| BH-PE 23     | 5.5                     | 5.7 | 2.65                       | G(S)       | 1.29E-04   |
| BH-PE 23     | 8.8                     | 9   | 2.65                       | G(S)       | 7.57E-05   |
| BH-PE-24     | 3                       | 3.5 | 2.3                        | S(L)       | 2.13E-05   |
| BH-PE-24     | 5                       | 5.5 | 2.3                        | G(S)       | 7.45E-05   |
| BH-PE-24     | 7.4                     | 7.7 | 2.3                        | G[S]       | 1.41E-04   |
| BH-PE-25     | 3                       | 3.5 | 1.7                        | G[S]       | 8.03E-05   |
| BH-PE-25     | 4.5                     | 5   | 1.7                        | G[S]       | 1.22E-05   |
| BH-PE-25     | 7.5                     | 7.8 | 1.7                        | G[S]       | 1.06E-05   |
| BH-PE-43     | 4                       | 4.5 | 3.2                        | S(L)       | 7.45E-06   |
| BH-PE-43     | 6                       | 6.5 | 3.2                        | S(L)       | 1.25E-05   |
| BH-PE-43     | 9                       | 9.5 | 3.2                        | S(L)       | 1.05E-05   |

\* Doc. rif. [7]

|   |  |  |             |                             |                         |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> |  | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   |  | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>127 di<br>176 |

## 7 RIASSUNTO DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

Lo studio svolto 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 principali parametri caratteristici suggeriti per ognuna delle unità sono elencati nelle Tabelle seguenti (da *Tabella 22* a *Tabella 25*).

Si ricorda ancora che, sulla base della Normativa qui di riferimento (NTC 2008), e come ulteriormente ribadito da quella in vigore (NTC 2018), la scelta dei parametri e della stratigrafia di progetto è di esclusiva responsabilità e competenza del progettista della singola opera. In questa luce, altri parametri, tipicamente quelli che governano i processi di consolidazione e drenaggio (ad ese. permeabilità, coefficienti di consolidazione) governati da condizioni locali (lenti drenanti, percorsi di drenaggio, storia tensionale), e dipendenti dal tipo di problema da esaminare, dovranno essere assunti dal progettista sulla base dei dati di base qui sinteticamente presentati, e tenendo conto dei risultati delle indagini di sito e di laboratorio, riportati nei Report fattuali delle indagini.

*Tabella 22 - Parametri geotecnici caratteristici per la tratta dalla 10+145 alla 14+546*

| Unità | $\gamma$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | Dr (%) | c'<br>(kPa) | $\phi'$ (°) | Vs (m/s) | G0 (MPa) | E'<br>(MPa) | c <sub>u</sub><br>(kPa) | $\sigma'_p$<br>(kPa) |
|-------|----------------------------------|--------|-------------|-------------|----------|----------|-------------|-------------------------|----------------------|
| 3b    | 17.5-19                          | -      | 0           | 26-30       | 150-200  | 40-80    | 4-15        | 30-80                   | 120-300              |
| 3a    | 17.5-19                          | 25-40  | 0           | 30-34       |          | -        | 5-10        | -                       | -                    |
| 6     | 19-20                            | 30-60  | 0           | 37-43       | 300-350  | 170-230  | 80-170      | -                       | -                    |
| 4     | 19-20                            | 50-80  | 0           | 37-40       | 350-400  | 230-300  | 110-240     | -                       | -                    |
| 2     | 19-20                            | -      | 0-10        | 26-28       | -        | -        | 25-40       | 150-250                 | -                    |

*Tabella 23 - Parametri geotecnici caratteristici per la tratta dalla 14+546 alla 16+340*

| Unità | $\gamma$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | Dr (%) | c'<br>(kPa) | $\phi'$ (°) | Vs (m/s) | G0 (MPa) | E'<br>(MPa) | c <sub>u</sub><br>(kPa) | $\sigma'_p$<br>(kPa) |
|-------|----------------------------------|--------|-------------|-------------|----------|----------|-------------|-------------------------|----------------------|
| 3b    | 17.5-19                          | -      | 0           | 26-30       | 100-200  | 20-80    | 4-15        | 25-80                   | 120-300              |
| 3a    | 17.5-19                          | 25-40  | 0           | 30-34       |          |          | 5-10        | -                       | -                    |
| 6     | 19-20                            | 40-50  | 0           | 39-42       | 250-320  | 120-190  | 80-150      | -                       | -                    |
| 4     | 19-20                            | 50-70  | 0           | 37-40       | 350-370  | 230-260  | 100-200     | -                       | -                    |
| 2     | 19-20                            | -      | 0-10        | -           | -        | -        | 25-40       | 120-250                 | -                    |

|   |  |  |             |                             |                         |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> |  | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   |  | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>128 di<br>176 |

*Tabella 24 - Parametri geotecnici caratteristici per la tratta dalla 16+340 alla 19+159*


| Unità | $\gamma$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | Dr (%) | c'<br>(kPa) | $\phi'$ (°) | Vs (m/s) | G0 (MPa) | E'<br>(MPa) | c <sub>u</sub><br>(kPa) | $\sigma'_p$<br>(kPa) |
|-------|----------------------------------|--------|-------------|-------------|----------|----------|-------------|-------------------------|----------------------|
| 3b    | 17.5-18.5                        | -      | 0           | 24-28       | 100-170  | 20-60    | 4-8         | 25-60                   | 100-200              |
| 3a    | 17.5-19                          | 25-50  | 0           | 28-33       |          | -        | 5-10        | -                       | -                    |
| 6     | 19-20                            | 30-50  | 0           | 39-42       | 250-320  | 120-190  | 80-150      | -                       | -                    |
| 4     | 19-20                            | 50-70  | 0           | 37-39       | 350-370  | 230-260  | 100-200     | -                       | -                    |
| 2     | 19-20                            | -      | 0-10        | -           | -        | -        | 20-40       | 100-120                 | ≥500                 |

*Tabella 25 - Parametri geotecnici caratteristici per la tratta dalla 19+159 alla 21+990*

| Unità | $\gamma$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | Dr (%) | c'<br>(kPa) | $\phi'$ (°) | Vs (m/s) | G0 (MPa) | E'<br>(MPa) | c <sub>u</sub><br>(kPa) | $\sigma'_p$<br>(kPa) |
|-------|----------------------------------|--------|-------------|-------------|----------|----------|-------------|-------------------------|----------------------|
| 3b    | 16.5-18.5                        | -      | 0           | 22-26       | 100-150  | 20-40    |             | 25-60                   | 100-200              |
| 6     | 19-20                            | 30-50  | 0           | 37-40       | 180-250  | 60-120   | 40-100      | -                       | -                    |
| 4     | 19-20                            | 50-80  | 0           | 37-40       | 250-400  | 120-300  | 100-240     | -                       | -                    |
| 2     | 17.5-19.5                        | -      | 0-10        | -           | -        | -        | 20-40       | 150                     | -                    |

Con riferimento ai valori riportati in tabella, si rimanda in generale al capitolo 5 per una spiegazione di dettaglio su come siano stati ricavati. In particolare, si segnala quanto segue


- 1) I valori dell'angolo d'attrito sono da considerare come valori operativi, più prossimi ai valori di picco.
- 2) Per le ghiaie e le sabbie delle Unità 6 e 4 rispettivamente, nella definizione dei valori caratteristici dell'angolo di resistenza al taglio, si consiglia di fare riferimento ai valori più elevati del range (ricavati generalmente con la correlazione di Schmertmann), tenendo conto della buona gradazione dei materiali di sito.
- 3) I valori dei moduli di Young E' operativi riportati per le Unità 4 e 6 sono stati ottenuti, come descritto al punto 5.8.1, ipotizzando un abbattimento del modulo di Young iniziale E<sub>0</sub> (a sua volta ottenuto dai profili di Vs con le relazioni elastiche utilizzando un  $\nu=0.2$ ) di  $1/3 \div 1/5$ .
- 4) Per i valori del coefficiente di permeabilità, tenuto conto della sua forte variazione (anche di diversi ordini di grandezza) in relazione alle condizioni locali, al problema da esaminare e alla direzione principale del flusso del dato problema (anisotropia della permeabilità, di solito molto pronunciata terreni sedimentari) abilità), il progettista potrà fare riferimento orientativo ai dati di base di cui al 6.8.

|   |  |             |                             |                         |
|---|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>129 di<br>176 |

## 8 PROBLEMATICHE DI LIQUEFAZIONE

I dati acquisiti nel corso della campagna di PE hanno sostanzialmente confermato quanto già emerso in sede di PD, e più in particolare:

- Vengono sostanzialmente confermate le problematiche di liquefazione dello strato superficiale fra la spalla est del viadotto Illasi e la spalla ovest del Viadotto Alpone, e che interessano i rilevati di modeste altezze (3÷6 m, con picchi locali fino a 8 m), ferma restando la presenza di alcuni tratti nei quali prevalgono, come già emerso in sede di PD, strati coesivi mediamente compatti, non suscettibili di liquefazione. Il dettaglio dell'intervallo di progressive nelle quali sono da prevedere, eventualmente, interventi di miglioramento delle proprietà meccaniche dei terreni sarà oggetto del progetto delle singole WBS.
- Nella zona terminale del viadotto Alpone (dalla progressiva 21+500 circa in poi), i nuovi dati hanno sostanzialmente confermato la presenza di strati sabbioso - limosi sciolti, che evidenziano fattori di sicurezza inferiori all'unità, e comunque interessati da generazione di sovrappressioni interstiziali rilevanti, che dovranno essere considerate nella progettazione delle strutture di fondazione del viadotto. Anche in questo caso, un esame di dettaglio degli interventi previsti, in funzione della situazione locale, sarà oggetto del progetto della WBS di interesse.

|   |  |             |                             |                      |
|---|--|-------------|-----------------------------|----------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                      |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>130 di 176 |

## 9 STABILIZZAZIONE SUPERFICIALE DEI MATERIALI IN SITO

### 9.1 Requisiti normativi

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 26).

*Tabella 26 – Limiti di accettazione dei terreni naturali da sottoporre a trattamento di stabilizzazione con calce*

Tabella 18.6.3.1.1-1



| LIMITI DI ACCETTAZIONE DEL TERRENO NATURALE |   |                         |   |
|---|---|-------------------------|---|
| Test di Laboratorio                         | Norma di riferimento                                    | Requisito               | Limiti di accettabilità                           |
| Analisi granulometrica                      | CNR B.U n. 36<br>UNI EN 933-1<br>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 76.

|   |  |  |             |                             |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> |  | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   |  | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C |
|   |  |  |             | Foglio<br>131 di 176        |

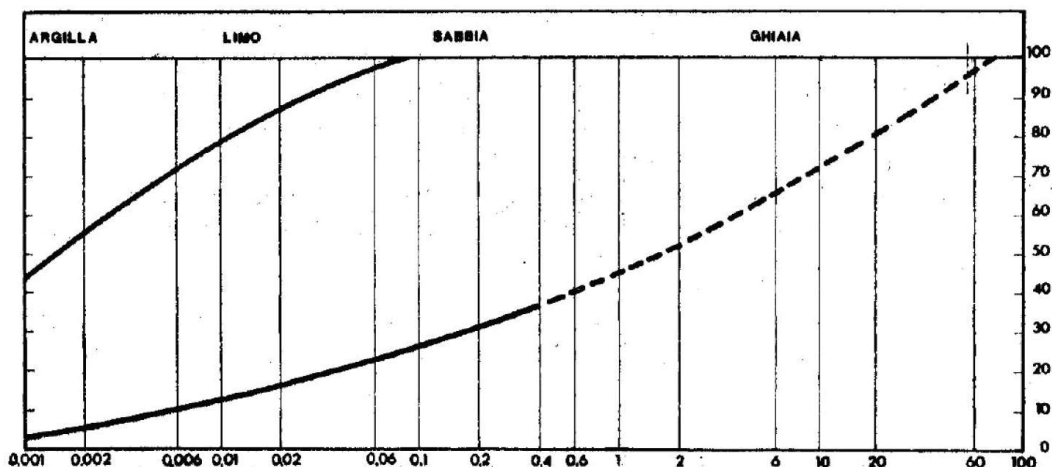


Figura 76 – Fuso granulometrico delle terre per la stabilizzazione con calce (CNR B.U. 36)



Come indicato nella Tabella 26, 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.

## 9.2 Granulometria ed IP

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 circa di profondità da p.c..

Il grafico della Figura 77 mostra i valori del contenuto di fine determinati per profondità fino a 2 m da p.c.. Come si può vedere, il contenuto di fini (<0.063 mm) risulta generalmente superiore al 25%, valore limite inferiore del fuso granulometrico di Figura 76 (CNR B.U. 36).

La Figura 78 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 maggioranza dei materiali per i quali i limiti di plasticità risultano determinabili (IP>0) risulta conforme ai requisiti di accettazione di Tabella 26 (IP > 10) e solo alcuni valori cadono nell'intervallo 5 ÷ 10. Un solo campione tra quelli prelevati in pozzetto, alla progressiva Pk 12+030, risulta avere un valore di IP inferiore a 5. Vi sono invece numerosi campioni, tra quelli prelevati nei fori di sondaggio, per i quali la determinazione dei limiti plasticità non è risultata possibile (identificati nel grafico con IP = 0).

|   |  |             |                             |                         |
|---|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>132 di<br>176 |

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



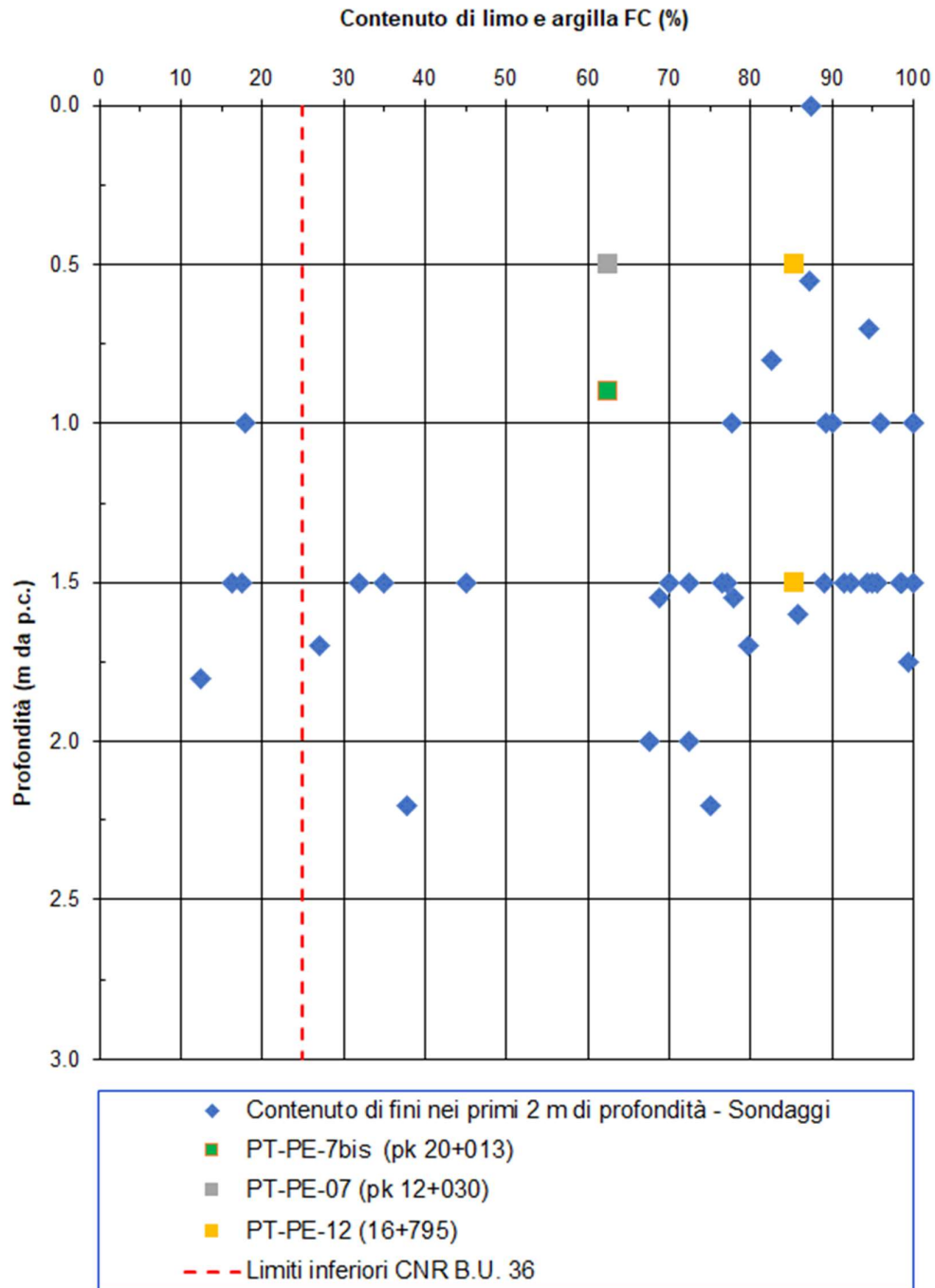


Figura 77 – Contenuto di fini dei campioni superficiali di terreno (0.0 ÷ 2.0 m)

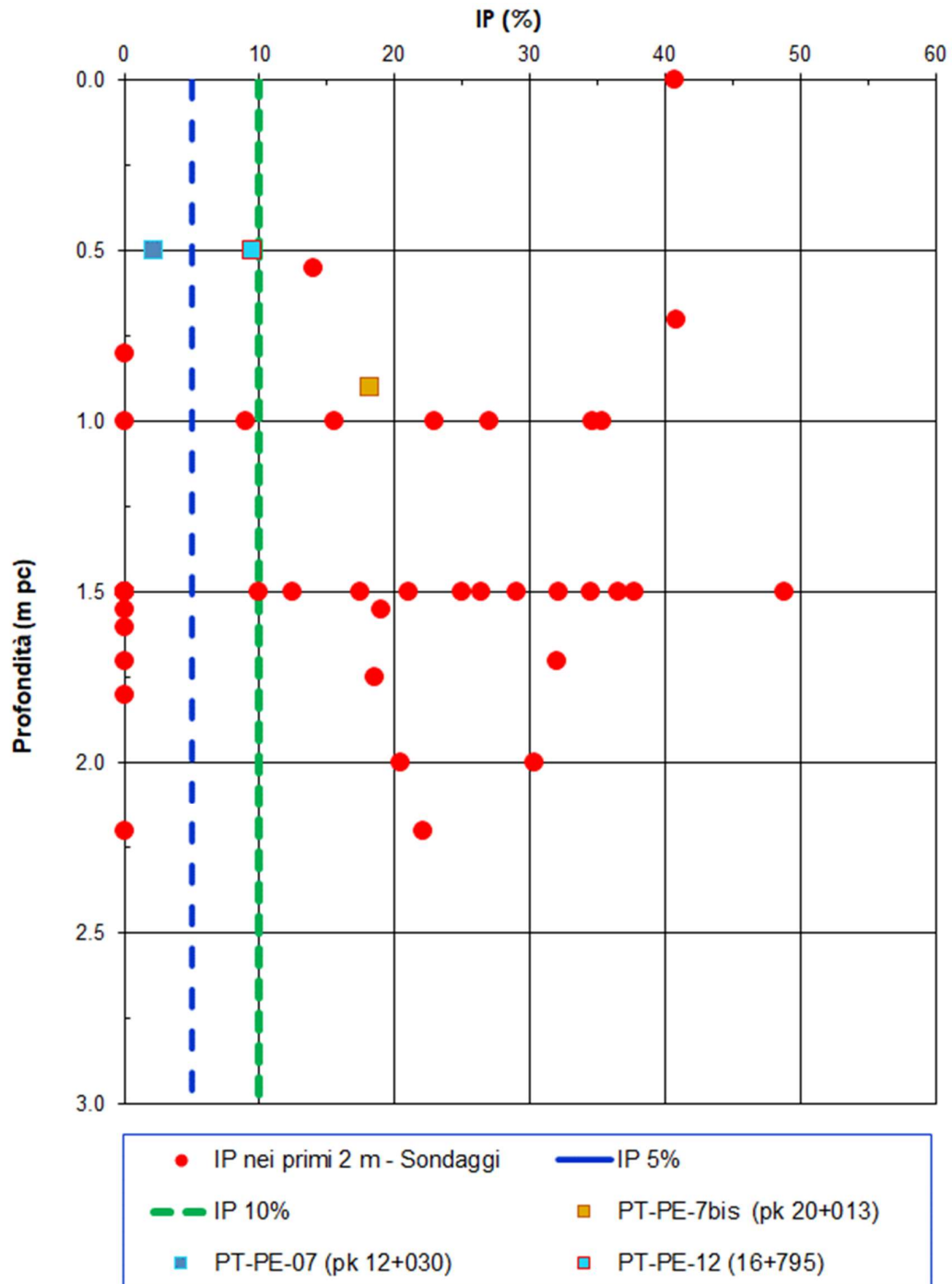




Figura 78 – IP dei campioni superficiali di terreno (0.0 ÷ 2.0 m)

|   |  |             |                             |                         |
|---|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>135 di<br>176 |

### 9.3 Contenuto di solfati

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 allo 0.01 %, compatibili con quanto indicato in Tabella 26. 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.

### 9.4 Contenuto di sostanze organiche

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.

### 9.5 Prove su miscele terreno-legante eseguite durante la fase di Progetto Esecutivo

Durante la fase di progetto esecutivo sono state condotte sperimentazioni di laboratorio su miscele di terreno e calce, a partire da campioni prelevati in alcuni dei pozzetti lungo il tracciato della linea ferroviaria in progetto. Per quasi tutti questi campioni infatti, la curva granulometrica ricade nel fuso di riferimento CNR, come mostrato in Figura 79.

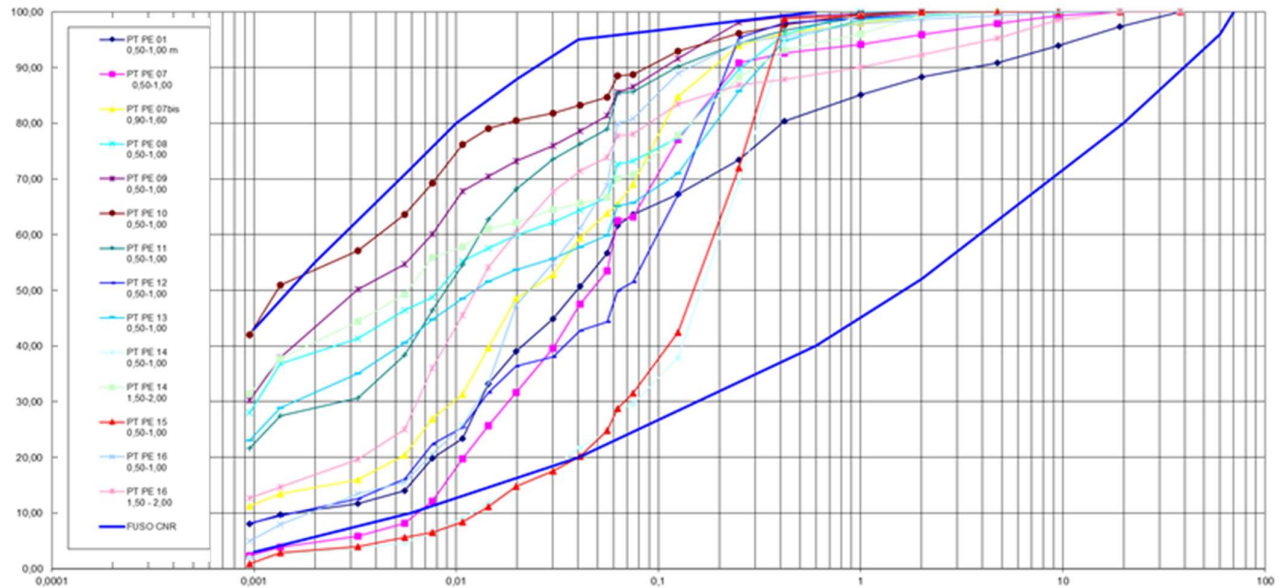




Figura 79. Curve granulometriche dei campioni prelevati dai pozzetti dislocati lungo la linea.

Le prove eseguite durante la fase di Progetto Esecutivo su miscele terreno – legante (calce o calce + cemento) sono sintetizzate nella Tabella 27.

|   |  |  |             |                             |                         |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> |  | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   |  | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>137 di<br>176 |

**Tabella 27 - Risultati delle sperimentazioni di laboratorio eseguite su miscele di terreno con legante**

| Riferimento             | Profondità (m) | Classificazione | Consumo iniziale di calce | Sperimentazione miscele terra - calce |                   |                 |
|-------------------------|----------------|-----------------|---------------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------|
|                         |                | UNI 11531       | ASTM C 977 app (%)        | CaO (%)                               |                   |                 |
| PT PE 07 (pk 12+030)    | 0.5 - 1.0      | A4              |                           | 1% CaO + 2% cem                       | 1% CaO + 2.5% cem | 1% CaO + 3% cem |
| PT PE 07bis (pk 12+030) | 0.9 - 1.6      | A7-6            | 1.20                      | 2.0                                   | 2.5               | 3.0             |
| PT PE 08 (pk 34+380)    | 0.3            |                 |                           |                                       |                   |                 |
|                         | 0.5 - 1.0      | A7-6            | 3.10                      | 2.5                                   | 3.0               | 3.5             |
|                         | 1.5 - 2.0      | A7-5            | 3.40                      |                                       |                   |                 |
| PT PE 09 (pk 38+010)    | 0.5 - 1.0      | A7-5            |                           | 2.5                                   | 3.0               | 3.5             |
| PT PE 10 (pk 40+025)    | 0.3            |                 |                           |                                       |                   |                 |
|                         | 0.5 - 1.0      | A7-5            | 3.30                      | 2.5                                   | 3.0               | 3.5             |
|                         | 1.5 - 2.0      | A2-4            | 1.00                      |                                       |                   |                 |
| PT PE 11 (pk 41+336)    | 0.3            |                 |                           |                                       |                   |                 |
|                         | 0.5 - 1.0      | A6              | 2.00                      | 2.0                                   | 2.5               | 3.0             |
|                         | 1.5 - 2.0      | A6              | 1.70                      | 2.0                                   | 2.5               | 3.0             |
| PT PE 12 (pk 16+795)    | 0.3            |                 |                           |                                       |                   |                 |
|                         | 0.5 - 1.0      | A4              | 1.10                      | 1.5                                   | 2.0               | 2.5             |
|                         | 1.5 - 2.0      | A2-4            | 1.00                      |                                       |                   |                 |
| PT PE 13 (pk 28+384)    | 0.3            |                 |                           |                                       |                   |                 |
|                         | 0.5 - 1.0      | A7-6            |                           | 2.5                                   | 3.0               | 3.5             |
|                         | 1.5 - 2.0      | A4              | 1.10                      |                                       |                   |                 |
| PT PE 16 (pk 23+253)    | 0.3            |                 |                           |                                       |                   |                 |
|                         | 0.5 - 1.0      | A4              | 1.40                      | 1.5                                   | 2.0               | 2.5             |
|                         | 1.5 - 2.0      | A6              | 1.30                      |                                       |                   |                 |

Come si può osservare, i valori del consumo iniziale di calce (CIC) variano da circa 1.1% per i materiali di tipo A4 ad oltre il 3% per i materiali argilloso limosi appartenenti gruppi A7-5 ed A7-6.

Le relative miscele sperimentali hanno dosaggi da 1.5% a 2.5% per i materiali di tipo A4 fino al 3.5% per i materiali di tipo A7-5 ed A7-6.

Come indicato in Tabella 27, sono state condotte sperimentazioni di alcune miscele terreno-calce (o, nel caso del materiale proveniente dal pozzetto PT-PE-07, con calce + cemento), su materiale proveniente da singoli pozzetti:

- PT-PE-7bis (Tabella 30)
- PT-PE-7 (Tabella 31)
- PT-PE-11 (Tabella 33).

|   |  |             |                             |                         |
|---|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>138 di<br>176 |

Sono state poi condotte sperimentazioni di miscelazione con calce su campioni di materiale composito, costituito da materiali all'incirca omogenei (ovvero appartenenti allo stesso gruppo) e provenienti da diversi pozzetti lungo la linea.

Si tratta, in particolare, di materiale del gruppo A4 proveniente dai pozzetti PT-PE-12 e PT-PE-16 (Tabella 32) e di materiali dei gruppi A7-5 ed A7-6 provenienti da PT-PE-8, PT-PE-9, PT-PE-10 e PT-PE-13 (Tabella 34).

I risultati completi delle sperimentazioni eseguite sulle miscele sono riportati in dettaglio dalla Tabella 30 alla Tabella 34. Si tratta in generale di risultati soddisfacenti, già a partire dai valori inferiori di percentuale di legante nelle miscele per ciascuno dei gruppi di terreni esaminati.

In particolare, per la tratta in esame (da Pk 10+050 a Pk 21+990) sono disponibili i risultati di due sperimentazioni eseguite su materiale di singoli pozzetti: PT-PE-7 (gruppo A4) e PT-PE-7bis (gruppo A7-6). Nel solo caso del materiale del gruppo A4, proveniente dal pozzetto PT-PE-7, la miscelazione è stata eseguita con cemento (dal 2 al 3%), con l'aggiunta dell'1% di calce.

Un'altra sperimentazione di interesse è quella eseguita su una miscela di materiali del gruppo A4 proveniente dai pozzetti PT-PE-12 (eseguito alla Pk 16+795) e PT-PE-16 (Pk 23+253, esterno alla tratta in esame).

Si osserva come i risultati ottenuti per le miscele con sola calce menzionate (PT-PE-7bis, PT-PE-12+PT-PE-16), in termini di IPI, di CBR a 7 giorni (di cui gli ultimi 4 di imbibizione) e di rigonfiamento lineare (Tabella 28) risultino ampiamente compatibili con i limiti di accettabilità previsti dalla Tabella 18.6.3.2-2 del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili - Parte II - Sezione 18, riportata per facilità di consultazione in Tabella 29.

Questi risultati forniscono quindi una buona indicazione generale per le successive fasi sperimentali, che saranno necessarie all'atto della costruzione.

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

|  |  |   |             |                             |                      |
|--|--|---|-------------|-----------------------------|----------------------|
| <b>GENERAL CONTRACTOR</b><br> |  | <b>ALTA SORVEGLIANZA</b><br> |             |                             |                      |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)  |  | Progetto<br>IN17  | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE0000002C | Foglio<br>139 di 176 |

**Tabella 28 – Risultati delle prove sperimentali su campioni di terreno miscelati con legante relativi ai pozzetti di interesse.**

| POZZETTO ESPLORATIVO  | PT-PE-7bis          |                              |                                |                              | PT-PE-7                     |   |   | PT-PE-12 + PT-PE-16                     |                      |                                 |                                 |                                 |
|---|---------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------|---|---|---|----------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|   | PT-PE-7bis naturale | PT-PE-7bis trattato a CaO 2% | PT-PE-7bis trattato a CaO 2.5% | PT-PE-7bis trattato a CaO 3% | PT-PE-7 naturale            | PT-PE-7 trattato a CaO 1.0 % e CEM 2.0% | PT-PE-7 trattato a CaO 1.0 % e CEM 2.5% | PT-PE-7 trattato a CaO 1.0 % e CEM 3.0% | PT-PE-12+16 naturale | PT-PE-12+16 trattato a CaO 1.5% | PT-PE-12+16 trattato a CaO 2.0% | PT-PE-12+16 trattato a CaO 2.5% |
| Profondità (m da p.c.)                                      | 0.90-1.60 m         |                              |                                |                              | 0.50 - 1.00 + 1.50 - 2.00 m |   |   | 0.50 - 1.00 m                           |                      |                                 |                                 |                                 |
| Classificazione UNI 11531-1                                 | A7-6                |                              |                                |                              | A4                          |   |   |   | A4                   |                                 |                                 |                                 |
| INDICE CBR IPI a 2,5 mm (all'umidità ottima)                |                     | 74.5                         | 94.9                           | 94.3                         |                             | 81.8                                    | 97.4                                    | 86.1                                    |                      | 62.6                            | 78.4                            | 86.2                            |
| INDICE CBR IPI a 5,0 mm (all'umidità ottima)                |                     | 94.2                         | 95.3                           | 102.3                        |                             | 80.8                                    | 84.6                                    | 76.8                                    |                      | 65.5                            | 78.7                            | 99.8                            |
| INDICE CBR immerso 96h a 2,5 mm (all'umidità ottima) (7 gg) |                     | 100.2                        | 126.1                          | 130.7                        |                             | 121.7                                   | 134.0                                   | 146.9                                   |                      | 67.0                            | 90                              | 102.4                           |
| INDICE CBR immerso 96h a 5,0 mm (all'umidità ottima) (7 gg) |                     | 95.7                         | 121.2                          | 121.4                        |                             | 109.8                                   | 120.5                                   | 150.7                                   |                      | 72.3                            | 81.9                            | 109.4                           |
| Rigonfiamento dopo immersione 96h (%) (7 gg)                |                     | 0.09                         | 0.06                           | 0.05                         |                             | 0.03                                    | 0.04                                    | 0.03                                    |                      | 0.07                            | 0.05                            | 0.07                            |

**Tabella 29 – Limiti di accettazione delle miscele Terra/Calce in accordo al Capitolato Tecnico RFI**

Tabella 18.6.3.2-2

| LIMITI DI ACCETTAZIONE DELLE MISCELE TERRA/CALCE  |                      |   |
|---|----------------------|---|
| Test di Laboratorio   | Norma di riferimento | Limiti di accettabilità   |
| Indice di portanza CBR imbibito a 7 giorni, di cui i primi 3 di maturazione e gli ultimi 4 di imbibizione | UNI EN 13286-47      | $\geq 20 \%$ per gli strati del piano di posa<br>$\geq 50 \%$ per gli strati del corpo del rilevato<br>$< 1\%$ per il Rigonfiamento lineare |
| Indice di portanza immediato (IPI)  |                      | $\geq 10$ (IPI <sub>10</sub> )  |

**Tabella 30 – Risultati delle prove di miscelazione con calce eseguite su materiale prelevato nel pozzetto PT-PE-7bis**

| POZZETTO ESPLORATIVO  | PT-PE-7bis (pk 20+013)                      |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
|   | Camp.                                       | 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%             |
| Prof. (m da p.c.)   |   | 0,90-1,60                                   | 0,90-1,60                                   | 0,90-1,60                                   | 0,90-1,60                                   |
| Descrizione   | Limo con sabbia argilloso marrone rossiccio | Limo con sabbia argilloso marrone rossiccio | Limo con sabbia argilloso marrone rossiccio | Limo con sabbia argilloso marrone rossiccio | 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                                       | 1.768                                       | 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  |   |



Tabella 31 – Risultati delle prove di miscelazione con calce eseguite su materiale del pozzetto PTPE 7

| POZZETTO ESPLORATIVO  | PT-PE-7   |                  |  |  |
|---|---|------------------|--|--|
|   | Camp.   | PT-PE-7 naturale | PT-PE-7 trattato a CaO al 1.0 % e CEM 2,0% | PT-PE-7 trattato a CaO al 1.0 % e CEM 2,5% |
| Prof. (m da p.c.)   | 0,50 - 1,00 + 1,50 - 2,00 m                     |                  |  |  |
| Descrizione   | limocon sabbia e sabbia con limo marrone chiaro |                  |  |  |
| UNI 11531-1   |   |                  |  |  |
| ghiaia (> 2 mm)   |   |                  |  |  |
| sabbia (> 0.06 mm)  |   |                  |  |  |
| limo (> 2 µm)   |   |                  |  |  |
| argilla (< 2 µm)  |   |                  |  |  |
| Wn  |   |                  |  |  |
| LL  |   |                  |  |  |
| LP  |   |                  |  |  |
| IP  |   |                  |  |  |
| γ ricostituito max umido da prova proctor mod (Mg/m <sup>3</sup> )  | 2.118   | 2.158            | 2.201                                      | 2.257                                      |
| γ ricostituito max secco da prova proctor mod. (Mg/m <sup>3</sup> ) | 1.915   | 1.935            | 1.960                                      | 1.994                                      |
| W% Ottimo da prova proctor mod.                                     | 10.6  | 11.5             | 12.3                                       | 13.2                                       |
| Gs (Mg/m <sup>3</sup> ) (STIMATO)                                   |   |                  |  |  |
| INDICE CBR IPI a 2,5 mm (all' umidità ottima)                       | 20.2  |                  |  |  |
| INDICE CBR IPI a 5,0 mm (all' umidità ottima)                       | 28.5  |                  |  |  |
| INDICE CBR immerso 96h a 2,5 mm (all' umidità ottima)               | 5.6   |                  |  |  |
| INDICE CBR immerso 96h a 5,0 mm (all' umidità ottima)               | 8.2   |                  |  |  |
| Rigonfiamento dopo immersione 96h (%)                               | 2.01  |                  |  |  |
| Umidità dopo 96 ore di immersione (%)                               | 17.7  |                  |  |  |
| SOSTANZA ORGANICA (%)   |   |                  |  |  |
| Consumo iniziale di calce (CIC) (%)                                 |   |                  |  |  |
| INDICE CBR IPI a 2,5 mm (all' umidità ottima)                       |   | 81.8             | 97.4                                       | 86.1                                       |
| INDICE CBR IPI a 5,0 mm (all' umidità ottima)                       |   | 80.8             | 84.6                                       | 76.8                                       |
| INDICE CBR immerso 96h a 2,5 mm (all' umidità ottima) (7 gg)        |   | 121.7            | 134.0                                      | 146.9                                      |
| INDICE CBR immerso 96h a 5,0 mm (all' umidità ottima) (7 gg)        |   | 109.8            | 120.5                                      | 150.7                                      |
| Rigonfiamento dopo immersione 96h (%) (7 gg)                        |   | 0.03             | 0.04                                       | 0.03                                       |
| Umidità dopo 96 ore di immersione (%) (7 gg)                        |   | 13.83            | 14.5                                       | 15.3                                       |
| INDICE CBR immerso 96h a 2,5 mm (all' umidità ottima) (28 gg)       |   | 146.4            | 180.6                                      | 156.6                                      |
| INDICE CBR immerso 96h a 5,0 mm (all' umidità ottima) (28 gg)       |   | 159.6            | 165.2                                      | 153.0                                      |
| Rigonfiamento dopo immersione 96h (%) (28 gg)                       |   | 0.03             | 0.03                                       | 0.02                                       |
| Umidità dopo 96 ore di immersione (%) (28 gg)                       |   | 13.26            | 13.88                                      | 15.57                                      |
| ELL 7 gg compattata a OPT -2% (tensione verticale Mpa)              |   | 0.96             | 1.00                                       | 1.32                                       |
| ELL 7 gg compattata a OPT -2% (Coes. non drenata Cu (MPa))          |   | 0.48             | 0.50                                       | 0.66                                       |
| ELL 7 gg compattata a OPT (tensione verticale Mpa)                  |   | 0.98             | 1.11                                       | 1.4  |
| ELL 7 gg compattata a OPT (Coes. non drenata Cu (MPa))              |   | 0.49             | 0.55                                       | 0.7  |
| ELL 7 gg compattata a OPT +2% (tensione verticale Mpa)              |   | 0.87             | 1.21                                       | 1.28                                       |
| ELL 7 gg compattata a OPT +2% (Coes. non drenata Cu (MPa))          |   | 0.44             | 0.61                                       | 0.64                                       |
| ELL 28 gg compattata a OPT -2% (tensione verticale Mpa)             |   | 1.01             | 1.27                                       | 1.54                                       |
| ELL 28 gg compattata a OPT -2% (Coes. non drenata Cu (MPa))         |   | 0.51             | 0.64                                       | 0.77                                       |
| ELL 28 gg compattata a OPT (tensione verticale Mpa)                 |   | 1.12             | 1.41                                       | 1.58                                       |
| ELL 28 gg compattata a OPT (Coes. non drenata Cu (MPa))             |   | 0.56             | 0.71                                       | 0.79                                       |
| ELL 28 gg compattata a OPT +2% (tensione verticale Mpa)             |   | 1.13             | 1.41                                       | 1.61                                       |
| ELL 28 gg compattata a OPT +2% (Coes. non drenata Cu (MPa))         |   | 0.56             | 0.70                                       | 0.81                                       |

Tabella 32 -- Risultati delle prove di miscelazione con calce eseguite su materiali dei pozzetti PTPE 12

- 16

| POZZETTO ESPLORATIVO  | PT-PE-12 + 16        |                                    |                                    |                                    |
|---|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
|   | PT-PE-12+16 naturale | PT-PE-12+16 trattato a CaO al 1,5% | PT-PE-12+16 trattato a CaO al 2,0% | PT-PE-12+16 trattato a CaO al 2,5% |
| Camp.   | 0,50 - 1,00 m        |                                    |                                    |                                    |
| Prof. (m da p.c.)   |                      |                                    |                                    |                                    |
| Descrizione   |                      |                                    |                                    |                                    |
| UNI 11531-1   |                      |                                    |                                    |                                    |
| ghiaia (> 2 mm)   |                      |                                    |                                    |                                    |
| sabbia (> 0.06 mm)  |                      |                                    |                                    |                                    |
| limo (> 2 µm)   |                      |                                    |                                    |                                    |
| argilla (< 2 µm)  |                      |                                    |                                    |                                    |
| Wn  |                      |                                    |                                    |                                    |
| LL  |                      |                                    |                                    |                                    |
| LP  |                      |                                    |                                    |                                    |
| IP  |                      |                                    |                                    |                                    |
| γ ricostituito max umido da prova proctor mod. (Mg/m <sup>3</sup> ) | 2.061                | 2.077                              | 2.068                              | 2.053                              |
| γ ricostituito max secco da prova proctor mod. (Mg/m <sup>3</sup> ) | 1.834                | 1.843                              | 1.820                              | 1.795                              |
| W% Ottimo da prova proctor mod.                                     | 12.4                 | 12.7                               | 13.6                               | 14.4                               |
| Gs (Mg/m <sup>3</sup> ) (STIMATO)                                   |                      |                                    |                                    |                                    |
| INDICE CBR IPI a 2,5 mm (all' umidità ottima)                       | 29.0                 |                                    |                                    |                                    |
| INDICE CBR IPI a 5,0 mm (all' umidità ottima)                       | 30.8                 |                                    |                                    |                                    |
| INDICE CBR immerso 96h a 2,5 mm (all' umidità ottima)               | 5.1                  |                                    |                                    |                                    |
| INDICE CBR immerso 96h a 5,0 mm (all' umidità ottima)               | 6.2                  |                                    |                                    |                                    |
| Rigonfiamento dopo immersione 96h (%)                               | 2.88                 |                                    |                                    |                                    |
| Umidità dopo 96 ore di immersione (%)                               | 17.2                 |                                    |                                    |                                    |
| SOSTANZA ORGANICA (%)   |                      |                                    |                                    |                                    |
| Consumo iniziale di calce (CIC) (%)                                 |                      |                                    |                                    |                                    |
| INDICE CBR IPI a 2,5 mm (all' umidità ottima)                       |                      | 62.6                               | 78.4                               | 86.2                               |
| INDICE CBR IPI a 5,0 mm (all' umidità ottima)                       |                      | 65.5                               | 78.7                               | 99.8                               |
| INDICE CBR immerso 96h a 2,5 mm (all' umidità ottima) (7 gg)        |                      | 67.0                               | 90                                 | 102.4                              |
| INDICE CBR immerso 96h a 5,0 mm (all' umidità ottima) (7 gg)        |                      | 72.3                               | 81.9                               | 109.4                              |
| Rigonfiamento dopo immersione 96h (%) (7 gg)                        |                      | 0.07                               | 0.05                               | 0.07                               |
| Umidità dopo 96 ore di immersione (%) (7 gg)                        |                      | 16.4                               | 17.7                               | 18.8                               |
| INDICE CBR immerso 96h a 2,5 mm (all' umidità ottima) (28 gg)       |                      | 77.4                               | 92.8                               | 110.2                              |
| INDICE CBR immerso 96h a 5,0 mm (all' umidità ottima) (28 gg)       |                      | 73.2                               | 91.6                               | 107.8                              |
| Rigonfiamento dopo immersione 96h (%) (28 gg)                       |                      | 0.02                               | 0.06                               | 0.04                               |
| Umidità dopo 96 ore di immersione (%) (28 gg)                       |                      | 14.61                              | 16.63                              | 17.91                              |
| ELL 7 gg compattata a OPT -2% (tensione verticale Mpa)              |                      | 0.53                               | 0.69                               | 0.88                               |
| ELL 7 gg compattata a OPT -2% (Coes. non drenata Cu (MPa))          |                      | 0.27                               | 0.35                               | 0.44                               |
| ELL 7 gg compattata a OPT (tensione verticale Mpa)                  |                      | 0.53                               | 0.83                               | 0.88                               |
| ELL 7 gg compattata a OPT (Coes. non drenata Cu (MPa))              |                      | 0.27                               | 0.41                               | 0.44                               |
| ELL 7 gg compattata a OPT +2% (tensione verticale Mpa)              |                      | 0.49                               | 0.81                               | 0.96                               |
| ELL 7 gg compattata a OPT +2% (Coes. non drenata Cu (MPa))          |                      | 0.25                               | 0.4                                | 0.48                               |
| ELL 28 gg compattata a OPT -2% (tensione verticale Mpa)             |                      | 0.58                               | 0.8                                | 1.04                               |
| ELL 28 gg compattata a OPT -2% (Coes. non drenata Cu (MPa))         |                      | 0.29                               | 0.4                                | 0.52                               |
| ELL 28 gg compattata a OPT (tensione verticale Mpa)                 |                      | 0.54                               | 0.84                               | 1.13                               |
| ELL 28 gg compattata a OPT (Coes. non drenata Cu (MPa))             |                      | 0.27                               | 0.42                               | 0.57                               |
| ELL 28 gg compattata a OPT +2% (tensione verticale Mpa)             |                      | 0.64                               | 0.82                               | 1.04                               |
| ELL 28 gg compattata a OPT +2% (Coes. non drenata Cu (MPa))         |                      | 0.32                               | 0.41                               | 0.52                               |

Tabella 33 - – Risultati delle prove di miscelazione con calce eseguite su materiale del pozzetto PTPE

11

| POZZETTO ESPLORATIVO  | PT-PE-11                    |                                 |                                 |                                 |
|---|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|   | PT-PE-11 naturale           | PT-PE-11 trattato a CaO al 2,0% | PT-PE-11 trattato a CaO al 2,5% | PT-PE-11 trattato a CaO al 3,0% |
| Camp.   | 0,50 - 1,00 + 1,50 - 2,00 m |                                 |                                 |                                 |
| Prof. (m da p.c.)   |                             |                                 |                                 |                                 |
| Descrizione   |                             |                                 |                                 |                                 |
| UNI 11531-1   |                             |                                 |                                 |                                 |
| ghiaia (> 2 mm)   |                             |                                 |                                 |                                 |
| sabbia (> 0.06 mm)  |                             |                                 |                                 |                                 |
| limo (> 2 µm)   |                             |                                 |                                 |                                 |
| argilla (< 2 µm)  |                             |                                 |                                 |                                 |
| Wn  |                             |                                 |                                 |                                 |
| LL  |                             |                                 |                                 |                                 |
| LP  |                             |                                 |                                 |                                 |
| IP  |                             |                                 |                                 |                                 |
| γ ricostituito max umido da prova proctor mod. (Mg/m <sup>3</sup> ) | 2.055                       | 2.054                           | 2.055                           | 2.054                           |
| γ ricostituito max secco da prova proctor mod. (Mg/m <sup>3</sup> ) | 1.815                       | 1.805                           | 1.793                           | 1.765                           |
| W% Ottimo da prova proctor mod.                                     | 13.2                        | 13.8                            | 14.6                            | 16.4                            |
| Gs (Mg/m <sup>3</sup> ) (STIMATO)                                   |                             |                                 |                                 |                                 |
| INDICE CBR IPI a 2,5 mm (all' umidità ottima)                       | 46.4                        |                                 |                                 |                                 |
| INDICE CBR IPI a 5,0 mm (all' umidità ottima)                       | 48.4                        |                                 |                                 |                                 |
| INDICE CBR immerso 96h a 2,5 m m (all' umidità ottima)              | 6.5                         |                                 |                                 |                                 |
| INDICE CBR immerso 96h a 5,0 m m (all' umidità ottima)              | 6.4                         |                                 |                                 |                                 |
| Rigonfiamento dopo immersione 96h (%)                               | 3.89                        |                                 |                                 |                                 |
| Umidità dopo 96 ore di immersione (%)                               | 21.1                        |                                 |                                 |                                 |
| SOSTANZA ORGANICA (%)   |                             |                                 |                                 |                                 |
| Consumo iniziale di calce (CIC) (%)                                 |                             |                                 |                                 |                                 |
| INDICE CBR IPI a 2,5 mm (all' umidità ottima)                       |                             | 62                              | 77.6                            | 95.3                            |
| INDICE CBR IPI a 5,0 mm (all' umidità ottima)                       |                             | 62.3                            | 85.5                            | 94.8                            |
| INDICE CBR immerso 96h a 2,5 m m (all' umidità ottima) (7 gg)       |                             | 80.4                            | 75.9                            | 105.7                           |
| INDICE CBR immerso 96h a 5,0 m m (all' umidità ottima) (7 gg)       |                             | 68.1                            | 91.5                            | 108.7                           |
| Rigonfiamento dopo immersione 96h (%) (7 gg)                        |                             | 0.12                            | 0.04                            | 0.04                            |
| Umidità dopo 96 ore di immersione (%) (7 gg)                        |                             | 17.0                            | 18.3                            | 18.9                            |
| INDICE CBR immerso 96h a 2,5 m m (all' umidità ottima) (28 gg)      |                             | 86.8                            | 106.2                           | 120.9                           |
| INDICE CBR immerso 96h a 5,0 m m (all' umidità ottima) (28 gg)      |                             | 85.5                            | 104.3                           | 117.6                           |
| Rigonfiamento dopo immersione 96h (%) (28 gg)                       |                             | 0.05                            | 0.03                            | 0.03                            |
| Umidità dopo 96 ore di immersione (%) (28 gg)                       |                             | 14.83                           | 18.9                            | 18.72                           |
| ELL 7 gg compattata a OPT -2% (tensione verticale Mpa)              |                             | 0.64                            | 0.77                            | 0.89                            |
| ELL 7 gg compattata a OPT -2% (Coes. non drenata Cu (MPa))          |                             | 0.32                            | 0.38                            | 0.45                            |
| ELL 7 gg compattata a OPT (tensione verticale Mpa)                  |                             | 0.69                            | 0.87                            | 0.96                            |
| ELL 7 gg compattata a OPT (Coes. non drenata Cu (MPa))              |                             | 0.35                            | 0.44                            | 0.48                            |
| ELL 7 gg compattata a OPT +2% (tensione verticale Mpa)              |                             | 0.68                            | 0.87                            | 1.06                            |
| ELL 7 gg compattata a OPT +2% (Coes. non drenata Cu (MPa))          |                             | 0.34                            | 0.44                            | 0.53                            |
| ELL 28 gg compattata a OPT -2% (tensione verticale Mpa)             |                             | 0.75                            | 1.04                            | 1.24                            |
| ELL 28 gg compattata a OPT -2% (Coes. non drenata Cu (MPa))         |                             | 0.37                            | 0.52                            | 0.62                            |
| ELL 28 gg compattata a OPT (tensione verticale Mpa)                 |                             | 0.78                            | 1.09                            | 1.39                            |
| ELL 28 gg compattata a OPT (Coes. non drenata Cu (MPa))             |                             | 0.39                            | 0.55                            | 0.69                            |
| ELL 28 gg compattata a OPT +2% (tensione verticale Mpa)             |                             | 0.79                            | 1.08                            | 1.18                            |
| ELL 28 gg compattata a OPT +2% (Coes. non drenata Cu (MPa))         |                             | 0.39                            | 0.54                            | 0.59                            |

Tabella 34 – – Risultati delle prove di miscelazione con calce eseguite su materiali dei pozzetti PTPE 8 – 9 - 10 – 13

| POZZETTO ESPLORATIVO  | PT-PE-08+09+10+13       |  |  |  |
|---|-------------------------|--|--|--|
|   | PTPE-8+9+10+13 naturale | PTPE-8+9+10+13 trattato a CaO al 2,5 % | PTPE-8+9+10+13 trattato a CaO al 3,0 % | PTPE-8+9+10+13 trattato a CaO al 3,5 % |
| Camp.   | 0,50 - 1,00 m           |  |  |  |
| Prof. (m da p.c.)   |                         |  |  |  |
| Descrizione   |                         |  |  |  |
| UNI 11531-1   |                         |  |  |  |
| ghiaia (> 2 mm)   |                         |  |  |  |
| sabbia (> 0.06 mm)  |                         |  |  |  |
| limo (> 2 µm)   |                         |  |  |  |
| argilla (< 2 µm)  |                         |  |  |  |
| Wn  |                         |  |  |  |
| LL  |                         |  |  |  |
| LP  |                         |  |  |  |
| IP  |                         |  |  |  |
| γ ricostituito max umido da prova proctor mod. (Mg/m <sup>3</sup> ) | 2.021                   | 2.022                                  | 2.022                                  | 2.001                                  |
| γ ricostituito max secco da prova proctor mod. (Mg/m <sup>3</sup> ) | 1.736                   | 1.721                                  | 1.705                                  | 1.673                                  |
| W% Ottimo da prova proctor mod.                                     | 16.4                    | 17.5                                   | 18.6                                   | 19.6                                   |
| Gs (Mg/m <sup>3</sup> ) (STIMATO)                                   |                         |  |  |  |
| INDICE CBR IPI a 2,5 mm (all' umidità ottima)                       | 28.7                    |  |  |  |
| INDICE CBR IPI a 5,0 mm (all' umidità ottima)                       | 32.4                    |  |  |  |
| INDICE CBR immerso 96h a 2,5 mm (all' umidità ottima)               | 2.8                     |  |  |  |
| INDICE CBR immerso 96h a 5,0 mm (all' umidità ottima)               | 4.1                     |  |  |  |
| Rigonfiamento dopo immersione 96h (%)                               | 4.02                    |  |  |  |
| Umidità dopo 96 ore di immersione (%)                               | 21.1                    |  |  |  |
| SOSTANZA ORGANICA (%)   |                         |  |  |  |
| Consumo iniziale di calce (CIC) (%)                                 |                         |  |  |  |
| INDICE CBR IPI a 2,5 mm (all' umidità ottima)                       |                         | 61.4                                   | 63.4                                   | 65.3                                   |
| INDICE CBR IPI a 5,0 mm (all' umidità ottima)                       |                         | 62.9                                   | 70.1                                   | 72.3                                   |
| INDICE CBR immerso 96h a 2,5 mm (all' umidità ottima) (7 gg)        |                         | 86.7                                   | 106.4                                  | 146.4                                  |
| INDICE CBR immerso 96h a 5,0 mm (all' umidità ottima) (7 gg)        |                         | 65.4                                   | 84,6                                   | 118.9                                  |
| Rigonfiamento dopo immersione 96h (%) (7 gg)                        |                         | 0.06                                   | 0.04                                   | 0.06                                   |
| Umidità dopo 96 ore di immersione (%) (7 gg)                        |                         | 19.9                                   | 20.9                                   | 22.6                                   |
| INDICE CBR immerso 96h a 2,5 mm (all' umidità ottima) (28 gg)       |                         | 86.8                                   | 123.7                                  | 154.4                                  |
| INDICE CBR immerso 96h a 5,0 mm (all' umidità ottima) (28 gg)       |                         | 96.9                                   | 116.6                                  | 143.1                                  |
| Rigonfiamento dopo immersione 96h (%) (28 gg)                       |                         | 0.03                                   | 0.03                                   | 0.06                                   |
| Umidità dopo 96 ore di immersione (%) (28 gg)                       |                         | 19.82                                  | 20.5                                   | 22.31                                  |
| ELL 7 gg compattata a OPT -2% (tensione verticale Mpa)              |                         | 0.44                                   | 0.71                                   | 0.86                                   |
| ELL 7 gg compattata a OPT -2% (Coes. non drenata Cu (MPa))          |                         | 0.22                                   | 0.36                                   | 0.43                                   |
| ELL 7 gg compattata a OPT (tensione verticale Mpa)                  |                         | 0.47                                   | 0.68                                   | 0.99                                   |
| ELL 7 gg compattata a OPT (Coes. non drenata Cu (MPa))              |                         | 0.24                                   | 0.34                                   | 0.49                                   |
| ELL 7 gg compattata a OPT +2% (tensione verticale Mpa)              |                         | 0.39                                   | 0.73                                   | 1.05                                   |
| ELL 7 gg compattata a OPT +2% (Coes. non drenata Cu (MPa))          |                         | 0.19                                   | 0.37                                   | 0.52                                   |
| ELL 28 gg compattata a OPT -2% (tensione verticale Mpa)             |                         | 0.51                                   | 0.93                                   | 1.09                                   |
| ELL 28 gg compattata a OPT -2% (Coes. non drenata Cu (MPa))         |                         | 0.26                                   | 0.47                                   | 0.55                                   |
| ELL 28 gg compattata a OPT (tensione verticale Mpa)                 |                         | 0.6                                    | 0.87                                   | 1.11                                   |
| ELL 28 gg compattata a OPT (Coes. non drenata Cu (MPa))             |                         | 0.3                                    | 0.43                                   | 0.55                                   |
| ELL 28 gg compattata a OPT +2% (tensione verticale Mpa)             |                         | 0.74                                   | 0.87                                   | 1.02                                   |
| ELL 28 gg compattata a OPT +2% (Coes. non drenata Cu (MPa))         |                         | 0.37                                   | 0.44                                   | 0.51                                   |

GENERAL CONTRACTOR





ALTA SORVEGLIANZA





|   |          |       |                 |               |
|---|----------|-------|-----------------|---------------|
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990) | Progetto | Lotto | Codifica        | Foglio        |
|   | IN17     | 10    | EI2RBGE0000002C | 145 di<br>176 |



**ALLEGATI**

|   |   |                     |                                     |                                  |
|---|---|---------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio IricAV Due</p> | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR<br/>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> |                     |                                     |                                  |
| <p>Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)</p>  | <p>Progetto<br/>IN17</p>  | <p>Lotto<br/>10</p> | <p>Codifica<br/>E12RBGE0000002C</p> | <p>Foglio<br/>146 di<br/>176</p> |

**ALLEGATO 1 - SINTESI DEI RISULTATI DELLE PROVE FISICHE DI LABORATORIO**



|   |  |  |             |                             |                         |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> |  | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   |  | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>147 di<br>176 |

| Sond.    | Prog.    | CAMPAGNA  | Quota    | Campione | Prof.    | Ghiaia | Sabbia | Limo  | Argilla | L+A   | $\gamma_t$           | Gs   | w <sub>n</sub> | LL    | LP    |
|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|-------|----------------------|------|----------------|-------|-------|
|          | [Pk.Km.] |           | [m slmm] |          | [m p.c.] | (%)    | (%)    | (%)   | (%)     | (%)   | [kN/m <sup>3</sup> ] | [-]  | [%]            | [%]   | [%]   |
| BH-PE-16 | 10+524   | 2021      | 31.62    |          | 1.73     | 2.00   | 21.00  | 71.00 | 6.00    | 77.00 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-16 | 10+524   | 2021      | 31.62    |          | 4.73     | 3.00   | 69.00  |       |         | 28.00 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-16 | 10+524   | 2021      | 31.62    |          | 7.73     | 66.00  | 31.00  |       |         | 3.00  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-16 | 10+524   | 2021      | 31.62    |          | 10.73    | 24.00  | 63.00  |       |         | 13.00 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-16 | 10+524   | 2021      | 31.62    |          | 13.73    | 26.00  | 66.00  |       |         | 8.00  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-16 | 10+524   | 2021      | 31.62    | A        | 15.25    | 0.00   | 3.00   | 77.00 | 20.00   | 97.00 | 19.24                |      | 25.00          | 36.00 | 21.00 |
| BH-PE-16 | 10+524   | 2021      | 31.62    |          | 19.75    | 0.00   | 48.00  |       |         | 52.00 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-16 | 10+524   | 2021      | 31.62    |          | 25.73    | 6.00   | 79.00  |       |         | 15.00 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-16 | 10+524   | 2021      | 31.62    |          | 28.73    | 28.00  | 62.00  |       |         | 10.00 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-16 | 10+524   | 2021      | 31.62    |          | 32.73    | 1.00   | 84.00  |       |         | 15.00 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-16 | 10+524   | 2021      | 31.62    |          | 38.73    | 7.00   | 71.00  |       |         | 22.00 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-16 | 10+524   | 2021      | 31.62    |          | 44.73    | 0.00   | 63.00  |       |         | 37.00 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-16 | 10+524   | 2021      | 31.62    |          | 26.23    | 0.00   | 94.00  |       |         | 6.00  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-16 | 10+524   | 2021      | 31.62    |          | 53.73    | 0.00   | 84.00  |       |         | 16.00 |                      |      |                |       |       |
| SPA16    | 10+536   | 2014/2015 | 29.8     | A        | 1.80     | 0.00   | 8.50   | 76.50 | 15.00   | 91.50 |                      | 2.68 | 30.10          | 59.50 | 25.00 |
| SPA16    | 10+536   | 2014/2015 | 29.8     | B        | 19.80    | 0.00   | 15.50  | 77.00 | 7.50    | 84.50 | 19.30                | 2.76 |                |       |       |
| SPA16    | 10+536   | 2014/2015 | 29.8     | C        | 39.70    | 0.00   | 5.00   | 80.00 | 15.00   | 95.00 | 20.00                | 2.76 | 28.20          | 45.30 | 24.70 |
| SPA16    | 10+536   | 2014/2015 | 29.8     |          | 3.30     | 42.50  | 52.50  |       |         | 5.00  |                      |      |                |       |       |
| SPA16    | 10+536   | 2014/2015 | 29.8     |          | 4.73     | 37.50  | 32.50  |       |         | 30.00 |                      |      |                |       |       |
| SPA16    | 10+536   | 2014/2015 | 29.8     |          | 6.35     | 70.00  | 20.00  |       |         | 10.00 |                      |      |                |       |       |



|   |  |  |             |                             |                         |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> |  | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   |  | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>148 di<br>176 |

| Sond.     | Prog.    | CAMPAGNA  | Quota    | Campione | Prof.    | Ghiaia | Sabbia | Limo  | Argilla | L+A   | $\gamma_t$           | Gs  | w <sub>n</sub> | LL    | LP    |
|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|-------|----------------------|-----|----------------|-------|-------|
|           | [Pk.Km.] |           | [m slmm] |          | [m p.c.] | (%)    | (%)    | (%)   | (%)     | (%)   | [kN/m <sup>3</sup> ] | [-] | [%]            | [%]   | [%]   |
| SPA16     | 10+536   | 2014/2015 | 29.8     |          | 9.23     | 52.50  | 42.50  |       |         | 5.00  |                      |     |                |       |       |
| SPA16     | 10+536   | 2014/2015 | 29.8     |          | 12.23    | 72.50  | 22.50  |       |         | 5.00  |                      |     |                |       |       |
| SPA16     | 10+536   | 2014/2015 | 29.8     |          | 13.73    | 5.00   | 80.00  |       |         | 15.00 |                      |     |                |       |       |
| SPA16     | 10+536   | 2014/2015 | 29.8     |          | 15.23    | 12.50  | 75.00  |       |         | 12.50 |                      |     |                |       |       |
| SPA16     | 10+536   | 2014/2015 | 29.8     |          | 22.73    | 0.00   | 22.50  |       |         | 77.50 |                      |     |                |       |       |
| SPA16     | 10+536   | 2014/2015 | 29.8     |          | 28.73    | 0.00   | 95.00  |       |         | 5.00  |                      |     |                |       |       |
| SPA16     | 10+536   | 2014/2015 | 29.8     |          | 34.73    | 0.00   | 87.50  |       |         | 12.50 |                      |     |                |       |       |
| SPA16     | 10+536   | 2014/2015 | 29.8     |          | 43.73    | 0.00   | 42.50  |       |         | 57.50 |                      |     |                |       |       |
| SPA16     | 10+536   | 2014/2015 | 29.8     |          | 48.73    | 0.00   | 80.00  |       |         | 20.00 |                      |     |                |       |       |
| BH-PE-22  | 10+580   | 2021      | 29.19    |          | 1.78     | 2.00   | 20.00  | 57.00 | 21.00   | 78.00 |                      |     |                | 36.00 | 17.00 |
| BH-PE-22  | 10+580   | 2021      | 29.19    | CI1      | 3.75     | 0.00   | 15.00  | 67.00 | 18.00   | 85.00 | 18.33                |     | 32.00          | 40.00 | 18.00 |
| BH-PE-22  | 10+580   | 2021      | 29.19    |          | 7.78     | 70.00  | 23.00  |       |         | 7.00  |                      |     |                |       |       |
| BH-PE-22  | 10+580   | 2021      | 29.19    |          | 13.75    | 0.00   | 76.00  |       |         | 24.00 |                      |     |                |       |       |
| BH-PE-22  | 10+580   | 2021      | 29.19    | CI2      | 15.25    | 0.00   | 5.00   | 80.00 | 15.00   | 95.00 | 18.66                |     | 31.00          | 40.00 | 21.00 |
| BH-PE-22  | 10+580   | 2021      | 29.19    |          | 15.78    | 0.00   | 9.00   |       |         | 91.00 |                      |     |                |       |       |
| BH-PE-22  | 10+580   | 2021      | 29.19    |          | 18.78    | 1.00   | 89.00  |       |         | 10.00 |                      |     |                |       |       |
| BH-PE-22  | 10+580   | 2021      | 29.19    |          | 24.78    | 16.00  | 69.00  |       |         | 15.00 |                      |     |                |       |       |
| BH-PE-22  | 10+580   | 2021      | 29.19    |          | 30.78    | 1.00   | 87.00  |       |         | 12.00 |                      |     |                |       |       |
| BH-PE-22  | 10+580   | 2021      | 29.19    |          | 36.78    | 6.00   | 91.00  |       |         | 3.00  |                      |     |                |       |       |
| BH-PE-22  | 10+580   | 2021      | 29.19    |          | 42.78    | 0.00   | 96.00  |       |         | 4.00  |                      |     |                |       |       |
| XA203P010 | 11+460   | 2002      | 29.5     |          | 3.63     | 0.20   | 11.40  | 58.00 | 30.40   | 88.40 | 19.20                |     |                |       |       |





|   |  |  |             |                             |                         |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> |  | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   |  | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>149 di<br>176 |



| Sond.     | Prog.    | CAMPAGNA  | Quota    | Campione | Prof.    | Ghiaia | Sabbia | Limo  | Argilla | L+A    | $\gamma_t$           | Gs   | w <sub>n</sub> | LL    | LP    |
|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|--------|----------------------|------|----------------|-------|-------|
|           | [Pk.Km.] |           | [m slmm] |          | [m p.c.] | (%)    | (%)    | (%)   | (%)     | (%)    | [kN/m <sup>3</sup> ] | [-]  | [%]            | [%]   | [%]   |
| XA203P010 | 11+460   | 2002      | 29.5     |          | 6.30     | 60.10  | 26.10  | 0.00  | 0.00    | 0.00   | 17.70                |      |                |       |       |
| XA203P010 | 11+460   | 2002      | 29.5     |          | 12.43    | 0.40   | 90.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00   | 17.30                |      |                |       |       |
| XA203P010 | 11+460   | 2002      | 29.5     |          | 15.43    | 0.00   | 27.50  | 66.30 | 6.20    | 72.50  | 17.60                |      |                |       |       |
| XA203P010 | 11+460   | 2002      | 29.5     |          | 18.43    | 0.40   | 88.90  | 0.00  | 0.00    | 0.00   | 18.50                |      |                |       |       |
| XA203P010 | 11+460   | 2002      | 29.5     |          | 21.43    | 0.70   | 94.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00   | 16.70                |      |                |       |       |
| XA203P010 | 11+460   | 2002      | 29.5     |          | 24.43    | 0.70   | 96.20  | 0.00  | 0.00    | 0.00   | 17.70                |      |                |       |       |
| XA203P010 | 11+460   | 2002      | 29.5     |          | 27.43    | 0.70   | 91.90  | 0.00  | 0.00    | 0.00   | 18.30                |      |                |       |       |
| XA203P010 | 11+460   | 2002      | 29.5     |          | 30.43    | 1.30   | 89.80  | 0.00  | 0.00    | 0.00   | 18.50                |      |                |       |       |
| XA203P010 | 11+460   | 2002      | 29.5     |          | 33.43    | 0.30   | 80.60  | 13.50 | 5.60    | 19.10  | 20.10                |      |                |       |       |
| XA203P010 | 11+460   | 2002      | 29.5     |          | 35.25    | 0.10   | 78.30  | 13.60 | 8.00    | 21.60  | 19.40                |      |                |       |       |
| XA203P010 | 11+460   | 2002      | 29.5     |          | 39.43    | 0.00   | 63.30  | 21.40 | 15.30   | 36.70  | 20.20                |      |                |       |       |
| SP17      | 11+525   | 2014/2015 | 29.8     | A        | 1.30     | 0.00   | 0.00   | 82.50 | 17.50   | 100.00 | 18.90                | 2.75 | 30.40          | 61.30 | 26.60 |
| SP17      | 11+525   | 2014/2015 | 29.8     | B        | 3.30     | 5.00   | 5.00   | 80.00 | 10.00   | 90.00  | 19.80                | 2.73 | 28.90          | 33.40 | 25.30 |
| SP17      | 11+525   | 2014/2015 | 29.8     |          | 4.73     | 0.00   | 90.00  |       |         | 10.00  |                      |      |                |       |       |
| SP17      | 11+525   | 2014/2015 | 29.8     |          | 6.23     | 2.50   | 87.50  |       |         | 10.00  |                      |      |                |       |       |
| SP17      | 11+525   | 2014/2015 | 29.8     |          | 9.25     | 80.00  | 15.00  |       |         | 5.00   |                      |      |                |       |       |
| SP17      | 11+525   | 2014/2015 | 29.8     |          | 12.25    | 35.00  | 60.00  |       |         | 5.00   |                      |      |                |       |       |
| SP17      | 11+525   | 2014/2015 | 29.8     |          | 16.73    | 0.00   | 40.00  |       |         | 60.00  |                      |      |                |       |       |
| SP17      | 11+525   | 2014/2015 | 29.8     |          | 22.73    | 0.00   | 90.00  |       |         | 10.00  |                      |      |                |       |       |
| SP17      | 11+525   | 2014/2015 | 29.8     |          | 28.73    | 0.00   | 92.50  |       |         | 7.50   |                      |      |                |       |       |
| SP17      | 11+525   | 2014/2015 | 29.8     |          | 34.73    | 1.50   | 90.00  |       |         | 8.50   |                      |      |                |       |       |

|   |  |  |             |                             |                         |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> |  | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   |  | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>150 di<br>176 |



| Sond.    | Prog.    | CAMPAGNA  | Quota    | Campione | Prof.    | Ghiaia | Sabbia | Limo  | Argilla | L+A   | $\gamma_t$           | Gs   | w <sub>n</sub> | LL    | LP    |
|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|-------|----------------------|------|----------------|-------|-------|
|          | [Pk.Km.] |           | [m slmm] |          | [m p.c.] | (%)    | (%)    | (%)   | (%)     | (%)   | [kN/m <sup>3</sup> ] | [-]  | [%]            | [%]   | [%]   |
| SP17     | 11+525   | 2014/2015 | 29.8     |          | 40.48    | 0.00   | 90.00  |       |         | 10.00 |                      |      |                |       |       |
| SP17     | 11+525   | 2014/2015 | 29.8     |          | 46.73    | 0.00   | 90.50  |       |         | 9.50  |                      |      |                |       |       |
| SP17     | 11+525   | 2014/2015 | 29.8     |          | 48.75    | 0.00   | 1.50   | 87.00 | 11.50   | 98.50 |                      |      |                | 45.50 | 26.80 |
| BH-PE-24 | 11+597   | 2021      | 27.51    |          | 1.93     | 0.00   | 20.29  | 61.76 | 17.95   | 79.71 |                      | 2.72 |                | 64.00 | 32.00 |
| BH-PE-24 | 11+597   | 2021      | 27.51    |          | 3.23     | 0.00   | 95.90  |       |         | 4.10  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-24 | 11+597   | 2021      | 27.51    |          | 4.75     | 64.90  | 31.90  |       |         | 1.80  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-24 | 11+597   | 2021      | 27.51    |          | 7.75     | 69.90  | 19.50  |       |         | 6.00  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-24 | 11+597   | 2021      | 27.51    |          | 12.23    | 0.30   | 94.00  |       |         | 5.70  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-25 | 11+697   | 2020      | 27.54    |          | 1.73     | 1.69   | 81.98  | 11.15 | 5.19    | 16.34 |                      | 2.70 |                |       |       |
| BH-PE-25 | 11+697   | 2020      | 27.54    |          | 3.25     | 78.50  | 15.20  |       |         | 3.70  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-25 | 11+697   | 2020      | 27.54    |          | 4.75     | 70.50  | 17.00  |       |         | 8.60  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-25 | 11+697   | 2020      | 27.54    |          | 6.25     | 74.80  | 15.80  |       |         | 9.40  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-25 | 11+697   | 2020      | 27.54    |          | 9.25     | 72.20  | 17.30  |       |         | 10.50 |                      |      |                |       |       |
| SPAA19   | 11+725   | 2014/2015 | 28.1     | A        | 15.95    | 0.00   | 6.50   | 91.00 | 2.50    | 93.50 | 18.80                | 2.73 | 30.40          | 48.40 | 22.30 |
| SPAA19   | 11+725   | 2014/2015 | 28.1     |          | 1.00     | 0.00   | 17.50  | 62.50 | 20.00   | 82.50 |                      |      |                |       |       |
| SPAA19   | 11+725   | 2014/2015 | 28.1     |          | 3.25     | 60.00  | 32.50  |       |         | 7.50  |                      |      |                |       |       |
| SPAA19   | 11+725   | 2014/2015 | 28.1     |          | 9.25     | 75.00  | 20.00  |       |         | 5.00  |                      |      |                |       |       |
| SPAA19   | 11+725   | 2014/2015 | 28.1     |          | 18.23    | 0.00   | 65.00  |       |         | 35.00 |                      |      |                |       |       |
| SPAA19   | 11+725   | 2014/2015 | 28.1     |          | 21.23    | 0.00   | 95.00  |       |         | 5.00  |                      |      |                |       |       |
| SPAA19   | 11+725   | 2014/2015 | 28.1     |          | 24.23    | 1.50   | 91.00  |       |         | 7.50  |                      |      |                |       |       |
| SPAA19   | 11+725   | 2014/2015 | 28.1     |          | 27.23    | 5.00   | 76.00  |       |         | 19.00 |                      |      |                |       |       |

|   |  |  |             |                             |                         |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> |  | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   |  | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>151 di<br>176 |



| Sond.    | Prog.    | CAMPAGNA  | Quota    | Campione | Prof.    | Ghiaia | Sabbia | Limo  | Argilla | L+A   | $\gamma_t$           | Gs   | w <sub>n</sub> | LL    | LP    |
|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|-------|----------------------|------|----------------|-------|-------|
|          | [Pk.Km.] |           | [m slmm] |          | [m p.c.] | (%)    | (%)    | (%)   | (%)     | (%)   | [kN/m <sup>3</sup> ] | [-]  | [%]            | [%]   | [%]   |
| SPAA19   | 11+725   | 2014/2015 | 28.1     |          | 30.23    | 0.00   | 92.50  |       |         | 7.50  |                      |      |                |       |       |
| SPAA19   | 11+725   | 2014/2015 | 28.1     |          | 36.23    | 0.00   | 80.00  |       |         | 20.00 |                      |      |                |       |       |
| SPAA19   | 11+725   | 2014/2015 | 28.1     |          | 46.20    | 0.00   | 90.00  |       |         | 10.00 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-27 | 12+319   | 2020      | 25.96    |          | 1.78     | 0.00   | 31.10  |       |         | 68.80 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-27 | 12+319   | 2020      | 25.96    |          | 4.78     | 47.20  | 37.80  |       |         | 15.10 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-27 | 12+319   | 2020      | 25.96    |          | 7.78     | 84.80  | 5.10   |       |         | 2.20  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-27 | 12+319   | 2020      | 25.96    |          | 10.78    | 47.30  | 37.10  |       |         | 15.60 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-27 | 12+319   | 2020      | 25.96    |          | 15.23    | 0.00   | 77.25  | 19.62 | 3.13    | 22.75 |                      | 2.67 |                |       |       |
| BH-PE-27 | 12+319   | 2020      | 25.96    |          | 18.23    | 0.00   | 99.00  |       |         | 1.00  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-27 | 12+319   | 2020      | 25.96    |          | 24.23    | 0.30   | 96.70  |       |         | 3.00  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-27 | 12+319   | 2020      | 25.96    |          | 30.23    | 0.00   | 96.00  |       |         | 4.00  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-27 | 12+319   | 2020      | 25.96    |          | 36.23    | 0.00   | 97.20  |       |         | 2.80  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-27 | 12+319   | 2020      | 25.96    |          | 43.23    | 0.00   | 98.70  |       |         | 1.30  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-27 | 12+319   | 2020      | 25.96    |          | 46.23    | 1.50   | 98.50  |       |         | 1.50  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-28 | 13+132   | 2020      | 25.51    |          | 1.10     | 0.50   | 22.00  |       |         | 77.60 |                      | 2.71 | 37.42          | 36.00 | 27.00 |
| BH-PE-28 | 13+132   | 2020      | 25.51    | A        | 1.75     | 0.00   | 1.60   | 26.60 | 71.80   | 98.40 | 18.01                | 2.71 | 38.00          | 67.00 | 29.30 |
| BH-PE-28 | 13+132   | 2020      | 25.51    |          | 3.23     | 0.00   | 73.10  |       |         | 26.90 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-28 | 13+132   | 2020      | 25.51    |          | 6.25     | 72.50  | 20.90  |       |         | 3.40  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-28 | 13+132   | 2020      | 25.51    |          | 9.25     | 62.50  | 21.80  |       |         | 6.40  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-28 | 13+132   | 2020      | 25.51    |          | 15.23    | 1.10   | 95.10  |       |         | 3.80  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-28 | 13+132   | 2020      | 25.51    |          | 21.23    | 0.50   | 96.60  |       |         | 2.90  |                      |      |                |       |       |

|   |  |  |             |                             |                         |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> |  | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   |  | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>152 di<br>176 |



| Sond.    | Prog.    | CAMPAGNA | Quota    | Campione | Prof.    | Ghiaia | Sabbia | Limo  | Argilla | L+A   | $\gamma_t$           | Gs   | w <sub>n</sub> | LL    | LP    |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|-------|----------------------|------|----------------|-------|-------|
|          | [Pk.Km.] |          | [m slmm] |          | [m p.c.] | (%)    | (%)    | (%)   | (%)     | (%)   | [kN/m <sup>3</sup> ] | [-]  | [%]            | [%]   | [%]   |
| BH-PE-28 | 13+132   | 2020     | 25.51    |          | 27.23    | 1.30   | 92.90  |       |         | 5.70  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-28 | 13+132   | 2020     | 25.51    |          | 33.23    | 0.70   | 97.20  |       |         | 2.10  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-28 | 13+132   | 2020     | 25.51    |          | 42.23    | 0.40   | 97.50  |       |         | 2.10  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-29 | 13+287   | 2020     | 25.39    | A        | 2.00     | 0.05   | 72.83  | 19.33 | 7.79    | 27.12 | 19.16                | 2.77 | 27.77          |       |       |
| BH-PE-29 | 13+287   | 2020     | 25.39    |          | 2.53     | 3.60   | 84.30  |       |         | 12.10 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-29 | 13+287   | 2020     | 25.39    |          | 3.25     | 69.30  | 23.00  |       |         | 7.70  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-29 | 13+287   | 2020     | 25.39    |          | 4.25     | 68.70  | 19.40  |       |         | 11.90 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-29 | 13+287   | 2020     | 25.39    |          | 6.25     | 68.90  | 20.00  |       |         | 11.10 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-29 | 13+287   | 2020     | 25.39    |          | 9.25     | 69.50  | 23.40  |       |         | 7.10  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-29 | 13+287   | 2020     | 25.39    |          | 12.25    | 70.00  | 20.90  |       |         | 9.10  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-29 | 13+287   | 2020     | 25.39    |          | 15.23    | 1.80   | 88.40  |       |         | 9.80  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-29 | 13+287   | 2020     | 25.39    |          | 27.23    | 3.90   | 89.90  |       |         | 6.20  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-29 | 13+287   | 2020     | 25.39    |          | 33.23    | 3.60   | 88.10  |       |         | 8.20  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-29 | 13+287   | 2020     | 25.39    |          | 42.23    | 6.20   | 83.80  |       |         | 10.00 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-30 | 13+721   | 2021     | 27.85    |          | 1.73     | 0.00   | 10.86  | 58.81 | 30.33   | 89.14 |                      | 2.71 |                | 49.00 | 24.00 |
| BH-PE-30 | 13+721   | 2021     | 27.85    |          | 2.48     | 0.00   | 7.85   | 57.29 | 34.87   | 92.16 |                      | 2.72 |                | 48.00 | 24.00 |
| BH-PE-30 | 13+721   | 2021     | 27.85    |          | 3.25     | 45.50  | 37.10  |       |         | 17.40 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-30 | 13+721   | 2021     | 27.85    |          | 6.25     | 51.00  | 31.00  |       |         | 18.00 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-30 | 13+721   | 2021     | 27.85    |          | 9.25     | 49.10  | 34.20  |       |         | 16.70 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-30 | 13+721   | 2021     | 27.85    |          | 12.23    | 2.60   | 93.70  |       |         | 3.70  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-30 | 13+721   | 2021     | 27.85    |          | 24.23    | 3.20   | 91.60  |       |         | 5.30  |                      |      |                |       |       |

|   |  |  |             |                             |                         |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> |  | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   |  | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>153 di<br>176 |



| Sond.    | Prog.    | CAMPAGNA | Quota    | Campione | Prof.    | Ghiaia | Sabbia | Limo  | Argilla | L+A   | $\gamma_t$           | Gs   | w <sub>n</sub> | LL    | LP    |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|-------|----------------------|------|----------------|-------|-------|
|          | [Pk.Km.] |          | [m slmm] |          | [m p.c.] | (%)    | (%)    | (%)   | (%)     | (%)   | [kN/m <sup>3</sup> ] | [-]  | [%]            | [%]   | [%]   |
| BH-PE-30 | 13+721   | 2021     | 27.85    | CIA      | 15.25    | 0.00   | 5.32   | 70.35 | 24.34   | 94.69 | 18.84                | 2.63 | 28.87          | 36.00 | 24.00 |
| BH-PE-30 | 13+721   | 2021     | 27.85    | CIB      | 18.30    | 0.00   | 23.46  | 53.99 | 22.56   | 76.55 | 17.69                | 2.70 | 38.27          | 46.00 | 26.00 |
| BH-PE-31 | 14+641   | 2021     | 24.04    |          | 5.23     | 52.50  | 38.10  |       |         | 9.40  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-31 | 14+641   | 2021     | 24.04    |          | 8.23     | 51.90  | 37.80  |       |         | 10.30 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-31 | 14+641   | 2021     | 24.04    |          | 14.23    | 0.70   | 5.30   | 79.90 | 14.10   | 94.00 |                      | 2.67 |                |       |       |
| BH-PE-31 | 14+641   | 2021     | 24.04    |          | 20.23    | 0.70   | 28.20  | 38.50 | 32.60   | 71.10 |                      | 2.64 |                | 38.60 | 22.50 |
| BH-PE-31 | 14+641   | 2021     | 24.04    |          | 23.23    | 0.00   | 98.10  |       |         | 1.90  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-31 | 14+641   | 2021     | 24.04    |          | 32.23    | 0.00   | 97.60  |       |         | 2.40  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-31 | 14+641   | 2021     | 24.04    |          | 38.23    | 0.00   | 98.30  |       |         | 1.70  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-31 | 14+641   | 2021     | 24.04    |          | 44.23    | 0.00   | 98.80  |       |         | 1.20  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-31 | 14+641   | 2021     | 24.04    | CI1      | 1.75     | 0.70   | 4.90   | 31.10 | 63.30   | 94.40 | 17.80                | 2.71 | 39.10          | 55.30 | 28.90 |
| BH-PE-31 | 14+641   | 2021     | 24.04    | CI2      | 15.25    | 0.00   | 2.70   | 44.30 | 53.00   | 97.30 | 18.80                | 2.58 | 27.70          | 36.40 | 26.90 |
| BH-PE-32 | 14+691   | 2021     | 24.38    | CI1      | 1.25     | 0.00   | 10.00  | 49.10 | 40.90   | 90.00 | 19.40                | 2.61 | 23.30          | 40.70 | 25.10 |
| BH-PE-32 | 14+691   | 2021     | 24.38    | CI2      | 4.25     | 0.00   | 1.20   | 31.20 | 67.60   | 98.80 | 19.70                | 2.73 | 25.60          | 42.10 | 25.30 |
| BH-PE-32 | 14+691   | 2021     | 24.38    |          | 1.25     | 0.20   | 3.78   | 77.29 | 18.73   | 96.02 |                      |      |                | 59.00 | 32.00 |
| BH-PE-32 | 14+691   | 2021     | 24.38    |          | 8.78     | 77.20  | 19.60  |       |         | 3.10  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-32 | 14+691   | 2021     | 24.38    |          | 11.75    | 0.30   | 3.10   |       |         | 96.60 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-32 | 14+691   | 2021     | 24.38    |          | 12.55    | 0.00   | 5.10   |       |         | 95.00 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-32 | 14+691   | 2021     | 24.38    |          | 17.78    | 0.00   | 97.10  |       |         | 2.90  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-32 | 14+691   | 2021     | 24.38    | CI3      | 23.25    | 0.00   | 0.90   | 30.40 | 68.70   | 99.10 |                      | 2.60 | 20.60          | 44.40 | 23.70 |
| BH-PE-32 | 14+691   | 2021     | 24.38    |          | 26.78    | 0.00   | 68.77  | 23.87 | 7.40    | 31.27 |                      | 2.74 |                |       |       |

|   |  |  |             |                             |                         |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> |  | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   |  | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>154 di<br>176 |

| Sond.     | Prog.    | CAMPAGNA  | Quota    | Campione | Prof.    | Ghiaia | Sabbia | Limo  | Argilla | L+A   | $\gamma_t$           | Gs   | w <sub>n</sub> | LL    | LP    |
|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|-------|----------------------|------|----------------|-------|-------|
|           | [Pk.Km.] |           | [m slmm] |          | [m p.c.] | (%)    | (%)    | (%)   | (%)     | (%)   | [kN/m <sup>3</sup> ] | [-]  | [%]            | [%]   | [%]   |
| BH-PE-32  | 14+691   | 2021      | 24.38    |          | 29.78    | 0.00   | 98.10  |       |         | 1.90  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-32  | 14+691   | 2021      | 24.38    |          | 35.78    | 0.10   | 95.80  |       |         | 4.10  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-32  | 14+691   | 2021      | 24.38    |          | 41.78    | 0.00   | 95.40  |       |         | 4.60  |                      |      |                |       |       |
| XA203C011 | 15+140   | 2002      | 24.3     | A        | 17.00    |        |        |       |         | 0.00  | 17.90                |      | 37.10          | 44.20 |       |
| XA203C011 | 15+140   | 2002      | 24.3     |          | 4.93     | 5.90   | 79.40  | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 19.50                |      |                |       |       |
| XA203C011 | 15+140   | 2002      | 24.3     |          | 7.80     | 64.10  | 31.80  | 0.00  | 0.00    | 0.00  |                      |      |                |       |       |
| XA203C011 | 15+140   | 2002      | 24.3     |          | 12.43    | 0.00   | 78.80  | 12.50 | 8.70    | 21.20 | 20.40                |      |                |       |       |
| XA203C011 | 15+140   | 2002      | 24.3     |          | 19.93    | 0.30   | 92.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 17.90                |      |                |       |       |
| XA203C011 | 15+140   | 2002      | 24.3     |          | 21.90    | 0.00   | 1.70   | 30.70 | 67.60   | 98.30 | 17.30                |      | 39.10          | 86.30 | 51.30 |
| XA203C011 | 15+140   | 2002      | 24.3     |          | 24.43    | 0.00   | 65.10  | 21.70 | 13.20   | 34.90 | 21.20                |      |                |       |       |
| XA203C011 | 15+140   | 2002      | 24.3     |          | 30.43    | 0.20   | 95.80  | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 17.90                |      |                |       |       |
| XA203C011 | 15+140   | 2002      | 24.3     |          | 36.43    | 1.70   | 91.60  | 0.00  | 0.00    | 0.00  | 17.50                |      |                |       |       |
| BH-PE-33  | 15+860   | 2021      | 23.15    |          | 0.78     | 0.00   | 12.70  | 52.70 | 34.60   | 87.30 |                      | 2.65 |                | 45.00 | 31.00 |
| BH-PE-33  | 15+860   | 2021      | 23.15    |          | 1.98     | 0.00   | 0.70   | 39.00 | 60.30   | 99.30 |                      | 2.64 |                | 50.00 | 31.50 |
| BH-PE-33  | 15+860   | 2021      | 23.15    |          | 3.23     | 0.00   | 32.60  | 46.20 | 21.20   | 67.40 |                      | 2.67 |                |       |       |
| BH-PE-33  | 15+860   | 2021      | 23.15    |          | 3.85     | 0.00   | 61.30  | 25.60 | 13.10   | 38.70 |                      | 2.66 |                |       |       |
| BH-PE-33  | 15+860   | 2021      | 23.15    |          | 4.43     | 52.00  | 42.60  |       |         | 5.40  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-33  | 15+860   | 2021      | 23.15    |          | 6.83     | 52.30  | 42.70  |       |         | 5.00  |                      |      |                |       |       |
| SPA24     | 16+150   | 2014/2015 | 23.4     | A        | 3.30     | 2.50   | 7.50   | 71.50 | 18.50   | 90.00 | 20.40                | 2.68 | 28.00          | 35.30 | 24.40 |
| SPA24     | 16+150   | 2014/2015 | 23.4     |          | 14.00    | 0.00   | 10.00  | 65.00 | 25.00   | 90.00 |                      |      |                | 31.70 | 19.30 |
| SPA24     | 16+150   | 2014/2015 | 23.4     |          | 0.40     | 0.00   | 12.50  | 67.50 | 20.00   | 87.50 |                      |      |                | 65.70 | 25.00 |



|   |  |  |             |                             |                         |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> |  | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   |  | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>155 di<br>176 |

| Sond.    | Prog.    | CAMPAGNA  | Quota    | Campione | Prof.    | Ghiaia | Sabbia | Limo  | Argilla | L+A   | $\gamma_t$           | Gs   | w <sub>n</sub> | LL    | LP    |
|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|-------|----------------------|------|----------------|-------|-------|
|          | [Pk.Km.] |           | [m slmm] |          | [m p.c.] | (%)    | (%)    | (%)   | (%)     | (%)   | [kN/m <sup>3</sup> ] | [-]  | [%]            | [%]   | [%]   |
| SPA24    | 16+150   | 2014/2015 | 23.4     |          | 4.73     | 0.00   | 47.50  |       |         | 52.50 |                      |      |                |       |       |
| SPA24    | 16+150   | 2014/2015 | 23.4     |          | 7.73     | 45.00  | 47.50  |       |         | 7.50  |                      |      |                |       |       |
| SPA24    | 16+150   | 2014/2015 | 23.4     |          | 10.73    | 80.00  | 15.00  |       |         | 5.00  |                      |      |                |       |       |
| SPA24    | 16+150   | 2014/2015 | 23.4     |          | 15.23    | 0.00   | 75.00  |       |         | 25.00 |                      |      |                |       |       |
| SPA24    | 16+150   | 2014/2015 | 23.4     |          | 16.23    | 0.00   | 75.00  |       |         | 25.00 |                      |      |                |       |       |
| BH2V     | 16+475   | 2014/2015 | 22.25    |          | 1.73     | 0.00   | 65.00  |       |         | 35.00 |                      |      |                |       |       |
| BH2V     | 16+475   | 2014/2015 | 22.25    |          | 2.45     | 0.00   | 25.00  | 57.50 | 17.50   | 75.00 |                      |      |                | 45.50 | 23.40 |
| BH2V     | 16+475   | 2014/2015 | 22.25    |          | 7.23     | 55.00  | 32.50  |       |         | 12.50 |                      |      |                |       |       |
| BH2V     | 16+475   | 2014/2015 | 22.25    |          | 8.73     | 22.50  | 65.00  |       |         | 12.50 |                      |      |                |       |       |
| BH2V     | 16+475   | 2014/2015 | 22.25    |          | 15.23    | 0.00   | 30.00  |       |         | 70.00 |                      |      |                |       |       |
| BH2V     | 16+475   | 2014/2015 | 22.25    |          | 18.23    | 0.00   | 61.50  |       |         | 38.50 |                      |      |                |       |       |
| BH2V     | 16+475   | 2014/2015 | 22.25    |          | 22.48    | 2.50   | 95.00  |       |         | 2.50  |                      |      |                |       |       |
| BH2V     | 16+475   | 2014/2015 | 22.25    |          | 27.73    | 5.00   | 90.00  |       |         | 5.00  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-35 | 16+499   | 2020      | 22.60    |          | 1.75     | 0.05   | 23.49  | 63.03 | 13.43   | 76.46 |                      | 2.62 |                | 46.00 | 36.00 |
| BH-PE-35 | 16+499   | 2020      | 22.60    |          | 2.35     | 0.00   | 62.30  | 32.55 | 5.15    | 37.70 |                      | 2.72 |                |       |       |
| BH-PE-35 | 16+499   | 2020      | 22.60    |          | 4.78     | 72.20  | 16.00  |       |         | 11.80 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-35 | 16+499   | 2020      | 22.60    |          | 10.78    | 56.50  | 39.30  |       |         | 4.20  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-35 | 16+499   | 2020      | 22.60    |          | 16.78    | 61.10  | 34.30  |       |         | 4.50  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-35 | 16+499   | 2020      | 22.60    |          | 19.78    | 55.70  | 40.20  |       |         | 4.10  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-35 | 16+499   | 2020      | 22.60    |          | 25.78    | 0.00   | 78.00  |       |         | 22.00 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-35 | 16+499   | 2020      | 22.60    | CI       | 33.25    | 0.00   | 24.50  | 41.30 | 34.20   | 75.50 | 19.00                |      | 28.10          | 47.20 | 29.10 |



|   |  |  |             |                             |                         |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> |  | ALTA SORVEGLIANZA<br><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   |  | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>156 di<br>176 |

| Sond.    | Prog.    | CAMPAGNA  | Quota    | Campione | Prof.    | Ghiaia | Sabbia | Limo  | Argilla | L+A    | $\gamma_t$           | Gs   | w <sub>n</sub> | LL    | LP    |
|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|--------|----------------------|------|----------------|-------|-------|
|          | [Pk.Km.] |           | [m slmm] |          | [m p.c.] | (%)    | (%)    | (%)   | (%)     | (%)    | [kN/m <sup>3</sup> ] | [-]  | [%]            | [%]   | [%]   |
| BH-PE-35 | 16+499   | 2020      | 22.60    |          | 37.78    | 0.10   | 64.10  |       |         | 35.80  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-35 | 16+499   | 2020      | 22.60    |          | 43.78    | 0.00   | 70.60  |       |         | 29.40  |                      |      |                |       |       |
| SP24Bis  | 16+500   | 2014/2015 |          | A        | 1.30     | 0.00   | 0.00   | 70.00 | 30.00   | 100.00 | 19.30                | 2.74 | 37.30          | 60.30 | 25.00 |
| SP24Bis  | 16+500   | 2014/2015 |          | B        | 14.30    | 5.00   | 7.00   | 75.50 | 12.50   | 88.00  | 20.60                | 2.70 | 27.10          | 32.00 | 19.60 |
| SP24Bis  | 16+500   | 2014/2015 |          | C        | 24.80    | 0.00   | 10.00  | 67.50 | 22.50   | 90.00  | 18.70                | 2.70 | 36.00          | 64.10 | 23.70 |
| SP24Bis  | 16+500   | 2014/2015 |          |          | 2.40     | 0.00   | 27.50  | 60.00 | 12.50   | 72.50  |                      |      |                | 33.10 | 20.50 |
| SP24Bis  | 16+500   | 2014/2015 |          |          | 3.23     | 5.00   | 62.50  |       |         | 32.50  |                      |      |                |       |       |
| SP24Bis  | 16+500   | 2014/2015 |          |          | 33.23    | 2.50   | 90.00  |       | 7.50    | 7.50   |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-36 | 16+792   | 2020      | 21.74    |          | 2.48     | 59.10  | 33.80  |       |         | 7.10   |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-36 | 16+792   | 2020      | 21.74    |          | 4.75     | 72.70  | 24.20  |       |         | 3.10   |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-36 | 16+792   | 2020      | 21.74    |          | 9.25     | 73.30  | 23.70  |       |         | 3.00   |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-36 | 16+792   | 2020      | 21.74    |          | 12.23    | 34.10  | 58.70  |       |         | 7.20   |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-36 | 16+792   | 2020      | 21.74    |          | 18.23    | 0.50   | 92.90  |       |         | 6.60   |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-36 | 16+792   | 2020      | 21.74    |          | 24.23    | 1.10   | 91.30  |       |         | 7.60   |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-36 | 16+792   | 2020      | 21.74    |          | 1.10     | 0.00   | 10.70  |       |         | 89.30  |                      |      |                | 49.00 | 26.00 |
| BH-PE-36 | 16+792   | 2020      | 21.74    |          | 1.70     | 0.30   | 13.90  |       |         | 85.80  |                      |      |                |       |       |
| SP24Ter  | 16+810   | 2014/2015 |          |          | 1.80     | 0.00   | 82.50  |       | 17.50   | 17.50  | 19.00                |      | 28.70          |       |       |
| SP24Ter  | 16+810   | 2014/2015 |          | B        | 21.30    | 0.00   | 5.00   | 65.00 | 30.00   | 95.00  | 19.50                | 2.71 | 30.50          | 61.80 | 23.90 |
| SP24Ter  | 16+810   | 2014/2015 |          |          | 3.23     | 0.00   | 97.50  |       | 2.50    | 2.50   |                      |      |                |       |       |
| SP24Ter  | 16+810   | 2014/2015 |          |          | 4.73     | 12.50  | 80.00  |       |         | 7.50   |                      |      |                |       |       |
| SP24Ter  | 16+810   | 2014/2015 |          |          | 27.23    | 0.00   | 92.50  |       |         | 7.50   |                      |      |                |       |       |





|   |  |  |             |                             |                         |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> |  | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   |  | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>157 di<br>176 |



| Sond. | Prog.    | CAMPAGNA  | Quota    | Campione | Prof.    | Ghiaia | Sabbia | Limo  | Argilla | L+A    | $\gamma_t$           | Gs   | w <sub>n</sub> | LL    | LP    |
|-------|----------|-----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|--------|----------------------|------|----------------|-------|-------|
|       | [Pk.Km.] |           | [m slmm] |          | [m p.c.] | (%)    | (%)    | (%)   | (%)     | (%)    | [kN/m <sup>3</sup> ] | [-]  | [%]            | [%]   | [%]   |
| BH3V  | 17+050   | 2014/2015 | 20.66    |          | 2.10     | 0.00   | 87.50  |       |         | 12.50  | 19.00                |      | 25.50          |       |       |
| BH3V  | 17+050   | 2014/2015 | 20.66    |          | 3.23     | 7.50   | 90.00  |       |         | 2.50   |                      |      |                |       |       |
| BH3V  | 17+050   | 2014/2015 | 20.66    |          | 4.73     | 55.00  | 35.00  |       |         | 10.00  |                      |      |                |       |       |
| BH3V  | 17+050   | 2014/2015 | 20.66    |          | 7.73     | 60.00  | 32.50  |       |         | 7.50   |                      |      |                |       |       |
| BH3V  | 17+050   | 2014/2015 | 20.66    |          | 12.23    | 65.00  | 25.00  |       |         | 10.00  |                      |      |                |       |       |
| BH3V  | 17+050   | 2014/2015 | 20.66    |          | 18.23    | 1.50   | 88.50  |       |         | 10.00  |                      |      |                |       |       |
| BH3V  | 17+050   | 2014/2015 | 20.66    |          | 25.75    | 0.00   | 85.00  |       |         | 15.00  |                      |      |                |       |       |
| SPA25 | 17+360   | 2014/2015 |          | A        | 1.80     | 0.00   | 0.00   | 90.50 | 9.50    | 100.00 | 19.50                | 2.71 | 34.90          | 37.90 | 25.40 |
| SPA25 | 17+360   | 2014/2015 |          |          | 4.75     | 72.50  | 20.00  |       |         | 7.50   |                      |      |                |       |       |
| SPA25 | 17+360   | 2014/2015 |          |          | 6.25     | 75.00  | 22.50  |       |         | 2.50   |                      |      |                |       |       |
| SPA25 | 17+360   | 2014/2015 |          |          | 8.70     | 0.00   | 2.50   | 77.50 | 20.00   | 97.50  |                      |      |                | 56.50 | 29.90 |
| SPA25 | 17+360   | 2014/2015 |          |          | 10.75    | 80.00  | 17.50  |       |         | 2.50   |                      |      |                |       |       |
| SPA25 | 17+360   | 2014/2015 |          |          | 16.73    | 5.00   | 90.00  |       |         | 5.00   |                      |      |                |       |       |
| SPA25 | 17+360   | 2014/2015 |          |          | 19.73    | 0.00   | 97.50  |       |         | 2.50   |                      |      |                |       |       |
| BH4V  | 17+575   | 2014/2015 | 21.59    | A        | 1.80     | 0.00   | 55.00  | 45.00 | 0.00    | 45.00  | 19.50                |      | 30.40          |       |       |
| BH4V  | 17+575   | 2014/2015 | 21.59    |          | 3.23     | 0.00   | 72.50  |       |         | 27.50  |                      |      |                |       |       |
| BH4V  | 17+575   | 2014/2015 | 21.59    |          | 6.23     | 0.00   | 67.50  |       |         | 32.50  |                      |      |                |       |       |
| BH4V  | 17+575   | 2014/2015 | 21.59    |          | 9.23     | 0.00   | 5.00   | 65.00 | 30.00   | 95.00  |                      |      | 74.40          | 42.70 |       |
| BH4V  | 17+575   | 2014/2015 | 21.59    |          | 13.75    | 82.50  | 12.50  |       |         | 5.00   |                      |      |                |       |       |
| BH4V  | 17+575   | 2014/2015 | 21.59    |          | 18.23    | 55.00  | 32.50  |       |         | 12.50  |                      |      |                |       |       |
| BH4V  | 17+575   | 2014/2015 | 21.59    |          | 21.75    | 1.50   | 88.50  |       |         | 10.00  |                      |      |                |       |       |

|   |  |  |             |                             |                         |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> |  | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   |  | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>158 di<br>176 |



| Sond.    | Prog.    | CAMPAGNA  | Quota    | Campione | Prof.    | Ghiaia | Sabbia | Limo  | Argilla | L+A    | $\gamma_t$           | Gs   | w <sub>n</sub> | LL    | LP    |
|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|--------|----------------------|------|----------------|-------|-------|
|          | [Pk.Km.] |           | [m slmm] |          | [m p.c.] | (%)    | (%)    | (%)   | (%)     | (%)    | [kN/m <sup>3</sup> ] | [-]  | [%]            | [%]   | [%]   |
| BH4V     | 17+575   | 2014/2015 | 21.59    |          | 24.75    | 2.50   | 55.00  |       |         | 42.50  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-37 | 18+413   | 2020      | 22.15    |          | 1.10     | 0.80   | 81.30  |       |         | 18.00  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-37 | 18+413   | 2020      | 22.15    |          | 1.73     | 0.00   | 68.20  |       |         | 31.80  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-37 | 18+413   | 2020      | 22.15    |          | 2.48     | 0.00   | 6.06   | 75.67 | 18.26   | 93.93  |                      | 2.67 |                | 61.00 | 32.00 |
| BH-PE-37 | 18+413   | 2020      | 22.15    |          | 3.73     | 64.90  | 26.40  |       |         | 8.80   |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-37 | 18+413   | 2020      | 22.15    |          | 6.25     | 76.60  | 18.00  |       |         | 2.80   |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-37 | 18+413   | 2020      | 22.15    | CIA      | 3.25     | 0.00   | 40.80  | 47.40 | 11.80   | 59.20  | 19.00                | 2.67 | 28.50          |       |       |
| Bh6V     | 18+950   | 2014/2015 | 20.97    | A        | 3.25     | 0.00   | 0.00   | 65.00 | 35.00   | 100.00 | 18.00                | 2.70 | 43.00          | 66.50 | 27.20 |
| Bh6V     | 18+950   | 2014/2015 | 20.97    |          | 1.73     | 2.50   | 25.00  | 60.00 | 12.50   | 72.50  |                      |      |                | 38.10 | 20.60 |
| Bh6V     | 18+950   | 2014/2015 | 20.97    |          | 4.73     | 0.00   | 0.00   | 67.50 | 32.50   | 100.00 |                      |      |                | 69.90 | 26.70 |
| Bh6V     | 18+950   | 2014/2015 | 20.97    |          | 9.23     | 55.00  | 35.00  |       |         | 10.00  |                      |      |                |       |       |
| Bh6V     | 18+950   | 2014/2015 | 20.97    |          | 19.48    | 65.00  | 22.50  |       |         | 12.50  |                      |      |                |       |       |
| Bh6V     | 18+950   | 2014/2015 | 20.97    |          | 22.73    | 0.00   | 60.00  |       |         | 40.00  |                      |      |                |       |       |
| Bh6V     | 18+950   | 2014/2015 | 20.97    |          | 31.48    | 0.00   | 80.00  |       |         | 20.00  |                      |      |                |       |       |
| Bh6V     | 18+950   | 2014/2015 | 20.97    |          | 35.48    | 0.00   | 97.50  |       |         | 2.50   |                      |      |                |       |       |
| Bh6V     | 18+950   | 2014/2015 | 20.97    |          | 43.73    | 0.00   | 85.00  |       |         | 15.00  |                      |      |                |       |       |
| Bh6V     | 18+950   | 2014/2015 | 20.97    |          | 49.73    | 5.00   | 85.00  |       |         | 10.00  |                      |      |                |       |       |
| BH7V     | 19+360   | 2015      | 21.24    | A        | 1.80     | 0.00   | 5.00   | 60.00 | 35.00   | 95.00  | 17.60                | 2.75 | 47.60          | 74.90 | 26.10 |
| BH7V     | 19+360   | 2015      | 21.24    | B        | 3.30     | 0.00   | 30.00  | 52.50 | 17.50   | 70.00  | 19.20                | 2.68 | 34.10          | 49.00 | 20.70 |
| BH7V     | 19+360   | 2015      | 21.24    |          | 4.73     | 65.00  | 30.00  |       |         | 5.00   |                      |      |                |       |       |
| BH7V     | 19+360   | 2015      | 21.24    |          | 7.73     | 50.00  | 42.50  |       |         | 7.50   |                      |      |                |       |       |

|   |  |  |             |                             |                         |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> |  | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   |  | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>159 di<br>176 |

| Sond.    | Prog.    | CAMPAGNA  | Quota    | Campione | Prof.    | Ghiaia | Sabbia | Limo  | Argilla | L+A    | $\gamma_t$           | Gs   | w <sub>n</sub> | LL    | LP    |
|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|--------|----------------------|------|----------------|-------|-------|
|          | [Pk.Km.] |           | [m slmm] |          | [m p.c.] | (%)    | (%)    | (%)   | (%)     | (%)    | [kN/m <sup>3</sup> ] | [-]  | [%]            | [%]   | [%]   |
| BH7V     | 19+360   | 2015      | 21.24    |          | 12.23    | 65.00  | 25.00  |       |         | 10.00  |                      |      |                |       |       |
| BH7V     | 19+360   | 2015      | 21.24    |          | 16.73    | 45.00  | 22.50  |       |         | 32.50  |                      |      |                |       |       |
| BH7V     | 19+360   | 2015      | 21.24    |          | 22.73    | 0.00   | 95.00  |       |         | 5.00   |                      |      |                |       |       |
| BH7V     | 19+360   | 2015      | 21.24    |          | 28.73    | 0.00   | 90.00  |       |         | 10.00  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-39 | 20+008   | 2020      | 21.51    | A        | 3.25     | 0.17   | 12.75  | 70.09 | 16.98   | 87.07  | 17.40                | 2.71 | 31.68          | 35.00 | 29.00 |
| BH-PE-39 | 20+008   | 2020      | 21.51    | B        | 4.80     | 13.24  | 81.31  | 2.23  | 3.22    | 5.45   |                      | 2.75 | 22.84          |       |       |
| BH-PE-39 | 20+008   | 2020      | 21.51    | C        | 6.25     | 0.17   | 11.31  | 67.81 | 20.71   | 88.52  | 18.30                | 2.72 | 31.78          | 36.00 | 26.00 |
| BH-PE-39 | 20+008   | 2020      | 21.51    |          | 9.25     | 81.20  | 16.10  |       |         | 2.70   |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-39 | 20+008   | 2020      | 21.51    |          | 12.25    | 4.30   | 65.40  |       |         | 30.30  |                      |      |                |       |       |
| BH9V     | 20+175   | 2014/2015 | 21.94    |          | 1.80     | 0.00   | 1.50   | 68.50 | 30.00   | 98.50  | 18.70                |      | 34.90          | 61.70 | 25.10 |
| BH9V     | 20+175   | 2014/2015 | 21.94    | B        | 3.30     | 2.50   | 12.50  | 60.00 | 25.00   | 85.00  | 18.10                |      | 44.50          | 68.70 | 24.00 |
| BH9V     | 20+175   | 2014/2015 | 21.94    |          | 4.80     | 0.00   | 0.00   | 70.00 | 30.00   | 100.00 | 17.50                |      | 41.30          | 78.00 | 27.00 |
| BH9V     | 20+175   | 2014/2015 | 21.94    | D        | 6.45     | 3.50   | 16.50  | 70.00 | 10.00   | 80.00  | 18.40                | 2.74 | 31.20          | 33.50 | 25.10 |
| BH9V     | 20+175   | 2014/2015 | 21.94    |          | 7.80     | 0.00   | 2.50   | 62.50 | 35.00   | 97.50  | 15.50                |      | 64.30          | 76.80 | 37.50 |
| BH9V     | 20+175   | 2014/2015 | 21.94    |          | 15.23    | 40.00  | 47.50  |       |         | 12.50  |                      |      |                |       |       |
| BH9V     | 20+175   | 2014/2015 | 21.94    |          | 24.25    | 0.00   | 95.00  |       |         | 5.00   |                      |      |                |       |       |
| BH9V     | 20+175   | 2014/2015 | 21.94    |          | 33.23    | 5.00   | 85.00  |       |         | 10.00  |                      |      |                |       |       |
| BH9V     | 20+175   | 2014/2015 | 21.94    |          | 40.23    | 0.00   | 92.50  |       |         | 7.50   |                      |      |                |       |       |
| BH9V     | 20+175   | 2014/2015 | 21.94    |          | 48.23    | 0.00   | 92.50  |       |         | 7.50   |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-40 | 20+383   | 2020      | 22.99    | A        | 3.25     | 0.44   | 10.87  | 46.65 | 43.05   | 89.70  | 16.92                | 2.69 | 41.93          | 76.00 | 36.00 |
| BH-PE-40 | 20+383   | 2020      | 22.99    | B        | 4.75     | 0.57   | 12.43  | 46.57 | 40.42   | 86.99  | 17.64                | 2.68 | 43.14          | 75.00 | 37.00 |

|   |  |  |             |                             |                         |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> |  | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   |  | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>160 di<br>176 |



| Sond.    | Prog.    | CAMPAGNA | Quota    | Campione | Prof.    | Ghiaia | Sabbia | Limo  | Argilla | L+A    | $\gamma_t$           | Gs   | w <sub>n</sub> | LL     | LP    |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|--------|----------------------|------|----------------|--------|-------|
|          | [Pk.Km.] |          | [m slmm] |          | [m p.c.] | (%)    | (%)    | (%)   | (%)     | (%)    | [kN/m <sup>3</sup> ] | [-]  | [%]            | [%]    | [%]   |
| BH-PE-40 | 20+383   | 2020     | 22.99    |          | 6.40     | 0.45   | 14.36  | 43.47 | 41.71   | 85.18  |                      | 2.70 |                | 78.00  | 39.00 |
| BH-PE-40 | 20+383   | 2020     | 22.99    |          | 10.68    | 17.22  | 64.67  | 13.80 | 4.31    | 18.11  |                      |      |                |        |       |
| BH-PE-40 | 20+383   | 2020     | 22.99    |          | 19.25    | 2.00   | 16.10  |       |         | 81.90  |                      |      |                | 40.00  | 25.00 |
| BH-PE-40 | 20+383   | 2020     | 22.99    |          | 22.75    | 0.50   | 83.80  |       |         | 15.80  |                      |      |                |        |       |
| BH-PE-40 | 20+383   | 2020     | 22.99    |          | 25.75    | 2.30   | 83.40  |       |         | 14.30  |                      |      |                |        |       |
| BH-PE-40 | 20+383   | 2020     | 22.99    |          | 33.23    | 4.00   | 66.00  |       |         | 30.00  |                      |      |                |        |       |
| BH-PE-40 | 20+383   | 2020     | 22.99    |          | 39.23    | 1.60   | 79.60  |       |         | 18.90  |                      |      |                |        |       |
| BH-PE-40 | 20+383   | 2020     | 22.99    |          | 43.75    | 2.60   | 78.30  |       |         | 19.20  |                      |      |                |        |       |
| BH-PE-40 | 20+383   | 2020     | 22.99    |          | 45.23    | 1.70   | 80.60  |       |         | 17.70  |                      |      |                |        |       |
| BH10V    | 20+570   | 2015     | 26.5     |          | 6.30     | 0.00   | 2.50   | 67.50 | 30.00   | 97.50  | 18.80                |      | 38.20          | 61.30  | 25.10 |
| BH10V    | 20+570   | 2015     | 26.5     | B        | 7.80     | 0.00   | 0.00   | 70.00 | 30.00   | 100.00 | 16.80                | 2.67 | 56.10          | 100.30 | 36.40 |
| BH10V    | 20+570   | 2015     | 26.5     |          | 9.30     | 0.00   | 2.50   | 62.50 | 35.00   | 97.50  | 15.10                |      | 90.10          | 143.60 | 48.70 |
| BH10V    | 20+570   | 2015     | 26.5     |          | 2.25     | 2.50   | 30.00  |       |         | 67.50  |                      |      |                | 46.30  | 25.90 |
| BH10V    | 20+570   | 2015     | 26.5     |          | 3.23     | 5.00   | 27.50  |       |         | 67.50  |                      |      |                | 55.40  | 26.10 |
| BH10V    | 20+570   | 2015     | 26.5     |          | 4.73     | 0.00   | 12.50  |       |         | 87.50  |                      |      |                | 60.10  | 26.90 |
| BH10V    | 20+570   | 2015     | 26.5     |          | 15.23    | 72.50  | 22.50  |       |         | 5.00   |                      |      |                |        |       |
| BH10V    | 20+570   | 2015     | 26.5     |          | 24.23    | 0.00   | 72.50  |       |         | 27.50  |                      |      |                |        |       |
| BH10V    | 20+570   | 2015     | 26.5     |          | 28.23    | 0.00   | 87.50  |       |         | 12.50  |                      |      |                |        |       |
| BH10V    | 20+570   | 2015     | 26.5     |          | 32.25    | 0.00   | 80.00  |       |         | 20.00  |                      |      |                |        |       |
| BH10V    | 20+570   | 2015     | 26.5     |          | 35.25    | 0.00   | 65.00  |       |         | 35.00  |                      |      |                |        |       |
| BH10V    | 20+570   | 2015     | 26.5     |          | 38.25    | 0.00   | 77.50  |       |         | 22.50  |                      |      |                |        |       |

|   |  |  |             |                             |                         |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> |  | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   |  | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>161 di<br>176 |



| Sond.    | Prog.    | CAMPAGNA | Quota    | Campione | Prof.    | Ghiaia | Sabbia | Limo  | Argilla | L+A   | $\gamma_t$           | Gs   | w <sub>n</sub> | LL    | LP    |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|-------|----------------------|------|----------------|-------|-------|
|          | [Pk.Km.] |          | [m slmm] |          | [m p.c.] | (%)    | (%)    | (%)   | (%)     | (%)   | [kN/m <sup>3</sup> ] | [-]  | [%]            | [%]   | [%]   |
| BH10V    | 20+570   | 2015     | 26.5     |          | 41.25    | 0.00   | 82.50  |       |         | 17.50 |                      |      |                |       |       |
| BH10V    | 20+570   | 2015     | 26.5     |          | 48.25    | 0.00   | 72.50  |       |         | 27.50 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-41 | 20+677   | 2020     | 30.15    | CI1      | 1.75     | 0.00   | 7.68   | 63.20 | 29.12   | 92.32 | 19.26                | 2.70 | 26.69          | 60.00 | 31.00 |
| BH-PE-41 | 20+677   | 2020     | 30.15    | CI2      | 4.25     | 0.42   | 43.04  | 49.31 | 7.22    | 56.53 | 17.91                | 2.77 | 27.81          | 43.00 | 31.00 |
| BH-PE-41 | 20+677   | 2020     | 30.15    | CI3      | 7.75     | 0.04   | 5.91   | 48.99 | 45.06   | 94.05 | 13.98                | 2.53 | 59.24          | 75.00 | 38.00 |
| BH-PE-41 | 20+677   | 2020     | 30.15    |          | 10.00    | 0.13   | 68.86  | 25.86 | 5.15    | 31.01 |                      | 2.60 |                | 82.00 | 51.00 |
| BH-PE-41 | 20+677   | 2020     | 30.15    |          | 11.23    | 0.04   | 8.39   | 45.23 | 46.34   | 91.57 |                      | 2.55 |                | 76.00 | 38.00 |
| BH-PE-41 | 20+677   | 2020     | 30.15    |          | 14.23    | 16.10  | 63.20  |       |         | 20.70 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-41 | 20+677   | 2020     | 30.15    |          | 17.23    | 5.00   | 64.30  |       |         | 30.80 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-41 | 20+677   | 2020     | 30.15    |          | 23.23    | 16.30  | 65.40  |       |         | 18.30 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-41 | 20+677   | 2020     | 30.15    |          | 29.23    | 1.30   | 85.00  |       |         | 13.70 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-41 | 20+677   | 2020     | 30.15    |          | 35.23    | 1.80   | 83.60  |       |         | 14.50 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-41 | 20+677   | 2020     | 30.15    | CI4      | 41.25    | 6.20   | 2.80   |       |         | 91.00 |                      |      | 22.37          | 37.00 | 20.00 |
| BH-PE-41 | 20+677   | 2020     | 30.15    |          | 44.23    | 1.80   | 80.20  |       |         | 18.00 |                      |      |                |       |       |
| BH11V    | 20+680   | 2015     | 27.07    | A        | 4.80     |        |        |       |         |       | 17.70                |      | 48.40          | 72.00 | 31.20 |
| BH11V    | 20+680   | 2015     | 27.07    | B        | 33.30    | 0.00   | 22.50  | 60.00 | 17.50   | 77.50 | 19.60                |      | 31.00          | 40.30 | 19.40 |
| BH11V    | 20+680   | 2015     | 27.07    |          | 2.25     | 0.00   | 27.50  | 52.50 | 20.00   | 72.50 |                      |      |                | 62.80 | 32.50 |
| BH11V    | 20+680   | 2015     | 27.07    |          | 3.75     | 8.00   | 12.00  | 53.00 | 27.00   | 80.00 |                      |      |                | 69.10 | 36.80 |
| BH11V    | 20+680   | 2015     | 27.07    |          | 7.73     | 60.00  | 35.00  |       |         | 5.00  |                      |      |                |       |       |
| BH11V    | 20+680   | 2015     | 27.07    |          | 9.23     | 10.00  | 62.50  |       |         | 27.50 |                      |      |                |       |       |
| BH11V    | 20+680   | 2015     | 27.07    |          | 12.23    | 0.00   | 45.00  | 45.00 | 10.00   | 55.00 |                      |      |                | 38.40 | 24.10 |

|   |  |  |             |                             |                         |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> |  | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   |  | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>162 di<br>176 |

| Sond. | Prog.    | CAMPAGNA  | Quota    | Campione | Prof.    | Ghiaia | Sabbia | Limo  | Argilla | L+A   | $\gamma_t$           | Gs   | w <sub>n</sub> | LL     | LP    |
|-------|----------|-----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|-------|----------------------|------|----------------|--------|-------|
|       | [Pk.Km.] |           | [m slmm] |          | [m p.c.] | (%)    | (%)    | (%)   | (%)     | (%)   | [kN/m <sup>3</sup> ] | [-]  | [%]            | [%]    | [%]   |
| BH11V | 20+680   | 2015      | 27.07    |          | 18.23    | 70.00  | 22.50  |       |         | 7.50  |                      |      |                |        |       |
| BH11V | 20+680   | 2015      | 27.07    |          | 24.23    | 0.00   | 62.50  |       |         | 37.50 |                      |      |                |        |       |
| BH11V | 20+680   | 2015      | 27.07    |          | 30.23    | 0.00   | 60.00  |       |         | 40.00 |                      |      |                |        |       |
| BH11V | 20+680   | 2015      | 27.07    |          | 38.25    | 0.00   | 92.50  |       |         | 7.50  |                      |      |                |        |       |
| BH11V | 20+680   | 2015      | 27.07    |          | 41.25    | 0.00   | 90.00  |       |         | 10.00 |                      |      |                |        |       |
| BH11V | 20+680   | 2015      | 27.07    |          | 48.25    | 0.00   | 95.00  |       |         | 5.00  |                      |      |                |        |       |
| BH12V | 20+850   | 2014/2015 | 25.2     | A        | 1.80     | 0.00   | 30.00  | 50.00 | 20.00   | 70.00 | 18.60                |      | 33.90          | 50.90  | 29.80 |
| BH12V | 20+850   | 2014/2015 | 25.2     | B        | 6.30     | 0.00   | 2.50   | 67.50 | 30.00   | 97.50 | 18.20                | 2.73 | 36.20          | 55.80  | 24.80 |
| BH12V | 20+850   | 2014/2015 | 25.2     |          | 9.30     | 0.00   | 2.50   | 65.00 | 32.50   | 97.50 | 17.00                | 2.76 | 45.10          | 62.40  | 32.90 |
| BH12V | 20+850   | 2014/2015 | 25.2     |          | 12.30    | 0.00   | 2.50   | 67.50 | 30.00   | 97.50 |                      |      |                | 67.80  | 24.40 |
| BH12V | 20+850   | 2014/2015 | 25.2     |          | 7.73     | 0.00   | 5.00   | 65.00 | 30.00   | 95.00 |                      |      |                |        |       |
| BH12V | 20+850   | 2014/2015 | 25.2     |          | 10.73    | 7.50   | 52.50  | 15.00 | 25.00   | 40.00 |                      |      |                | 198.30 | 94.20 |
| BH12V | 20+850   | 2014/2015 | 25.2     |          | 15.23    | 0.00   | 75.00  |       |         | 25.00 |                      |      |                |        |       |
| BH12V | 20+850   | 2014/2015 | 25.2     |          | 21.23    | 67.50  | 27.50  |       |         | 5.00  |                      |      |                |        |       |
| BH12V | 20+850   | 2014/2015 | 25.2     |          | 24.23    | 0.00   | 57.00  |       |         | 43.00 |                      |      |                |        |       |
| BH12V | 20+850   | 2014/2015 | 25.2     |          | 28.80    | 0.00   | 35.00  | 62.50 | 2.50    | 65.00 |                      |      |                |        |       |
| BH12V | 20+850   | 2014/2015 | 25.2     |          | 33.23    | 0.00   | 37.50  |       |         | 62.50 |                      |      |                |        |       |
| BH12V | 20+850   | 2014/2015 | 25.2     |          | 36.23    | 0.00   | 60.00  |       |         | 40.00 |                      |      |                |        |       |
| BH12V | 20+850   | 2014/2015 | 25.2     |          | 39.23    | 0.00   | 90.00  |       |         | 10.00 |                      |      |                |        |       |
| BH12V | 20+850   | 2014/2015 | 25.2     |          | 42.23    | 0.00   | 87.50  |       |         | 12.50 |                      |      |                |        |       |
| BH12V | 20+850   | 2014/2015 | 25.2     |          | 48.23    | 0.00   | 57.50  |       |         | 42.50 |                      |      |                |        |       |



|   |  |  |             |                             |                         |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> |  | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   |  | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>163 di<br>176 |

| Sond.    | Prog.    | CAMPAGNA  | Quota    | Campione | Prof.    | Ghiaia | Sabbia | Limo  | Argilla | L+A   | $\gamma_t$           | Gs   | w <sub>n</sub> | LL    | LP    |
|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|-------|----------------------|------|----------------|-------|-------|
|          | [Pk.Km.] |           | [m slmm] |          | [m p.c.] | (%)    | (%)    | (%)   | (%)     | (%)   | [kN/m <sup>3</sup> ] | [-]  | [%]            | [%]   | [%]   |
| BH-PE-42 | 21+119   | 2020      | 24.64    |          | 19.78    | 1.00   | 93.90  |       |         | 5.20  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-42 | 21+119   | 2020      | 24.64    |          | 31.23    | 0.10   | 93.70  |       |         | 6.30  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-42 | 21+119   | 2020      | 24.64    |          | 40.23    | 0.70   | 87.20  |       |         | 12.10 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-42 | 21+119   | 2020      | 24.64    |          | 49.23    | 0.70   | 91.60  |       |         | 7.70  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-42 | 21+119   | 2020      | 24.64    |          | 1.78     | 0.34   | 19.10  | 62.87 | 17.69   | 80.56 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-42 | 21+119   | 2020      | 24.64    |          | 4.78     | 0.02   | 60.83  | 28.70 | 10.45   | 39.15 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-42 | 21+119   | 2020      | 24.64    | C11      | 3.25     | 0.02   | 13.24  | 62.53 | 24.21   | 86.74 | 15.45                | 2.64 | 59.75          | 67.00 | 37.00 |
| BH-PE-42 | 21+119   | 2020      | 24.64    | C12      | 9.25     | 0.00   | 2.10   | 53.20 | 44.70   | 97.90 | 17.70                | 2.64 | 38.90          | 54.30 | 38.10 |
| BH-PE-42 | 21+119   | 2020      | 24.64    | C13      | 12.25    | 1.72   | 62.71  | 27.55 | 8.02    | 35.57 | 17.10                | 2.45 | 48.58          |       |       |
| BH-PE-42 | 21+119   | 2020      | 24.64    | C16      | 27.75    | 0.41   | 16.37  | 43.30 | 39.93   | 83.23 |                      | 2.75 | 30.69          | 50.00 | 22.00 |
| BH-PE-42 | 21+119   | 2020      | 24.64    | C14      | 15.25    | 0.00   | 0.90   | 40.50 | 58.60   | 99.10 | 18.70                | 2.68 | 31.10          | 44.00 | 32.00 |
| BH-PE-42 | 21+119   | 2020      | 24.64    | C15      | 24.75    | 0.00   | 7.70   | 62.40 | 29.90   | 92.30 | 17.30                | 2.49 | 36.70          | 46.60 | 34.30 |
| BH13V    | 21+400   | 2014/2015 | 26.12    |          | 6.30     | 0.00   | 77.50  |       | 22.50   | 22.50 | 20.00                |      | 26.70          | 41.10 | 21.00 |
| BH13V    | 21+400   | 2014/2015 | 26.12    |          | 1.73     | 0.00   | 67.50  |       |         | 32.50 |                      |      |                |       |       |
| BH13V    | 21+400   | 2014/2015 | 26.12    |          | 3.23     | 0.00   | 90.00  |       |         | 10.00 |                      |      |                |       |       |
| BH13V    | 21+400   | 2014/2015 | 26.12    |          | 4.48     | 0.00   | 87.50  |       |         | 12.50 |                      |      |                |       |       |
| BH13V    | 21+400   | 2014/2015 | 26.12    |          | 7.73     | 0.00   | 62.50  |       |         | 37.50 |                      |      |                |       |       |
| BH13V    | 21+400   | 2014/2015 | 26.12    |          | 9.23     | 0.00   | 67.50  |       |         | 32.50 |                      |      |                |       |       |
| BH13V    | 21+400   | 2014/2015 | 26.12    |          | 10.68    | 0.00   | 40.00  |       |         | 60.00 |                      |      |                |       |       |
| BH13V    | 21+400   | 2014/2015 | 26.12    |          | 12.23    | 0.00   | 40.00  |       |         | 60.00 |                      |      |                |       |       |
| BH13V    | 21+400   | 2014/2015 | 26.12    |          | 15.23    | 0.00   | 7.50   |       |         | 92.50 |                      |      |                |       |       |



|   |  |  |             |                             |                         |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> |  | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   |  | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>164 di<br>176 |

| Sond.    | Prog.    | CAMPAGNA  | Quota    | Campione | Prof.    | Ghiaia | Sabbia | Limo  | Argilla | L+A   | $\gamma_t$           | Gs  | w <sub>n</sub> | LL    | LP    |
|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|-------|----------------------|-----|----------------|-------|-------|
|          | [Pk.Km.] |           | [m slmm] |          | [m p.c.] | (%)    | (%)    | (%)   | (%)     | (%)   | [kN/m <sup>3</sup> ] | [-] | [%]            | [%]   | [%]   |
| BH13V    | 21+400   | 2014/2015 | 26.12    |          | 21.23    | 0.00   | 85.00  |       |         | 15.00 |                      |     |                |       |       |
| BH13V    | 21+400   | 2014/2015 | 26.12    |          | 27.23    | 0.00   | 81.50  |       |         | 18.50 |                      |     |                |       |       |
| BH13V    | 21+400   | 2014/2015 | 26.12    |          | 39.23    | 0.00   | 90.00  |       |         | 10.00 |                      |     |                |       |       |
| BH13V    | 21+400   | 2014/2015 | 26.12    |          | 45.23    | 2.50   | 85.00  |       |         | 12.50 |                      |     |                |       |       |
| BH14V    | 21+375   | 2014/2015 | 25.96    |          | 3.23     | 0.00   | 87.50  |       |         | 12.50 |                      |     |                |       |       |
| BH14V    | 21+375   | 2014/2015 | 25.96    |          | 4.73     | 12.50  | 80.00  |       |         | 7.50  |                      |     |                |       |       |
| BH14V    | 21+375   | 2014/2015 | 25.96    |          | 6.23     | 0.00   | 97.50  |       |         | 2.50  |                      |     |                |       |       |
| BH14V    | 21+375   | 2014/2015 | 25.96    |          | 7.73     | 0.00   | 87.50  |       |         | 12.50 |                      |     |                |       |       |
| BH14V    | 21+375   | 2014/2015 | 25.96    |          | 9.23     | 40.00  | 45.00  |       |         | 15.00 |                      |     |                |       |       |
| BH14V    | 21+375   | 2014/2015 | 25.96    |          | 10.73    | 0.00   | 85.00  |       |         | 15.00 |                      |     |                |       |       |
| BH14V    | 21+375   | 2014/2015 | 25.96    |          | 12.25    | 0.00   | 45.00  |       |         | 55.00 |                      |     |                |       |       |
| BH14V    | 21+375   | 2014/2015 | 25.96    |          | 13.73    | 0.00   | 85.00  |       |         | 15.00 |                      |     |                |       |       |
| BH14V    | 21+375   | 2014/2015 | 25.96    |          | 14.75    | 0.00   | 82.50  |       |         | 17.50 |                      |     |                |       |       |
| BH14V    | 21+375   | 2014/2015 | 25.96    |          | 16.73    | 0.00   | 90.00  |       |         | 10.00 |                      |     |                |       |       |
| BH14V    | 21+375   | 2014/2015 | 25.96    |          | 28.73    | 0.00   | 82.50  |       |         | 17.50 |                      |     |                |       |       |
| BH14V    | 21+375   | 2014/2015 | 25.96    |          | 37.73    | 0.00   | 90.00  |       |         | 10.00 |                      |     |                |       |       |
| BH14V    | 21+375   | 2014/2015 | 25.96    |          | 46.73    | 0.00   | 95.00  |       |         | 5.00  |                      |     |                |       |       |
| BH-PE-28 | 13+132   | 2020      | 25.51    | A        | 1.75     |        |        |       |         | 0.00  |                      |     |                |       |       |
| BH-PE-23 | 11+313   | 2021      | 30.45    |          | 1.73     | 0.00   | 8.71   | 68.18 | 23.11   | 91.29 |                      |     |                | 41.00 | 20.00 |
| BH-PE-23 | 11+313   | 2021      | 30.45    |          | 7.75     | 57.30  | 31.80  |       |         | 4.90  |                      |     |                |       |       |
| BH-PE-23 | 11+313   | 2021      | 30.45    |          | 10.75    | 60.10  | 21.30  |       |         | 12.20 |                      |     |                |       |       |





|   |  |  |             |                             |                         |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> |  | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   |  | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>165 di<br>176 |



| Sond.    | Prog.    | CAMPAGNA | Quota    | Campione | Prof.    | Ghiaia | Sabbia | Limo  | Argilla | L+A   | $\gamma_t$           | Gs   | w <sub>n</sub> | LL    | LP    |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|-------|----------------------|------|----------------|-------|-------|
|          | [Pk.Km.] |          | [m slmm] |          | [m p.c.] | (%)    | (%)    | (%)   | (%)     | (%)   | [kN/m <sup>3</sup> ] | [-]  | [%]            | [%]   | [%]   |
| BH-PE-23 | 11+313   | 2021     | 30.45    |          | 16.73    | 0.50   | 33.50  |       |         | 66.00 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-23 | 11+313   | 2021     | 30.45    |          | 25.73    | 2.30   | 89.20  |       |         | 8.60  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-23 | 11+313   | 2021     | 30.45    |          | 31.73    | 2.40   | 92.70  |       |         | 4.90  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-23 | 11+313   | 2021     | 30.45    |          | 37.73    | 0.00   | 96.00  |       |         | 4.00  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-23 | 11+313   | 2021     | 30.45    |          | 43.73    | 1.40   | 94.60  |       |         | 4.00  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-21 | 10+524   | 2021     | 31.62    |          | 1.73     | 12.00  | 29.00  | 46.00 | 13.00   | 59.00 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-21 | 10+524   | 2021     | 31.62    |          | 4.73     | 36.00  | 56.00  |       |         | 11.00 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-21 | 10+524   | 2021     | 31.62    |          | 7.75     | 73.00  | 19.00  |       |         | 8.00  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-21 | 10+524   | 2021     | 31.62    |          | 10.73    | 77.00  | 22.00  |       |         | 1.00  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-21 | 10+524   | 2021     | 31.62    |          | 13.73    | 1.00   | 81.00  |       |         | 18.00 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-21 | 10+524   | 2021     | 31.62    |          | 16.73    | 0.00   | 93.00  |       |         | 7.00  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-21 | 10+524   | 2021     | 31.62    | A        | 19.95    | 0.00   | 8.00   | 89.00 | 3.00    | 92.00 | 18.40                |      | 32.70          |       |       |
| BH-PE-21 | 10+524   | 2021     | 31.62    |          | 22.73    | 0.00   | 81.00  |       |         | 19.00 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-21 | 10+524   | 2021     | 31.62    |          | 12.75    | 2.00   | 74.00  |       |         | 24.00 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-21 | 10+524   | 2021     | 31.62    |          | 28.73    | 4.00   | 79.00  |       |         | 17.00 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-21 | 10+524   | 2021     | 31.62    |          | 31.73    | 11.00  | 66.00  |       |         | 23.00 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-21 | 10+524   | 2021     | 31.62    |          | 34.73    | 7.00   | 60.00  |       |         | 33.00 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-21 | 10+524   | 2021     | 31.62    |          | 40.73    | 0.00   | 84.00  |       |         | 16.00 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-38 | 18+893   | 2021     | 22.06    |          | 1.78     | 0.00   | 10.44  | 61.14 | 28.41   | 89.55 |                      | 2.71 |                | 52.00 | 26.00 |
| BH-PE-38 | 18+893   | 2021     | 22.06    | B521-T2  | 2.80     | 0.00   | 14.50  | 43.00 | 42.50   | 85.50 | 18.70                | 2.70 | 32.10          | 41.40 | 23.30 |
| BH-PE-38 | 18+893   | 2021     | 22.06    |          | 4.78     | 3.10   | 52.00  |       |         | 45.00 |                      |      |                |       |       |

|   |  |  |             |                             |                         |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> |  | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   |  | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>166 di<br>176 |

| Sond.    | Prog.    | CAMPAGNA | Quota    | Campione | Prof.    | Ghiaia | Sabbia | Limo  | Argilla | L+A   | $\gamma_t$           | Gs   | w <sub>n</sub> | LL  | LP  |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|-------|----------------------|------|----------------|-----|-----|
|          | [Pk.Km.] |          | [m slmm] |          | [m p.c.] | (%)    | (%)    | (%)   | (%)     | (%)   | [kN/m <sup>3</sup> ] | [-]  | [%]            | [%] | [%] |
| BH-PE-38 | 18+893   | 2021     | 22.06    |          | 7.78     | 56.50  | 26.50  |       |         | 17.00 |                      |      |                |     |     |
| BH-PE-38 | 18+893   | 2021     | 22.06    |          | 10.78    | 31.34  | 41.74  | 21.51 | 5.41    | 26.92 |                      | 2.72 |                |     |     |
| BH-PE-38 | 18+893   | 2021     | 22.06    |          | 16.78    | 3.70   | 90.40  |       |         | 5.90  |                      |      |                |     |     |
| BH-PE-38 | 18+893   | 2021     | 22.06    |          | 22.78    | 0.00   | 72.00  |       |         | 28.10 |                      |      |                |     |     |
| BH-PE-38 | 18+893   | 2021     | 22.06    |          | 26.75    | 0.00   | 93.66  | 2.60  | 3.74    | 6.34  |                      | 2.71 | 22.23          |     |     |
| BH-PE-38 | 18+893   | 2021     | 22.06    |          | 27.23    | 4.03   | 16.43  | 60.48 | 19.06   | 79.54 |                      | 2.67 |                |     |     |
| BH-PE-38 | 18+893   | 2021     | 22.06    |          | 33.23    | 0.90   | 93.20  |       |         | 5.90  |                      |      |                |     |     |
| BH-PE-38 | 18+893   | 2021     | 22.06    |          | 39.23    | 0.90   | 95.50  |       |         | 3.60  |                      |      |                |     |     |
| BH-PE-38 | 18+893   | 2021     | 22.06    |          | 45.23    | 1.20   | 95.80  |       |         | 1.20  |                      |      |                |     |     |
| BH-PE-21 | 10+524   | 2021     | 31.62    | SPT1     | 1.70     | 12.00  | 29.00  |       |         | 59.00 |                      |      |                |     |     |
| BH-PE-21 | 10+524   | 2021     | 31.62    | SPT2     | 4.73     | 36.00  | 53.00  |       |         | 11.00 |                      |      |                |     |     |
| BH-PE-21 | 10+524   | 2021     | 31.62    | SPT3     | 7.75     | 73.00  | 19.00  |       |         | 8.00  |                      |      |                |     |     |
| BH-PE-21 | 10+524   | 2021     | 31.62    | SPT4     | 10.73    | 77.00  | 22.00  |       |         | 1.00  |                      |      |                |     |     |
| BH-PE-21 | 10+524   | 2021     | 31.62    | SPT5     | 16.73    | 0.00   | 93.00  |       |         | 7.00  |                      |      |                |     |     |
| BH-PE-21 | 10+524   | 2021     | 31.62    | A        | 19.95    | 0.00   | 8.00   | 89.00 | 3.00    | 92.00 | 18.40                |      | 32.70          |     |     |
| BH-PE-21 | 10+524   | 2021     | 31.62    | SPT7     | 22.73    | 0.00   | 81.00  |       |         | 19.00 |                      |      |                |     |     |
| BH-PE-21 | 10+524   | 2021     | 31.62    | SPT8     | 15.73    | 2.00   | 74.00  |       |         | 24.00 |                      |      |                |     |     |
| BH-PE-21 | 10+524   | 2021     | 31.62    | SPT9     | 28.73    | 4.00   | 79.00  |       |         | 17.00 |                      |      |                |     |     |
| BH-PE-21 | 10+524   | 2021     | 31.62    | SPT10    | 31.73    | 11.00  | 66.00  |       |         | 23.00 |                      |      |                |     |     |
| BH-PE-21 | 10+524   | 2021     | 31.62    | SPT11    | 34.73    | 7.00   | 60.00  |       |         | 33.00 |                      |      |                |     |     |
| BH-PE-21 | 10+524   | 2021     | 31.62    | SPT13    | 40.73    | 0.00   | 84.00  |       |         | 16.00 |                      |      |                |     |     |

|   |  |  |             |                             |                         |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> |  | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   |  | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>167 di<br>176 |


| Sond.    | Prog.    | CAMPAGNA | Quota    | Campione | Prof.    | Ghiaia | Sabbia | Limo  | Argilla | L+A    | $\gamma_t$           | Gs   | w <sub>n</sub> | LL    | LP    |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|--------|----------------------|------|----------------|-------|-------|
|          | [Pk.Km.] |          | [m slmm] |          | [m p.c.] | (%)    | (%)    | (%)   | (%)     | (%)    | [kN/m <sup>3</sup> ] | [-]  | [%]            | [%]   | [%]   |
| BH-PE-27 | 12+319   | 2020     | 25.96    | B250 T5  | 13.25    | 0.00   | 8.90   | 62.70 | 28.40   | 91.10  | 18.10                | 2.69 | 31.90          |       |       |
| BH-PE-43 | 21+677   | 2021     | 26.35    | SPT1     | 3.23     | 2.00   | 65.00  |       |         | 3.00   |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-43 | 21+677   | 2021     | 26.35    | SPT2     | 6.23     | 5.00   | 76.00  |       |         | 19.00  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-43 | 21+677   | 2021     | 26.35    | SPT3     | 9.23     | 1.00   | 76.00  |       |         | 23.00  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-43 | 21+677   | 2021     | 26.35    | A        | 12.25    | 0.00   | 1.00   | 78.00 | 21.00   | 99.00  | 18.36                |      | 30.10          | 35.00 | 24.00 |
| BH-PE-43 | 21+677   | 2021     | 26.35    | B        | 16.75    | 0.00   | 1.00   | 88.00 | 11.00   | 99.00  | 18.60                |      | 30.00          | 34.00 | 25.00 |
| BH-PE-43 | 21+677   | 2021     | 26.35    | C        | 19.75    | 0.00   | 1.00   | 88.00 | 11.00   | 99.00  | 18.80                |      | 29.00          | 35.00 | 27.00 |
| BH-PE-43 | 21+677   | 2021     | 26.35    | D        | 24.30    | 0.00   | 0.00   | 54.00 | 46.00   | 100.00 | 18.30                |      | 33.00          | 52.00 | 36.00 |
| BH-PE-43 | 21+677   | 2021     | 26.35    | SPT4     | 28.73    | 0.00   | 25.00  | 71.00 | 4.00    | 75.00  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-43 | 21+677   | 2021     | 26.35    | SPT5     | 28.73    | 3.00   | 70.00  | 24.00 | 3.00    | 27.00  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-43 | 21+677   | 2021     | 26.35    | SPT6     | 32.13    | 0.00   | 25.00  |       |         | 75.00  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-43 | 21+677   | 2021     | 26.35    | SPT8     | 37.73    |        | 81.00  |       |         | 19.00  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-43 | 21+677   | 2021     | 26.35    | SPT9     | 43.73    |        | 89.00  |       |         | 11.00  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-34 | 16+556   | 2021     | 22.58    | A        | 1.80     |        | 6.00   | 56.00 | 35.00   | 91.00  |                      |      | 39.00          | 53.00 | 19.00 |
| BH-PE-34 | 16+556   | 2021     | 22.58    | A        | 1.80     |        |        |       |         |        |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-34 | 16+556   | 2021     | 22.58    | A        | 1.80     |        |        |       |         |        |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-34 | 16+556   | 2021     | 22.58    | SPT2     | 4.73     | 62.00  | 27.00  |       |         | 11.00  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-34 | 16+556   | 2021     | 22.58    | SPT4     | 13.73    | 71.00  | 20.00  |       |         | 9.00   |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-34 | 16+556   | 2021     | 22.58    | SPT6     | 19.73    | 47.00  | 37.00  |       |         | 16.00  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-34 | 16+556   | 2021     | 22.58    | SPT8     | 25.73    | 5.00   | 91.00  |       |         | 4.00   |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-34 | 16+556   | 2021     | 22.58    | SPT10    | 31.73    | 8.00   | 86.00  |       |         | 6.00   |                      |      |                |       |       |

|   |  |  |             |                             |                         |
|---|--|--|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> |  | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)   |  | Progetto<br>IN17   | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>168 di<br>176 |

| Sond.       | Prog.    | CAMPAGNA | Quota    | Campione | Prof.    | Ghiaia | Sabbia | Limo  | Argilla | L+A   | $\gamma_t$           | Gs   | w <sub>n</sub> | LL    | LP    |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|-------|---------|-------|----------------------|------|----------------|-------|-------|
|             | [Pk.Km.] |          | [m slmm] |          | [m p.c.] | (%)    | (%)    | (%)   | (%)     | (%)   | [kN/m <sup>3</sup> ] | [-]  | [%]            | [%]   | [%]   |
| BH-PE-34    | 16+556   | 2021     | 22.58    | SPT12    | 37.75    |        | 99.00  |       |         | 1.00  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-34    | 16+556   | 2021     | 22.58    | SPT14    | 43.73    | 10.00  | 87.00  |       |         | 3.00  |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-25Bis | 11+697   | 2021     |          | CR1      | 12.23    | 36.50  | 37.20  |       |         | 26.30 |                      |      |                |       |       |
| BH-PE-25Bis | 11+697   | 2021     |          | T2       | 13.75    |        | 27.80  | 64.20 | 8.00    | 72.20 | 19.70                | 2.74 |                |       |       |
| BH-PE-38bis | 18+893   | 2021     | 22.06    | T1       | 2.25     |        | 9.00   | 68.00 | 23.00   | 91.00 | 18.60                | 2.72 | 33.50          | 35.90 |       |
| BH-PE-38bis | 18+893   | 2021     | 22.06    | T2       | 4.25     |        | 2.00   | 32.00 | 67.00   | 99.00 | 17.30                | 2.68 | 43.50          | 70.40 | 36.40 |

|   |  |                     |                                     |                                  |
|---|--|---------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                     |                                  |
| <p>Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)</p>  | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>10</p> | <p>Codifica<br/>E12RBGE0000002C</p> | <p>Foglio<br/>169 di<br/>176</p> |

**ALLEGATO 2 - PLANIMETRIE TRACCIATO ED UBICAZIONE DELLE INDAGINI**

|   |  |                     |                                    |                                  |
|---|--|---------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                    |                                  |
| <p>Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)</p>  | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>10</p> | <p>Codifica<br/>EI2RBGE000002C</p> | <p>Foglio<br/>170 di<br/>176</p> |

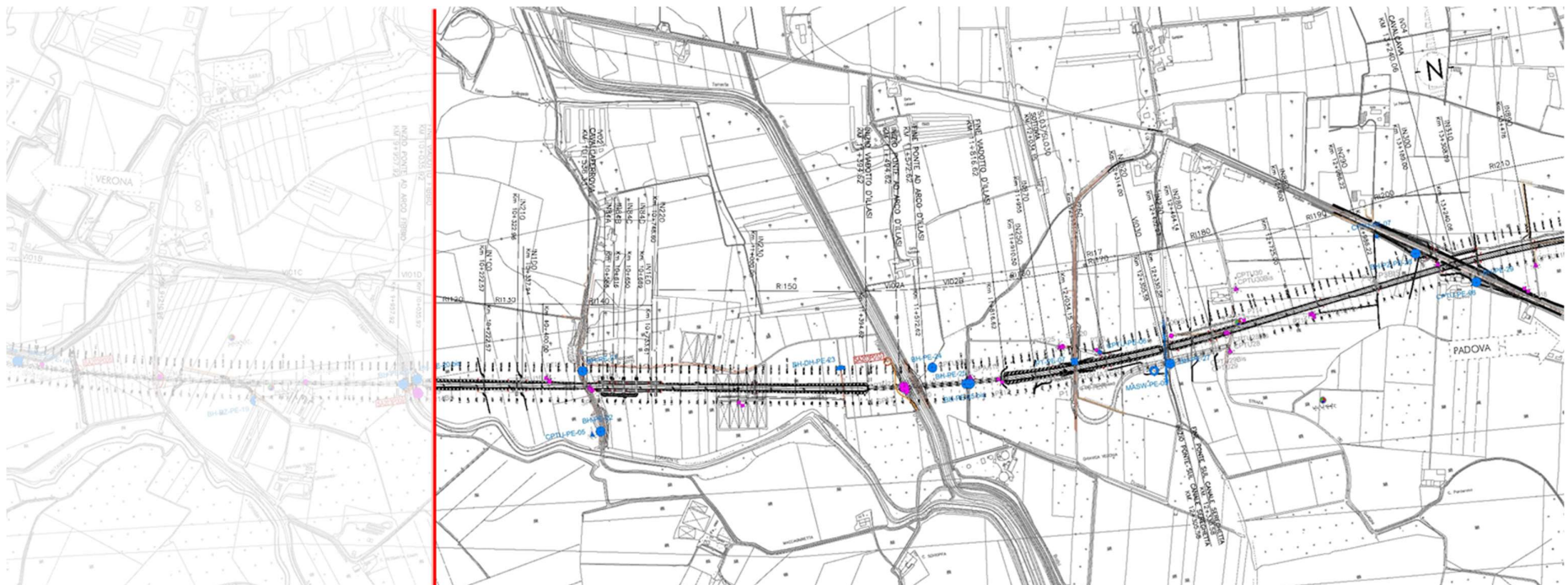


Figura 80 – Planimetria tracciato ed ubicazione indagini tra pk 10+050 e pk 13+500



|   |  |                     |                                    |                                  |
|---|--|---------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  |                     |                                    |                                  |
| <p>Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)</p>  | <p>Progetto<br/>IN17</p>   | <p>Lotto<br/>10</p> | <p>Codifica<br/>EI2RBGE000002C</p> | <p>Foglio<br/>171 di<br/>176</p> |



Figura 81 – Planimetria tracciato ed ubicazione indagini tra pk 13+500 e pk 18+000







GENERAL CONTRACTOR





ALTA SORVEGLIANZA



|   |          |       |                 |               |
|---|----------|-------|-----------------|---------------|
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990) | Progetto | Lotto | Codifica        | Foglio        |
|   | IN17     | 10    | EI2RBGE0000002C | 173 di<br>176 |

### ALLEGATO 3 – PROFILI GEOTECNICI

|  |   |             |                             |                         |
|--|---|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                             |                         |
|  | Progetto<br>IN17  | Lotto<br>10 | Codifica<br>EI2RBGE0000002C | Foglio<br>174 di<br>176 |

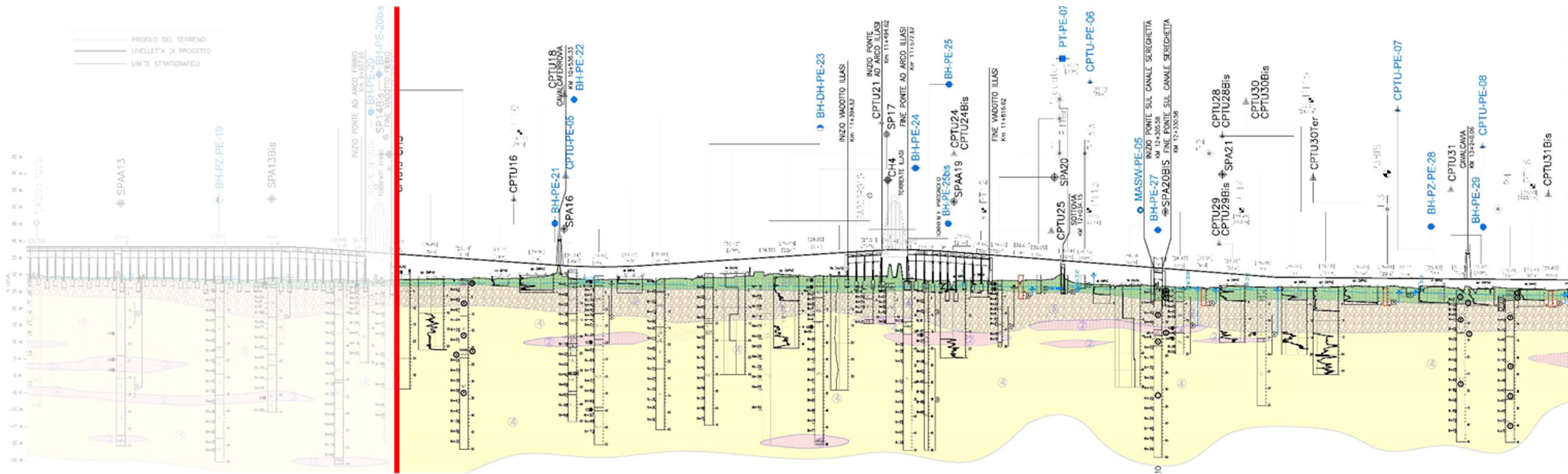




Figura 83 – Profilo Geotecnico, tra pk 10+050 e pk 13+500

|  |  |   |             |                            |                      |
|--|--|---|-------------|----------------------------|----------------------|
| GENERAL CONTRACTOR<br> |  | ALTA SORVEGLIANZA<br> |             |                            |                      |
| Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)  |  | Progetto<br>IN17  | Lotto<br>10 | Codifica<br>E12RBGE000002C | Foglio<br>175 di 176 |

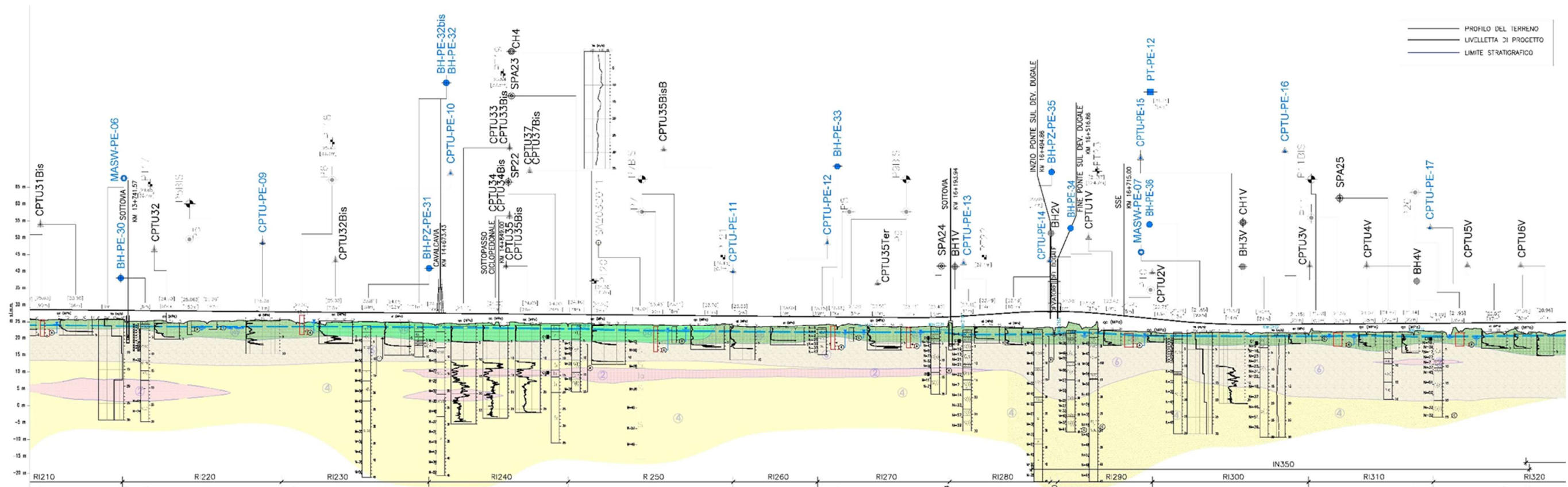


Figura 84 – Profilo Geotecnico, tra pk 13+500 e pk 18+000



