

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

IV - CAVALCAFERROVIA

IV04 - CAVALCAFERROVIA AL KM 13+241.14

GENERALE

Relazione Geotecnica

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Conorzio Iricav Due MALAVENDA ing. Paolo Carmona Data: Giugno 2021			

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	FOGLIO			
I N 1 7	1 2	E	I 2	R B	I V 0 4 0 0	0 0 1	A	-	-	-	P - - -



	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Luca RANDOLFI	

Progettazione:								IL PROGETTISTA Giuseppe Fabrizio Coppa
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificat	Data	Approvato	Data	
A	EMISSIONE	Coding	18/06/21	C.Pinti	18/06/21	P.Luciani	18/06/21	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E9100000009	File: IN1712EI2RBIV0400001A.DOC Cod. origine:
-----------------	---------------------	--





Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

INDICE

1.	PREMESSA	2
2.	NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	3
2.1.	DOCUMENTI PROGETTUALI	3
2.2.	NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO	4
2.3.	BIBLIOGRAFIA TECNICA	4
3.	INDAGINI GEOTECNICHE DI RIFERIMENTO	8
4.	CRITERI DI VALUTAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI	10
4.1.	DENSITÀ RELATIVA DEI MATERIALI A GRANA GROSSA	10
4.2.	RESISTENZA AL TAGLIO – PARAMETRI DRENATI	12
4.2.1.	Materiali a grana grossa	12
4.2.2.	Materiali a grana fine	14
4.3.	RESISTENZA AL TAGLIO – PARAMETRI NON DRENATI	16
4.4.	DETERMINAZIONE DELLA STORIA TENSIONALE – (OCR)	17
4.5.	DETERMINAZIONE DEI COEFFICIENTI DI CONSOLIDAZIONE VERTICALE CV	18
4.6.	PARAMETRI DI DEFORMAZIONE	20
4.6.1.	Materiali a grana grossa	20
4.6.2.	Materiali a grana fine	22
4.7.	QUALITÀ DEI CAMPIONI	23
5.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA DELLE PRINCIPALI FORMAZIONI DELL'AREA	24
6.	DATI PIEZOMETRICI	1
7.	SINTESI DEI PARAMETRI DI CALCOLO	2
7.1.	MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO E CONDIZIONI DI FALDA	2
8.	PROBLEMATICHE DI LIQUEFAZIONE	3
9.	RISPOSTA SISMICA LOCALE	8
10.	PALI DI FONDAZIONE	10
10.1.	INTRODUZIONE	10
10.2.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU) DI TIPO GEOTECNICO	10
10.2.1.	Carico limite nei riguardi dei carichi assiali	12
10.2.2.	Carico limite nei riguardi dei carichi trasversali	33
10.3.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE) DI TIPO GEOTECNICO	35

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBIV0400001	A

1. PREMESSA

La presente relazione illustra gli aspetti geotecnici caratterizzanti l'area di interesse del cavalcaferrovia IV04 al km 13+241.14 circa, nell'ambito della redazione dei documenti tecnici relativi alla progettazione esecutiva della Linea AV/AC Verona-Padova, Sub tratta Verona-Vicenza, 1° Sub Lotto Verona-Montebello Vicentino.

Le analisi riportate nel presente documento, relativamente alla caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione dell'opera in oggetto, si basano sugli esiti delle indagini geotecniche e delle prove di laboratorio richiamati nella trattazione a seguire, disponibili dal precedente Progetto Definitivo, da ulteriori fasi conoscitive, ad esempio richieste dalla Conferenza dei Servizi, e dalla più recente campagna di indagine approntata specificatamente per la fase di Progetto Esecutivo.

La relazione ha il solo scopo di fornire tutte le informazioni geotecniche necessarie alla progettazione dell'opera in esame, rimandando alle specifiche relazioni di calcolo per quanto riguarda le verifiche geotecniche delle singole fondazioni.

Si individua nello stralcio planimetrico di seguito l'ubicazione del sito interessato dall'opera in esame.

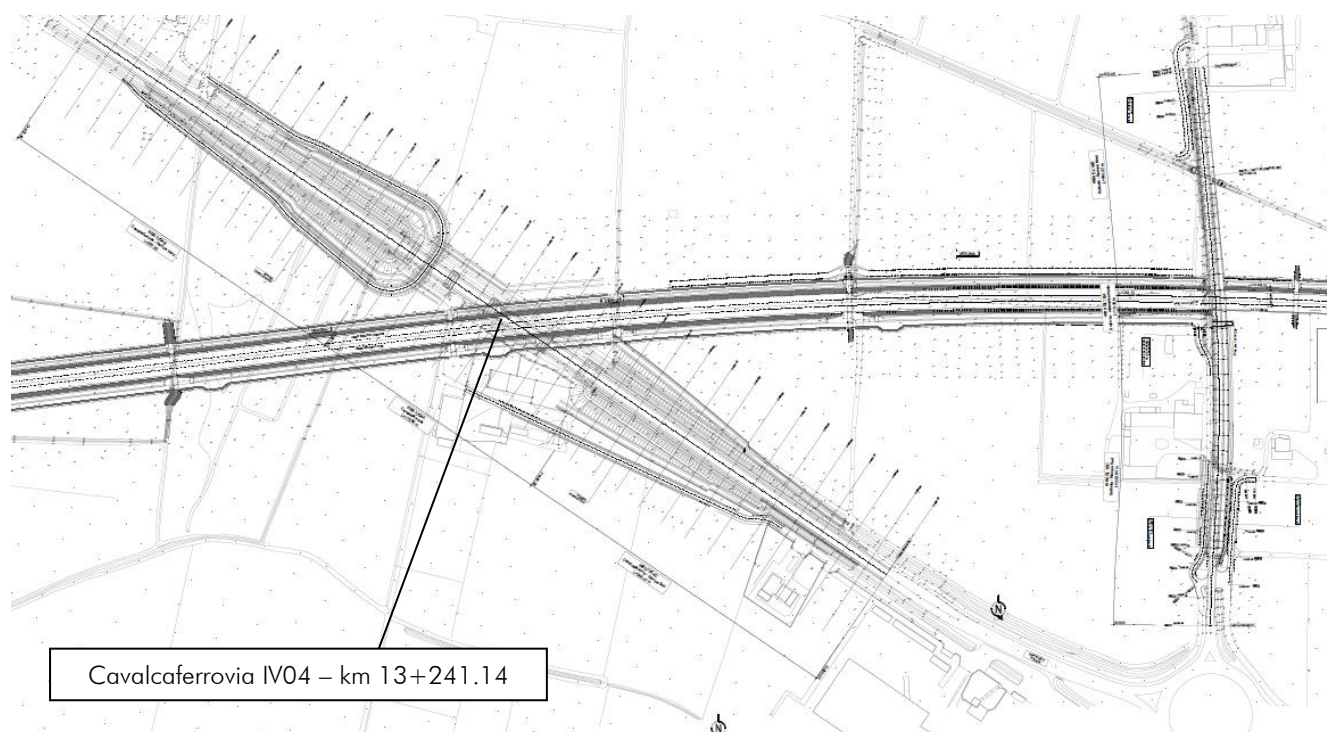




Figura 1: Stralcio planimetrico – Ubicazione Cavalcaferrovia IV04



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

2. NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

2.1. DOCUMENTI PROGETTUALI

Si richiamano nell'elenco di seguito i documenti di riferimento per la definizione degli aspetti geotecnici.

- [1] IN1710EI2RBGE0000001A-4A Relazione geotecnica generale
- [2] IN1710EI2RGGE0000001A Relazione geologica, caratterizzazione e modellazione geologica del sito 1/2 (da 0+000 a 21+990)
- [3] IN1710EI2RGGE0000002A Relazione geologica, caratterizzazione e modellazione geologica del sito 2/2 (da 22+000 a 44+250)
- [4] IN1710EI2RGGE0000003A Relazione idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)
- [5] IN1710EI2RGGE0000004A Relazione idrogeologica 2/2 (da 22+000 a 44+250)
- [6] IN1710EI2RGGE0000005A Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 1/2 (da 0+000 a 21+990)
- [7] IN1710EI2RGGE0000006A Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 2/2 (da 22+000 a 44+250)
- [8] IN1710EI2LZGE0000012A-22A Planimetria geotecnica con ubicazione indagini e profilo geotecnico tav.1-11
- [9] IN1710EI2RHGE0000007A Relazione di sintesi dei sondaggi e prove eseguite 1/2 (da 0+000 a 21+990)
- [10] IN1710EI2RHGE0000008A Relazione di sintesi dei sondaggi e prove eseguite 2/2 (da 21+990 a 44+250)
- [11] IN1710EI2P5GE0000012A-22A Planimetria di ubicazione indagini di Progetto Esecutivo, tav. 1-11
- [12] IN1710EI2PRGE0000001A Indagini in sito di Progetto Esecutivo (da 0+000 a 21+990) - SOCOTEC
- [13] IN1710EI2PRGE0000002A Indagini in sito di Progetto Esecutivo (da 21+990 a 44+250) - SOCOTEC
- [14] IN1710EI2PRGE0000003A, Indagini in sito di Progetto Esecutivo da pk 0+000 a pk 21+990 - ATI GEOSERVING – GEOLAVORI
- [15] IN1710EI2PRGE0000004A, Indagini in sito di Progetto Esecutivo da pk 21+990 a pk 44+250 - ATI GEOSERVING – GEOLAVORI
- [16] IN1710EI2PRGE0000005A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 0+000 a pk 21+990 - SOCOTEC - Vol.1
- [17] IN1710EI2PRGE0000006A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 0+000 a pk 21+990 - SOCOTEC - Vol.2
- [18] IN1710EI2PRGE0000007A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 21+990 a pk 44+250 - SOCOTEC - Vol.1
- [19] IN1710EI2PRGE0000008A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 21+990 a pk 44+250 - SOCOTEC - Vol.2
- [20] IN1710EI2PRGE0000009A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 0+000 a pk 21+990 - ATI GEOSERVING - GEOLAVORI - Vol.1

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A



- [21] IN1710EI2PRGE00000010A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 0+000 a pk 21+990 - ATI GEOSERVING - GEOLAVORI - Vol.2
- [22] IN1710EI2PRGE00000011A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 21+990 a pk 44+250 - ATI GEOSERVING - GEOLAVORI - Vol.1
- [23] IN1710EI2PRGE00000012A, Prove di laboratorio di Progetto Esecutivo da pk 21+990 a pk 44+250 - ATI GEOSERVING - GEOLAVORI - Vol.2
- [24] IN1710EI2IGGE0000001A, Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo da pk 0+000 a pk 21+990 - SOCOTEC
- [25] IN1710EI2IGGE0000002A, Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo da 21+990 a 44+250 - SOCOTEC
- [26] IN1710EI2IGGE0000003A, Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo da pk 0+000 a pk 21+990 - ATI GEOSERVING - GEOLAVORI
- [27] IN1710EI2IGGE0000004A, Indagini Geofisiche di Progetto Esecutivo da 21+990 a 44+250 -ATI GEOSERVING - GEOLAVORI

2.2. NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO



- [28] Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: "Norme Tecniche per le Costruzioni"
- [29] Circolare M.LL.PP. n. 617 del 2 febbraio 2009: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale del 14/01/2008"
- [30] UNI-EN 1997-1 – Febbraio 2005: Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali
- [31] UNI-EN 1998-1 – Marzo 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici
- [32] UNI-EN 1998-5 – Gennaio 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- [33] RFI DTC SI MA IFS 001 B – Dicembre 2017: Manuale di progettazione delle opere civili.

2.3. BIBLIOGRAFIA TECNICA



- [34] Andrus, R. D., and Stokoe, K. H. (2000), "Liquefaction resistance of soils from shearwave velocity", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Eng., ASCE 126(11), 1015–025
- [35] Atkinson J.H. and Salfors G. (1991), "Experimental determination of soil properties. General Session 1", Proc. X ECSMFE, Florence, Vol. 3, pp-915-956.
- [36] Atkinson J.H. (2000), "Non-linear soil stiffness in routine design", Geotechnique, Vol.50, n.5, pp.487-508
- [37] Baligh (1975) "Theory of deep site static cone penetration resistance" Research Report R-75-56, MIT, Cambridge
- [38] Bolton (1986) "The strength and dilatancy of sands" Geotechnique 36 , n° 1
- [39] 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
- [40] Clayton C.R.I. (1995) "The Standard Penetration Test (SPT): Methods and use" CIRIA Report n° 143, 1995

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>12</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2RBIV0400001</p>	<p>A</p>



- [41] 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
- [42] 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
- [43] Houlsby G. T., Teh, C. I. (1988) "Analysis of the piezocone in clay" Penetration Testing 1988, ISOPT-1, De Ruiter (ed.). Balkema Rotterdam
- [44] Ishihara K. (1996), "Soil behaviour in earthquake Engineering". Clarendon Press, Oxford
- [45] Ishihara K., Tsukamoto Y., Shimizu Y. (2001) "Estimate of relative density from in-situ penetration tests" Proceedings In-situ 2001, Bali
- [46] 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
- [47] Jeffries M.G. and Been, K. (2006), "Soil liquefaction- A critical state approach". Taylor & Francis, ISBN 0-419-16170-8, 478 pages
- [48] 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
- [49] 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
- [50] Lancellotta R. (1987) "Geotecnica" Zanichelli, Bologna
- [51] 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
- [52] Lunne, T., Robertson, P.K., Powell, J.J.M. (1997). "Cone Penetration Testing in Engineering Practice" Blackie Academic and Professional, London
- [53] Lunne T., Christoffersen H.P., Tjelta T.I. (1985) "Engineering use of piezocone data in North Sea clays" Proc. XI ICSMFE, S. Francisco
- [54] 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
- [55] Mesri G. e Godlewski P.M. (1977), "Time and stress-compressibility relationship". JGED, ASCE, GT5
- [56] 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.
- [57] 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
- [58] Schmertmann J.H. (1978), "Guidelines for cone penetration test performance and design", Report FHWA-TS-78-209, U.S. Department of Transportation, Washington.
- [59] 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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

- [60] 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
- [61] 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
- [62] 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
- [63] 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
- [64] Tavenas F., Jean P., Leblond P., Leroueil S. (1983b) "The permeability of natural soft clays. Part II: Permeability characteristics" *Canadian Geotechnical Journal*, vol. 20
- [65] Terzaghi K., Peck R.B. and Mesri G. (1996), "Soil mechanics in engineering practice", 3rd edition, Wiley & Sons, New York
- [66] 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
- [67] Youd T.D. (1972) "Factors controlling maximum and minimum density of sands" *Proceedings of Symposium on Eval. Dens.*, ASTM STP 523
- [68] Fleming. W.G.K., Weltman. A.J., Randolph. M.F., Elson, W.K. (1985). "Piling Engineering". Surrey University Press, Glasgow and London, Halsted Press, a division of John Wiley & Sons, New York
- [69] Berezantsev W.HG. (1965), "Design of Deep Foundations", Proc. 6th ICSMFE, Montreal. Vol.II
- [70] Berezantsev W.HG. (1970), "Calculation of the Construction Basis", Leningrad
- [71] Boulanger, R.W., Kutter, B.L., Brandenberg, S.J., Singh, P., Chang, D. (2003) "Pile foundations in liquefied and laterally spreading ground during earthquakes: centrifuge experiments & analyses" *Centre of Geotechnical Modelling, Report n° UCD/CGM-03/01*, University of California Davis, USA
- [72] Fioravante, V., Ghionna, V.N., Jamiolkowski, M.B. and Pedroni, S. (1995). "Load carrying capacity of large diameter bored piles in sand and gravel". Proc. 10th ARCSMFE, 2, 3-15
- [73] Ghionna, V.N., Jamiolkowski. M.B., Pedroni. S. and Salgado, R. et al (1994). "Tip displacement of drilled shafts in sands". in *Vertical and Horizontal Deformations of Foundations and Embankments*. Ed. A.T. Yeung and G.Y. Felio, ASCE , GSP40, New York, 2, 1039-1057
- [74] Gwizdala K. (1984) "Large bored piles in non-cohesive soils" *Swedish Geotechnical Institute, Report n° 26+*
- [75] Lancellotta R. Costanzo D. e Foti S. "Progettazione Geotecnica secondo l'Eurocodice 7 (UNI EN 1997) e le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008)" Hoepli ed
- [76] Reese L.C., Wright S.J. (1977) "Drilled shaft manual" U.S. Department of Transportation, Office of Research and Development, Div. HDV 2, Washington
- [77] Reese L.C., O'Neill M.W. (1988) "Drilled shaft: construction procedures and design methods" Publication N.FHWA-HI-88-042, Federal Highway Administration, Washington, D.C.
- [78] Robertson, P.K., Seed, R.B. and Stokoe, K.H. II (2001), "Liquefaction Resistance of Soil: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils", *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, vol. 127, n° 10, pp.817-833

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>12</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2RBIV0400001</p>	<p>A</p>

- [79] Knappett, J.A., Madabhushi, S.P.G. (2008b) "Designing against pile tip bearing capacity failure in liquefiable soils" Proc. 2nd BGA Int. Conf. on Foundations, 2, 1237-1246
- [80] Idriss, I.M., Boulanger, R.W. (2007) "SPT- and CPT-based relationships for the residual shear strength of liquefied soils" 4th Int. Conf. on Earthquake Geotechnical Engineering, Invited Lectures, Pitilakis, K.D. editor, Springer, Netherlands, 1-22
- [81] Idriss, I.M., Boulanger, R.W. (2008) "Soil liquefaction during earthquakes" Earthquake Engineering Research Institute, MNO-12
- [82] Viggiani (1999), "Fondazioni" Hevelius Edizioni
- [83] AGI, "Raccomandazioni sui pali di fondazione", dicembre 1984
- [84] FHWA 2010

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

3. INDAGINI GEOTECNICHE DI RIFERIMENTO

Le analisi riportate nel presente documento, relativamente alla caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione dell'opera in oggetto, si basano sugli esiti delle indagini geotecniche e delle prove di laboratorio richiamati a seguire, disponibili dal precedente Progetto Definitivo (Campagna indagini 2014-2015), da ulteriori eventuali fasi conoscitive, ad esempio richieste dalla Conferenza dei Servizi (Campagna indagini 2018), e dalla più recente campagna di indagine approntata specificatamente per la fase di Progetto Esecutivo (Campagna indagini 2020-2021).

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. [8]), di cui se ne riporta uno stralcio a seguire che individua l'area di interesse dell'opera in esame. Per ulteriori dettagli circa il posizionamento dei sondaggi e il loro esito si rimanda agli elaborati di progetto dedicati, ed in particolare alle relazioni di sintesi delle indagini (Doc. Rif. [9] e [10]).

Si richiamano nel prospetto a seguire le indagini geotecniche di riferimento per la definizione del modello geotecnico, localizzate esattamente sull'opera in esame. Tali indagini sono state eseguite nella campagna di indagine approntata specificatamente per la fase di Progetto Esecutivo dell'opera.

Si è tenuto inoltre conto delle indagini geotecniche disponibili dal precedente Progetto Definitivo, localizzate nell'area interessata dall'opera.

Progressiva (km ≈)	Sondaggio o prova CPTU (Denomin.)	Campagna d'indagine (anno)	Quota di Bocca foro (m s.l.m.)	Lunghezza sondaggio/CPTU (m)	Piezometro installato C=Casagrande TA=Tubo Aperto
13+132	BH-PZ-PE-28	2020/2021	26.078	45.00	TA
13+190	CPTU31	2014/2015	25.90	5.00	-
13+285	CPTU-PE-08	2020/2021	25.73	5.00	-
13+287	BH-PE-29	2020/2021	25.89	45.00	-

Tabella 1: Elenco delle indagini geotecniche di riferimento per l'opera in esame

Nello stralcio planimetrico riportato di seguito, si individua l'ubicazione dei sondaggi di riferimento disponibili, sopra elencati, utilizzati per la caratterizzazione geotecnica, dunque per la definizione delle unità geotecniche, delle stratigrafie di progetto e dei parametri di calcolo per le opere in esame.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2RBIV0400001

A

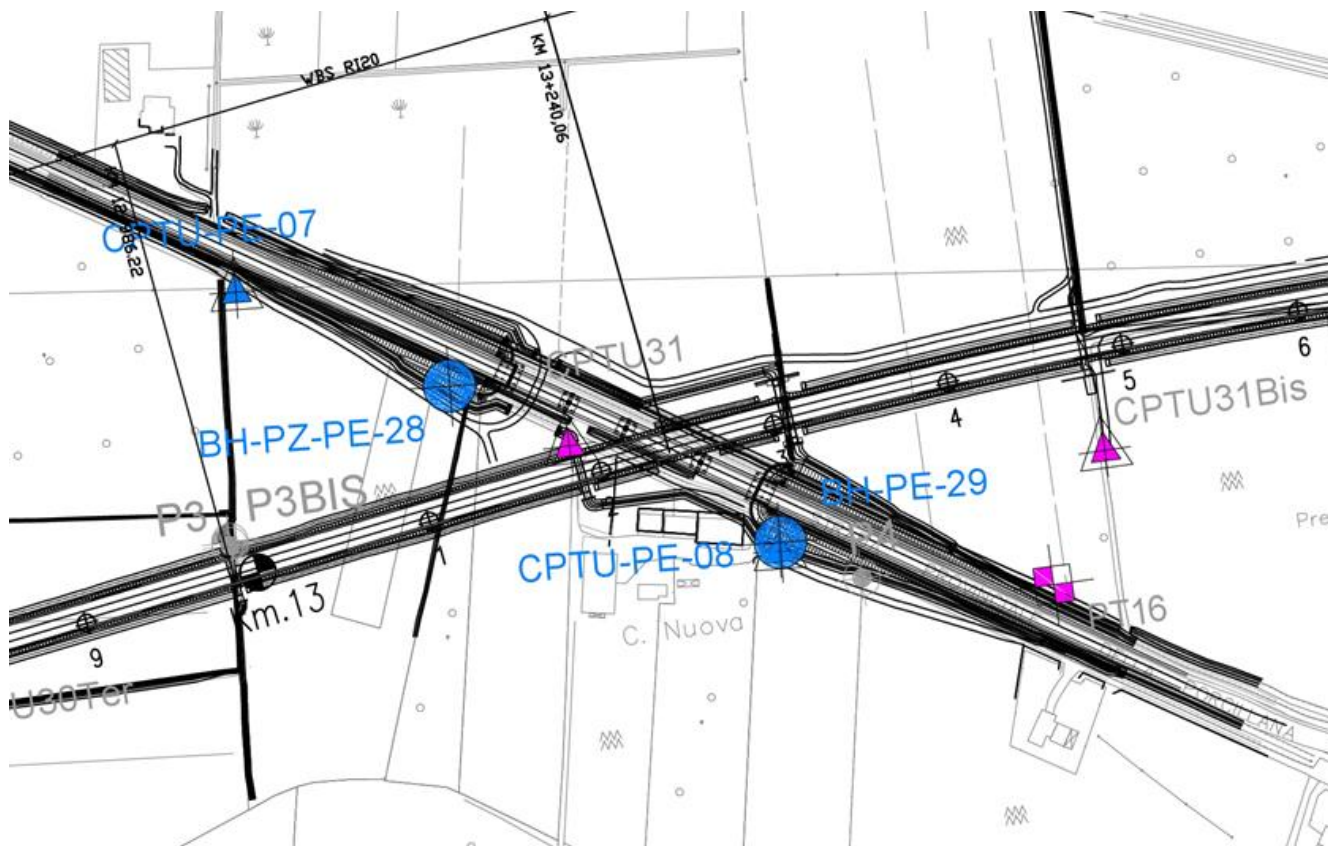




Figura 2: Stralcio planimetrico – Ubicazione indagini geotecniche di riferimento per l'opera in esame

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

4. CRITERI DI VALUTAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI

A livello generale, dal punto di vista dei criteri di caratterizzazione geotecnica e geomeccanica, si distinguono tre tipologie di terreno:

- Terreni incoerenti a grana grossa o debolmente cementati, caratterizzati da percentuali di fine (limo e argilla) generalmente inferiori al 30-35%;
- Terreni coesivi (limi e argille);
- Formazioni rocciose.

L'individuazione del tipo di materiale, e quindi la scelta dei criteri per la determinazione dei parametri geotecnici, è effettuata principalmente sulla base della descrizione stratigrafica dei sondaggi e delle prove di laboratorio sui campioni di terreno e sulle carote di roccia.

Si rimanda ai paragrafi successivi per la definizione dei criteri adottati per la stima dei parametri geotecnici associati a ciascuna formazione caratterizzante i terreni in esame.

4.1. DENSITÀ RELATIVA DEI MATERIALI A GRANA GROSSA

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.

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

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

essendo:

A, B = costanti empiriche indicate nella Tabella a seguire;

σ_{vo}' = pressione verticale efficace esistente in sito alla quota della prova SPT (kg/cm²);

NSPT = numero di colpi per 30 cm di infissione.



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)

Tabella 2: Costanti empiriche A e B (Skempton, 1986)

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. [49]):

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

dove:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

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

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

p_a = pressione atmosferica = 98.1 kPa;

σ'_{vo} = tensione verticale efficace alla generica quota.

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

Per quanto riguarda le ghiaie, l'interpretazione dei valori NSPT è stata eseguita in accordo al metodo proposto da Cubrinowski & Ishihara (1999, Doc. rif. [41]) 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. [45]) 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 (-);

D_{50} = diametro delle particelle corrispondente al 50% di passante (mm);

σ'_{vo} = pressione verticale efficace geostatica (kPa);

$k_{o,NC}$ = coefficiente di spinta a riposo di terreni normalmente consolidati (-);



$k_{o,SC}$ = coefficiente di spinta a riposo di terreni sovraconsolidati (-).

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

- Energia trasferita alle aste pari al 78%. L'esperienza acquisita nelle indagini eseguite in Italia ha mostrato che mediamente l'energia trasferita alle aste è inferiore al 78% e pari all'incirca al 60%; nell'applicazione della formula, il valore NSPT 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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

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 NSPT misurati (su tale aspetto si vedano Clayton, 1995 [40]; Skempton, 1986 [61]; Tokimatsu & Yoshimi, 1983 [66]).

4.2. RESISTENZA AL TAGLIO – PARAMETRI DRENATI

4.2.1. Materiali a grana grossa

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

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

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

L'angolo di resistenza al taglio di picco φ' può essere determinato con il metodo proposto da Bolton (1986, Doc. rif. [38]). 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 espressione di Baligh (1975, Doc. rif. [37]):

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

essendo:

$\varphi_{\sigma}' > \varphi_{cv}' =$ angolo di attrito riferito ad una pressione $\sigma_{ff}' = 272$ kPa ($^{\circ}$);

$\varphi_{cv}' =$ angolo di attrito a volume costante, corrispondente a pressioni σ_{ff}' elevate ($^{\circ}$);

$\alpha =$ angolo che determina la curvatura dell'involuppo di rottura ($^{\circ}$);

$p_a = 98.1$ 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 φ_{σ}' può essere stimato come segue (v. Bolton 1986, Doc. rif. [38]):

$$\begin{aligned} \varphi_{\sigma}' &= \varphi_{cv}' + m \cdot DI \\ DI &= D_r [Q \cdot \ln(p_r')] - 1 \end{aligned}$$



essendo:

$Q = 10$

$p_r' = 1.4 \cdot \sigma_{ff}'$ (v. Jamiokowski et al. 1988, Doc. rif. [46]) (kPa)

$m =$ costante empirica dipendente dalle condizioni di deformazione prevalenti (v. Tabella successiva) ($^{\circ}$)

$D_r =$ densità relativa, valutata in accordo con quanto riportato al punto 4.1

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

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

σ_2' = tensione principale efficace intermedia

σ_3' = tensione principale efficace minore

Tabella 3: Valori della costante empirica m secondo Bolton (1986)

I valori dell'angolo di attrito φ_{cv}' possono essere ricavati da prove di laboratorio (triassiali o di taglio diretto) su provini ricostituiti a basse densità relative e, in assenza di queste ultime, assegnati in base a quanto indicato nella Tabella di seguito (vedi ad esempio Youd 1972 o Stroud 1988, Doc. rif. [67][62]).

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

Tabella 4: Valori di φ_{cv} per sabbie silicee secondo quanto riportato in Stroud (1988) e Youd (1972)



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

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

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

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. [58]), ed illustrata nella Figura successiva, sulla base dei valori di densità relativa stimati al punto 4.1, ed entrando nel grafico a seconda della granulometria prevalente del materiale riscontrato in un data area.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

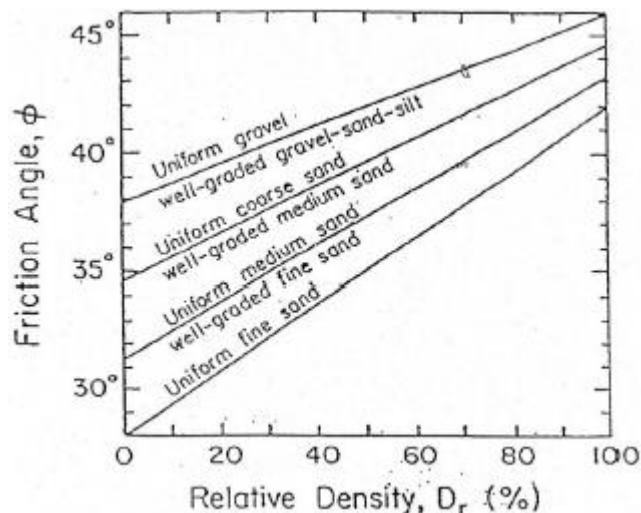


Figura 3: Relazione fra angolo di resistenza al taglio operativo e densità relativa

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

Sulla base degli studi di Jefferies e Been (2006, Doc. rif. [47]), Robertson (2012, Doc. rif. [57]) ha proposto la seguente correlazione fra la resistenza alla punta normalizzata Q_{tn} ed il valore dell'angolo di attrito a volume costante ϕ_{cv} :

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

Dove:



Q_{tn} = resistenza alla punta normalizzata $= (q_t - \sigma_v 0) / \sigma'_{v0}$;

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

4.2.2. 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 ϕ' mediante interpolazione dei punti di rottura.

In alternativa, i valori sono stati stimati sulla base delle correlazioni riportate nelle due Figure seguenti, come citati da Mesri e Abdel Ghaffar (1993) (Doc. rif. [55]). I valori riportati nell'articolo citato si riferiscono a back-analysis di rotture di pendii, in argille NC e OC.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>12</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2RBIV0400001</p>	<p>A</p>

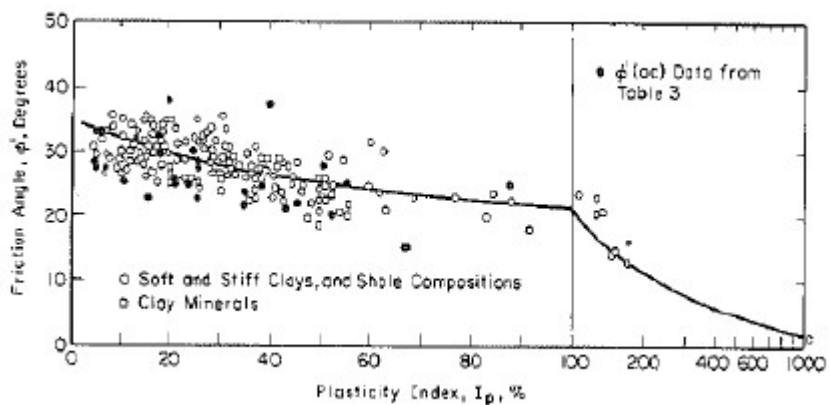


Figura 4: Valori dell'angolo di resistenza al taglio per materiali argillosi (Mesri e Abdel-Ghaffar, 1993)

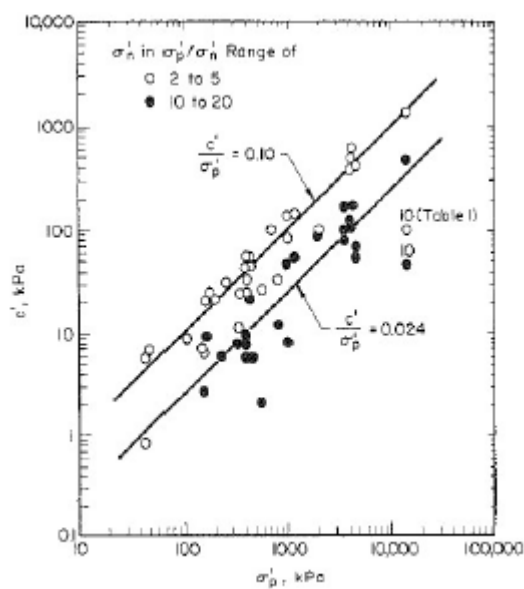




Figura 5: Valori della coesione intercetta c' in funzione della tensione di preconsolidazione e del valore della tensione normale al piano di rottura, al momento della rottura σ_n (da Mesri e Abdel-Ghaffar, 1993)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

4.3. RESISTENZA AL TAGLIO – PARAMETRI NON DRENATI

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



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

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

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. [52]).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

4.4. 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. [39]):

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

4.5. DETERMINAZIONE DEI COEFFICIENTI DI CONSOLIDAZIONE VERTICALE CV

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

In alternativa, il valore può anche essere stimato interpretando le prove di dissipazione, ed ottenendo il valore del coefficiente di consolidazione orizzontale c_h , in accordo a Teh e Houlsby (1988, Doc. rif. [43]).

La relazione proposta è la seguente:

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

essendo:

T^* = fattore adimensionale funzione della percentuale di dissipazione della sovrappressione interstiziale iniziale; per un grado di dissipazione del 50% si ha $T^* = 0.245$;

I_r = indice di rigidità del materiale, stimato in base alla Figura 4 (Keaveny and Mitchell, 1986, Doc. rif. [48]), funzione dell'indice di plasticità del materiale. Per il caso in esame, si è considerato $I_r = 140$, dove:



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

r = raggio del cono, pari a 1.78 cm;

t = tempo necessario a raggiungere un determinato grado di dissipazione.

	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

Tabella 5: Fattore adimensionale T (da Houlsby & Teh (1988))

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

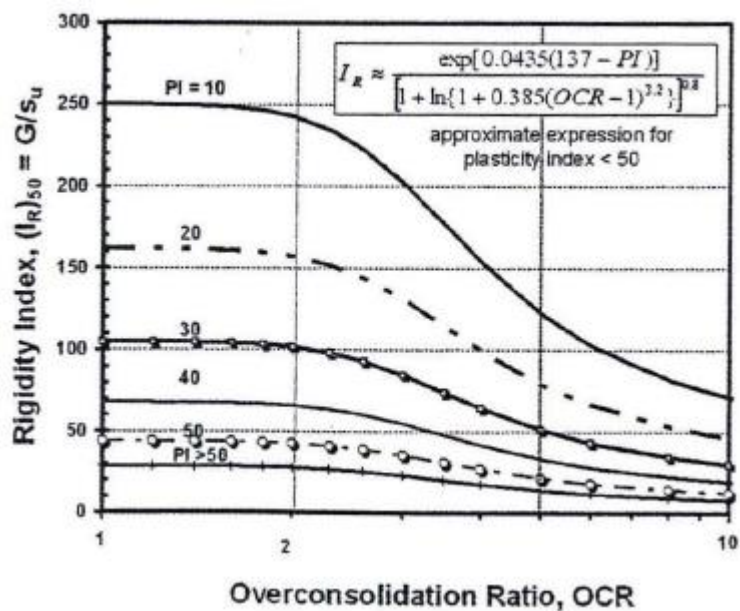


Figura 6: Coefficiente di sovraconsolidazione in funzione dell'indice di rigidità (Keaveny and Mitchell, 1986)

Nei piezoconi tradizionalmente impiegati in Italia, la pietra porosa si trova alla base della punta (u_2), si è fatto quindi riferimento ai valori riportati nella seconda riga della Tabella precedente.



In accordo alle indicazioni di Baligh (1975, Doc. rif. [37]), 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 ricomprensione 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. [50]):

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica EI2RBIV0400001</p>	<p>A</p>

4.6. PARAMETRI DI DEFORMAZIONE

4.6.1. 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. [35]), e da Atkinson (2000, Doc. rif. [36]), valutazione dell'entità del degrado dei moduli iniziali, facendo riferimento a curve di letteratura.

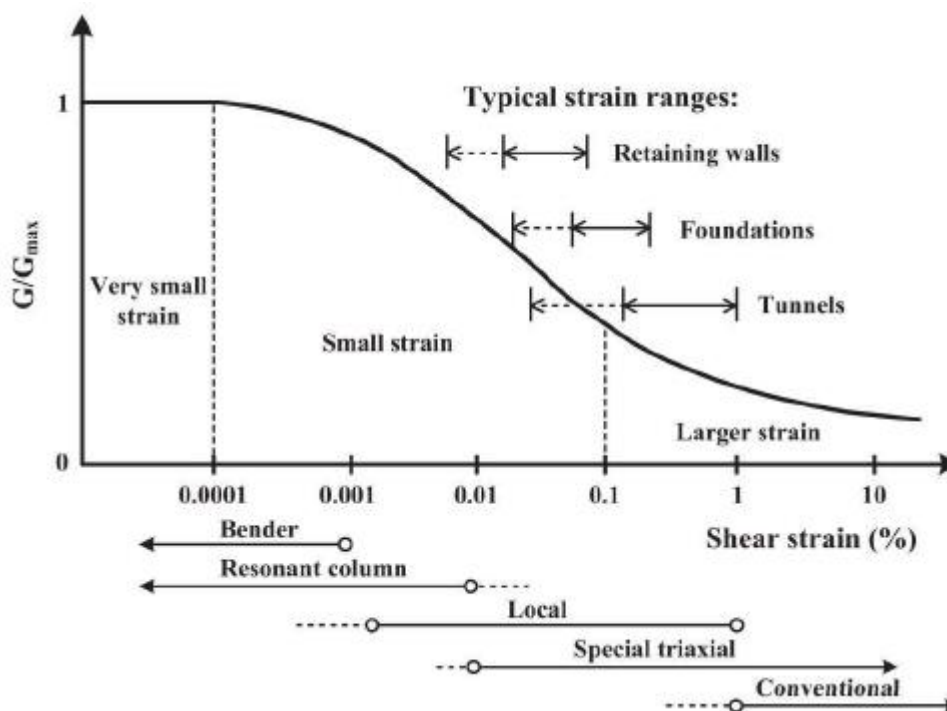




Figura 7: Livelli deformativi raggiunti dal terreno per diverse opere di ingegneria

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>12</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2RBIV0400001</p>	<p>A</p>

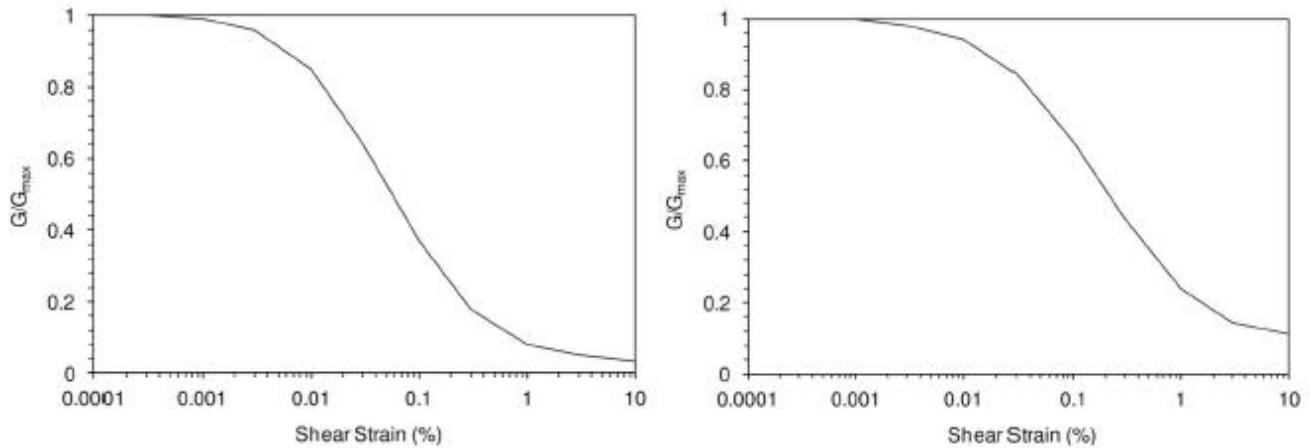


Figura 8: Curva di decadimento del modulo di taglio per depositi sabbiosi (a sinistra) e argillosi (a destra)

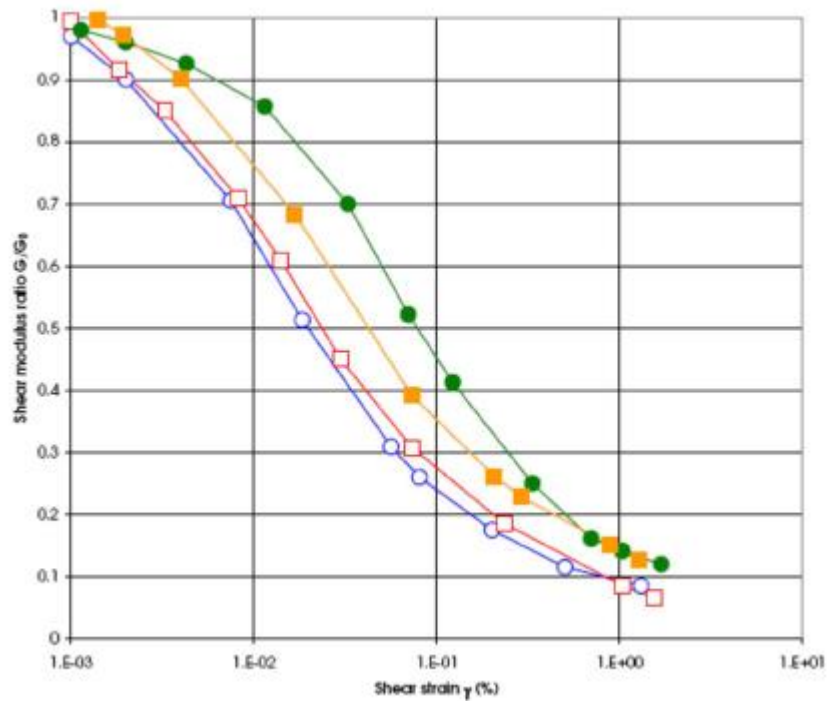




Figura 9: Altro esempio di curva di decadimento del modulo di taglio

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.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

4.6.2. 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 ricarico (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 ε_v -log σ'_v .

Per quanto invece concerne la deformabilità viscosa, viene fornito, quando di possibile interesse, un valore di $c_{\alpha\varepsilon}$ (coefficiente di compressibilità secondaria), sempre nel piano ε_v -log σ'_v , generalmente dedotto, laddove disponibili, dalle prove edometriche. In alternativa, si è utilizzata la correlazione proposta da Mesri e Godlewski (1977, Doc. rif. [55]):

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

4.7. 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. [51]) e Terzaghi et al. (1996, Doc. rif. [65]), propongono una classificazione della qualità dei campioni basata sulla misura dell'entità di deformazione del campione all'applicazione della tensione verticale efficace di sito σ'_{vo} . 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. [42]).



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

Tabella 6: Grado di affidabilità dei campioni (SQD) Terzaghi et al. (1996)

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

Tabella 7: Grado di affidabilità dei campioni Lunne et al. (1997)

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA DELLE PRINCIPALI FORMAZIONI DELL'AREA

Come anticipato nei paragrafi precedenti, lo studio geotecnico ha avuto come finalità la classificazione e caratterizzazione dei depositi investigati, coerentemente con le indicazioni emerse dallo studio geologico-geomorfologico della zona. Con riferimento a questo ultimo aspetto, il profilo stratigrafico riportato nella presente relazione, riporta in primo luogo i confini tra le varie unità stratigrafiche, definiti sulla base delle indagini geologiche.

Con questo supporto di base sono state poi definite le unità lito-stratigrafiche ritenute omogenee in termini di comportamento meccanico.

Definiti i profili stratigrafici, i parametri di progetto delle diverse unità sono stati dedotti, secondo gli esiti delle indagini geognostiche pregresse e delle prove di laboratorio sui campioni prelevati, secondo i criteri di cui al precedente capitolo.



In particolare, si è notato che da un punto di vista geotecnico i materiali presenti nel volume significativo dell'opera ed in particolare delle rispettive fondazioni possono essere suddivisi nelle seguenti macro-unità: la parte sommitale della stratigrafia è occupata da argille limose/limi argillosi debolmente sabbiosi sovraconsolidati, probabilmente per essiccamento in quanto prossime alla superficie, alternati più in profondità a sabbie limose sciolte e limi sabbiosi (unità 3a/b), per uno spessore di circa 4.5m. All'interno di questi ultimi strati si registrano resistenze penetrometriche anche < 1 MPa ed NSPT < 5 colpi/30 cm (nei livelli più sabbiosi, sciolti). Al di sotto della copertura superficiale si trovano ghiaie sabbiose mediamente addensate e con un contenuto di fini non superiore a 20% (unità 6); le prove penetrometriche SPT hanno fornito resistenze piuttosto elevate in corrispondenza di questo strato, con NSPT generalmente compresi tra 20 colpi/30 cm e 70 colpi/30 cm; al di sotto delle ghiaie si ritrova uno strato di sabbia limosa (unità 4) in 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 25 colpi/30 cm e 70 colpi/30 cm.

Gli esiti dei sondaggi considerati per la caratterizzazione dei terreni di fondazione dell'opera in esame, e delle prove di laboratorio eseguite sui campioni rispettivi, risultano in linea con quanto riscontrato dalle indagini di riferimento per la tratta in cui ricade l'intervento. Dunque le condizioni specifiche locali confermano quelle generali inerenti la tratta in cui si inserisce l'opera.

La caratterizzazione geotecnica di dettaglio è fornito al capitolo 7.



Si faccia riferimento ai grafici di sintesi riportati nella 'Relazione Geotecnica Generale' (Doc. Rif. [1]) relativa alla tratta in cui ricade l'opera, per il dettaglio dei dati desunti, sulla base della metodologia cui rimanda il capitolo precedente, dagli esiti delle prove di laboratorio e di sito dei sondaggi di riferimento. In particolare tali grafici riportano:

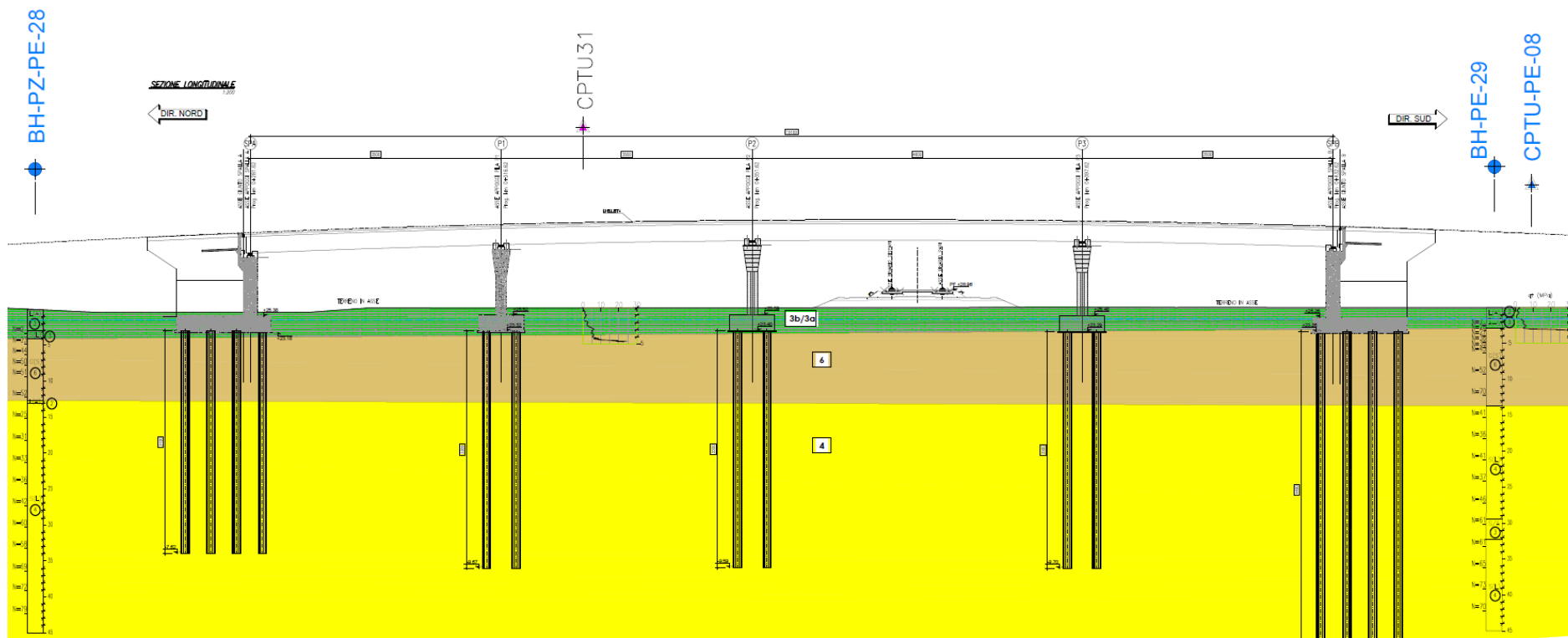
- Sintesi delle analisi granulometriche;
- Limiti di Atterberg e carta di plasticità di Casagrande;
- Resistenza al taglio non drenata dei terreni coesivi;
- Pressione di preconsolidazione dei terreni coesivi;
- Esiti delle prove SPT;
- Densità relativa stimata da prove SPT;
- Angolo di attrito stimato da prove SPT;
- Velocità delle onde di taglio;

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>12</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2RBIV0400001</p>	<p>A</p>

- Modulo di taglio alle piccole deformazioni, a partire dai valori stimati di VS.

Si presenta di seguito uno stralcio del profilo stratigrafico dei terreni in corrispondenza dell'area interessata dall'opera, elaborato sulla base delle indagini di riferimento.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Progetto	Lotto	Codifica		
IN17	12	EI2RBIVO400001	A	



LEGENDA TERRENI

① Riporto

② Limi argillosi e limi da compatte a molto compatte, generalmente sovraconsolidati



3a Area con prevalenza di sabbie limose/con limo e limi sabbiosi/con sabbia, a comportamento drenato, da sciolti a mediamente addensati

3b Area con prevalenza di limi argillosi e argille limose, da tenere a mediamente compatte, generalmente NC o debolmente OC

④ Sabbie generalmente da debolmente limose a limose, da mediamente addensati a molto addensati

⑥ Ghiaie, ghiaie con sabbie, con presenza locale di ciottoli, anche di grandi dimensioni (fino a 80/100mm)

Figura 10: Profilo geotecnico in corrispondenza del cavalcaferrovia in esame

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2RBIV0400001	A

6. DATI PIEZOMETRICI

Per quanto concerne la quota di falda registrata, si rimanda alla sintesi delle letture piezometriche eseguite in tutta l'area circostante l'opera nel periodo 2014–2020, riportata nel documento di progetto 'Relazione Geotecnica Generale' (Doc. Rif. [1]): le soggiacenze misurate nei piezometri lungo la tratta in cui ricade l'opera in esame riportano differenze di quota massima e minima generalmente inferiore ad 2 m.

Nel prospetto di seguito si fornisce la sintesi di quanto rilevato nel periodo di osservazione della falda 2014-2020, relativamente ai piezometri installati in prossimità dell'opera.



Pk	N°	SIGLA	NORD	EST	QUOTA (m slm)	Quota Ass. Max (m slm)	Quota Ass. Min (m slm)	Quota Max	Quota Min
13+000	20c	P3 bis	5029393.94	1670069.72	26.1	25.14	24.53	0.96	1.57
13+500	20d	P4	5029325.48	1670417.08	25.637	24.51	23.93	1.13	1.71

Per quanto riguarda i piezometri installati in corrispondenza dei sondaggi di nuova esecuzione (2020/2021) si individuano nel prospetto riportato a seguire il posizionamento dei piezometri installati in corrispondenza dei sondaggi di nuova esecuzione (2020/2021) di riferimento per le aree in esame, e i livelli freatici rilevati.

Dettagli piezometro							Livello freatico	
ID Piezometro	Coordinate			Profondità posa da testa piezometro (m)	Area	Data rilievo	Da testa piezometro (m)	Da piano campagna (m)
	EST (UTM WGS 84 F32)	NORD (UTM WGS 84 F32)	QUOTA s.l.m.					
PZ-PE-28	45° 23' 52.11"	11° 10' 27.29"	26.078	15	Belfiore (VR)	08/02/21	0.84	0.93

Per le considerazioni sulla falda di progetto si rimanda al capitolo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

Per quanto riguarda il livello della falda di costruzione, prima dell'esecuzione dello scavo per l'imposta delle fondazioni dell'opera in oggetto, è indispensabile verificare le quote della falda rilevate dai piezometri installati nelle vicinanze, o in alternativa eseguire un pozzetto di indagine, al fine di valutare la necessità di installazione di elementi atti a garantire l'esecuzione dello scavo in sicurezza (pozzi di emungimento, pompe ecc.).

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2RBIV0400001	A

7. SINTESI DEI PARAMETRI DI CALCOLO

7.1. MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO E CONDIZIONI DI FALDA

Si sintetizzano a seguire i valori caratteristici dei parametri geotecnici relativi ai terreni di fondazione delle aree in esame, desunti dagli esiti delle indagini secondo i criteri di cui al capitolo 4 e dalle indicazioni emerse dallo studio geologico-geomorfologico della tratta in cui l'opera ricade.

Le formazioni individuate sulla base delle analisi condotte e riportate nei prospetti di seguito fanno riferimento alle unità geotecniche descritte nel seguente elenco:

- Unità 3a/b – Limi argillosi e argille limose debolmente sabbiose/Sabbie limose sciolte;
- Unità 4 – Sabbie debolmente limose/limose da mediamente addensate a molto addensate;
- Unità 6 – Ghiaie/ghiaie sabbiose con presenza locale di ciottoli.

Si riportano, inoltre, i dati relativi alla profondità di falda assunta a lungo termine e la quota testa palo rispetto al piano campagna considerate per le verifiche geotecniche dei pali di fondazione dell'opera in esame.

Il modello geotecnico di riferimento per la progettazione dei sistemi di fondazione delle spalle in esame, è ragionevolmente cautelativo, involupando le condizioni più critiche riscontrate lungo l'opera.

strato	Formazione		spessore strato	zbase strato	γ	ϕ^k	c'k	cuk	G0	E'
			(m)	(m da pc)	(kN/m ³)	(°)	(kPa)	(kPa)	(MPa)	(MPa)
1	UG	3a/b	4.5	4.5	17.5-19			25-80		4-15
2	UG	6	9.0	13.5	19-20	36-43	0.0		150-200	50-100
4	UG	4	31.5	45.0	19-20	36-40	0.0		200-300	100-240

LEGENDA

γ = peso di volume naturale;

ϕ^k = valore caratteristico dell'angolo di attrito;

c'k = valore caratteristico della resistenza al taglio in condizioni drenate;

cuk = valore caratteristico della coesione non drenata;



E' = valore del modulo elastico operativo

La quota assoluta di riferimento, a partire dalla quale è definita la successione stratigrafica di cui ai prospetti precedenti, coincidente con il p.c. locale sulla linea, è +26.62.

Relativamente alla profondità della falda e alla quota testa palo di tutte le fondazioni rispetto al p.c., si fa riferimento ai seguenti dati cautelativi:

zw	Profondità della falda dal p.c.	0.00	m
zp	Quota testa palo rispetto al p.c.	3.00	m

Come anticipato nella trattazione precedente, per quanto riguarda il livello della falda di costruzione, prima dell'esecuzione dello scavo per l'imposta delle fondazioni dell'opera in oggetto, è indispensabile verificare le quote della falda rilevate dai piezometri installati nelle vicinanze, o in alternativa eseguire un pozzetto di indagine, al fine di valutare la necessità di installazione di elementi atti a garantire l'esecuzione dello scavo in sicurezza (pozzi di emungimento, pompe ecc.).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

8. PROBLEMATICHE DI LIQUEFAZIONE

Nell'area dell'opera in oggetto, le indagini a disposizione confermano la presenza di situazioni potenzialmente critiche, relativamente alla suscettibilità alla liquefazione dei terreni, per quanto riguarda lo strato superficiale eterogeneo (unità 3a/b). Si terrà conto del fenomeno nella definizione delle curve di portanza a compressione e trazione in sisma e nella valutazione della portanza orizzontale dei pali.

Si sintetizzano nelle Figure riportate a seguire gli esiti delle analisi di liquefazione condotte sulla base degli esiti dei sondaggi di riferimento per l'opera in esame.

Allo scopo di accertare la stabilità del sito di progetto nei confronti del fenomeno della liquefazione si è proceduto attraverso una valutazione di pericolosità condotta mediante l'applicazione di metodi empirici basati sui risultati delle prove penetrometriche in sito statiche di tipo CPT e dinamiche di tipo SPT.

A causa della breve durata del moto sismico, il terreno reagisce in condizioni sostanzialmente non drenate. In tali condizioni, il comportamento non lineare dei materiali sabbiosi e sabbioso/limosi sottoposti a carichi ciclici indotti dal terremoto porta alla generazione di sovrappressioni interstiziali con diminuzione anche significativa di rigidità e resistenza. Alla successiva dissipazione di tali sovrappressioni interstiziali corrisponde la generazione di deformazioni permanenti in grado di causare, nello specifico, problematiche di esercizio della linea post-sisma, stabilità dei rilevati e delle opere di attraversamento.

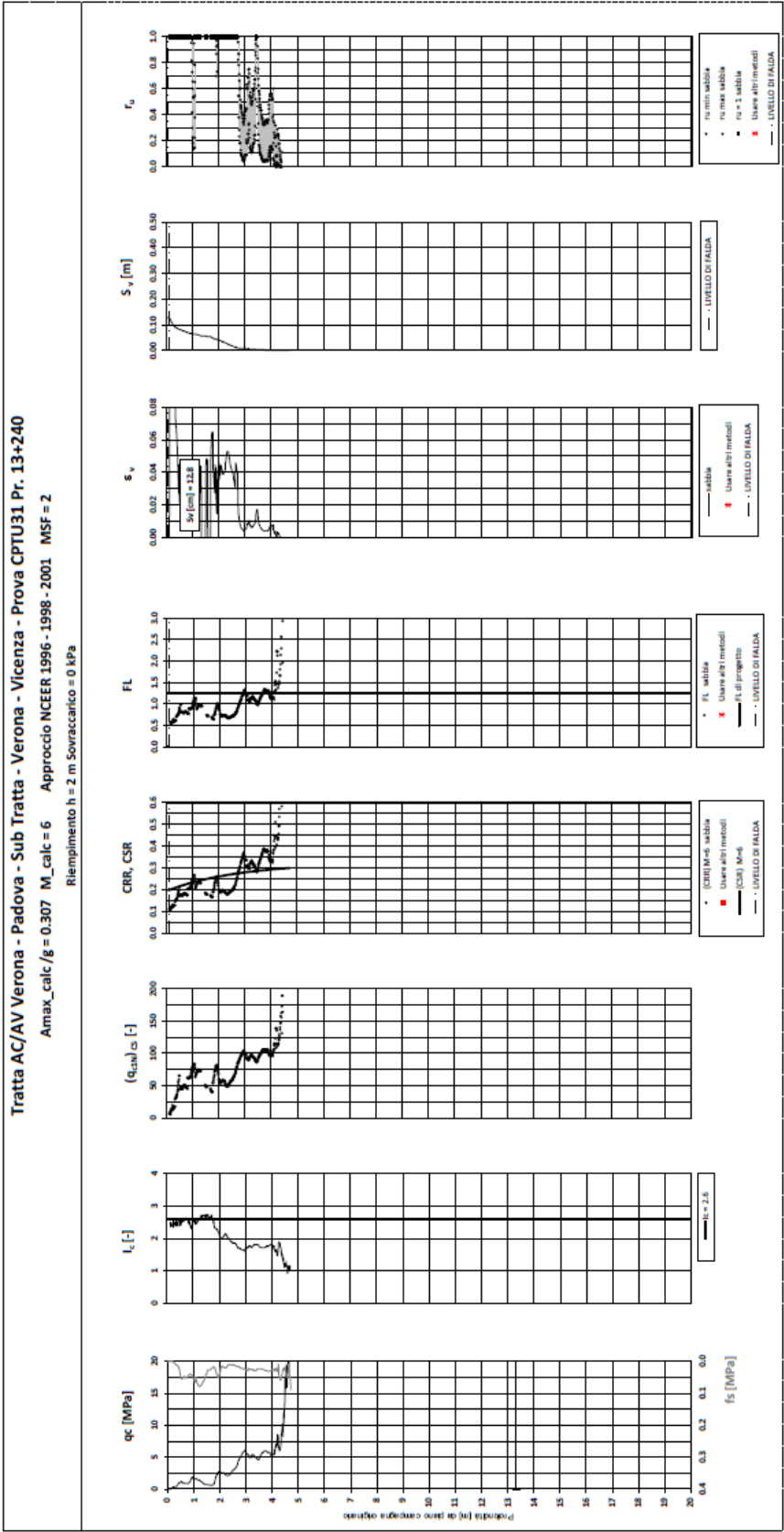
Il fenomeno della liquefazione è profondamente influenzato dal numero dei cicli equivalente N del terremoto, dalla densità relativa D_r e dalla granulometria del terreno. Un terreno incoerente, a parità di altri fattori, è maggiormente esposto al pericolo della liquefazione quanto minore è la sua densità relativa. Il potenziale di liquefazione aumenta poi, ovviamente, al crescere di N (cicli del terremoto).

In questo contesto, il problema principale che si pone in fase di progettazione è valutare la stabilità del sito di progetto rispetto al fenomeno della liquefazione quando il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa.

Le NTC2008 al paragrafo 7.11.3.4.2 prescrivono le condizioni di esclusione da verifica a liquefazione. Sulla base delle informazioni disponibili, nessuna delle suddette ragioni di esclusione è di principio applicabile e, pertanto, la verifica deve essere effettuata.

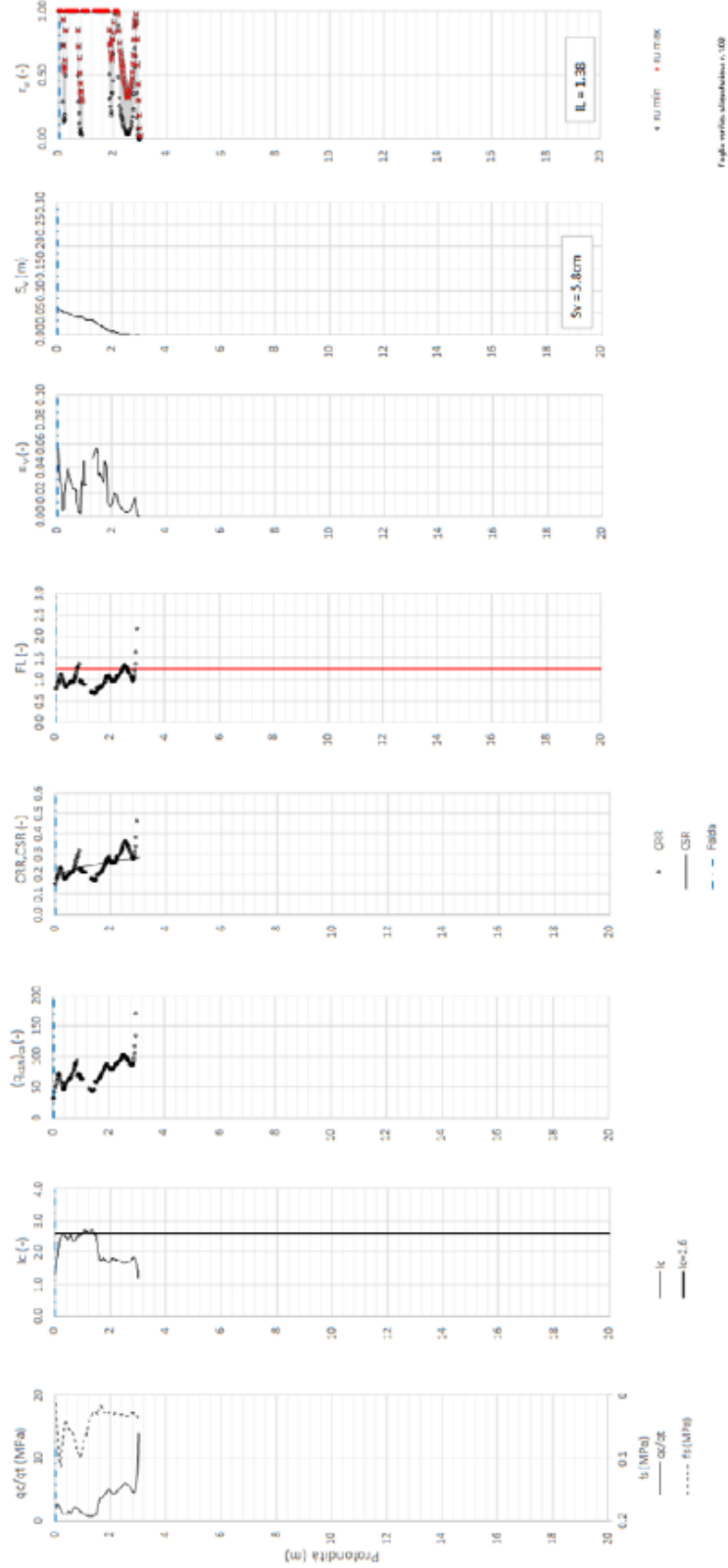
Per ulteriori dettagli si rimanda all'elaborato di progetto dedicato 'Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base' (Doc. Rif. [6]-[7]).

	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2RBIV0400001	A



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2RBIV0400001	A

T tratta AC/AU Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 1 - Prova CPT-PE-08 Pr. 131+285
 $a_{max} = 0.301g$ $M_{calc} = 6$ $MSE = 2$ Metodo NCIER 1976 - 1978 - 2001
 Altezza rilevato = 2m



4 10 15 20
 0.00 0.05 0.10 0.15 0.20 0.25 0.30
 Sv (m)
 Sv = 5.8cm

0.00 0.02 0.04 0.06 0.08 0.10
 μ_v (-)
 IL = 1.38

0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5
 CSR, CSR (-)
 CSR CSR Fields

0.0 1.0 2.0 3.0 4.0
 Ic (-)
 Ic Ic=1.6

0 10 20 30 40 50 60
 qc/qf (MPa)
 fs (MPa) cs/2c fi (MPa)

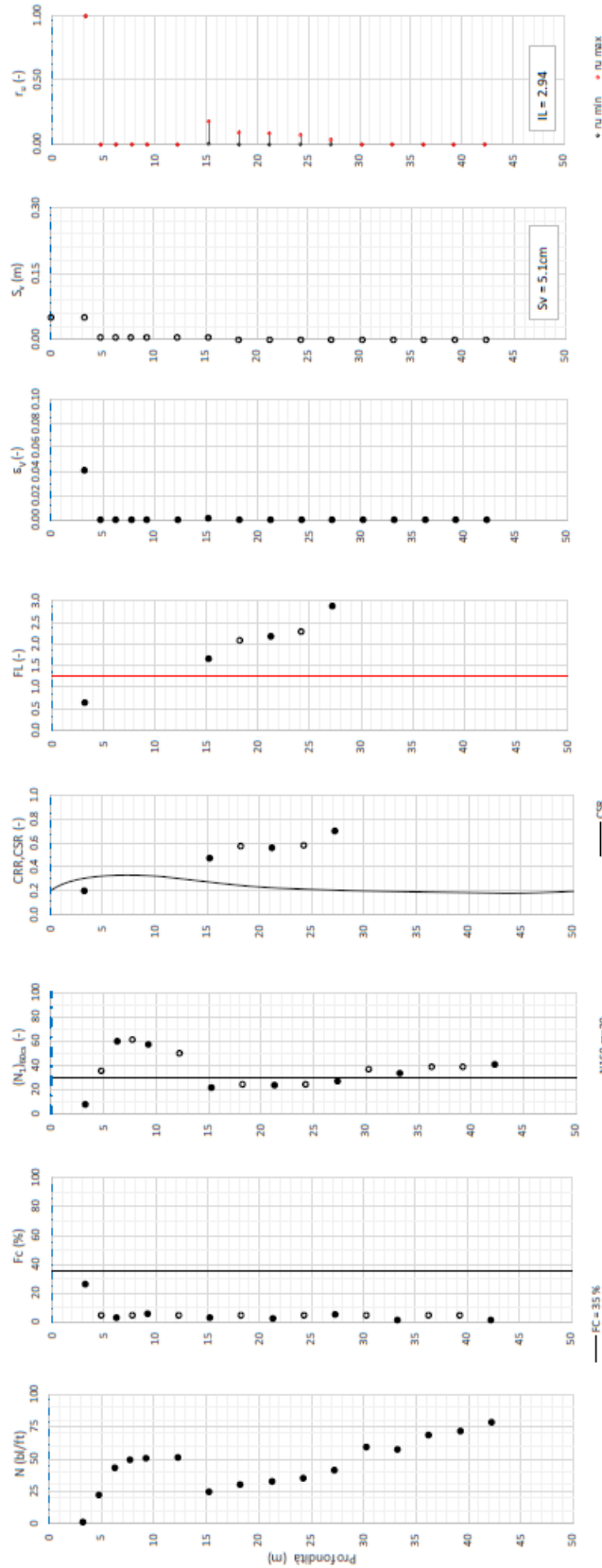
Foglio vertico, stampabilità r. 100

	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2RBIV0400001	A

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 1 - Prova BH-PE-28 Pr. 13+150

$a_{max} = 0.307g$ $M_{calc} = 6$ MSF = 2 Metodo NCCER 1996 - 1998 - 2001

Altezza rilevato = 1.5m

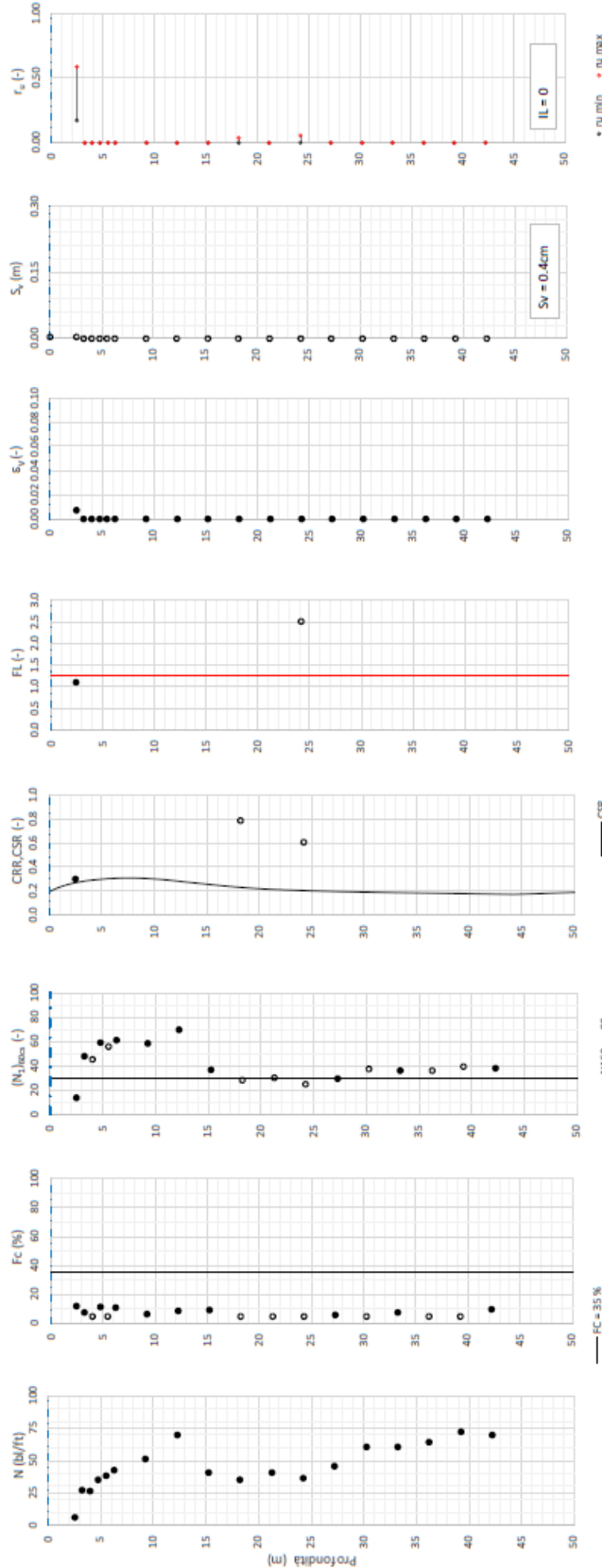


	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2RBIV0400001	A

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 1 - Prova BH-PE-29 Pr. 13+300



a_{max} = 0.301g M_{calc} = 6 MSF = 2 Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001

Altezza rilevato = 2m



● Dati misurati in sito o calcolati sulla base di misure dirette
○ Dati basati sulla stima di valori tipici per lo strato

Figlio verifica e approvazione Ingeg. 102

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

9. RISPOSTA SISMICA LOCALE

La zonazione del tracciato di progetto rispetto alla risposta sismica locale dei terreni presenti è stata svolta in accordo alle prescrizioni delle NTC2008, identificando la Categoria di Sottosuolo di appartenenza del sito sulla base dei dati delle indagini condotte. In particolare, l'associazione tra stratigrafia rilevata ai punti di interesse e relativa categoria di sottosuolo è stata condotta in funzione dei valori medi calcolati sui primi 30m di profondità della velocità di propagazione delle onde di taglio ($V_{s,30}$) definita dall'espressione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s]}$$

dove:

- h_i = spessore (in metri) dell' i -esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;
- $V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato, ricavata attraverso correlazioni.



A tale riguardo, i profili di V_s di riferimento per ogni tratto sono stati così determinati:

- per via diretta dai risultati delle prove geofisiche di tipo MASW, Downhole e Crosshole;
- per via indiretta, attraverso correlazioni di letteratura sui valori misurati nel corso delle prove penetrometriche dinamiche di tipo SPT. In particolare, per tenere conto dell'incertezza epistemica (legata nel caso specifico al database di rilievi alla base di ogni correlazione), l'analisi è stata condotta adottando diverse formulazioni, selezionate tra le più rappresentative per i terreni oggetto di analisi. Ai fini dell'analisi, per ogni punto SPT viene rappresentata la media ottenuta dalle correlazioni suddette;
- Per via indiretta, attraverso correlazioni di letteratura sui valori misurati nel corso delle prove penetrometriche statiche di tipo CPT. Come per le correlazioni sui valori SPT, per ogni verticale CPT viene rappresentato il profilo di V_s medio ottenuto dall'applicazione delle correlazioni suddette.

Per ulteriori dettagli si faccia riferimento all'elaborato di progetto dedicato 'Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base' (Doc. Rif. [6]-[7]).

In particolare, si sintetizzano di seguito i risultati ottenuti per la tratta in cui ricade l'opera in esame:

- Il tratto S5 (Prog. da 13+240 a 20+000) risulta decisamente più complesso rispetto ai precedenti, con un elevato spread dei valori misurati nel corso delle diverse prove, dovuto anche all'estensione del tratto stesso. In particolare i crosshole da PD identificati con lettera V (CH1V e CH2V) indicano valori decisamente inferiori a quanto osservato in sede di prove MASW e crosshole lungo linea di PD (CH5). Tenendo conto della stratigrafia di sito (con presenza di ghiaie alternate a sabbie fini medie) si è scelto un profilo più rigido, calibrato sulle prove MASW e sulla prova CH5, con un valore di $V_{s,30}$ così ottenuto in linea con il tratto precedente e vicino al limite superiore della Categoria C (325 m/s). Una ulteriore suddivisione del tratto S5 in due porzioni separate, non sembra ragionevole ai fini della classificazione all'interno delle categorie NTC2008. Eventualmente, in sede di progettazione delle WBS, potranno essere considerate nella definizione del profilo di riferimento le verticali di indagine più prossime all'opera considerata nella definizione del profilo di rigidità.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2RBIV0400001	A

Sulla base della definizione del profilo Vs di riferimento, si individuano i seguenti valori del parametro vs,30 relativamente alla tratta in cui ricade l'opera in esame.

Tratto	Punto di interesse iniziale e finale (Tabella 1).	Prog.		WBS di riferimento	Vs,30 m/s
		da	a		
S5	P13-P19	13+240	20+000	RI21, RI22, RI23, RI24, RI25, RI26, RI27, RI28, VI04, RI29, RI30, RI31, RI32, RI33, RI34, VI18, RI35C, RI35D, RI36C	325

In conclusione, sulla base delle informazioni disponibili, la tratta all'interno della quale ricade l'opera in esame può essere ragionevolmente classificata in **categoria C** ossia:

“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)..”

L'effetto della risposta sismica locale sulla pericolosità di base può essere determinato secondo le NTC2008 attraverso l'impiego di un fattore di sito S funzione sia della categoria di sottosuolo (Ss) sopra determinata, sia dell'andamento della superficie topografica (ST):



$$S = S_s \cdot S_T$$

Il coefficiente Ss si ottiene per la Categoria C di sottosuolo attraverso la seguente espressione (vedi Tabella 3.2.V del par. 3.2.3 delle NTC2008):

$$S_s = 1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.50$$

Per quanto riguarda l'eventuale amplificazione topografica, considerato che il sito di interesse si trova su superficie sostanzialmente pianeggiante (cat. T1, ossia Superficie pianeggiante e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$, in accordo alla Tabella 3.2.IV al par.3.2.2. delle NTC2008), il fattore di amplificazione topografica è sempre $ST=1$.

Si faccia riferimento alle Relazioni di calcolo delle strutture afferenti l'opera in esame per l'individuazione dei valori assegnati ai parametri di definizione dell'azione sismica di progetto.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

10. PALI DI FONDAZIONE

10.1. INTRODUZIONE

La progettazione dell'opera in esame prevede la necessità di adozione di fondazioni profonde, realizzate mediante l'utilizzo di pali trivellati di grande diametro. In particolare, si sfruttano per le fondazioni dell'opera in esame pali di diametro $\Phi 1200$.

Si riportano, nei paragrafi a seguire, le modalità e i criteri adottati per le verifiche geotecniche agli Stati Limite Ultimi SLU e agli Stati Limite di Esercizio SLE delle fondazioni su pali, conformemente con le prescrizioni riportate nella normativa di riferimento per il progetto – DM 14.1.2008.

10.2. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU) DI TIPO GEOTECNICO

Conformemente con quanto prescritto nel par. 6.4.3.1 del DM 14.1.2008, le verifiche geotecniche devono essere effettuate con riferimento allo sviluppo di meccanismi di collasso per carico limite della palificata, ed in particolare devono essere indagati nel caso in esame:



SLU di tipo geotecnico (GEO):

- collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali;
- collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi trasversali;
- collasso per carico limite di sfilamento nei riguardi dei carichi assiali di trazione.

Le verifiche sopra elencate sono state effettuate, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali precisati a seguire, seguendo l'**Approccio normativo 2 - Combinazione 1: A1+M1+R3**, in accordo con il DM 14.1.2008 (cfr. §6.4.3.1). I valori dei coefficienti parziali per le azioni A1 sono stati desunti, per l'opera in esame, dal par. 5.1.3.12 del DM 14.1.2008, relativo al capitolo sui 'Ponti stradali', quello dei coefficienti delle resistenze R3 fanno riferimento alla Tab. 6.4.II, per carichi assiali, e alla Tab. 6.4.VI del DM 14.1.2008, per carichi trasversali; i coefficienti per i materiali M1 sono unitari, in accordo alla Tab. 6.2.II del DM 14.1.2008. Nel caso sismico, si assumono i coefficienti delle azioni A1 unitari, come da §7.11.5.3- del DM 14.1.2008.

Il peso del palo, in accordo con quanto riportato al paragrafo 6.4.3 del DM 14.1.2008, deve essere incluso tra le azioni permanenti.

Le Tabelle di riferimento per i coefficienti parziali delle azioni, dei materiali e delle resistenze caratteristiche, sono riportate nelle Figure seguenti.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2RBIV0400001	A

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{e1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Figura 11: Valori dei coefficienti parziali per le azioni – Tabella 5.1.V del DM 14.1.2008

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	γ_φ	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0



Figura 12: Valori dei coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno – Tabella 6.2.II del DM 14.1.2008

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	γ_b	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale ^(*)	γ_t	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	γ_M	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

Figura 13: Valori dei coefficienti parziali per le resistenze caratteristiche – Tabella 6.4.II del DM 14.1.2008

COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
$\gamma_r = 1,0$	$\gamma_r = 1,6$	$\gamma_r = 1,3$

Figura 14: Valori dei coefficienti parziali per le resistenze caratteristiche di pali soggetti a carichi trasversali – Tabella 6.4.VI del DM 14.1.2008

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

10.2.1. Carico limite nei riguardi dei carichi assiali

Si riportano nel presente paragrafo i criteri di valutazione della capacità portante di progetto dei pali di fondazione nei confronti dei carichi assiali.

Metodi di valutazione delle portate di progetto del palo singolo

Si fa presente che, con riferimento alle procedure analitiche che prevedano l'utilizzo dei parametri geotecnici o dei risultati di prove in sito, il valore caratteristico della resistenza a compressione del palo (o trazione) $R_{c,k}$ (o $R_{t,k}$) è dato dal minore dei valori ottenuti applicando alle resistenze calcolate $R_{c,cal}$ ($R_{t,cal}$) i fattori di correlazione ξ riportati nella Tab. 6.4.IV del DM 14.1.2008, in funzione del numero n di verticali di indagine:

$$R_{c,k} = \min \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \min \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Figura 15: Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate – Tabella 6.4.IV del DM 14.1.2008

Nel caso dell'opera in esame, si sono considerate $n=4$ verticali di riferimento.

La portata di progetto di un palo trivellato (eseguito con completa asportazione del terreno) "Qd" sottoposto a compressione è espressa dalla seguente relazione:

$$Q_{dc} = Q_{ll} / FSL + Q_{bl} / FSB - W_{p-s}$$

dove:

Q_{ll} = portata laterale limite,

Q_{bl} = portata di base limite,

W_{p-s} = peso del palo al netto del peso del terreno asportato,

FSL = fattore di sicurezza per la portata laterale (= $\xi \cdot \gamma_s$).

FSB = fattore di sicurezza per la portata di base (= $\xi \cdot \gamma_b$).

La portata a trazione di progetto di un palo trivellato (eseguito con completa asportazione del terreno) "Qd" è espressa dalla seguente relazione:



$$Q_{dt} = Q_{ll} / FSL + W'_p$$

dove:

Q_{ll} = portata laterale limite (da determinarsi in conformità a quanto già descritto nel precedente paragrafo),

W'_p = peso efficace del palo: alleggerito se sotto falda,

FSL = fattore di sicurezza per la portata laterale (= $\gamma_{st} \cdot \xi$).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

Portata laterale

La portata laterale limite viene valutata con la seguente relazione:

$$Q_{ll} = \pi \cdot D \cdot \sum_i (\tau_i \cdot h_i)$$

dove:

D = diametro palo,

τ_i = tensione di adesione laterale limite nello strato i-esimo,

h_i = altezza dello strato i-esimo.

Depositi coesivi

Per i terreni coesivi la tensione di adesione laterale limite è valutata con la seguente espressione:

$$\tau_{lim} \text{ (kPa)} = \alpha \cdot c_{uk} \leq \tau_{us,max}$$

dove c_{uk} indica la coesione non drenata caratteristica e α è il coefficiente empirico ricavato sulla base di quanto riportato nelle FHWA (2010):

$\alpha = 0$ between the ground surface and a depth of 5 ft or to the depth of seasonal moisture change, whichever is greater

$\alpha = 0.55$ along remaining portions of the shaft for $\frac{s_u}{p_a} \leq 1.5$

$\alpha = 0.55 - 0.1 \left(\frac{s_u}{p_a} - 1.5 \right)$ along remaining portions of the shaft for $1.5 \leq \frac{s_u}{p_a} \leq 2.5$

con $p_a = 100 \text{ kPa}$ (pressione atmosferica) e s_u , valore caratteristico della coesione non drenata.

La resistenza laterale così determinata per i terreni coesivi viene massimizzata con:

$$\tau_{us,max} = 100 \text{ kPa.}$$



Si precisa che i valori della tensione di adesione laterale, valutati per i depositi coesivi, con le formulazioni sopra riportate, non potranno comunque assumere valori inferiori a $0.23 \cdot \sigma'_{v0}$, dove σ'_{v0} indica la tensione verticale efficace alla quota di riferimento.

Depositi incoerenti

Per i terreni incoerenti la tensione di aderenza laterale limite è valutata con la seguente espressione:

$$\tau_{lim} \text{ (kPa)} = \beta \cdot \sigma'_{v0} \leq \tau_{us,max}$$

dove σ'_{v0} indica la tensione verticale efficace alla quota di riferimento e β il coefficiente valutato con le formulazioni proposte da Reese e O'Neill, 1999:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

Sabbie

$$\beta = 1.5 - 0.245 \cdot z^{0.50} \quad (0.25 \leq \beta \leq 1.20)$$

Sabbie ghiaiose

$$\beta = 2.0 - 0.147 \cdot z^{0.75} \quad (0.25 \leq \beta \leq 1.80)$$

La resistenza laterale così determinata per i terreni incoerenti viene massimizzata con:

$$\tau_{us,max} = 150 \text{ kPa.}$$

Portata di base

Per la valutazione della portata di base limite vengono utilizzate le seguenti relazioni:

$$Q_{bl} = A_p \cdot q_{bl}$$

dove:

A_p = area della base del palo,

q_{bl} = portata limite specifica di base.

Depositi coesivi

La portata di base limite nei terreni coesivi viene valutata con la seguente relazione:

$$q_{b,ult} \text{ (kPa)} = 9 \cdot c_{u,k}$$

dove:

$c_{u,k}$ = resistenza a taglio non drenata caratteristica.

Depositi incoerenti

La portata di base limite nei terreni coesivi viene valutata con la seguente relazione:



$$q_{b,ult} \text{ (kPa)} = N_q \cdot \sigma'_{v0} \leq q_{bcr, 0.1}$$

dove σ'_{v0} indica la tensione verticale efficace alla quota di riferimento e il coefficiente N_q è valutato in accordo alle formulazioni di Berezantzev (1965), in funzione del valore dell'angolo di attrito dello strato di riferimento, ridotto di 3° : $\phi_d = \phi - 3^\circ$.

Il valore della portata di base allo stato critico (q_{bcr}) è stato valutato, considerando un rapporto fra il cedimento della base del palo ed il diametro del palo pari al 10%.

Generalmente sono disponibili dati SPT, quindi si possono utilizzare le indicazioni di Reese e O'Neill, 1988, Fioravante et al., 1995:

$$q_{bcr, 0.1} = 75 N_{SPT} < 4000 \text{ kPa}$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

Quando sono disponibili dati penetrometrici, si è considerata la seguente espressione (Fioravante et al., 1995 e Ghionna et al., 1994, Lancellotta et al., 2011):

$$q_{bc0.1} \cong 0.15 \div 0.18 q_c$$

Terreni stratificati

Nel caso di terreni stratificati, costituiti da alternanze di strati di limi e argille e di sabbie e ghiaie, i criteri di valutazione delle portate laterali limite rimangono analoghi a quelli descritti precedentemente. In accordo a quanto discusso in Meyerhof (1976) la portata di base negli strati sabbioso-ghiaiosi andrà abbattuta rispetto a quella caratteristica dello strato supposto omogeneo, in accordo a quanto rappresentato nella figura seguente. In pratica nel caso di terreno stratificato, la mobilitazione dell'intera resistenza di base disponibile è subordinato alla condizione che il palo penetri nello strato portante per almeno 3 diametri; viceversa man mano che la base del palo si avvicina ad uno strato inferiore di minore resistenza, la resistenza comincia a diminuire fino ad uguagliare al confine il valore che compete alla rottura dello strato più debole.

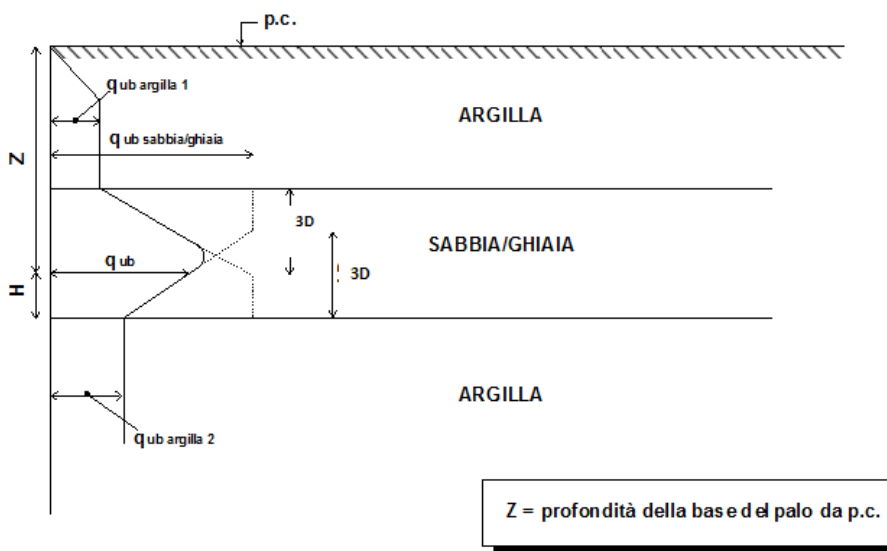




Figura 16: Criterio di valutazione della pressione ultima di base (q_{ub}) in terreni stratificati

Presenza di strati liquefacibili

Nella valutazione della capacità portante verticale del palo singolo, si è tenuto conto degli strati potenzialmente liquefacibili, annullando le due aliquote di resistenza per attrito laterale e di base, in corrispondenza dei tratti interessati. Il fenomeno della liquefazione è stato considerato esclusivamente nella valutazione delle resistenze a compressione e trazione in sisma.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

Curve di portanza del palo singolo

Si riportano a seguire le curve di portanza di progetto ricavate secondo i criteri e le formulazioni riportate nei paragrafi precedenti, per pali $\Phi 1200$, soggetti a compressione e trazione, in condizioni statiche e sismiche.

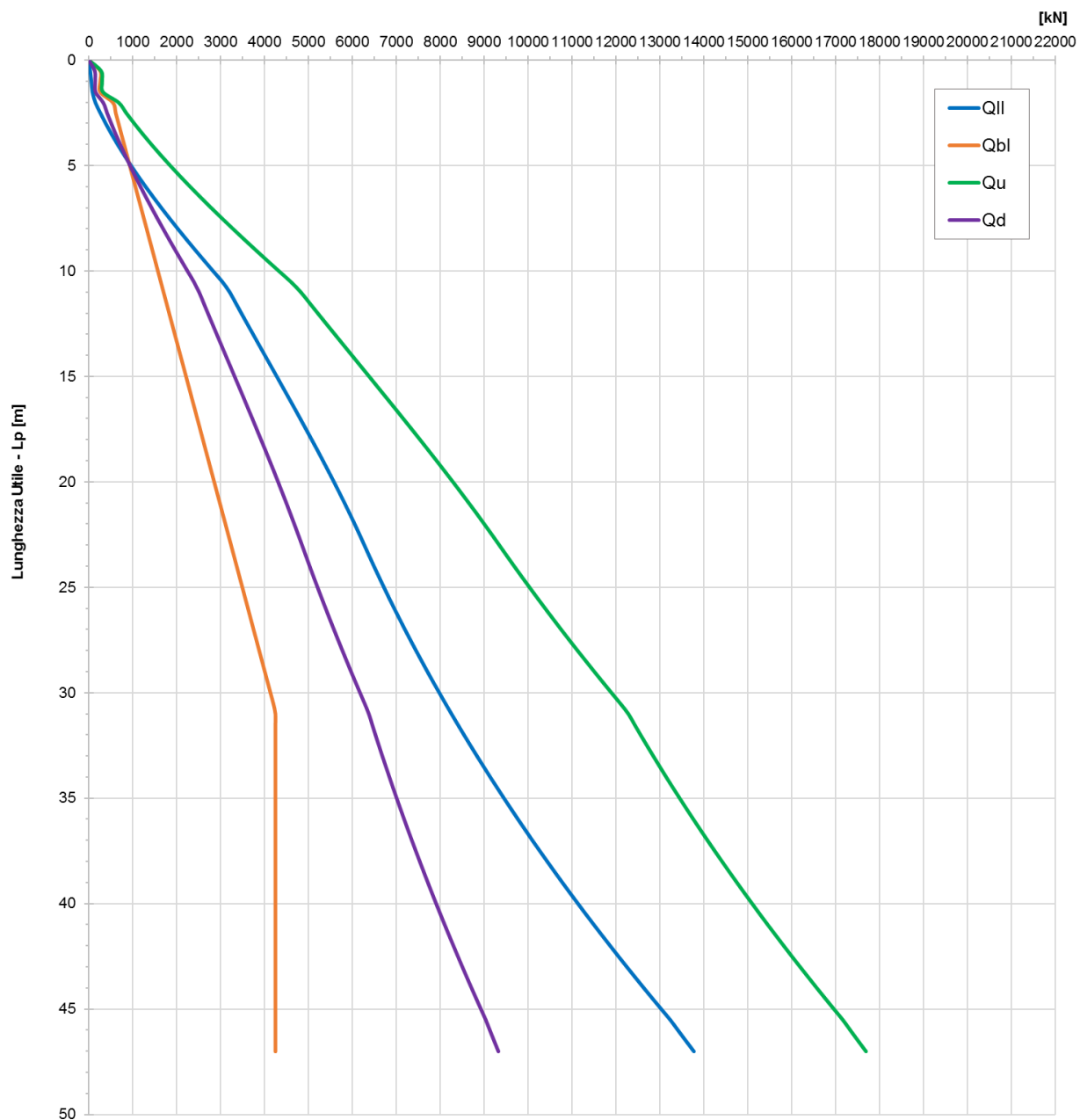
Si precisa che, in accordo con quanto riportato nelle formulazioni esplicitate nei paragrafi precedenti, le curve individuate tengono conto anche del peso del palo, secondo le modalità indicate. Nella condizione di palo soggetto a compressione è stato assunto come carico permanente sfavorevole, mentre nella condizione di calcolo di palo sottoposto a trazione è stato assunto come azione permanente favorevole.

I termini indicati nei grafici fanno riferimento alle seguenti grandezze relative al singolo palo:

- Q_l: Resistenza laterale di calcolo (kN)
- Q_{bl}: Resistenza di base di calcolo (kN)
- Q_u: Resistenza ultima a compressione/trazione (kN)
- Q_d: Resistenza di progetto a compressione/trazione (kN)

	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2RBIV0400001	A

**IV04 - pk 13241.14 - A1+M1+R3 - CARICO LIMITE PALO - D = 1.2m -
Compressione**



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

IN17

Lotto

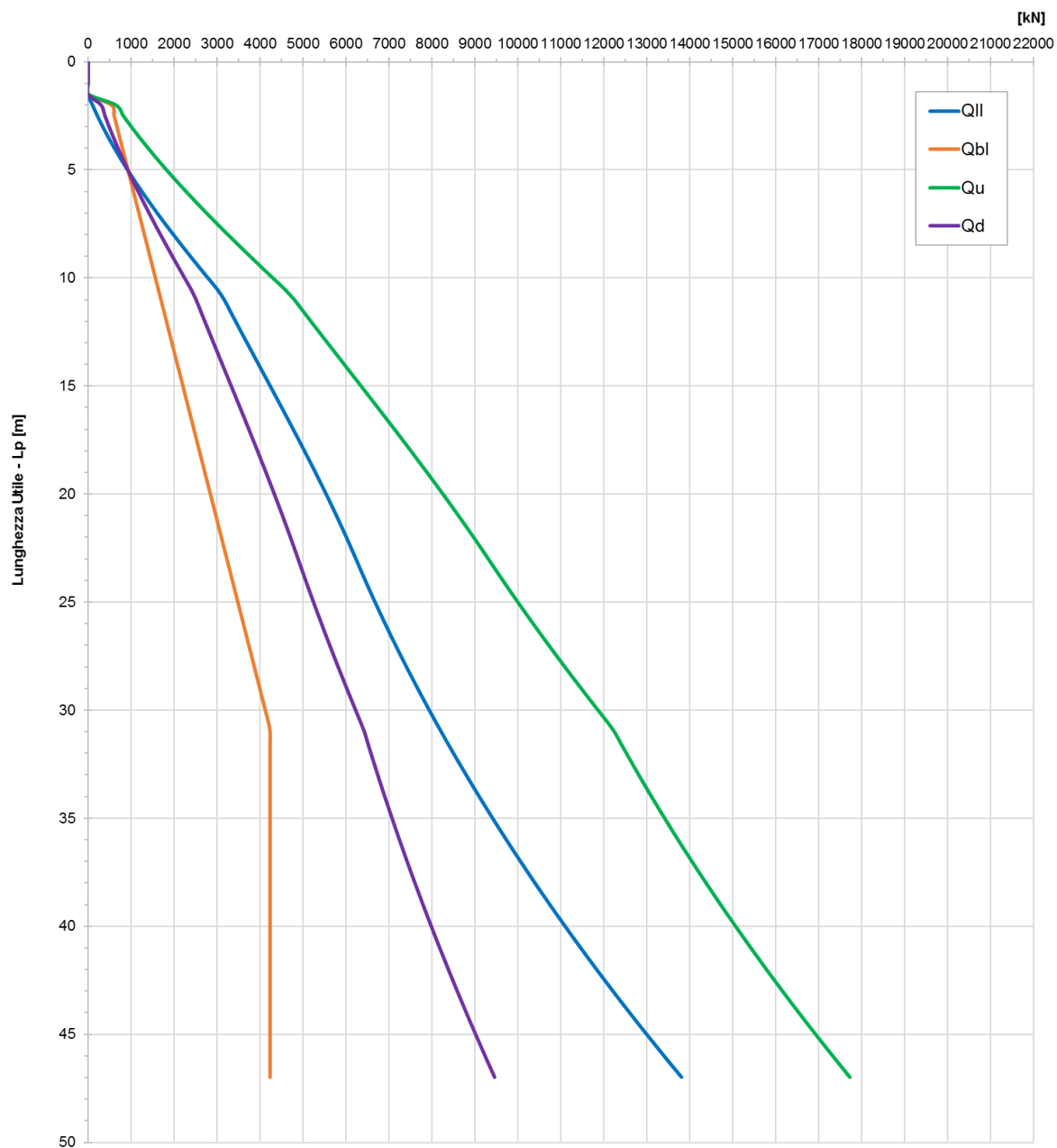
12

Codifica

EI2RBIV0400001

A

**IV04 - pk 13241.14 - A1+M1+R3 - CARICO LIMITE PALO - D = 1.2m -
Compressione in sisma**



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

IN17

Lotto

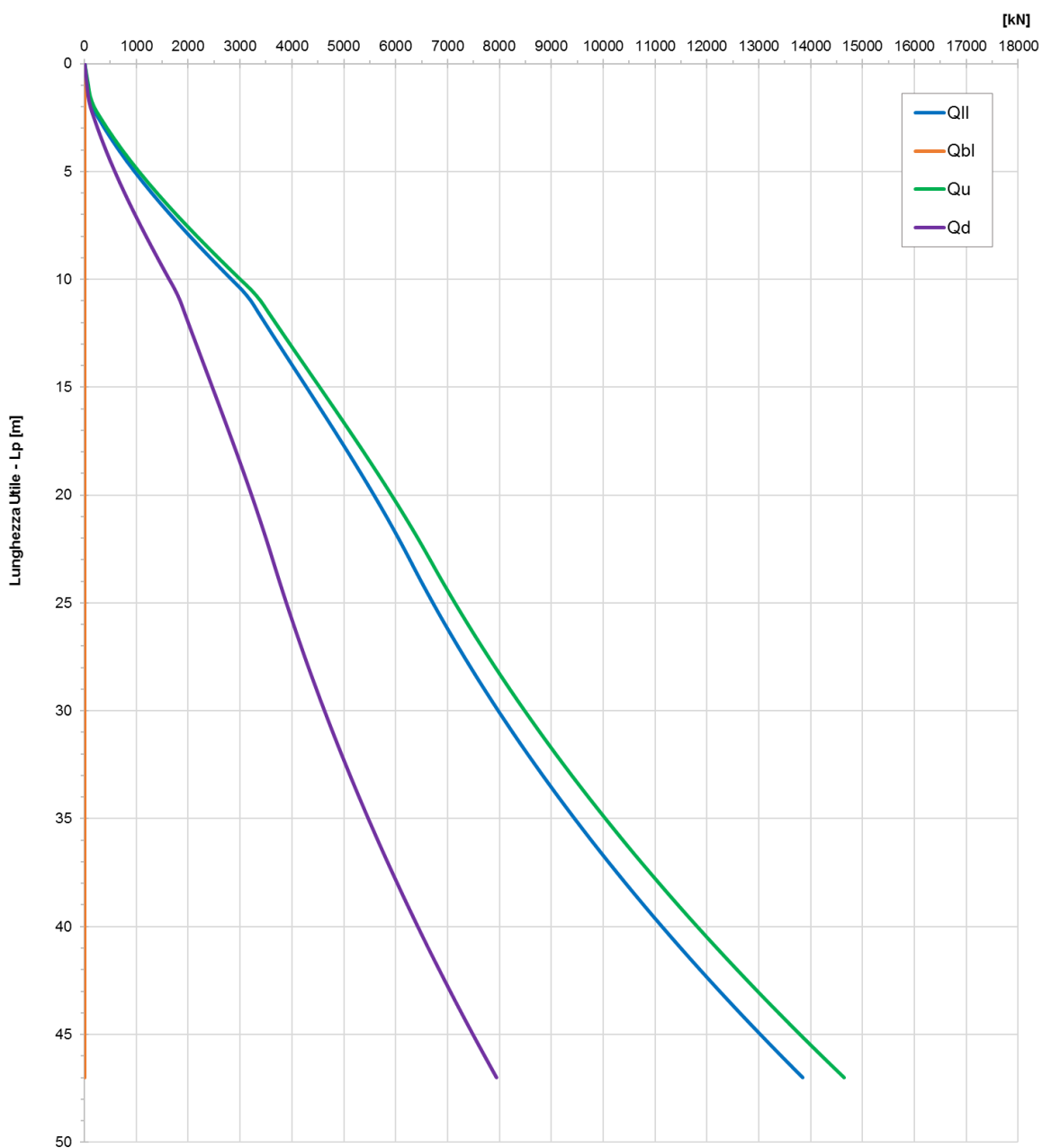
12

Codifica

EI2RBIV0400001

A

IV04 - pk 13241.14 - A1+M1+R3 - CARICO LIMITE PALO - D = 1.2m - Trazione



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

IN17

Lotto

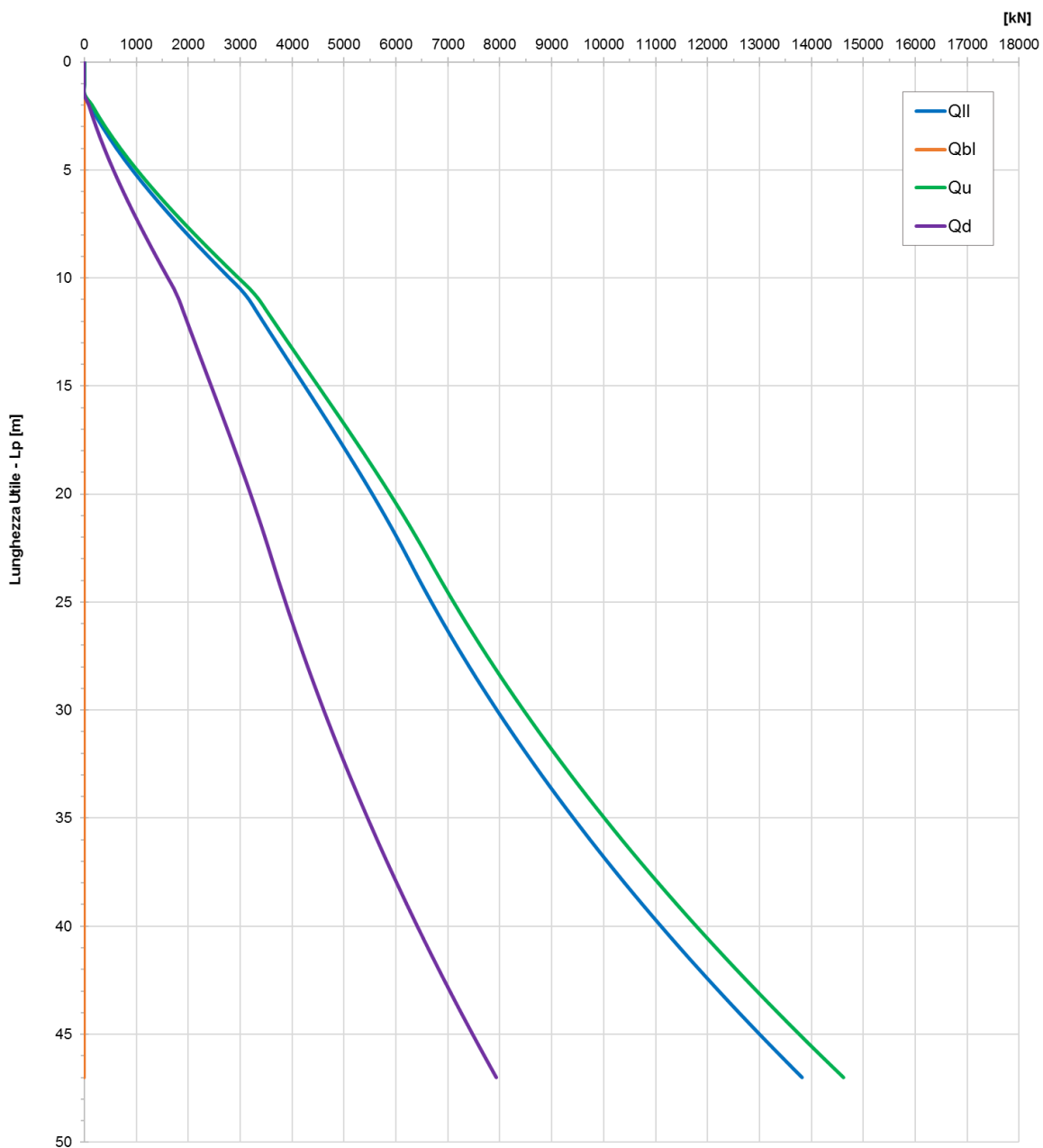
12

Codifica

EI2RBIV0400001

A

IV04 - pk 13241.14 - A1+M1+R3 - CARICO LIMITE PALO - D = 1.2m - Trazione in sisma



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2RBIV0400001

A

Tabella 8 – Carico limite palo $\Phi 1200$ IV04 Approccio 2 – Compressione

WBS	Opera	IV04
D	Diametro palo	1.20 m
Ap	Area base palo	1.13 mq
s	Superficie laterale del palo	3.77 m
zw	Profondità della falda dal p.c.	0.00 m
zp	Quota testa palo rispetto al p.c.	3.00 m
FSL	Fattore di sicurezza per la portata laterale (x3·gs)	1.78
FSB	Fattore di sicurezza per la portata di base (x3·gb)	2.09

z da p.c.	Lp	β	σ_v	u	σ'_v	τ_i	τ_{media}	τ_{lim}	QII	QII/FSL	Nq*	qblim_incoer.	qbl	Qbl	Qbl/FSB	Wp	Qu	Qd
[m]	[m]	[-]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	(kPa)	[kN]	[kN]	(-)	[kPa]	[kPa]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
0.0	-	0.00	0.0	0.00	0.0	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
0.5	-	0.00	8.8	5.00	3.8	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
1.0	-	0.00	17.5	10.00	7.5	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
1.5	-	0.00	26.3	15.00	11.3	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
2.0	-	0.00	35.0	20.00	15.0	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
2.5	-	0.00	43.8	25.00	18.8	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
3.0	0.0	0.00	52.5	30.00	22.5	0.0	0.0	100	0	0	-		0	0	0	0	0	0
3.5	0.5	0.00	61.3	35.00	26.3	13.8	13.8	100	26	15	-		225	254	122	4	276	130
4.0	1.0	0.00	70.0	40.00	30.0	13.8	13.8	100	52	29	-		225	254	122	8	298	139
4.5	1.5	0.00	78.8	45.00	33.8	13.8	13.8	100	78	44	-		225	254	122	13	319	148
5.0	2.0	1.51	88.3	50.00	38.3	57.7	35.7	150	145	81	13	3000	481	544	260	14	675	323
5.5	2.5	1.47	97.8	55.00	42.8	62.9	60.3	150	259	145	13	3000	538	608	290	17	850	413
6.0	3.0	1.44	107.3	60.00	47.3	67.9	65.4	150	382	214	13	3000	594	672	321	20	1033	508
6.5	3.5	1.40	116.8	65.00	51.8	72.5	70.2	150	514	288	13	3000	651	736	352	24	1226	608
7.0	4.0	1.37	126.3	70.00	56.3	76.9	74.7	150	655	367	13	3000	708	800	382	27	1428	713
7.5	4.5	1.33	135.8	75.00	60.8	81.0	79.0	150	804	451	13	3000	764	864	413	31	1637	822
8.0	5.0	1.30	145.3	80.00	65.3	84.9	83.0	150	960	539	13	3000	821	928	443	34	1854	936
8.5	5.5	1.27	154.8	85.00	69.8	88.5	86.7	150	1123	630	13	3000	877	992	474	37	2078	1054
9.0	6.0	1.24	164.3	90.00	74.3	91.8	90.1	150	1293	725	13	3000	934	1056	505	41	2308	1175
9.5	6.5	1.20	173.8	95.00	78.8	94.9	93.3	150	1469	824	13	3000	991	1120	535	44	2545	1300
10.0	7.0	1.17	183.3	100.00	83.3	97.7	96.3	150	1650	926	13	3000	1047	1184	566	47	2786	1427
10.5	7.5	1.14	192.8	105.00	87.8	100.3	99.0	150	1837	1030	13	3000	1104	1248	596	51	3034	1558
11.0	8.0	1.11	202.3	110.00	92.3	102.6	101.4	150	2028	1138	13	3000	1160	1312	627	54	3285	1691
11.5	8.5	1.08	211.8	115.00	96.8	104.7	103.6	150	2223	1247	13	3000	1217	1376	657	58	3541	1827
12.0	9.0	1.05	221.3	120.00	101.3	106.5	105.6	150	2422	1359	13	3000	1274	1440	688	61	3801	1964
12.5	9.5	1.02	230.8	125.00	105.8	108.2	107.3	150	2624	1472	13	3000	1330	1504	719	64	4063	2104
13.0	10.0	0.99	240.3	130.00	110.3	109.5	108.9	150	2829	1587	13	3000	1387	1568	749	68	4329	2245
13.5	10.5	0.96	249.8	135.00	114.8	110.7	110.1	150	3037	1704	13	3000	1443	1632	780	71	4597	2387

GENERAL CONTRACTOR





ALTA SORVEGLIANZA



										Progetto	Lotto	Codifica				
										IN17	12	EI2RBIV0400001				A

14.0	11.0	0.58	259.3	140.00	119.3	69.6	90.1	150	3207	1799	13	3750	1500	1696	810	75	4828	2509
14.5	11.5	0.57	268.8	145.00	123.8	70.2	69.9	150	3338	1873	13	3750	1557	1760	841	78	5020	2608
15.0	12.0	0.55	278.3	150.00	128.3	70.7	70.4	150	3471	1947	13	3750	1613	1824	871	81	5213	2709
15.5	12.5	0.54	287.8	155.00	132.8	71.1	70.9	150	3604	2022	13	3750	1670	1888	902	85	5407	2810
16.0	13.0	0.52	297.3	160.00	137.3	71.4	71.2	150	3739	2097	13	3750	1726	1952	933	88	5602	2911
16.5	13.5	0.50	306.8	165.00	141.8	71.6	71.5	150	3873	2173	13	3750	1783	2016	963	92	5797	3013
17.0	14.0	0.49	316.3	170.00	146.3	71.6	71.6	150	4008	2249	13	3750	1840	2080	994	95	5993	3114
17.5	14.5	0.48	325.8	175.00	150.8	71.6	71.6	150	4143	2324	13	3750	1896	2144	1024	98	6188	3216
18.0	15.0	0.46	335.3	180.00	155.3	71.5	71.6	150	4278	2400	13	3750	1953	2208	1055	102	6384	3318
18.5	15.5	0.45	344.8	185.00	159.8	71.3	71.4	150	4412	2475	13	3750	2009	2272	1086	105	6579	3419
19.0	16.0	0.43	354.3	190.00	164.3	71.0	71.1	150	4546	2551	13	3750	2066	2335	1116	109	6773	3520
19.5	16.5	0.42	363.8	195.00	168.8	70.6	70.8	150	4680	2625	13	3750	2123	2399	1147	112	6967	3621
20.0	17.0	0.40	373.3	200.00	173.3	70.0	70.3	150	4812	2700	13	3750	2179	2463	1177	115	7160	3721
20.5	17.5	0.39	382.8	205.00	177.8	69.4	69.7	150	4944	2773	13	3750	2236	2527	1208	119	7352	3821
21.0	18.0	0.38	392.3	210.00	182.3	68.8	69.1	150	5074	2846	13	3750	2292	2591	1238	122	7543	3920
21.5	18.5	0.36	401.8	215.00	186.8	68.0	68.4	150	5203	2919	13	3750	2349	2655	1269	125	7733	4018
22.0	19.0	0.35	411.3	220.00	191.3	67.1	67.5	150	5330	2990	13	3750	2406	2719	1300	129	7920	4116
22.5	19.5	0.34	420.8	225.00	195.8	66.1	66.6	150	5455	3060	13	3750	2462	2783	1330	132	8106	4212
23.0	20.0	0.33	430.3	230.00	200.3	65.1	65.6	150	5579	3130	13	3750	2519	2847	1361	136	8291	4307
23.5	20.5	0.31	439.8	235.00	204.8	63.9	64.5	150	5700	3198	13	3750	2576	2911	1391	139	8473	4402
24.0	21.0	0.30	449.3	240.00	209.3	62.7	63.3	150	5820	3265	13	3750	2632	2975	1422	142	8653	4495
24.5	21.5	0.29	458.8	245.00	213.8	61.4	62.1	150	5937	3331	13	3750	2689	3039	1452	146	8830	4586
25.0	22.0	0.28	468.3	250.00	218.3	60.0	60.7	150	6051	3395	13	3750	2745	3103	1483	149	9005	4676
25.5	22.5	0.26	477.8	255.00	222.8	58.5	59.3	150	6163	3457	13	3750	2802	3167	1514	153	9178	4765
26.0	23.0	0.25	487.3	260.00	227.3	57.0	57.8	150	6272	3518	13	3750	2859	3231	1544	156	9347	4852
26.5	23.5	0.25	496.8	265.00	231.8	57.9	57.5	150	6380	3579	13	3750	2915	3295	1575	159	9516	4939
27.0	24.0	0.25	506.3	270.00	236.3	59.1	58.5	150	6490	3641	13	3750	2972	3359	1605	163	9687	5027
27.5	24.5	0.25	515.8	275.00	240.8	60.2	59.6	150	6602	3704	13	3750	3028	3423	1636	166	9860	5116
28.0	25.0	0.25	525.3	280.00	245.3	61.3	60.8	150	6717	3768	13	3750	3085	3487	1667	170	10035	5206
28.5	25.5	0.25	534.8	285.00	249.8	62.4	62	150	6833	3834	13	3750	3142	3551	1697	173	10212	5297
29.0	26.0	0.25	544.3	290.00	254.3	63.6	63	150	6952	3900	13	3750	3198	3615	1728	176	10391	5390
29.5	26.5	0.25	553.8	295.00	258.8	64.7	64	150	7073	3968	13	3750	3255	3679	1758	180	10572	5484
30.0	27.0	0.25	563.3	300.00	263.3	65.8	65	150	7196	4037	13	3750	3311	3743	1789	183	10756	5579
30.5	27.5	0.25	572.8	305.00	267.8	66.9	66	150	7321	4107	13	3750	3368	3807	1819	187	10942	5675
31.0	28.0	0.25	582.3	310.00	272.3	68.1	68	150	7448	4178	13	3750	3425	3871	1850	190	11129	5772
31.5	28.5	0.25	591.8	315.00	276.8	69.2	69	150	7577	4251	13	3750	3481	3935	1881	193	11319	5871
32.0	29.0	0.25	601.3	320.00	281.3	70.3	70	150	7709	4325	13	3750	3538	3999	1911	197	11511	5970
32.5	29.5	0.25	610.8	325.00	285.8	71.4	71	150	7842	4400	13	3750	3594	4063	1942	200	11705	6071
33.0	30.0	0.25	620.3	330.00	290.3	72.6	72	150	7978	4476	13	3750	3651	4127	1972	203	11902	6173
33.5	30.5	0.25	629.8	335.00	294.8	73.7	73	150	8116	4553	13	3750	3708	4191	2003	207	12100	6277
34.0	31.0	0.25	639.3	340.00	299.3	74.8	74	150	8256	4632	13	3750	3750	4239	2026	210	12284	6373

GENERAL CONTRACTOR										ALTA SORVEGLIANZA										
																				
										Progetto			Lotto			Codifica				
										IN17			12			EI2RBIV0400001				A

34.5	31.5	0.25	648.8	345.00	303.8	75.9	75	150	8398	4711	13	3750	3750	4239	2026	214	12423	6449
35.0	32.0	0.25	658.3	350.00	308.3	77.1	77	150	8542	4792	13	3750	3750	4239	2026	217	12564	6525
35.5	32.5	0.25	667.8	355.00	312.8	78.2	78	150	8688	4874	13	3750	3750	4239	2026	220	12707	6602
36.0	33.0	0.25	677.3	360.00	317.3	79.3	79	150	8836	4957	13	3750	3750	4239	2026	224	12852	6681
36.5	33.5	0.25	686.8	365.00	321.8	80.4	80	150	8987	5042	13	3750	3750	4239	2026	227	12999	6761
37.0	34.0	0.25	696.3	370.00	326.3	81.6	81	150	9139	5127	13	3750	3750	4239	2026	231	13148	6842
37.5	34.5	0.25	705.8	375.00	330.8	82.7	82	150	9294	5214	13	3750	3750	4239	2026	234	13299	6924
38.0	35.0	0.25	715.3	380.00	335.3	83.8	83	150	9451	5302	13	3750	3750	4239	2026	237	13453	7007
38.5	35.5	0.25	724.8	385.00	339.8	84.9	84	150	9610	5391	13	3750	3750	4239	2026	241	13608	7092
39.0	36.0	0.25	734.3	390.00	344.3	86.1	86	150	9771	5482	13	3750	3750	4239	2026	244	13766	7178
39.5	36.5	0.25	743.8	395.00	348.8	87.2	87	150	9934	5573	13	3750	3750	4239	2026	248	13926	7265
40.0	37.0	0.25	753.3	400.00	353.3	88.3	88	150	10100	5666	13	3750	3750	4239	2026	251	14088	7353
40.5	37.5	0.25	762.8	405.00	357.8	89.4	89	150	10267	5760	13	3750	3750	4239	2026	254	14252	7442
41.0	38.0	0.25	772.3	410.00	362.3	90.6	90	150	10437	5855	13	3750	3750	4239	2026	258	14418	7533
41.5	38.5	0.25	781.8	415.00	366.8	91.7	91	150	10608	5951	13	3750	3750	4239	2026	261	14586	7625
42.0	39.0	0.25	791.3	420.00	371.3	92.8	92	150	10782	6049	13	3750	3750	4239	2026	265	14757	7718
42.5	39.5	0.25	800.8	425.00	375.8	93.9	93	150	10958	6148	13	3750	3750	4239	2026	268	14929	7812
43.0	40.0	0.25	810.3	430.00	380.3	95.1	95	150	11136	6247	13	3750	3750	4239	2026	271	15104	7907
43.5	40.5	0.25	819.8	435.00	384.8	96.2	96	150	11316	6349	13	3750	3750	4239	2026	275	15281	8003
44.0	41.0	0.25	829.3	440.00	389.3	97.3	97	150	11498	6451	13	3750	3750	4239	2026	278	15459	8101
44.5	41.5	0.25	838.8	445.00	393.8	98.4	98	150	11683	6554	13	3750	3750	4239	2026	281	15640	8200
45.0	42.0	0.25	848.3	450.00	398.3	99.6	99	150	11869	6659	13	3750	3750	4239	2026	285	15824	8300
45.5	42.5	0.25	857.8	455.00	402.8	100.7	100	150	12058	6765	13	3750	3750	4239	2026	288	16009	8401
46.0	43.0	0.25	867.3	460.00	407.3	101.8	101	150	12249	6872	13	3750	3750	4239	2026	292	16196	8504
46.5	43.5	0.25	876.8	465.00	411.8	102.9	102	150	12442	6980	13	3750	3750	4239	2026	295	16386	8607
47.0	44.0	0.25	886.3	470.00	416.3	104.1	104	150	12637	7089	13	3750	3750	4239	2026	298	16577	8712
47.5	44.5	0.25	895.8	475.00	420.8	105.2	105	150	12834	7200	13	3750	3750	4239	2026	302	16771	8818
48.0	45.0	0.25	905.3	480.00	425.3	106.3	106	150	13033	7312	13	3750	3750	4239	2026	305	16967	8925
48.5	45.5	0.25	914.8	485.00	429.8	107.4	107	150	13234	7425	13	3750	3750	4239	2026	309	17165	9034
49.0	46.0	0.25	924.3	490.00	434.3	108.6	108	150	13442	7542	13	3750	3750	4239	2026	312	17369	9149
49.5	46.5	0.25	933.8	495.00	438.8	109.7	109	150	13592	7625	13	3750	3750	4239	2026	315	17515	9225
50.0	47.0	0.25	943.3	500.00	443.3	110.8	110	150	13773	7727	13	3750	3750	4239	2026	319	17694	9322





GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2RBIV0400001	A



Tabella 9 – Carico limite palo $\Phi 1200$ IV04 Approccio 2 – Compressione in sisma

WBS	Opera	IV04
D	Diametro palo	1.20 m
Ap	Area base palo	1.13 mq
s	Superficie laterale del palo	3.77 m
zw	Profondità della falda dal p.c.	0.00 m
zp	Quota testa palo rispetto al p.c.	3.00 m
FSL	Fattore di sicurezza per la portata laterale (x3·gs)	1.78
FSB	Fattore di sicurezza per la portata di base (x3·gb)	2.09

z da p.c.	Lp	β	σ_v	u	σ'_v	τ_i	τ_{media}	τ_{lim}	QII	QII/FSL	Nq*	qblim_incoer.	qbl	Qbl	Qbl/FSB	Wp	Qu	Qd
[m]	[m]	[-]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	(kPa)	[kN]	[kN]	(-)	[kPa]	[kPa]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
0.0	-	1.20	0.0	0.00	0.0	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
0.5	-	1.20	8.8	5.00	3.8	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
1.0	-	1.20	17.5	10.00	7.5	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
1.5	-	1.20	26.3	15.00	11.3	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
2.0	-	1.15	35.0	20.00	15.0	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
2.5	-	1.11	43.8	25.00	18.8	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
3.0	0.0	1.08	52.5	30.00	22.5	0.0	0.0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0
3.5	0.5	1.04	61.3	35.00	26.3	0.0	0.0	0	0	0	7	0	0	0	0	4	0	0
4.0	1.0	1.01	70.0	40.00	30.0	0.0	0.0	0	0	0	7	0	0	0	0	8	0	0
4.5	1.5	0.98	78.8	45.00	33.8	0.0	0.0	0	0	0	7	0	0	0	0	13	0	0
5.0	2.0	1.51	88.3	50.00	38.3	57.7	57.7	150	109	61	13	3000	481	544	260	14	639	307
5.5	2.5	1.47	97.8	55.00	42.8	62.9	60.3	150	222	125	13	3000	538	608	290	17	813	398
6.0	3.0	1.44	107.3	60.00	47.3	67.9	65.4	150	346	194	13	3000	594	672	321	20	997	495
6.5	3.5	1.40	116.8	65.00	51.8	72.5	70.2	150	478	268	13	3000	651	736	352	24	1190	596
7.0	4.0	1.37	126.3	70.00	56.3	76.9	74.7	150	619	347	13	3000	708	800	382	27	1391	702
7.5	4.5	1.33	135.8	75.00	60.8	81.0	79.0	150	767	431	13	3000	764	864	413	31	1601	813
8.0	5.0	1.30	145.3	80.00	65.3	84.9	83.0	150	924	518	13	3000	821	928	443	34	1818	928
8.5	5.5	1.27	154.8	85.00	69.8	88.5	86.7	150	1087	610	13	3000	877	992	474	37	2041	1046
9.0	6.0	1.24	164.3	90.00	74.3	91.8	90.1	150	1257	705	13	3000	934	1056	505	41	2272	1169
9.5	6.5	1.20	173.8	95.00	78.8	94.9	93.3	150	1433	804	13	3000	991	1120	535	44	2508	1295
10.0	7.0	1.17	183.3	100.00	83.3	97.7	96.3	150	1614	905	13	3000	1047	1184	566	47	2750	1424
10.5	7.5	1.14	192.8	105.00	87.8	100.3	99.0	150	1800	1010	13	3000	1104	1248	596	51	2997	1555
11.0	8.0	1.11	202.3	110.00	92.3	102.6	101.4	150	1991	1117	13	3000	1160	1312	627	54	3249	1690
11.5	8.5	1.08	211.8	115.00	96.8	104.7	103.6	150	2187	1227	13	3000	1217	1376	657	58	3505	1827
12.0	9.0	1.05	221.3	120.00	101.3	106.5	105.6	150	2386	1338	13	3000	1274	1440	688	61	3764	1965
12.5	9.5	1.02	230.8	125.00	105.8	108.2	107.3	150	2588	1452	13	3000	1330	1504	719	64	4027	2106
13.0	10.0	0.99	240.3	130.00	110.3	109.5	108.9	150	2793	1567	13	3000	1387	1568	749	68	4293	2248

GENERAL CONTRACTOR										ALTA SORVEGLIANZA								
																		
										Progetto		Lotto		Codifica				
										IN17		12		EI2RBIV0400001				A

13.5	10.5	0.96	249.8	135.00	114.8	110.7	110.1	150	3000	1683	13	3000	1443	1632	780	71	4561	2392
14.0	11.0	0.58	259.3	140.00	119.3	69.6	90.1	150	3170	1779	13	3750	1500	1696	810	75	4791	2514
14.5	11.5	0.57	268.8	145.00	123.8	70.2	69.9	150	3302	1852	13	3750	1557	1760	841	78	4984	2615
15.0	12.0	0.55	278.3	150.00	128.3	70.7	70.4	150	3435	1927	13	3750	1613	1824	871	81	5177	2717
15.5	12.5	0.54	287.8	155.00	132.8	71.1	70.9	150	3568	2002	13	3750	1670	1888	902	85	5371	2819
16.0	13.0	0.52	297.3	160.00	137.3	71.4	71.2	150	3702	2077	13	3750	1726	1952	933	88	5566	2922
16.5	13.5	0.50	306.8	165.00	141.8	71.6	71.5	150	3837	2153	13	3750	1783	2016	963	92	5761	3024
17.0	14.0	0.49	316.3	170.00	146.3	71.6	71.6	150	3972	2228	13	3750	1840	2080	994	95	5956	3127
17.5	14.5	0.48	325.8	175.00	150.8	71.6	71.6	150	4107	2304	13	3750	1896	2144	1024	98	6152	3230
18.0	15.0	0.46	335.3	180.00	155.3	71.5	71.6	150	4242	2380	13	3750	1953	2208	1055	102	6347	3333
18.5	15.5	0.45	344.8	185.00	159.8	71.3	71.4	150	4376	2455	13	3750	2009	2272	1086	105	6542	3435
19.0	16.0	0.43	354.3	190.00	164.3	71.0	71.1	150	4510	2530	13	3750	2066	2335	1116	109	6737	3538
19.5	16.5	0.42	363.8	195.00	168.8	70.6	70.8	150	4643	2605	13	3750	2123	2399	1147	112	6931	3640
20.0	17.0	0.40	373.3	200.00	173.3	70.0	70.3	150	4776	2679	13	3750	2179	2463	1177	115	7124	3741
20.5	17.5	0.39	382.8	205.00	177.8	69.4	69.7	150	4907	2753	13	3750	2236	2527	1208	119	7316	3842
21.0	18.0	0.38	392.3	210.00	182.3	68.8	69.1	150	5037	2826	13	3750	2292	2591	1238	122	7507	3942
21.5	18.5	0.36	401.8	215.00	186.8	68.0	68.4	150	5166	2898	13	3750	2349	2655	1269	125	7696	4042
22.0	19.0	0.35	411.3	220.00	191.3	67.1	67.5	150	5294	2970	13	3750	2406	2719	1300	129	7884	4140
22.5	19.5	0.34	420.8	225.00	195.8	66.1	66.6	150	5419	3040	13	3750	2462	2783	1330	132	8070	4238
23.0	20.0	0.33	430.3	230.00	200.3	65.1	65.6	150	5543	3109	13	3750	2519	2847	1361	136	8254	4335
23.5	20.5	0.31	439.8	235.00	204.8	63.9	64.5	150	5664	3178	13	3750	2576	2911	1391	139	8437	4430
24.0	21.0	0.30	449.3	240.00	209.3	62.7	63.3	150	5784	3245	13	3750	2632	2975	1422	142	8616	4524
24.5	21.5	0.29	458.8	245.00	213.8	61.4	62.1	150	5900	3310	13	3750	2689	3039	1452	146	8794	4617
25.0	22.0	0.28	468.3	250.00	218.3	60.0	60.7	150	6015	3374	13	3750	2745	3103	1483	149	8969	4708
25.5	22.5	0.26	477.8	255.00	222.8	58.5	59.3	150	6127	3437	13	3750	2802	3167	1514	153	9141	4798
26.0	23.0	0.25	487.3	260.00	227.3	57.0	57.8	150	6235	3498	13	3750	2859	3231	1544	156	9311	4886
26.5	23.5	0.25	496.8	265.00	231.8	57.9	57.5	150	6344	3559	13	3750	2915	3295	1575	159	9479	4974
27.0	24.0	0.25	506.3	270.00	236.3	59.1	58.5	150	6454	3621	13	3750	2972	3359	1605	163	9650	5063
27.5	24.5	0.25	515.8	275.00	240.8	60.2	59.6	150	6566	3684	13	3750	3028	3423	1636	166	9823	5153
28.0	25.0	0.25	525.3	280.00	245.3	61.3	60.8	150	6681	3748	13	3750	3085	3487	1667	170	9998	5245
28.5	25.5	0.25	534.8	285.00	249.8	62.4	62	150	6797	3813	13	3750	3142	3551	1697	173	10175	5337
29.0	26.0	0.25	544.3	290.00	254.3	63.6	63	150	6916	3880	13	3750	3198	3615	1728	176	10355	5431
29.5	26.5	0.25	553.8	295.00	258.8	64.7	64	150	7037	3948	13	3750	3255	3679	1758	180	10536	5526
30.0	27.0	0.25	563.3	300.00	263.3	65.8	65	150	7160	4017	13	3750	3311	3743	1789	183	10720	5622
30.5	27.5	0.25	572.8	305.00	267.8	66.9	66	150	7285	4087	13	3750	3368	3807	1819	187	10905	5720
31.0	28.0	0.25	582.3	310.00	272.3	68.1	68	150	7412	4158	13	3750	3425	3871	1850	190	11093	5818
31.5	28.5	0.25	591.8	315.00	276.8	69.2	69	150	7541	4231	13	3750	3481	3935	1881	193	11283	5918
32.0	29.0	0.25	601.3	320.00	281.3	70.3	70	150	7673	4304	13	3750	3538	3999	1911	197	11475	6019
32.5	29.5	0.25	610.8	325.00	285.8	71.4	71	150	7806	4379	13	3750	3594	4063	1942	200	11669	6121
33.0	30.0	0.25	620.3	330.00	290.3	72.6	72	150	7942	4455	13	3750	3651	4127	1972	203	11865	6224
33.5	30.5	0.25	629.8	335.00	294.8	73.7	73	150	8079	4533	13	3750	3708	4191	2003	207	12064	6329

GENERAL CONTRACTOR										ALTA SORVEGLIANZA										
																				
										Progetto			Lotto			Codifica				
										IN17			12			EI2RBIV0400001				A

34.0	31.0	0.25	639.3	340.00	299.3	74.8	74	150	8219	4611	13	3750	3750	4239	2026	210	12248	6427
34.5	31.5	0.25	648.8	345.00	303.8	75.9	75	150	8361	4691	13	3750	3750	4239	2026	214	12387	6503
35.0	32.0	0.25	658.3	350.00	308.3	77.1	77	150	8505	4772	13	3750	3750	4239	2026	217	12527	6580
35.5	32.5	0.25	667.8	355.00	312.8	78.2	78	150	8652	4854	13	3750	3750	4239	2026	220	12670	6659
36.0	33.0	0.25	677.3	360.00	317.3	79.3	79	150	8800	4937	13	3750	3750	4239	2026	224	12815	6739
36.5	33.5	0.25	686.8	365.00	321.8	80.4	80	150	8951	5021	13	3750	3750	4239	2026	227	12962	6820
37.0	34.0	0.25	696.3	370.00	326.3	81.6	81	150	9103	5107	13	3750	3750	4239	2026	231	13112	6902
37.5	34.5	0.25	705.8	375.00	330.8	82.7	82	150	9258	5194	13	3750	3750	4239	2026	234	13263	6986
38.0	35.0	0.25	715.3	380.00	335.3	83.8	83	150	9415	5282	13	3750	3750	4239	2026	237	13416	7070
38.5	35.5	0.25	724.8	385.00	339.8	84.9	84	150	9574	5371	13	3750	3750	4239	2026	241	13572	7156
39.0	36.0	0.25	734.3	390.00	344.3	86.1	86	150	9735	5461	13	3750	3750	4239	2026	244	13730	7243
39.5	36.5	0.25	743.8	395.00	348.8	87.2	87	150	9898	5553	13	3750	3750	4239	2026	248	13889	7331
40.0	37.0	0.25	753.3	400.00	353.3	88.3	88	150	10063	5646	13	3750	3750	4239	2026	251	14051	7420
40.5	37.5	0.25	762.8	405.00	357.8	89.4	89	150	10231	5740	13	3750	3750	4239	2026	254	14215	7511
41.0	38.0	0.25	772.3	410.00	362.3	90.6	90	150	10400	5835	13	3750	3750	4239	2026	258	14382	7603
41.5	38.5	0.25	781.8	415.00	366.8	91.7	91	150	10572	5931	13	3750	3750	4239	2026	261	14550	7696
42.0	39.0	0.25	791.3	420.00	371.3	92.8	92	150	10746	6028	13	3750	3750	4239	2026	265	14720	7790
42.5	39.5	0.25	800.8	425.00	375.8	93.9	93	150	10922	6127	13	3750	3750	4239	2026	268	14893	7885
43.0	40.0	0.25	810.3	430.00	380.3	95.1	95	150	11100	6227	13	3750	3750	4239	2026	271	15067	7982
43.5	40.5	0.25	819.8	435.00	384.8	96.2	96	150	11280	6328	13	3750	3750	4239	2026	275	15244	8079
44.0	41.0	0.25	829.3	440.00	389.3	97.3	97	150	11462	6430	13	3750	3750	4239	2026	278	15423	8178
44.5	41.5	0.25	838.8	445.00	393.8	98.4	98	150	11647	6534	13	3750	3750	4239	2026	281	15604	8278
45.0	42.0	0.25	848.3	450.00	398.3	99.6	99	150	11833	6638	13	3750	3750	4239	2026	285	15787	8379
45.5	42.5	0.25	857.8	455.00	402.8	100.7	100	150	12022	6744	13	3750	3750	4239	2026	288	15972	8482
46.0	43.0	0.25	867.3	460.00	407.3	101.8	101	150	12212	6851	13	3750	3750	4239	2026	292	16160	8585
46.5	43.5	0.25	876.8	465.00	411.8	102.9	102	150	12405	6960	13	3750	3750	4239	2026	295	16349	8690
47.0	44.0	0.25	886.3	470.00	416.3	104.1	104	150	12600	7069	13	3750	3750	4239	2026	298	16541	8796
47.5	44.5	0.25	895.8	475.00	420.8	105.2	105	150	12797	7180	13	3750	3750	4239	2026	302	16735	8903
48.0	45.0	0.25	905.3	480.00	425.3	106.3	106	150	12997	7291	13	3750	3750	4239	2026	305	16930	9012
48.5	45.5	0.25	914.8	485.00	429.8	107.4	107	150	13198	7404	13	3750	3750	4239	2026	309	17128	9121
49.0	46.0	0.25	924.3	490.00	434.3	108.6	108	150	13402	7518	13	3750	3750	4239	2026	312	17329	9232
49.5	46.5	0.25	933.8	495.00	438.8	109.7	109	150	13607	7634	13	3750	3750	4239	2026	315	17531	9344
50.0	47.0	0.25	943.3	500.00	443.3	110.8	110	150	13815	7750	13	3750	3750	4239	2026	319	17735	9457

Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2RBIV0400001

A

Tabella 10 – Carico limite palo $\Phi 1200$ IV04 Approccio 2 – Trazione

WBS	Opera	IV04
D	Diametro palo	1.20 m
Ap	Area base palo	1.13 mq
s	Superficie laterale del palo	3.77 m
zw	Profondità della falda dal p.c.	0.00 m
zp	Quota testa palo rispetto al p.c.	3.00 m
FSL	Fattore di sicurezza per la portata laterale (x3·gs)	1.94

z da p.c.	Lp	β	σ_v	u	σ'_v	τ_i	τ_{media}	τ_{lim}	Qll	Qll/FSL	Nq*	qblim_incoer.	qbl	Qbl	Qbl/FSB	W'p	Qu	Qd
[m]	[m]	[-]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	(kPa)	[kN]	[kN]	(-)	[kPa]	[kPa]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
0.0	-	0.00	0.0	0.00	0.0	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
0.5	-	0.00	8.8	5.00	3.8	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
1.0	-	0.00	17.5	10.00	7.5	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
1.5	-	0.00	26.3	15.00	11.3	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
2.0	-	0.00	35.0	20.00	15.0	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
2.5	-	0.00	43.8	25.00	18.8	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
3.0	0.0	0.00	52.5	30.00	22.5	0.0	0.0	100	0	0	-		0	0	0	0	0	0
3.5	0.5	0.00	61.3	35.00	26.3	13.8	13.8	100	26	13	-		0	0	0	8	34	22
4.0	1.0	0.00	70.0	40.00	30.0	13.8	13.8	100	52	27	-		0	0	0	17	69	44
4.5	1.5	0.00	78.8	45.00	33.8	13.8	13.8	100	78	40	-		0	0	0	25	103	66
5.0	2.0	1.51	88.3	50.00	38.3	57.7	35.7	150	145	75	13	3000	0	0	0	34	179	109
5.5	2.5	1.47	97.8	55.00	42.8	62.9	60.3	150	259	133	13	3000	0	0	0	42	301	176
6.0	3.0	1.44	107.3	60.00	47.3	67.9	65.4	150	382	197	13	3000	0	0	0	51	433	248
6.5	3.5	1.40	116.8	65.00	51.8	72.5	70.2	150	514	265	13	3000	0	0	0	59	573	325
7.0	4.0	1.37	126.3	70.00	56.3	76.9	74.7	150	655	338	13	3000	0	0	0	68	723	406
7.5	4.5	1.33	135.8	75.00	60.8	81.0	79.0	150	804	415	13	3000	0	0	0	76	880	491
8.0	5.0	1.30	145.3	80.00	65.3	84.9	83.0	150	960	495	13	3000	0	0	0	85	1045	580
8.5	5.5	1.27	154.8	85.00	69.8	88.5	86.7	150	1123	580	13	3000	0	0	0	93	1217	673
9.0	6.0	1.24	164.3	90.00	74.3	91.8	90.1	150	1293	667	13	3000	0	0	0	102	1395	769
9.5	6.5	1.20	173.8	95.00	78.8	94.9	93.3	150	1469	758	13	3000	0	0	0	110	1579	868
10.0	7.0	1.17	183.3	100.00	83.3	97.7	96.3	150	1650	852	13	3000	0	0	0	119	1769	970
10.5	7.5	1.14	192.8	105.00	87.8	100.3	99.0	150	1837	948	13	3000	0	0	0	127	1964	1075
11.0	8.0	1.11	202.3	110.00	92.3	102.6	101.4	150	2028	1047	13	3000	0	0	0	136	2163	1182
11.5	8.5	1.08	211.8	115.00	96.8	104.7	103.6	150	2223	1147	13	3000	0	0	0	144	2367	1291
12.0	9.0	1.05	221.3	120.00	101.3	106.5	105.6	150	2422	1250	13	3000	0	0	0	153	2575	1403
12.5	9.5	1.02	230.8	125.00	105.8	108.2	107.3	150	2624	1354	13	3000	0	0	0	161	2785	1516
13.0	10.0	0.99	240.3	130.00	110.3	109.5	108.9	150	2829	1460	13	3000	0	0	0	170	2999	1630
13.5	10.5	0.96	249.8	135.00	114.8	110.7	110.1	150	3037	1567	13	3000	0	0	0	178	3215	1745
14.0	11.0	0.58	259.3	140.00	119.3	69.6	90.1	150	3207	1655	13	3750	0	0	0	187	3393	1842

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2RBIV0400001	A

14.5	11.5	0.57	268.8	145.00	123.8	70.2	69.9	150	3338	1723	13	3750	0	0	0	195	3533	1918
15.0	12.0	0.55	278.3	150.00	128.3	70.7	70.4	150	3471	1791	13	3750	0	0	0	203	3674	1995
15.5	12.5	0.54	287.8	155.00	132.8	71.1	70.9	150	3604	1860	13	3750	0	0	0	212	3816	2072
16.0	13.0	0.52	297.3	160.00	137.3	71.4	71.2	150	3739	1930	13	3750	0	0	0	220	3959	2150
16.5	13.5	0.50	306.8	165.00	141.8	71.6	71.5	150	3873	1999	13	3750	0	0	0	229	4102	2228
17.0	14.0	0.49	316.3	170.00	146.3	71.6	71.6	150	4008	2069	13	3750	0	0	0	237	4246	2306
17.5	14.5	0.48	325.8	175.00	150.8	71.6	71.6	150	4143	2138	13	3750	0	0	0	246	4389	2384
18.0	15.0	0.46	335.3	180.00	155.3	71.5	71.6	150	4278	2208	13	3750	0	0	0	254	4532	2462
18.5	15.5	0.45	344.8	185.00	159.8	71.3	71.4	150	4412	2277	13	3750	0	0	0	263	4675	2540
19.0	16.0	0.43	354.3	190.00	164.3	71.0	71.1	150	4546	2347	13	3750	0	0	0	271	4818	2618
19.5	16.5	0.42	363.8	195.00	168.8	70.6	70.8	150	4680	2415	13	3750	0	0	0	280	4960	2695
20.0	17.0	0.40	373.3	200.00	173.3	70.0	70.3	150	4812	2484	13	3750	0	0	0	288	5100	2772
20.5	17.5	0.39	382.8	205.00	177.8	69.4	69.7	150	4944	2552	13	3750	0	0	0	297	5240	2848
21.0	18.0	0.38	392.3	210.00	182.3	68.8	69.1	150	5074	2619	13	3750	0	0	0	305	5379	2924
21.5	18.5	0.36	401.8	215.00	186.8	68.0	68.4	150	5203	2685	13	3750	0	0	0	314	5516	2999
22.0	19.0	0.35	411.3	220.00	191.3	67.1	67.5	150	5330	2751	13	3750	0	0	0	322	5652	3073
22.5	19.5	0.34	420.8	225.00	195.8	66.1	66.6	150	5455	2816	13	3750	0	0	0	331	5786	3146
23.0	20.0	0.33	430.3	230.00	200.3	65.1	65.6	150	5579	2879	13	3750	0	0	0	339	5918	3219
23.5	20.5	0.31	439.8	235.00	204.8	63.9	64.5	150	5700	2942	13	3750	0	0	0	348	6048	3290
24.0	21.0	0.30	449.3	240.00	209.3	62.7	63.3	150	5820	3004	13	3750	0	0	0	356	6176	3360
24.5	21.5	0.29	458.8	245.00	213.8	61.4	62.1	150	5937	3064	13	3750	0	0	0	365	6301	3429
25.0	22.0	0.28	468.3	250.00	218.3	60.0	60.7	150	6051	3123	13	3750	0	0	0	373	6424	3496
25.5	22.5	0.26	477.8	255.00	222.8	58.5	59.3	150	6163	3181	13	3750	0	0	0	382	6544	3562
26.0	23.0	0.25	487.3	260.00	227.3	57.0	57.8	150	6272	3237	13	3750	0	0	0	390	6662	3627
26.5	23.5	0.25	496.8	265.00	231.8	57.9	57.5	150	6380	3293	13	3750	0	0	0	398	6778	3691
27.0	24.0	0.25	506.3	270.00	236.3	59.1	58.5	150	6490	3350	13	3750	0	0	0	407	6897	3757
27.5	24.5	0.25	515.8	275.00	240.8	60.2	59.6	150	6602	3408	13	3750	0	0	0	415	7018	3823
28.0	25.0	0.25	525.3	280.00	245.3	61.3	60.8	150	6717	3467	13	3750	0	0	0	424	7141	3891
28.5	25.5	0.25	534.8	285.00	249.8	62.4	62	150	6833	3527	13	3750	0	0	0	432	7266	3959
29.0	26.0	0.25	544.3	290.00	254.3	63.6	63	150	6952	3588	13	3750	0	0	0	441	7393	4029
29.5	26.5	0.25	553.8	295.00	258.8	64.7	64	150	7073	3651	13	3750	0	0	0	449	7522	4100
30.0	27.0	0.25	563.3	300.00	263.3	65.8	65	150	7196	3714	13	3750	0	0	0	458	7654	4172
30.5	27.5	0.25	572.8	305.00	267.8	66.9	66	150	7321	3779	13	3750	0	0	0	466	7787	4245
31.0	28.0	0.25	582.3	310.00	272.3	68.1	68	150	7448	3844	13	3750	0	0	0	475	7923	4319
31.5	28.5	0.25	591.8	315.00	276.8	69.2	69	150	7577	3911	13	3750	0	0	0	483	8061	4394
32.0	29.0	0.25	601.3	320.00	281.3	70.3	70	150	7709	3979	13	3750	0	0	0	492	8201	4470
32.5	29.5	0.25	610.8	325.00	285.8	71.4	71	150	7842	4048	13	3750	0	0	0	500	8343	4548
33.0	30.0	0.25	620.3	330.00	290.3	72.6	72	150	7978	4118	13	3750	0	0	0	509	8487	4626
33.5	30.5	0.25	629.8	335.00	294.8	73.7	73	150	8116	4189	13	3750	0	0	0	517	8633	4706
34.0	31.0	0.25	639.3	340.00	299.3	74.8	74	150	8256	4261	13	3750	0	0	0	526	8781	4787
34.5	31.5	0.25	648.8	345.00	303.8	75.9	75	150	8398	4334	13	3750	0	0	0	534	8932	4868

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2RBIV0400001	A

35.0	32.0	0.25	658.3	350.00	308.3	77.1	77	150	8542	4409	13	3750	0	0	0	543	9084	4951
35.5	32.5	0.25	667.8	355.00	312.8	78.2	78	150	8688	4484	13	3750	0	0	0	551	9239	5035
36.0	33.0	0.25	677.3	360.00	317.3	79.3	79	150	8836	4561	13	3750	0	0	0	560	9396	5120
36.5	33.5	0.25	686.8	365.00	321.8	80.4	80	150	8987	4638	13	3750	0	0	0	568	9555	5206
37.0	34.0	0.25	696.3	370.00	326.3	81.6	81	150	9139	4717	13	3750	0	0	0	577	9716	5294
37.5	34.5	0.25	705.8	375.00	330.8	82.7	82	150	9294	4797	13	3750	0	0	0	585	9879	5382
38.0	35.0	0.25	715.3	380.00	335.3	83.8	83	150	9451	4878	13	3750	0	0	0	593	10045	5471
38.5	35.5	0.25	724.8	385.00	339.8	84.9	84	150	9610	4960	13	3750	0	0	0	602	10212	5562
39.0	36.0	0.25	734.3	390.00	344.3	86.1	86	150	9771	5043	13	3750	0	0	0	610	10382	5654
39.5	36.5	0.25	743.8	395.00	348.8	87.2	87	150	9934	5127	13	3750	0	0	0	619	10553	5746
40.0	37.0	0.25	753.3	400.00	353.3	88.3	88	150	10100	5213	13	3750	0	0	0	627	10727	5840
40.5	37.5	0.25	762.8	405.00	357.8	89.4	89	150	10267	5299	13	3750	0	0	0	636	10903	5935
41.0	38.0	0.25	772.3	410.00	362.3	90.6	90	150	10437	5387	13	3750	0	0	0	644	11081	6031
41.5	38.5	0.25	781.8	415.00	366.8	91.7	91	150	10608	5475	13	3750	0	0	0	653	11261	6128
42.0	39.0	0.25	791.3	420.00	371.3	92.8	92	150	10782	5565	13	3750	0	0	0	661	11443	6226
42.5	39.5	0.25	800.8	425.00	375.8	93.9	93	150	10958	5656	13	3750	0	0	0	670	11628	6326
43.0	40.0	0.25	810.3	430.00	380.3	95.1	95	150	11136	5748	13	3750	0	0	0	678	11814	6426
43.5	40.5	0.25	819.8	435.00	384.8	96.2	96	150	11316	5841	13	3750	0	0	0	687	12003	6527
44.0	41.0	0.25	829.3	440.00	389.3	97.3	97	150	11498	5935	13	3750	0	0	0	695	12194	6630
44.5	41.5	0.25	838.8	445.00	393.8	98.4	98	150	11683	6030	13	3750	0	0	0	704	12387	6734
45.0	42.0	0.25	848.3	450.00	398.3	99.6	99	150	11869	6126	13	3750	0	0	0	712	12582	6838
45.5	42.5	0.25	857.8	455.00	402.8	100.7	100	150	12058	6224	13	3750	0	0	0	721	12779	6944
46.0	43.0	0.25	867.3	460.00	407.3	101.8	101	150	12249	6322	13	3750	0	0	0	729	12978	7051
46.5	43.5	0.25	876.8	465.00	411.8	102.9	102	150	12442	6422	13	3750	0	0	0	738	13179	7159
47.0	44.0	0.25	886.3	470.00	416.3	104.1	104	150	12637	6522	13	3750	0	0	0	746	13383	7268
47.5	44.5	0.25	895.8	475.00	420.8	105.2	105	150	12834	6624	13	3750	0	0	0	755	13588	7378
48.0	45.0	0.25	905.3	480.00	425.3	106.3	106	150	13033	6727	13	3750	0	0	0	763	13796	7490
48.5	45.5	0.25	914.8	485.00	429.8	107.4	107	150	13234	6831	13	3750	0	0	0	771	14006	7602
49.0	46.0	0.25	924.3	490.00	434.3	108.6	108	150	13438	6936	13	3750	0	0	0	780	14218	7716
49.5	46.5	0.25	933.8	495.00	438.8	109.7	109	150	13643	7042	13	3750	0	0	0	788	14432	7830
50.0	47.0	0.25	943.3	500.00	443.3	110.8	110	150	13851	7149	13	3750	0	0	0	797	14648	7946

Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12



EI2RBIV0400001

A



Tabella 11 – Carico limite palo $\Phi 1200$ IV04 Approccio 2 – Trazione in sisma

WBS	Opera	IV04
D	Diametro palo	1.20 m
Ap	Area base palo	1.13 mq
s	Superficie laterale del palo	3.77 m
zw	Profondità della falda dal p.c.	0.00 m
zp	Quota testa palo rispetto al p.c.	3.00 m
FSL	Fattore di sicurezza per la portata laterale (x3·gs)	1.94



z da p.c.	Lp	β	σ_v	u	σ'_v	τ_i	τ_{media}	τ_{lim}	Qll	Qll/FSL	Nq*	qblim_incoer.	qbl	Qbl	Qbl/FSB	W'p	Qu	Qd
[m]	[m]	[-]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	(kPa)	[kN]	[kN]	(-)	[kPa]	[kPa]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
0.0	-	1.20	0.0	0.00	0.0	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
0.5	-	1.20	8.8	5.00	3.8	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
1.0	-	1.20	17.5	10.00	7.5	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
1.5	-	1.20	26.3	15.00	11.3	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
2.0	-	1.15	35.0	20.00	15.0	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
2.5	-	1.11	43.8	25.00	18.8	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
3.0	0.0	1.08	52.5	30.00	22.5	0.0	0.0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0
3.5	0.5	1.04	61.3	35.00	26.3	0.0	0.0	0	0	0	7	0	0	0	0	8	0	0
4.0	1.0	1.01	70.0	40.00	30.0	0.0	0.0	0	0	0	7	0	0	0	0	17	0	0
4.5	1.5	0.98	78.8	45.00	33.8	0.0	0.0	0	0	0	7	0	0	0	0	25	0	0
5.0	2.0	1.51	88.3	50.00	38.3	57.7	57.7	150	109	56	13	3000	0	0	0	34	143	90
5.5	2.5	1.47	97.8	55.00	42.8	62.9	60.3	150	222	115	13	3000	0	0	0	42	265	157
6.0	3.0	1.44	107.3	60.00	47.3	67.9	65.4	150	346	178	13	3000	0	0	0	51	396	229
6.5	3.5	1.40	116.8	65.00	51.8	72.5	70.2	150	478	247	13	3000	0	0	0	59	537	306
7.0	4.0	1.37	126.3	70.00	56.3	76.9	74.7	150	619	319	13	3000	0	0	0	68	686	387
7.5	4.5	1.33	135.8	75.00	60.8	81.0	79.0	150	767	396	13	3000	0	0	0	76	844	472
8.0	5.0	1.30	145.3	80.00	65.3	84.9	83.0	150	924	477	13	3000	0	0	0	85	1008	562
8.5	5.5	1.27	154.8	85.00	69.8	88.5	86.7	150	1087	561	13	3000	0	0	0	93	1180	654
9.0	6.0	1.24	164.3	90.00	74.3	91.8	90.1	150	1257	649	13	3000	0	0	0	102	1358	750
9.5	6.5	1.20	173.8	95.00	78.8	94.9	93.3	150	1433	739	13	3000	0	0	0	110	1543	850
10.0	7.0	1.17	183.3	100.00	83.3	97.7	96.3	150	1614	833	13	3000	0	0	0	119	1733	952
10.5	7.5	1.14	192.8	105.00	87.8	100.3	99.0	150	1800	929	13	3000	0	0	0	127	1928	1056
11.0	8.0	1.11	202.3	110.00	92.3	102.6	101.4	150	1991	1028	13	3000	0	0	0	136	2127	1163
11.5	8.5	1.08	211.8	115.00	96.8	104.7	103.6	150	2187	1129	13	3000	0	0	0	144	2331	1273
12.0	9.0	1.05	221.3	120.00	101.3	106.5	105.6	150	2386	1231	13	3000	0	0	0	153	2538	1384
12.5	9.5	1.02	230.8	125.00	105.8	108.2	107.3	150	2588	1336	13	3000	0	0	0	161	2749	1497
13.0	10.0	0.99	240.3	130.00	110.3	109.5	108.9	150	2793	1442	13	3000	0	0	0	170	2963	1611
13.5	10.5	0.96	249.8	135.00	114.8	110.7	110.1	150	3000	1549	13	3000	0	0	0	178	3179	1727
14.0	11.0	0.58	259.3	140.00	119.3	69.6	90.1	150	3170	1636	13	3750	0	0	0	187	3357	1823

GENERAL CONTRACTOR										ALTA SORVEGLIANZA									
																			
										Progetto			Lotto		Codifica				
										IN17			12		E12RBIV0400001				A

14.5	11.5	0.57	268.8	145.00	123.8	70.2	69.9	150	3302	1704	13	3750	0	0	0	195	3497	1899
15.0	12.0	0.55	278.3	150.00	128.3	70.7	70.4	150	3435	1773	13	3750	0	0	0	203	3638	1976
15.5	12.5	0.54	287.8	155.00	132.8	71.1	70.9	150	3568	1842	13	3750	0	0	0	212	3780	2054
16.0	13.0	0.52	297.3	160.00	137.3	71.4	71.2	150	3702	1911	13	3750	0	0	0	220	3923	2131
16.5	13.5	0.50	306.8	165.00	141.8	71.6	71.5	150	3837	1980	13	3750	0	0	0	229	4066	2209
17.0	14.0	0.49	316.3	170.00	146.3	71.6	71.6	150	3972	2050	13	3750	0	0	0	237	4209	2287
17.5	14.5	0.48	325.8	175.00	150.8	71.6	71.6	150	4107	2120	13	3750	0	0	0	246	4353	2365
18.0	15.0	0.46	335.3	180.00	155.3	71.5	71.6	150	4242	2189	13	3750	0	0	0	254	4496	2444
18.5	15.5	0.45	344.8	185.00	159.8	71.3	71.4	150	4376	2259	13	3750	0	0	0	263	4639	2521
19.0	16.0	0.43	354.3	190.00	164.3	71.0	71.1	150	4510	2328	13	3750	0	0	0	271	4781	2599
19.5	16.5	0.42	363.8	195.00	168.8	70.6	70.8	150	4643	2397	13	3750	0	0	0	280	4923	2676
20.0	17.0	0.40	373.3	200.00	173.3	70.0	70.3	150	4776	2465	13	3750	0	0	0	288	5064	2753
20.5	17.5	0.39	382.8	205.00	177.8	69.4	69.7	150	4907	2533	13	3750	0	0	0	297	5204	2830
21.0	18.0	0.38	392.3	210.00	182.3	68.8	69.1	150	5037	2600	13	3750	0	0	0	305	5343	2905
21.5	18.5	0.36	401.8	215.00	186.8	68.0	68.4	150	5166	2666	13	3750	0	0	0	314	5480	2980
22.0	19.0	0.35	411.3	220.00	191.3	67.1	67.5	150	5294	2732	13	3750	0	0	0	322	5616	3054
22.5	19.5	0.34	420.8	225.00	195.8	66.1	66.6	150	5419	2797	13	3750	0	0	0	331	5750	3128
23.0	20.0	0.33	430.3	230.00	200.3	65.1	65.6	150	5543	2861	13	3750	0	0	0	339	5882	3200
23.5	20.5	0.31	439.8	235.00	204.8	63.9	64.5	150	5664	2923	13	3750	0	0	0	348	6012	3271
24.0	21.0	0.30	449.3	240.00	209.3	62.7	63.3	150	5784	2985	13	3750	0	0	0	356	6140	3341
24.5	21.5	0.29	458.8	245.00	213.8	61.4	62.1	150	5900	3045	13	3750	0	0	0	365	6265	3410
25.0	22.0	0.28	468.3	250.00	218.3	60.0	60.7	150	6015	3104	13	3750	0	0	0	373	6388	3477
25.5	22.5	0.26	477.8	255.00	222.8	58.5	59.3	150	6127	3162	13	3750	0	0	0	382	6508	3544
26.0	23.0	0.25	487.3	260.00	227.3	57.0	57.8	150	6235	3218	13	3750	0	0	0	390	6625	3608
26.5	23.5	0.25	496.8	265.00	231.8	57.9	57.5	150	6344	3274	13	3750	0	0	0	398	6742	3673
27.0	24.0	0.25	506.3	270.00	236.3	59.1	58.5	150	6454	3331	13	3750	0	0	0	407	6861	3738
27.5	24.5	0.25	515.8	275.00	240.8	60.2	59.6	150	6566	3389	13	3750	0	0	0	415	6982	3804
28.0	25.0	0.25	525.3	280.00	245.3	61.3	60.8	150	6681	3448	13	3750	0	0	0	424	7104	3872
28.5	25.5	0.25	534.8	285.00	249.8	62.4	62	150	6797	3508	13	3750	0	0	0	432	7230	3941
29.0	26.0	0.25	544.3	290.00	254.3	63.6	63	150	6916	3569	13	3750	0	0	0	441	7357	4010
29.5	26.5	0.25	553.8	295.00	258.8	64.7	64	150	7037	3632	13	3750	0	0	0	449	7486	4081
30.0	27.0	0.25	563.3	300.00	263.3	65.8	65	150	7160	3695	13	3750	0	0	0	458	7617	4153
30.5	27.5	0.25	572.8	305.00	267.8	66.9	66	150	7285	3760	13	3750	0	0	0	466	7751	4226
31.0	28.0	0.25	582.3	310.00	272.3	68.1	68	150	7412	3825	13	3750	0	0	0	475	7887	4300
31.5	28.5	0.25	591.8	315.00	276.8	69.2	69	150	7541	3892	13	3750	0	0	0	483	8024	4375
32.0	29.0	0.25	601.3	320.00	281.3	70.3	70	150	7673	3960	13	3750	0	0	0	492	8164	4452
32.5	29.5	0.25	610.8	325.00	285.8	71.4	71	150	7806	4029	13	3750	0	0	0	500	8306	4529
33.0	30.0	0.25	620.3	330.00	290.3	72.6	72	150	7942	4099	13	3750	0	0	0	509	8450	4608
33.5	30.5	0.25	629.8	335.00	294.8	73.7	73	150	8079	4170	13	3750	0	0	0	517	8597	4687
34.0	31.0	0.25	639.3	340.00	299.3	74.8	74	150	8219	4242	13	3750	0	0	0	526	8745	4768
34.5	31.5	0.25	648.8	345.00	303.8	75.9	75	150	8361	4316	13	3750	0	0	0	534	8895	4850

GENERAL CONTRACTOR										ALTA SORVEGLIANZA											
																					
										Progetto			Lotto			Codifica					
										IN17			12			EI2RBIV0400001			A		

35.0	32.0	0.25	658.3	350.00	308.3	77.1	77	150	8505	4390	13	3750	0	0	0	543	9048	4933
35.5	32.5	0.25	667.8	355.00	312.8	78.2	78	150	8652	4465	13	3750	0	0	0	551	9203	5016
36.0	33.0	0.25	677.3	360.00	317.3	79.3	79	150	8800	4542	13	3750	0	0	0	560	9360	5102
36.5	33.5	0.25	686.8	365.00	321.8	80.4	80	150	8951	4620	13	3750	0	0	0	568	9519	5188
37.0	34.0	0.25	696.3	370.00	326.3	81.6	81	150	9103	4698	13	3750	0	0	0	577	9680	5275
37.5	34.5	0.25	705.8	375.00	330.8	82.7	82	150	9258	4778	13	3750	0	0	0	585	9843	5363
38.0	35.0	0.25	715.3	380.00	335.3	83.8	83	150	9415	4859	13	3750	0	0	0	593	10008	5453
38.5	35.5	0.25	724.8	385.00	339.8	84.9	84	150	9574	4941	13	3750	0	0	0	602	10176	5543
39.0	36.0	0.25	734.3	390.00	344.3	86.1	86	150	9735	5024	13	3750	0	0	0	610	10345	5635
39.5	36.5	0.25	743.8	395.00	348.8	87.2	87	150	9898	5109	13	3750	0	0	0	619	10517	5728
40.0	37.0	0.25	753.3	400.00	353.3	88.3	88	150	10063	5194	13	3750	0	0	0	627	10691	5821
40.5	37.5	0.25	762.8	405.00	357.8	89.4	89	150	10231	5280	13	3750	0	0	0	636	10867	5916
41.0	38.0	0.25	772.3	410.00	362.3	90.6	90	150	10400	5368	13	3750	0	0	0	644	11045	6012
41.5	38.5	0.25	781.8	415.00	366.8	91.7	91	150	10572	5457	13	3750	0	0	0	653	11225	6109
42.0	39.0	0.25	791.3	420.00	371.3	92.8	92	150	10746	5546	13	3750	0	0	0	661	11407	6207
42.5	39.5	0.25	800.8	425.00	375.8	93.9	93	150	10922	5637	13	3750	0	0	0	670	11591	6307
43.0	40.0	0.25	810.3	430.00	380.3	95.1	95	150	11100	5729	13	3750	0	0	0	678	11778	6407
43.5	40.5	0.25	819.8	435.00	384.8	96.2	96	150	11280	5822	13	3750	0	0	0	687	11967	6509
44.0	41.0	0.25	829.3	440.00	389.3	97.3	97	150	11462	5916	13	3750	0	0	0	695	12157	6611
44.5	41.5	0.25	838.8	445.00	393.8	98.4	98	150	11647	6011	13	3750	0	0	0	704	12350	6715
45.0	42.0	0.25	848.3	450.00	398.3	99.6	99	150	11833	6107	13	3750	0	0	0	712	12545	6820
45.5	42.5	0.25	857.8	455.00	402.8	100.7	100	150	12022	6205	13	3750	0	0	0	721	12742	6925
46.0	43.0	0.25	867.3	460.00	407.3	101.8	101	150	12212	6303	13	3750	0	0	0	729	12942	7032
46.5	43.5	0.25	876.8	465.00	411.8	102.9	102	150	12405	6403	13	3750	0	0	0	738	13143	7140
47.0	44.0	0.25	886.3	470.00	416.3	104.1	104	150	12600	6503	13	3750	0	0	0	746	13346	7249
47.5	44.5	0.25	895.8	475.00	420.8	105.2	105	150	12797	6605	13	3750	0	0	0	755	13552	7360
48.0	45.0	0.25	905.3	480.00	425.3	106.3	106	150	12997	6708	13	3750	0	0	0	763	13760	7471
48.5	45.5	0.25	914.8	485.00	429.8	107.4	107	150	13198	6812	13	3750	0	0	0	771	13970	7583
49.0	46.0	0.25	924.3	490.00	434.3	108.6	108	150	13402	6917	13	3750	0	0	0	780	14181	7697
49.5	46.5	0.25	933.8	495.00	438.8	109.7	109	150	13607	7023	13	3750	0	0	0	788	14396	7811
50.0	47.0	0.25	943.3	500.00	443.3	110.8	110	150	13815	7130	13	3750	0	0	0	797	14612	7927

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

10.2.2. Carico limite nei riguardi dei carichi trasversali

Per quanto riguarda la verifica a carico limite orizzontale, questa è stata condotta tramite il metodo di Broms, 1964, secondo il quale, per pali lunghi (ipotesi che si configura per tutti i pali in esame), in terreni incoerenti sotto falda, non liberi di ruotare in testa, vale la seguente formulazione:

$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{\left(3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4}\right)^2}$$

Per terreni coesivi e per le ulteriori ipotesi di cui sopra, si considera invece la seguente formulazione:

$$H = -13.5c_u d^2 + c_u d^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u d^3}}$$

In cui:

H = carico limite orizzontale del palo

K_p = coefficiente di spinta passiva

d = diametro del palo

M_y = momento di plasticizzazione del palo

c_u = coesione non drenata

Il valore di H, ridotto per i coefficienti di normativa come riportato di seguito, dovrà essere confrontato con il valore del taglio massimo agente in testa palo, dedotto dalle combinazioni SLU-SLV (V_{pd}):

$$H \lim = \frac{H}{\xi \cdot \gamma_T} \geq V_{pd}$$



Con ξ funzione del numero di verticali indagate per l'opera in esame e γ_T secondo l'approccio considerato. Considerando l'Approccio 2, il coefficiente γ_T sarà pari a 1.3 (Tab.6.4.VI – DM 14.1.2008).

Verrà tenuta in conto, ove previsto, la possibilità di liquefazione in condizioni sismiche. Per la verifica del carico limite orizzontale per i pali di fondazione situati nelle zone dove è stata riscontrata la presenza di lenti sabbiose potenzialmente liquefacibili, la teoria di Broms resta applicabile, ma non sono più utilizzabili le soluzioni semplificate, disponibili in forma chiusa e/o con abachi adimensionali. Per tale ragione è stato studiato un modello di calcolo, che pur basandosi sulla teoria di Broms, tenga conto delle peculiarità del caso in esame. Nella fattispecie, si trascura totalmente il contributo della spinta passiva all'interno dello strato liquefacibile.

A vantaggio di sicurezza si trascura anche il contributo della resistenza offerta dal terreno intorno al plinto.

L'approccio riportato risulta pertanto cautelativo.

La seguente Figura mostra lo schema di calcolo considerato.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>12</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2RBIV0400001</p>	<p>A</p>

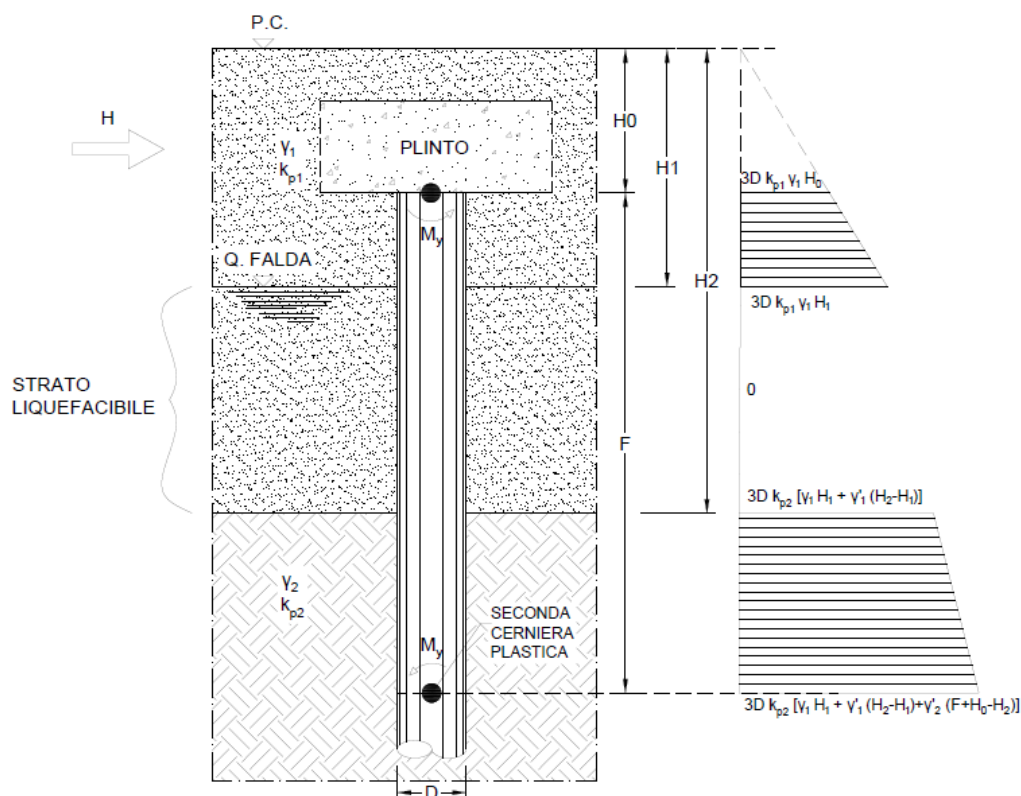




Figura 17: Modello di calcolo per la portanza orizzontale di pali in terreni con livelli potenzialmente liquefacibili

Considerando che si crei una prima cerniera plastica in testa al palo ed una seconda alla profondità F (palo lungo non libero di ruotare in testa), si scrivono le equazioni di equilibrio alla traslazione e di equilibrio alla rotazione intorno alla testa del palo. In tal modo si ricavano le due incognite F ed H , ovvero la profondità della seconda cerniera plastica e la forza massima orizzontale del sistema palo-terreno.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

10.3. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE) DI TIPO GEOTECNICO

Conformemente con quanto prescritto nel par. 6.4.3.2 del DM 14.1.2008, devono essere presi in considerazione per i pali di fondazione dell'opera in esame, i seguenti stati limite di servizio:

- eccessivi cedimenti;
- eccessivi spostamenti trasversali.

Specificamente, si devono calcolare i valori degli spostamenti e delle distorsioni per verificarne la compatibilità con i requisiti prestazionali della struttura in elevazione.

Per la determinazione dei cedimenti verticali e degli spostamenti trasversali dei pali di fondazione dell'opera in esame, è stato utilizzato il programma di calcolo PIGLET v.5 (Randolph, 2019) il quale permette di modellare il terreno come un continuo analizzandone l'interazione con un gruppo di pali anche di diversa geometria sotto condizioni di carico generalizzate.

L'analisi d'interazione è stata condotta adottando un modulo di rigidezza tangenziale operativo G del terreno con andamento costante con la profondità e valutato come media pesata dei diversi strati a partire dalle correlazioni riportate a seguire.

In particolare, lo studio dell'interazione palo-terreno sotto carichi orizzontali è stata condotta in accordo all'approccio proposto da Matlock e Reese (1960), basato sul modello di Winkler (elastico-lineare), caratterizzato da un modulo di reazione del terreno E_s . Il modulo E_s non può essere direttamente correlato con il modulo di Young, dato che è un parametro di interazione terreno-struttura.

In particolare, per le analisi sono stati adottate le seguenti formulazioni (Elson, 1984):

Terreni a grana fine

$$E_h = 400 \cdot c_u \quad (\text{FL}^{-2})$$

c_u = coesione non drenata

Terreni a grana grossa (materiale di riempimento)

$$E_h = k_h \cdot z \quad (\text{FL}^{-2})$$

dove:

E_h = modulo di reazione orizzontale del terreno a specifiche profondità;



z = profondità da piano finito;

k_h = incremento del modulo di reazione orizzontale con la profondità come riportato nella Tabella al paragrafo 8.1.

La rigidezza del palo è stata tenuta in conto considerando un modulo del calcestruzzo del palo pari a 31 GPa.

Nelle analisi la connessione della testa palo alla fondazione è stata considerata a "testa incastrata".

Si riportano di seguito i criteri seguiti dal software di calcolo per la valutazione degli spostamenti trasversali dei pali e dei cedimenti verticali.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

Risposta dei pali sotto azioni orizzontali

La soluzione adottata nel programma di calcolo PIGLET è quella sviluppata da Randolph (1981) attraverso la costruzione di una curva derivante dai risultati di analisi agli elementi finiti di pali caricati lateralmente immersi in un terreno elastico. E' stato scoperto che, per pali che presentano un comportamento flessibile sotto azioni laterali, possono essere sviluppate leggi di potenza attraverso cui determinare la deflessione laterale, u , e la rotazione, θ , del palo rispetto alla superficie del terreno, in funzione della rigidità del palo e delle proprietà del suolo. Le relazioni sono simili nella forma a quelle che derivano dal considerare il suolo con un modello alla Winkler caratterizzato da un coefficiente di reazione di sottofondo (ad esempio Reese e Matlock, 1956; Matlock e Reese, 1960). Come in quest'ultimo tipo di analisi, viene utilizzato il concetto di lunghezza "critica" del palo, essendo questa profondità la profondità alla quale il palo si deforma apprezzabilmente. Il termine "flessibile" si riferisce a pali in cui le caratteristiche di tenso-deformative non verrebbero alterate aumentando la lunghezza del palo.

Poiché la soluzione è, per sua natura, approssimativa, è stata introdotta un'ulteriore semplificazione riguardo alle proprietà del suolo: il modulo di taglio, G , e il rapporto di Poisson, ν . Randolph (1977) ha mostrato che l'effetto del coefficiente di Poisson potrebbe essere considerato con sufficiente accuratezza considerando una singola proprietà elastica data da

$$G^* = G(1 + 3\nu/4) \quad (7)$$

La soluzione descritta di seguito dipende dal singolo parametro G^* piuttosto che dai parametri elastici G e ν . La lunghezza critica del palo è data dalla relazione

$$L_c = d \left(E_p / G_c \right)^{2/7} \quad (8)$$

Dove E_p è il modulo di Young equivalente del palo, dato da

$$E_p = (EI)_p / (\pi d^4 / 64) \quad (9)$$

$(EI)_p$ è la rigidità flessionale del palo. La quantità G_c nell'equazione (8) è il valore di G^* alla profondità pari alla metà della lunghezza critica del palo. Per un terreno idealizzato come materiale elastico, con una rigidità variabile linearmente con la profondità come



$$G = G_0 + mz \quad (10)$$

il parametro G_c è dato da

$$G_c = G_0^* + 0.5m^*L_c = (1 + 3/4\nu)(G_0 + 0.5mL_c) \quad (11)$$

La valutazione della lunghezza critica dalle equazioni (8) e (9) richiede alcune iterazioni tranne in i casi estremi di un terreno omogeneo (dove $G_c = G_0^*$) o di un terreno dove il modulo è proporzionale alla profondità ($G_0^* = 0$, quindi $L_c = d (2E_p / m^*d)^{2/9}$).

Per i pali che presentano una lunghezza maggiore della loro lunghezza critica, la deflessione laterale, u , e la rotazione θ , in corrispondenza della testa del palo possono essere valutate come

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>12</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2RBIV0400001</p>	<p>A</p>

$$\begin{aligned}
 u &= \frac{(E_p / G_c)^{1/7}}{\rho_c G_c} \left[0.27 \frac{H}{(L_c / 2)} + 0.30 \frac{M}{(L_c / 2)^2} \right] \\
 \theta &= \frac{(E_p / G_c)^{1/7}}{\rho_c G_c} \left[0.30 \frac{H}{(L_c / 2)^2} + 0.80 \sqrt{\rho_c} \frac{M}{(L_c / 2)^3} \right]
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

dove H e M sono, rispettivamente, il carico laterale e il momento flettente agenti sulla superficie del terreno. Il fattore ρ_c fornisce il grado di omogeneità del terreno in modo simile al fattore ρ nell'analisi di pali caricati assialmente. È convenientemente definito come il rapporto tra il valore di G^* ad una profondità pari ad $L_c/4$ e il valore di G^* ad una profondità pari a $L_c/2$ (vedi Figura successiva). La relazione di ρ_c è la seguente:

$$\rho_c = \frac{G_o^* + m^* L_c / 4}{G_o^* + m^* L_c / 2} = \frac{G_o^* + m^* L_c / 4}{G_c}
 \tag{13}$$

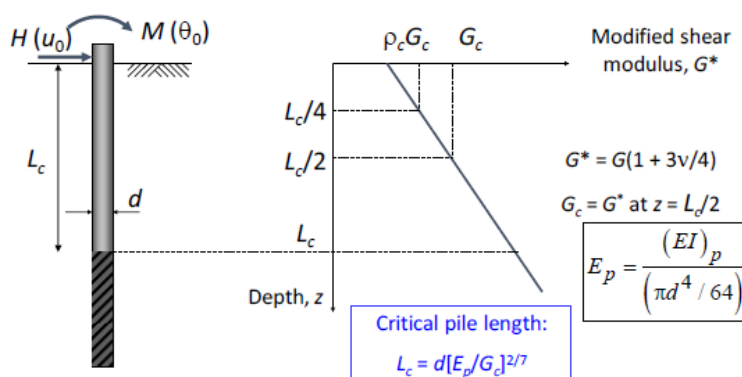




Figura 18: Notazione per analisi di pali sotto azioni laterali

Comportamento dei pali in gruppo – Effetti in direzione verticale e orizzontale

Il programma permette di valutare la risposta dei pali considerando gli effetti di gruppo. In particolare, tali effetti cambiano a seconda delle condizioni di carico applicate.

Per un gruppo di pali soggetto a carichi assiali viene utilizzato il coefficiente di interazione proposto da Mylonakis e Gazetas (1998) i quali hanno dimostrato che il fattore di interazione, α , (come definito da Poulos, 1968) deve riflettere non solo il decadimento logaritmico degli spostamenti, ma anche l'effetto benefico dei pali vicini. Ciò porta ad una riduzione dello spostamento della testa del palo inferiore a quella calcolata dal solo decadimento logaritmico. Per pali della stessa lunghezza e diametro, il fattore di interazione per un dato interasse, s , può quindi essere espresso come il prodotto di due termini che rappresentano il decadimento logaritmico e un "fattore di diffrazione", ξ (Mylonakis & Gazetas, 1998), dato da:

$$\alpha = \left(\frac{\ln(r_m / s)}{\ln(2r_m / d)} \right) \xi$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

$$\xi = \frac{2\mu L + \sinh(2\mu L) + \Omega^2 [\sinh(2\mu L) - 2\mu L] + 2\Omega [\cosh(2\mu L) - 1]}{2 \sinh(2\mu L) + 2\Omega^2 \sinh(2\mu L) + 4\Omega \cosh(2\mu L)}$$

dove:

$$\Omega = \frac{P_b}{w_b (EA)_p \mu} \quad \text{and} \quad \mu L = \sqrt{\frac{k}{(EA)_p}} L \quad (19)$$

con P_b e w_b rispettivamente corrispondenti al carico e allo spostamento alla base del palo e $(EA)_p$ alla rigidezza trasversale del palo.

La complessità del campo di spostamento attorno ad un palo caricato lateralmente non permette una trattazione dell'interazione per pali caricati assialmente. Tuttavia, per pali caricati lateralmente vincolati alla testa, Randolph (1981) ha dimostrato che i fattori di interazione, α_f , possono essere stimati con sufficiente accuratezza attraverso l'espressione:

$$\alpha_f = 0.3\rho_c (E_p / G_c)^{1/7} (1 + \cos^2 \beta) \frac{d}{s}$$

dove s è l'interasse tra i pali e β è l'angolo formato tra la direzione del carico ed una linea passante per gli assi dei pali (vedi Figura successiva).

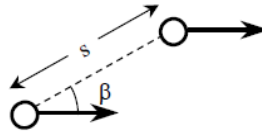


Figura 19: Vista sul piano di due pali soggetti a carichi laterali

Il fattore di interazione α_{uH} , che determina la deflessione per i pali a liberi di ruotare alla testa sottoposti a carico laterale H , può essere determinato dalla seguente relazione:



$$\alpha = 0.2\rho_c (E_p / G_c)^{1/7} (1 + \cos^2 \beta) \frac{d}{s} \quad (15)$$

Dove:

$$\begin{aligned} \alpha_{uH} &= \alpha & \alpha &\leq 0.333 \\ \alpha_{uH} &= 1 - \frac{2}{\sqrt{27\alpha}} & \alpha &> 0.333 \end{aligned}$$

Gli altri fattori di interazione, α_{uM} (deflessione dovuta al momento flettente), $\alpha_{\theta H}$ (rotazione dovuta alla al carico laterale) e $\alpha_{\theta M}$ (rotazione dovuta al momento flettente) possono essere stimati con sufficiente precisione da:

$$\begin{aligned} \alpha_{uM} &= \alpha_{\theta H} \approx \alpha_{uH}^2 \\ \alpha_{\theta M} &\approx \alpha_{uH}^3 \end{aligned} \quad (16)$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

Curva carico-cedimento

La curva carico cedimento è stata determinata a partire da un'analisi di tipo non lineare sotto azioni assiali.

Per la risposta assiale, la rigidezza iniziale della testa del palo $k_{v,0}$ viene modificata utilizzando un'espressione iperbolica generalizzata che mette in relazione la rigidezza secante corrente k_v al carico assiale P normalizzato rispetto alla capacità portante assiale limite imposta P_{lim} :

$$\frac{k_v}{k_{v,0}} = 1 - f \left(\frac{P}{P_{lim}} \right)^g$$



I due parametri f e g consentono di rappresentare un'ampia gamma di forme non lineari, con la riduzione della rigidezza secante data da $1 - f$ e dal parametro g cambiando la curvatura.

~

Si riportano di seguito i risultati ottenuti dal programma di calcolo PIGLET, in termini di spostamenti dei pali di fondazione $\Phi 1200$ delle spalle e della pila più sollecitata dell'opera in esame.

In particolare, si riportano i risultati ritenuti più significativi:

- grafico dello spostamento orizzontale per le combinazioni SLE, SLU e SLV relative al palo più sollecitato;
- curva carico cedimento allo SLE del palo singolo.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>12</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2RBIV0400001</p>	<p>A</p>

Per i pali $\Phi 1200$ delle spalle si ottengono i seguenti risultati:

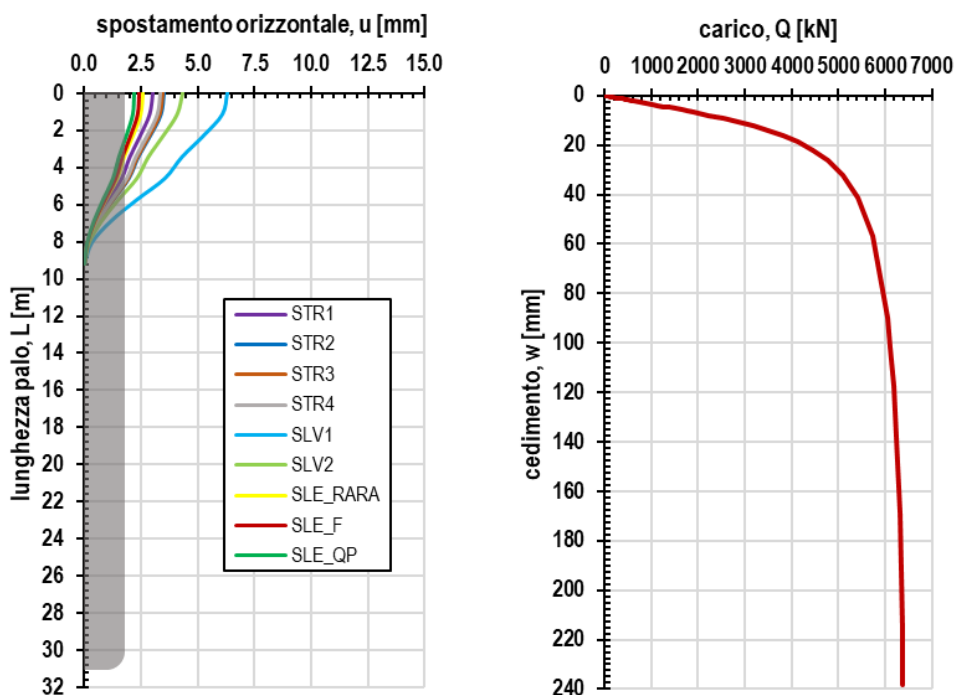


Figura 5: Diagramma dello spostamento orizzontale e curva carico cedimento SLE relativi al palo singolo – Fondazione Spalla A

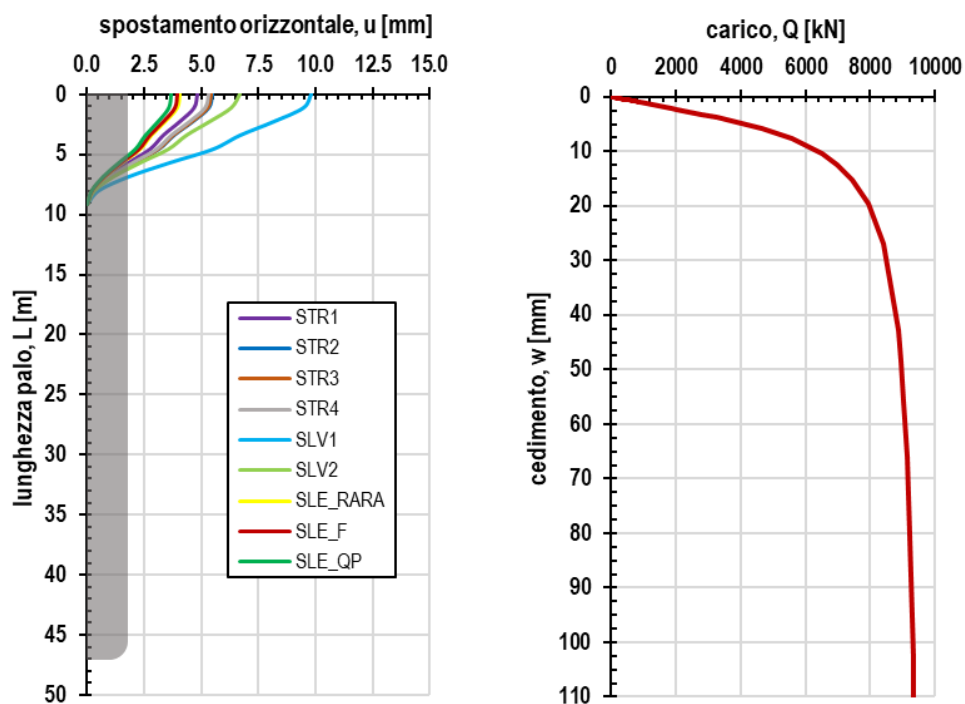




Figura 5: Diagramma dello spostamento orizzontale e curva carico cedimento SLE relativi al palo singolo – Fondazione Spalla B

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2RBIV0400001	A

I valori relativi agli spostamenti orizzontali ottenuti lungo lo sviluppo del palo, sopra graficizzati, si riportano di seguito in forma tabellare, per le combinazioni di carico dimensionanti. Si faccia riferimento alla Relazione di calcolo della spalla, per il dettaglio delle combinazioni adottate.

Tabella 12 – Spostamenti orizzontali lungo lo sviluppo del palo $\Phi 1200$ – Fondazione Spalla A

	z[m]	0	1	2	3	5	6	7	8	9
STR1	u [mm]	3.4	3.3	2.9	2.3	1.9	1.2	0.6	0.2	0.0
STR2	u [mm]	3.5	3.4	2.9	2.4	1.9	1.3	0.6	0.2	0.0
STR3	u [mm]	3.4	3.3	2.9	2.3	1.9	1.2	0.6	0.2	0.0
STR4	u [mm]	3.4	3.2	2.8	2.3	1.9	1.2	0.6	0.2	0.0
SLV1	u [mm]	6.3	6.1	5.3	4.3	3.6	2.3	1.2	0.3	0.0
SLV2	u [mm]	4.4	4.1	3.5	2.8	2.3	1.5	0.8	0.2	0.0
SLE_RARA	u [mm]	2.6	2.5	2.1	1.8	1.4	0.9	0.5	0.1	0.0
SLE_F	u [mm]	2.4	2.4	2.1	1.7	1.4	0.9	0.5	0.1	0.0
SLE_QP	u [mm]	2.2	2.2	1.9	1.5	1.3	0.8	0.4	0.1	0.0

Tabella 13 – Spostamenti orizzontali lungo lo sviluppo del palo $\Phi 1200$ – Fondazione Spalla B

	z[m]	0	1	2	3	5	6	7	8	9
STR1	u [mm]	5.4	5.3	4.6	3.7	3.1	2.0	1.0	0.3	0.0
STR2	u [mm]	5.5	5.4	4.6	3.8	3.1	2.1	1.0	0.3	0.0
STR3	u [mm]	5.4	5.3	4.6	3.7	3.1	2.0	1.0	0.3	0.0
STR4	u [mm]	5.3	5.2	4.5	3.7	3.0	2.0	1.0	0.3	0.0
SLV1	u [mm]	9.8	9.5	8.2	6.7	5.5	3.6	1.8	0.5	0.0
SLV2	u [mm]	6.7	6.3	5.4	4.3	3.5	2.3	1.2	0.3	0.0
SLE_RARA	u [mm]	4.1	4.0	3.4	2.8	2.3	1.5	0.8	0.2	0.0
SLE_F	u [mm]	3.9	3.8	3.3	2.7	2.3	1.5	0.7	0.2	0.0
SLE_QP	u [mm]	3.7	3.6	3.1	2.5	2.1	1.4	0.7	0.2	0.0

I valori relativi alla curva carico-cedimento, sopra riportata, sono esplicitati nel prospetto di seguito.



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

Tabella 14 – Carico SLE-cedimento palo singolo Φ 1200 – Fondazione Spalla A

Q_{SLE} [kN]	w [mm]
0	0.0
64	0.2
127	0.4
191	0.6
255	0.9
319	1.1
382	1.3
446	1.5
510	1.7
574	1.9
637	2.2
765	2.6
892	3.0
1020	3.5
1147	3.9
1275	4.4
1402	4.8
1530	5.3
1657	5.7
1784	6.2
1912	6.7
2231	7.9
2549	9.2
2868	10.6
3187	12.2
3505	14.0
3824	16.1
4142	18.7
4461	21.9
4780	26.2
5098	32.1
5417	41.1
5736	56.6
6054	90.0
6118	102.0
6182	117.6
6246	138.7
6309	169.1
6373	216.4
6373	238.1





GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIV0400001	A

Tabella 15 – Carico SLE-cedimento palo singolo $\Phi 1200$ – Fondazione Spalla B

Q_{SLE} [kN]	w [mm]
0	0.0
93	0.1
186	0.2
280	0.3
373	0.4
466	0.5
559	0.6
653	0.7
746	0.8
839	0.9
932	1.0
1119	1.2
1305	1.4
1492	1.7
1678	1.9
1864	2.1
2051	2.3
2237	2.5
2424	2.7
2610	2.9
2797	3.2
3263	3.8
3729	4.4
4195	5.1
4661	5.8
5127	6.7
5593	7.7
6059	8.9
6525	10.4
6992	12.5
7458	15.3
7924	19.6
8390	27.0
8856	42.9
8949	48.6
9042	56.0
9136	66.0
9229	80.5
9322	103.1
9322	113.4

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2RBIV0400001	A

Per i pali $\Phi 1200$ delle pile si ottengono i seguenti risultati:

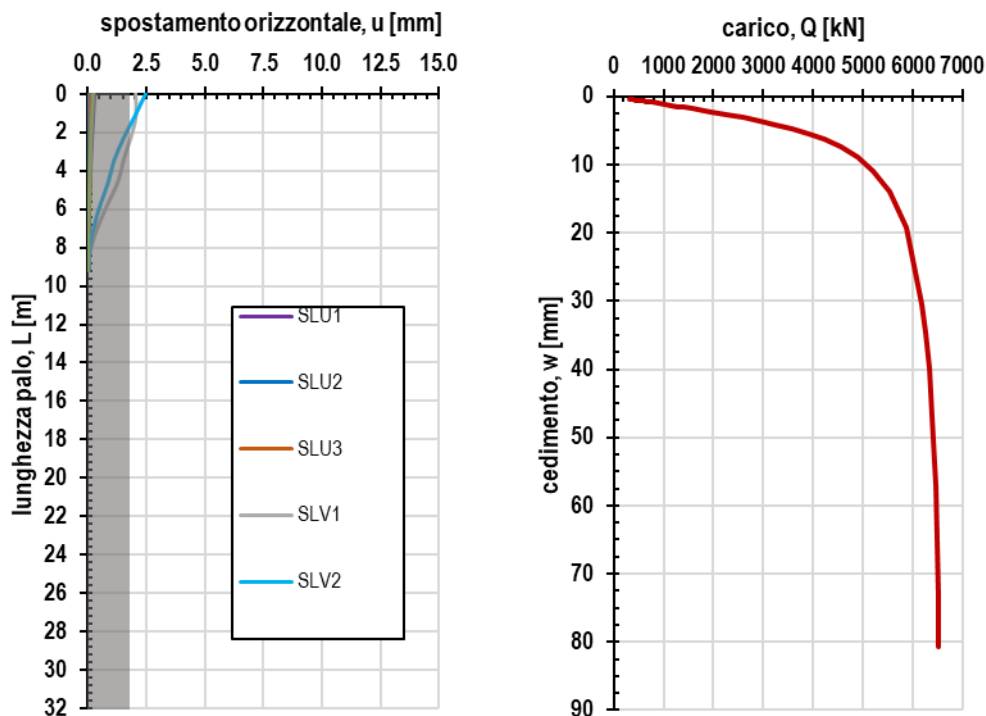


Figura 5: Diagramma dello spostamento orizzontale e curva carico cedimento SLE relativi al palo singolo – Fondazione pile

I valori relativi agli spostamenti orizzontali ottenuti lungo lo sviluppo del palo, sopra graficizzati, si riportano di seguito in forma tabellare, per le combinazioni di carico dimensionanti. Si faccia riferimento alla Relazione di calcolo della spalla, per il dettaglio delle combinazioni adottate.

Tabella 16 – Spostamenti orizzontali lungo lo sviluppo del palo $\Phi 1200$ – Fondazione Pile

	z[m]	0	1	2	3	5	6	7	8	9
SLU1	u [mm]	0.14	0.15	0.14	0.12	0.10	0.07	0.04	0.01	0.00
SLU2	u [mm]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLU3	u [mm]	0.14	0.15	0.14	0.12	0.10	0.07	0.04	0.01	0.00
SLV1	u [mm]	2.05	2.08	1.84	1.54	1.29	0.84	0.43	0.12	0.00
SLV2	u [mm]	2.47	2.01	1.53	1.12	0.86	0.53	0.25	0.07	0.00
SLE RARA	u [mm]	0.23	0.18	0.13	0.09	0.07	0.04	0.02	0.01	0.00

Tabella 17 – Spostamenti orizzontali lungo lo sviluppo del palo $\Phi 1200$ – Fondazione Pile

I valori relativi alla curva carico-cedimento, sopra riportata, sono esplicitati nel prospetto di seguito.



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>12</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2RBIV0400001</p>	<p>A</p>

Tabella 18 – Carico SLE-cedimento palo singolo $\Phi 1200$ – Fondazione Pile

Q_{SLE} [kN]	w [mm]
0	0.0
65	0.1
131	0.1
196	0.2
261	0.3
326	0.4
392	0.4
457	0.5
522	0.6
587	0.7
653	0.7
783	0.9
914	1.0
1044	1.2
1175	1.3
1305	1.5
1436	1.6
1566	1.8
1697	1.9
1827	2.1
1958	2.3
2284	2.7
2610	3.1
2936	3.6
3263	4.1
3589	4.7
3915	5.5
4241	6.3
4568	7.4
4894	8.9
5220	10.9
5546	13.9
5873	19.2
6199	30.5
6264	34.5
6329	39.8
6395	47.0
6460	57.3
6525	73.3
6525	80.7