

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

IN - INTERFERENZE VIARIE

**IN35 - DEVIAZIONI STRADALE SS PORCILANA DAL km 16+440,00 AL km
17+925,00**

GENERALE

Relazione Geotecnica

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Conorzio Iricav Due ing. Paolo Carmona Data: Giugno 2022			
Ing. Giovanni MALAVENDA ALBO INGEGNERI PROV. DI MESSINA n. 4503 Data: Giugno 2022				

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	FOGLIO
I N 1 7	1 2	E	1 2	R B	I N 3 5 0 0	0 0 1	B	- - - p - - -

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Ing Alberto Levorato 	



Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificat	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	Coding 	15/09/21	C.Pinti 	15/09/21	P.Luciani 	15/09/21	
B	REVISIONE INTERNA	Coding 	30/06/22	C.Pinti 	30/06/22	P.Luciani 	30/06/22	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E9100000009	File: IN1712EI2RBIN3500001B.DOC Cod. origine:
-----------------	---------------------	--





Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIN3500001	B

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.	CRITERI DI VALUTAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI	8
3.1.	DENSITÀ RELATIVA DEI MATERIALI A GRANA GROSSA	8
3.2.	RESISTENZA AL TAGLIO – PARAMETRI DRENATI	10
3.2.1.	Materiali a grana grossa	10
3.2.2.	Materiali a grana fine	12
3.3.	RESISTENZA AL TAGLIO – PARAMETRI NON DRENATI	14
3.4.	DETERMINAZIONE DELLA STORIA TENSIONALE – (OCR)	15
3.5.	DETERMINAZIONE DEI COEFFICIENTI DI CONSOLIDAZIONE VERTICALE CV	16
3.6.	PARAMETRI DI DEFORMAZIONE	18
3.6.1.	Materiali a grana grossa	18
3.6.2.	Materiali a grana fine	20
3.7.	QUALITÀ DEI CAMPIONI	21
4.	INDAGINI DI RIFERIMENTO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA DELL'AREA	22
5.	PALI DI FONDAZIONE	23
5.1.	INTRODUZIONE	23
5.2.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU) DI TIPO GEOTECNICO	23
5.2.1.	Carico limite nei riguardi dei carichi assiali	25
5.2.2.	Carico limite nei riguardi dei carichi trasversali	46
5.3.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE) DI TIPO GEOTECNICO	48

ALLEGATI: Stratigrafie dei sondaggi di riferimento

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBIN3500001	B

1. PREMESSA

La presente relazione illustra gli aspetti geotecnici caratterizzanti l'area di interesse dei ponti stradali in corrispondenza della deviazione IN35 al km 16+510 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 fa presente che in ragione della ridotta compressibilità dello strato di terreno superficiale e delle altezze contenute dei rilevati di approccio all'opera, non si destano cedimenti dei rilevati apprezzabili, pertanto se ne omette la rispettiva analisi.

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

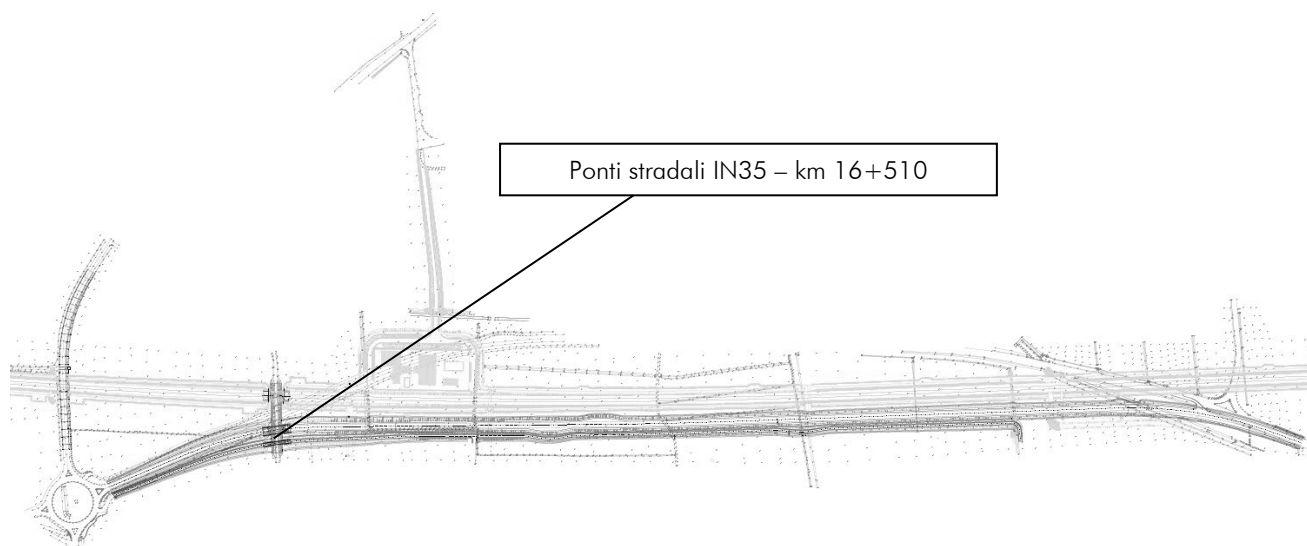




Figura 1: Stralcio planimetrico – Ubicazione Ponti IN35



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBIN3500001	B

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 EI2RBIN3500001	B



- [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
- [28] IN1712EI2RBVIO400001A, Relazione Geotecnica Ponte sul deviatore del canale Dugale dal km 16+496.10 al km 16+518.10.

2.2. NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO



- [29] Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: “Norme Tecniche per le Costruzioni”
- [30] 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”
- [31] UNI-EN 1997-1 – Febbraio 2005: Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali
- [32] 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
- [33] UNI-EN 1998-5 – Gennaio 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- [34] RFI DTC SI MA IFS 001 B – Dicembre 2017: Manuale di progettazione delle opere civili.

2.3. BIBLIOGRAFIA TECNICA



- [35] 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
- [36] Atkinson J.H. and Sallfors G. (1991), “Experimental determination of soil properties. General Session 1”, Proc. X ECSMFE, Florence, Vol. 3, pp-915-956.
- [37] Atkinson J.H. (2000), “Non-linear soil stiffness in routine design”, Geotechnique, Vol.50, n.5, pp.487-508
- [38] Baligh (1975) “Theory of deep site static cone penetration resistance” Research Report R-75-56, MIT, Cambridge
- [39] Bolton (1986) “The strength and dilatancy of sands” Geotechnique 36 , n° 1
- [40] 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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIN3500001	B



- [41] Clayton C.R.I. (1995) "The Standard Penetration Test (SPT): Methods and use" CIRIA Report n° 143, 1995
- [42] 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
- [43] 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
- [44] Houlsby G. T., Teh, C. I. (1988) "Analysis of the piezocone in clay" Penetration Testing 1988, ISOPT-1, De Ruiter (ed.). Balkema Rotterdam
- [45] Ishihara K. (1996), "Soil behaviour in earthquake Engineering". Clarendon Press, Oxford
- [46] Ishihara K., Tsukamoto Y., Shimizu Y. (2001) "Estimate of relative density from in-situ penetration tests" Proceedings In-situ 2001, Bali
- [47] 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
- [48] Jeffries M.G. and Been, K. (2006), "Soil liquefaction- A critical state approach". Taylor & Francis, ISBN 0-419-16170-8, 478 pages
- [49] 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
- [50] 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
- [51] Lancellotta R. (1987) "Geotecnica" Zanichelli, Bologna
- [52] 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
- [53] Lunne, T., Robertson, P.K., Powell, J.J.M. (1997). "Cone Penetration Testing in Engineering Practice" Blackie Academic and Professional, London
- [54] Lunne T., Christoffersen H.P., Tjelta T.I. (1985) "Engineering use of piezocone data in North Sea clays" Proc. XI ICSMFE, S. Francisco
- [55] 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
- [56] Mesri G. e Godlewski P.M. (1977), "Time and stress-compressibility relationship". JGED, ASCE, GT5
- [57] 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.
- [58] 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
- [59] Schmertmann J.H. (1978), "Guidelines for cone penetration test performance and design", Report FHWA-TS-78-209, U.S. Department of Transportation, Washington.
- [60] 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 EI2RBIN3500001	B

- [61] 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
- [62] 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
- [63] 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
- [64] 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
- [65] Tavenas F., Jean P., Leblond P., Leroueil S. (1983b) "The permeability of natural soft clays. Part II: Permeability characteristics" *Canadian Geotechnical Journal*, vol. 20
- [66] Terzaghi K., Peck R.B. and Mesri G. (1996), "Soil mechanics in engineering practice", 3rd edition, Wiley & Sons, New York
- [67] 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
- [68] Youd T.D. (1972) "Factors controlling maximum and minimum density of sands" Proceedings of Symposium on Eval. Dens., ASTM STP 523
- [69] 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
- [70] Berezantsev W.HG. (1965), "Design of Deep Foundations", Proc. 6th ICSMFE, Montreal. Vol.II
- [71] Berezantsev W.HG. (1970), "Calculation of the Construction Basis", Leningrad
- [72] 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
- [73] 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
- [74] 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
- [75] Gwizdala K. (1984) "Large bored piles in non-cohesive soils" Swedish Geotechnical Institute, Report n° 26+
- [76] 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
- [77] Reese L.C., Wright S.J. (1977) "Drilled shaft manual" U.S. Department of Transportation, Office of Research and Development, Div. HDV 2, Washington
- [78] 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.
- [79] 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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIN3500001	B

- [80] 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
- [81] 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
- [82] Idriss, I.M., Boulanger, R.W. (2008) "Soil liquefaction during earthquakes" Earthquake Engineering Research Institute, MNO-12
- [83] Viggiani (1999), "Fondazioni" Hevelius Edizioni
- [84] AGI, "Raccomandazioni sui pali di fondazione", dicembre 1984
- [85] FHWA 2010

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIN350001	B

3. 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.

3.1. 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 1: 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. [50]):

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

dove:

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIN3500001	B

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. [42]) 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. [46]) 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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIN3500001	B

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 [41]; Skempton, 1986 [62]; Tokimatsu & Yoshimi, 1983 [67]).

3.2. RESISTENZA AL TAGLIO – PARAMETRI DRENATI

3.2.1. 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. [39]). 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. [38]):

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

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. [39]):

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



essendo:

$Q = 10$

$p_r' = 1.4 \cdot \sigma_{ff}'$ (v. Jamiokowski et al. 1988, Doc. rif. [47]) (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 3.1

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIN3500001	B

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 2: 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. [68][63]).

	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 3: 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. [59]), ed illustrata nella Figura successiva, sulla base dei valori di densità relativa stimati al punto 3.1, ed entrando nel grafico a seconda della granulometria prevalente del materiale riscontrato in un data area.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIN3500001	B

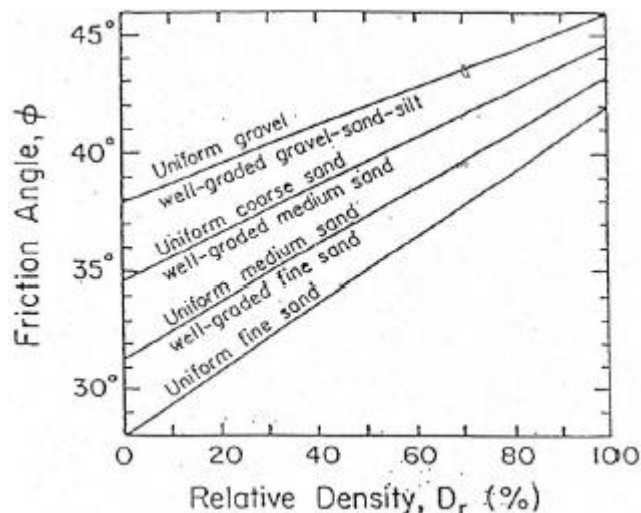


Figura 2: Relazione fra angolo di resistenza al taglio operativo e densità relativa

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. [48]), Robertson (2012, Doc. rif. [58]) 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°.

3.2.2. 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. [56]). I valori riportati nell'articolo citato si riferiscono a back-analysis di rotture di pendii, in argille NC e OC.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIN3500001	B

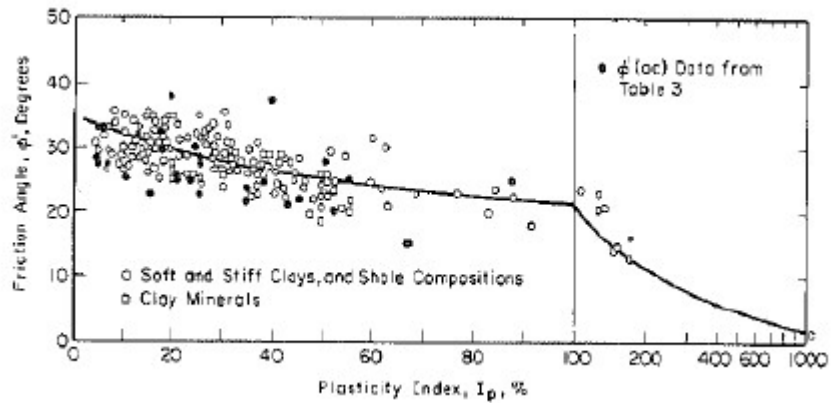


Figura 3: Valori dell'angolo di resistenza al taglio per materiali argillosi (Mesri e Abdel-Ghaffar, 1993)

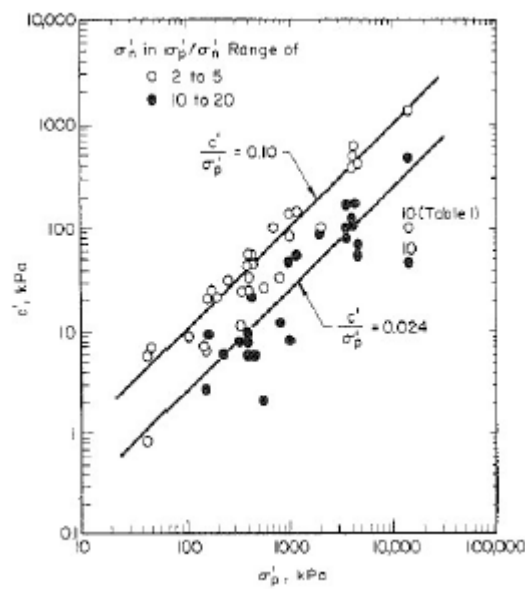




Figura 4: Valori della coesione intercetta c' in funzione della tensione di preconsolidazione e del valore della tensione normale al piano di rottura, al momento della rottura σ_{a1} (da Mesri e Abdel-Ghaffar, 1993)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBIN3500001	B

3.3. 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. [53]).

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBIN3500001	B

3.4. 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. [40]):

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

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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIN3500001	B

3.5. 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. [44]).

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 rigidezza del materiale, stimato in base alla Figura 4 (Keaveny and Mitchell, 1986, Doc. rif. [49]), funzione dell'indice di plasticità del materiale. Per il caso in esame, si è considerato $I_r = 140$, dove:



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

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 4: Fattore adimensionale T (da Houlsby & Teh (1988))

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBIN3500001	B

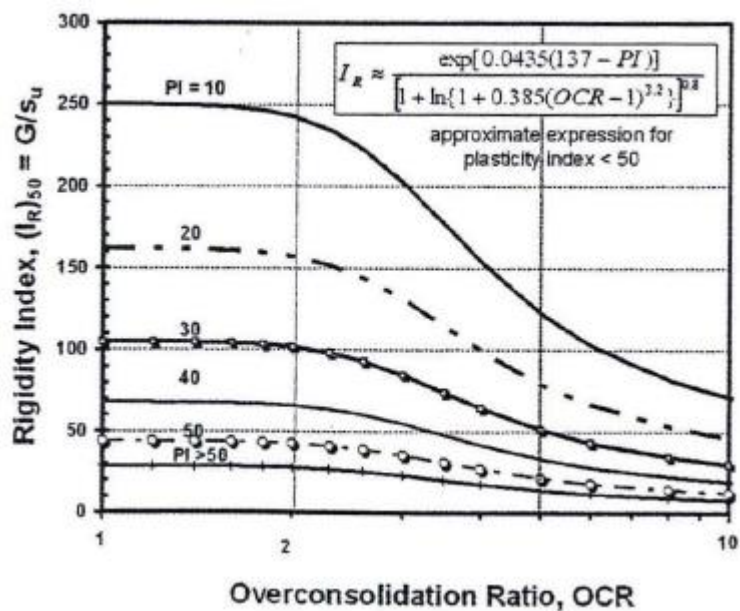


Figura 5: Coefficiente di sovraconsolidazione in funzione dell'indice di rigidezza (Keaveny and Mitchell, 1986)

Nei piezoconi tradizionalmente impiegati in Italia, la pietra poroso 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. [38]), il processo di dissipazione della sovrappressione interstiziale avviene nel ramo di scarico. In sostanza, la penetrazione della punta provoca un eccesso di sovrappressioni interstiziali, e la loro dissipazione fa tornare le tensioni efficaci allo stato precedente l'infissione. Pertanto, i valori di c_h ottenuti da tale formulazione (ma non solo da questa), sono relativi allo stato di sovraconsolidazione del materiale.

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

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

Nella valutazione del coefficiente in direzione verticale, si è tenuto conto di quanto suggerito da Lancellotta (1987, Doc. rif. [51]):

- 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.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIN3500001	B

3.6. PARAMETRI DI DEFORMAZIONE

3.6.1. 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. [36]), e da Atkinson (2000, Doc. rif. [37]), valutazione dell'entità del degrado dei moduli iniziali, facendo riferimento a curve di letteratura.

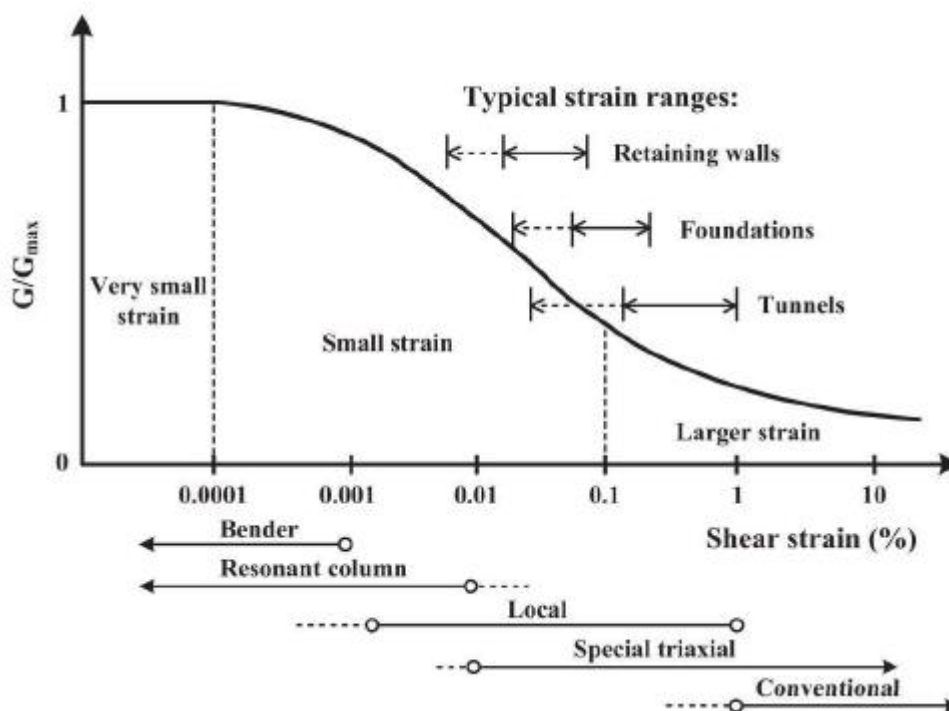


Figura 6: Livelli deformativi raggiunti dal terreno per diverse opere di ingegneria

Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2RBIN3500001

B

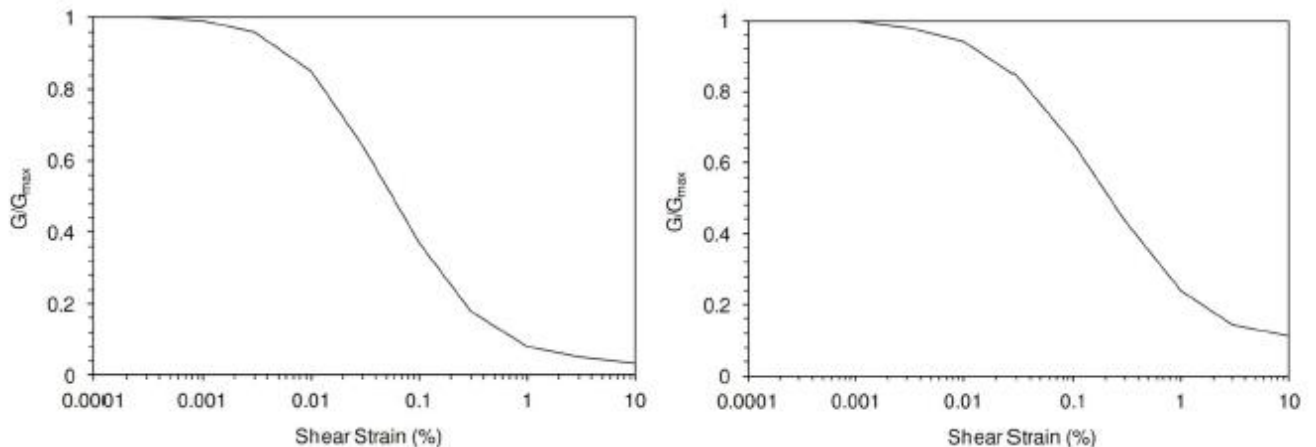


Figura 7: Curva di decadimento del modulo di taglio per depositi sabbiosi (a sinistra) e argillosi (a destra)

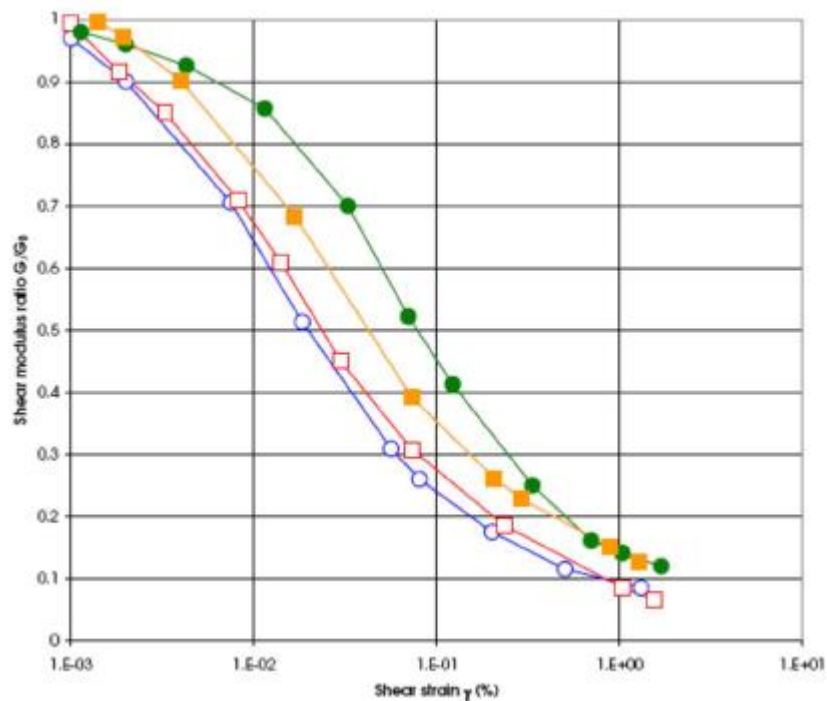




Figura 8: Altro esempio di curva di decadimento del modulo di taglio

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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBIN3500001	B

3.6.2. 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. [56]):

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

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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIN3500001	B

3.7. 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. [52]) e Terzaghi et al. (1996, Doc. rif. [66]), 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. [43]).



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 5: 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 6: 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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBIN3500001	B



4. INDAGINI DI RIFERIMENTO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA DELL'AREA

Per l'individuazione delle indagini geotecniche di riferimento, nonché per la classificazione e caratterizzazione dei depositi investigati, coerentemente con le indicazioni emerse dallo studio geologico-geomorfologico della zona, si faccia riferimento a quanto riportato nel documento [28], relativo all'analisi geotecnica dei terreni interessati dal viadotto VI04 – Ponte sul deviatore del canale Dugale, ubicato in prossimità delle opere oggetto del presente documento.

Il modello geotecnico ivi riportato, le considerazioni sul livello di falda di progetto e sulla potenziale liquefazione dei terreni, la risposta sismica locale, si intendono validi e applicabili alle opere in esame, pertanto le analisi riportate nella trattazione a seguire, relativamente al comportamento dei pali di fondazione delle spalle dei due ponti stradali, sono state effettuate sulla base di tali dati.

Si precisa che, ai fini della determinazione del carico limite nei riguardi dei carichi assiali e trasversali sui pali di fondazione (§ 5) dell'opera oggetto di analisi, si è fatto cautelativamente riferimento ai parametri minimi degli intervalli del modello geotecnico di riferimento.

Per quanto riguarda il livello della falda di costruzione, prima dell'esecuzione dello scavo per l'imposta delle fondazioni delle opere 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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIN3500001	B

5. PALI DI FONDAZIONE

5.1. INTRODUZIONE

La progettazione delle opere in esame prevede la necessità di adozione di fondazioni profonde, realizzate mediante l'utilizzo di pali trivellati di grande diametro. In particolare, si sfruttano pali di diametro $\Phi 800$.

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.

5.2. 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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2RBIN3500001	B

		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 9: 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 10: 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 11: 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 12: 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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIN3500001	B

5.2.1. 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 13: 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 $n=3$ verticali di riferimento, coerentemente con quanto valutato nelle analisi riportate nel documento [28], tuttavia, cautelativamente, si è assunto il medesimo fattore di correlazione ξ adottato nel progetto definitivo, corrispondente a $n=1$ verticale di indagine.

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,

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIN3500001	B

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

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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBIN3500001	B

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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIN3500001	B

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

$$q_{bcr 0.1} \cong 0.15 \div 0.18 q_c$$

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.

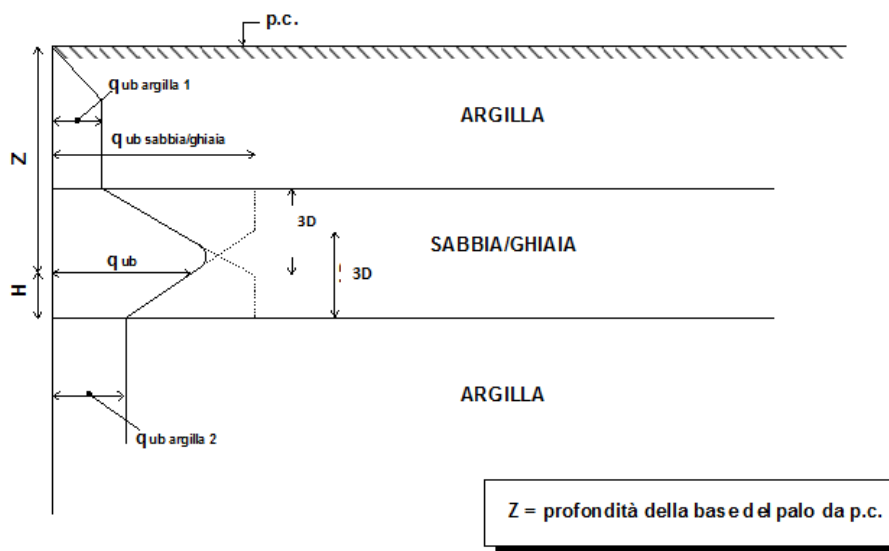




Figura 14: Criterio di valutazione della pressione ultima di base (q_{ub}) in terreni stratificati

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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBIN3500001	B

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 $\Phi 800$, 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:

- Qll: Resistenza laterale di calcolo (kN)
- Qbl: Resistenza di base di calcolo (kN)
- Qu: Resistenza ultima a compressione/trazione (kN)
- Qd: Resistenza di progetto a compressione/trazione (kN)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

IN17

Lotto

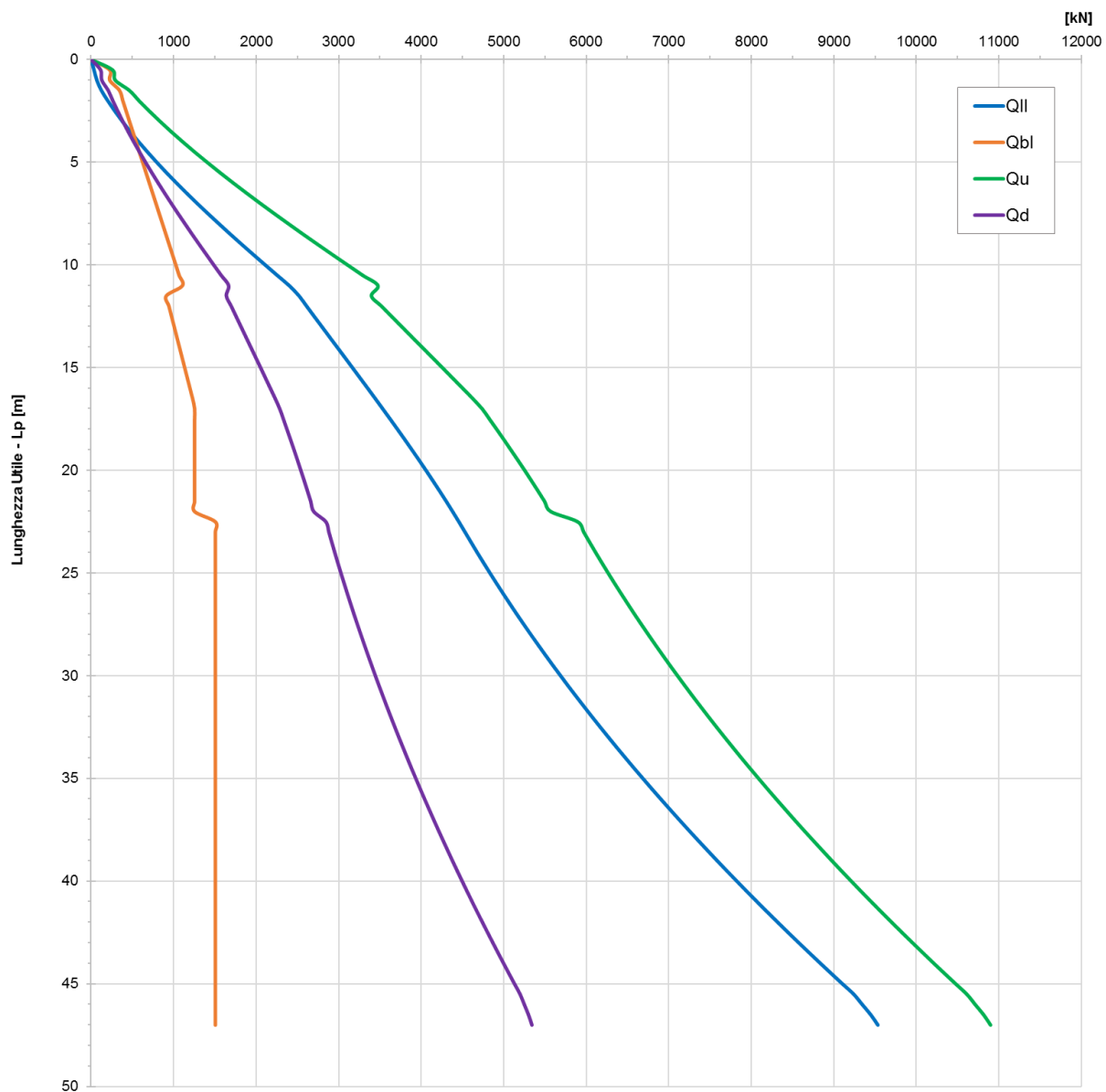
12

Codifica

EI2RBIN3500001

B

**IN35 SPALLE - pk 16509 - A1+M1+R3 - CARICO LIMITE PALO - D = 0.8m -
Compressione**



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

IN17

Lotto

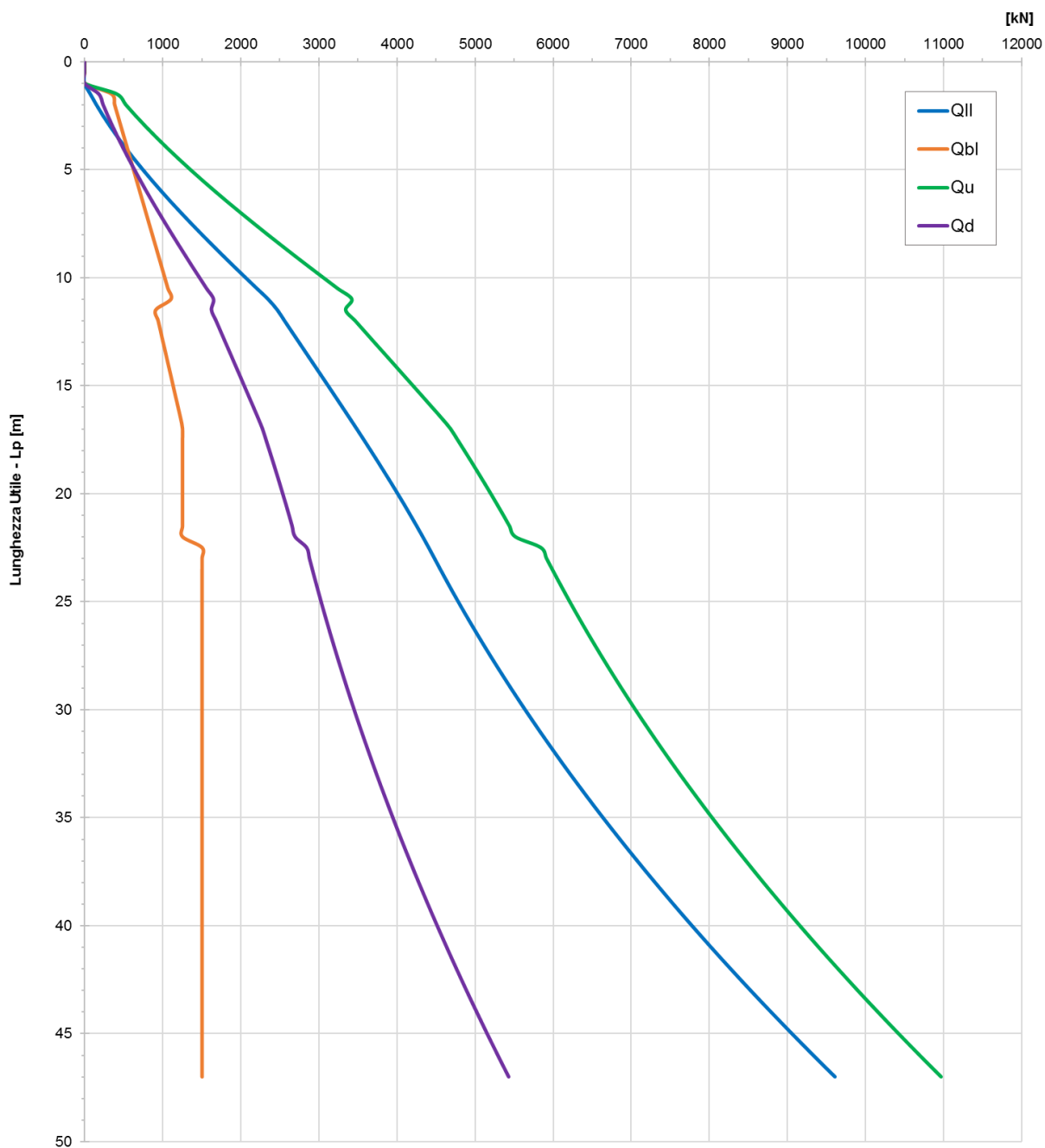
12

Codifica

EI2RBIN3500001

B

**IN35 SPALLE - pk 16509 - A1+M1+R3 - CARICO LIMITE PALO - D = 0.8m -
Compressione in sisma**



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

IN17

Lotto

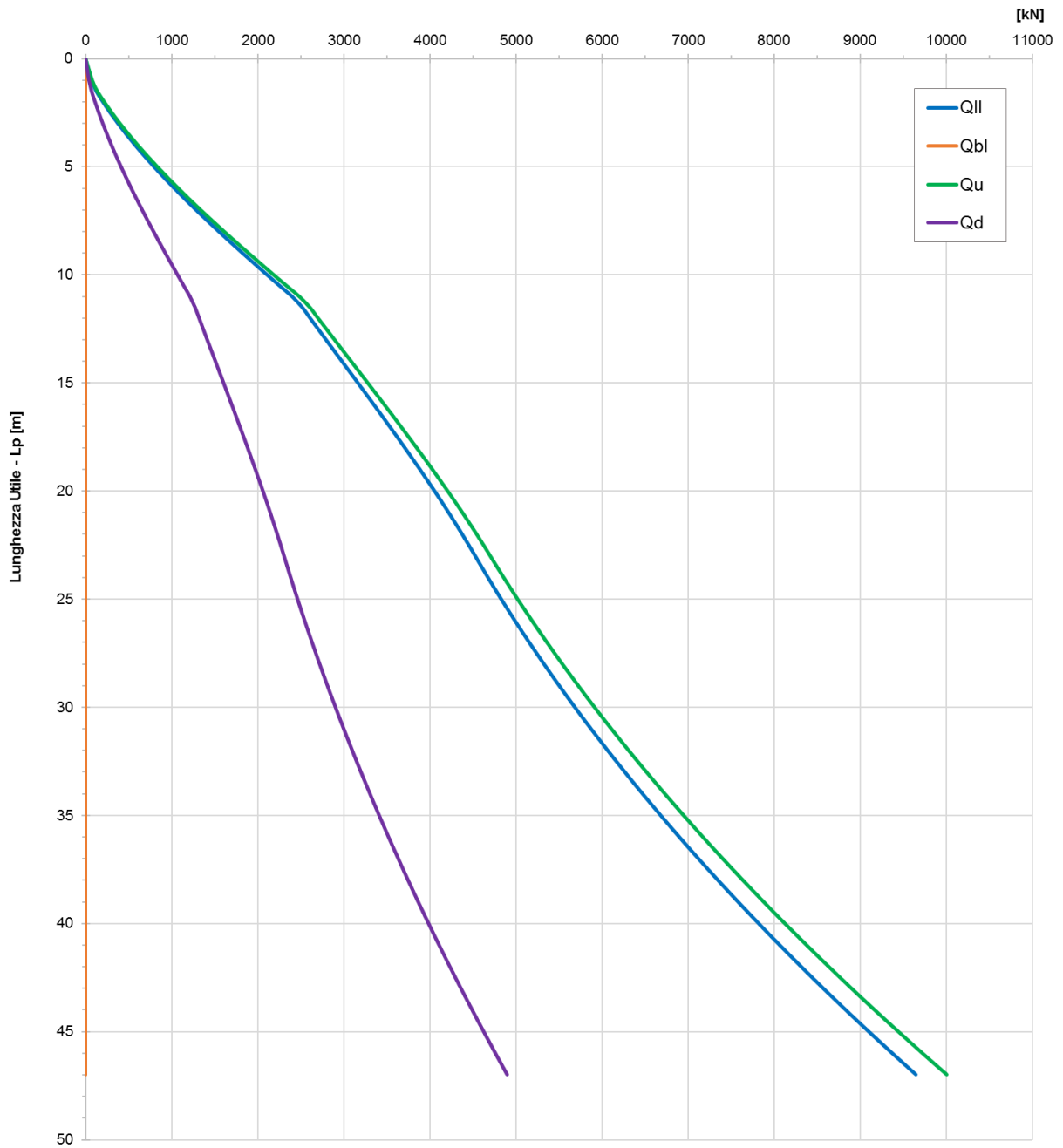
12

Codifica

EI2RBIN3500001

B

**IN35 SPALLE - pk 16509 - A1+M1+R3 - CARICO LIMITE PALO - D = 0.8m -
Trazione**



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

IN17

Lotto

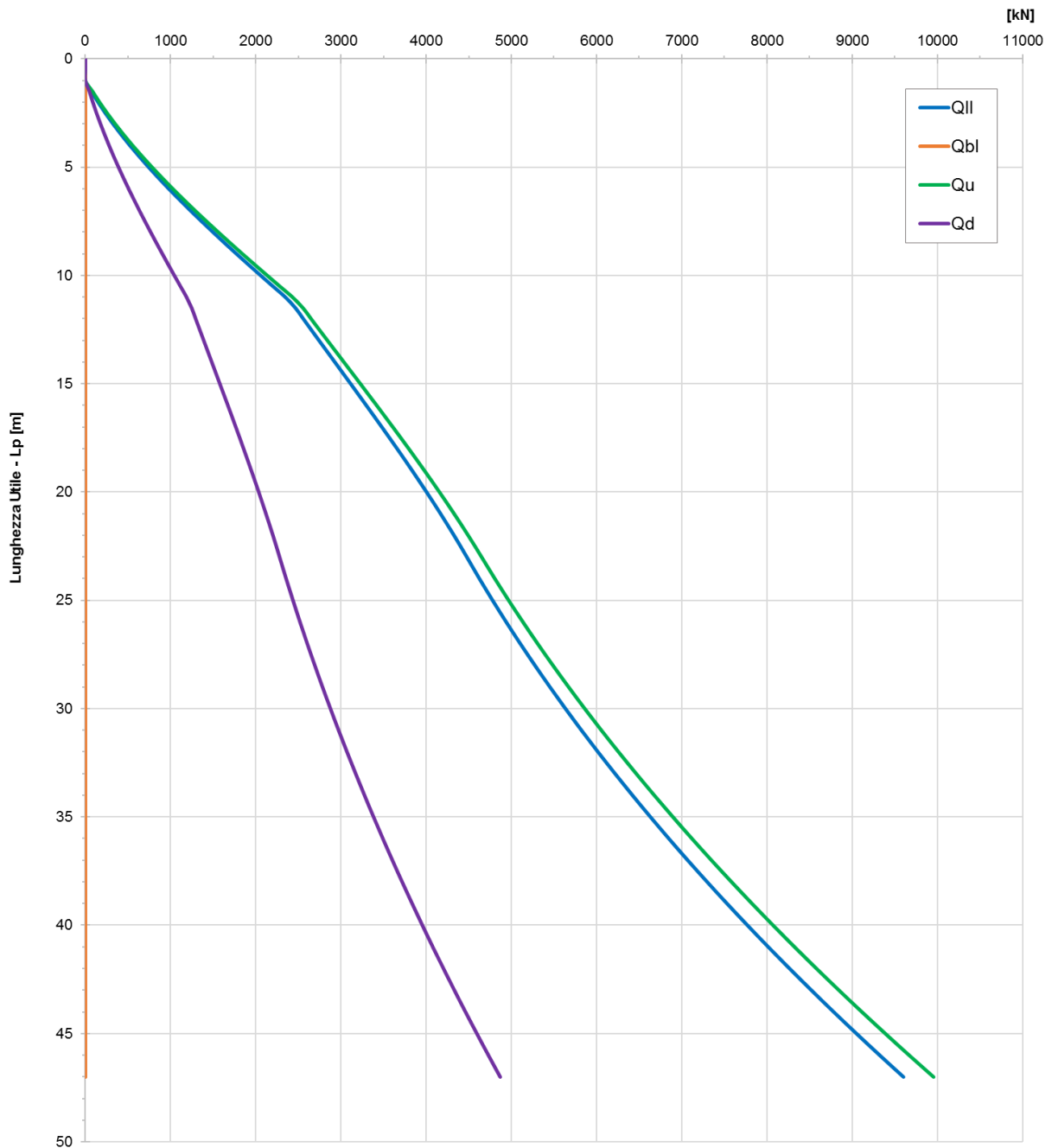
12

Codifica

EI2RBIN3500001

B

**IN35 SPALLE - pk 16509 - A1+M1+R3 - CARICO LIMITE PALO - D = 0.8m -
Trazione in sisma**







GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2RBIN3500001	B



Tabella 7 – Carico limite palo $\Phi 800$ Ponti IN35 Approccio 2 – Compressione

WBS	Opera	IN35
D	Diametro palo	0.80 m
Ap	Area base palo	0.50 mq
s	Superficie laterale del palo	2.51 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 ($\xi_3 \cdot \gamma_s$)	1.96
FSB	Fattore di sicurezza per la portata di base ($\xi_3 \cdot \gamma_b$)	2.30

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	9.3	5.00	4.3	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
1.0	-	0.00	18.5	10.00	8.5	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
1.5	-	0.00	27.8	15.00	12.8	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
2.0	-	0.00	37.0	20.00	17.0	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
2.5	-	0.00	46.3	25.00	21.3	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
3.0	0.0	0.00	55.5	30.00	25.5	0.0	0.0	100	0	0	-		0	0	0	0	0	0
3.5	0.5	0.00	64.8	35.00	29.8	27.5	27.5	100	35	18	-		450	226	99	2	259	114
4.0	1.0	0.00	74.0	40.00	34.0	27.5	27.5	100	69	35	-		450	226	99	3	292	129
4.5	1.5	1.55	83.5	45.00	38.5	59.5	43.5	150	124	63	18	2500	685	344	150	5	463	207
5.0	2.0	1.51	93.0	50.00	43.0	64.9	62.2	150	202	103	18	2500	765	384	167	6	580	262
5.5	2.5	1.47	102.5	55.00	47.5	69.9	67.4	150	286	147	18	2500	845	424	185	8	703	321
6.0	3.0	1.44	112.0	60.00	52.0	74.7	72.3	150	377	193	18	2500	925	465	202	9	833	383
6.5	3.5	1.40	121.5	65.00	56.5	79.2	76.9	150	474	242	18	2500	1005	505	220	11	968	448
7.0	4.0	1.37	131.0	70.00	61.0	83.4	81.3	150	576	295	18	2500	1085	545	237	12	1109	516
7.5	4.5	1.33	140.5	75.00	65.5	87.4	85.4	150	683	350	18	2500	1165	585	255	14	1255	586
8.0	5.0	1.30	150.0	80.00	70.0	91.1	89.2	150	795	407	18	2500	1245	625	272	15	1406	659
8.5	5.5	1.27	159.5	85.00	74.5	94.5	92.8	150	912	466	18	2500	1325	666	290	17	1561	734
9.0	6.0	1.24	169.0	90.00	79.0	97.7	96.1	150	1033	528	18	2500	1405	706	308	18	1720	811
9.5	6.5	1.20	178.5	95.00	83.5	100.6	99.1	150	1157	592	18	2500	1485	746	325	20	1883	890
10.0	7.0	1.17	188.0	100.00	88.0	103.3	101.9	150	1285	657	18	2500	1565	786	343	21	2050	971
10.5	7.5	1.14	197.5	105.00	92.5	105.7	104.5	150	1416	724	18	2500	1645	826	360	23	2220	1054
11.0	8.0	1.11	207.0	110.00	97.0	107.9	106.8	150	1550	793	18	2500	1725	867	378	24	2393	1138
11.5	8.5	1.08	216.5	115.00	101.5	109.8	108.8	150	1687	863	18	2500	1805	907	395	26	2568	1223
12.0	9.0	1.05	226.0	120.00	106.0	111.5	110.7	150	1826	934	18	2500	1885	947	413	27	2746	1310
12.5	9.5	1.02	235.5	125.00	110.5	113.0	112.3	150	1967	1006	18	2500	1965	987	430	29	2926	1398
13.0	10.0	0.99	245.0	130.00	115.0	114.3	113.6	150	2110	1079	18	2500	2045	1027	448	30	3107	1486

GENERAL CONTRACTOR										ALTA SORVEGLIANZA									
																			
										Progetto		Lotto		Codifica					
										IN17		12		E12RBIN3500001			B		

13.5	10.5	0.96	254.5	135.00	119.5	115.3	114.8	150	2254	1153	18	2500	2125	1068	465	32	3290	1575
14.0	11.0	0.94	264.0	140.00	124.0	116.1	115.7	150	2399	1227	18	2500	2205	1108	483	33	3474	1665
14.5	11.5	0.57	273.5	145.00	128.5	72.9	94.5	150	2518	1288	14	2500	1814	911	397	35	3395	1638
15.0	12.0	0.55	283.0	150.00	133.0	73.3	73.1	150	2610	1335	14	2500	1878	943	411	36	3517	1697
15.5	12.5	0.54	292.5	155.00	137.5	73.6	73.5	150	2702	1382	14	2500	1941	975	425	38	3640	1756
16.0	13.0	0.52	302.0	160.00	142.0	73.8	73.7	150	2795	1429	14	2500	2005	1007	439	39	3763	1815
16.5	13.5	0.50	311.5	165.00	146.5	74.0	73.9	150	2887	1477	14	2500	2068	1039	453	41	3886	1875
17.0	14.0	0.49	321.0	170.00	151.0	74.0	74.0	150	2980	1524	14	2500	2132	1071	467	42	4009	1934
17.5	14.5	0.48	330.5	175.00	155.5	73.9	73.9	150	3073	1572	14	2500	2195	1103	481	44	4132	1994
18.0	15.0	0.46	340.0	180.00	160.0	73.7	73.8	150	3166	1619	14	2500	2259	1135	494	45	4255	2053
18.5	15.5	0.45	349.5	185.00	164.5	73.4	73.5	150	3258	1667	14	2500	2322	1167	508	47	4378	2112
19.0	16.0	0.43	359.0	190.00	169.0	73.0	73.2	150	3350	1714	14	2500	2386	1199	522	48	4501	2171
19.5	16.5	0.42	368.5	195.00	173.5	72.5	72.8	150	3442	1760	14	2500	2449	1231	536	50	4622	2229
20.0	17.0	0.40	378.0	200.00	178.0	72.0	72.3	150	3532	1807	14	2500	2500	1256	547	51	4737	2285
20.5	17.5	0.39	387.5	205.00	182.5	71.3	71.6	150	3622	1853	14	2500	2500	1256	547	53	4825	2329
21.0	18.0	0.38	397.0	210.00	187.0	70.5	70.9	150	3711	1898	14	2500	2500	1256	547	54	4913	2372
21.5	18.5	0.36	406.5	215.00	191.5	69.7	70.1	150	3799	1943	14	2500	2500	1256	547	56	5000	2415
22.0	19.0	0.35	416.0	220.00	196.0	68.8	69.2	150	3886	1988	14	2500	2500	1256	547	57	5085	2458
22.5	19.5	0.34	425.5	225.00	200.5	67.7	68.3	150	3972	2032	14	2500	2500	1256	547	59	5169	2500
23.0	20.0	0.33	435.0	230.00	205.0	66.6	67.2	150	4057	2075	14	2500	2500	1256	547	60	5252	2541
23.5	20.5	0.31	444.5	235.00	209.5	65.4	66.0	150	4139	2117	14	2500	2500	1256	547	62	5334	2581
24.0	21.0	0.30	454.0	240.00	214.0	64.1	64.8	150	4221	2159	14	2500	2500	1256	547	63	5413	2621
24.5	21.5	0.29	463.5	245.00	218.5	62.8	63.5	150	4301	2200	14	2500	2500	1256	547	65	5492	2659
25.0	22.0	0.28	473.0	250.00	223.0	61.3	62.1	150	4378	2240	14	2500	2500	1256	547	66	5568	2697
25.5	22.5	0.26	482.5	255.00	227.5	59.8	60.6	150	4455	2279	14	3000	3000	1507	657	68	5894	2844
26.0	23.0	0.25	492.0	260.00	232.0	58.2	59.0	150	4529	2316	14	3000	3000	1507	657	69	5966	2880
26.5	23.5	0.25	501.5	265.00	236.5	59.1	58.6	150	4602	2354	14	3000	3000	1507	657	71	6039	2915
27.0	24.0	0.25	511.0	270.00	241.0	60.3	59.7	150	4677	2392	14	3000	3000	1507	657	72	6112	2952
27.5	24.5	0.25	520.5	275.00	245.5	61.4	60.8	150	4754	2432	14	3000	3000	1507	657	74	6187	2989
28.0	25.0	0.25	530.0	280.00	250.0	62.5	61.9	150	4831	2471	14	3000	3000	1507	657	75	6263	3026
28.5	25.5	0.25	539.5	285.00	254.5	63.6	63	150	4911	2512	14	3000	3000	1507	657	77	6341	3065
29.0	26.0	0.25	549.0	290.00	259.0	64.8	64	150	4991	2553	14	3000	3000	1507	657	78	6420	3104
29.5	26.5	0.25	558.5	295.00	263.5	65.9	65	150	5073	2595	14	3000	3000	1507	657	80	6501	3144
30.0	27.0	0.25	568.0	300.00	268.0	67.0	66	150	5157	2638	14	3000	3000	1507	657	81	6583	3185
30.5	27.5	0.25	577.5	305.00	272.5	68.1	68	150	5242	2681	14	3000	3000	1507	657	83	6666	3226
31.0	28.0	0.25	587.0	310.00	277.0	69.3	69	150	5328	2725	14	3000	3000	1507	657	84	6751	3268
31.5	28.5	0.25	596.5	315.00	281.5	70.4	70	150	5416	2770	14	3000	3000	1507	657	86	6837	3311
32.0	29.0	0.25	606.0	320.00	286.0	71.5	71	150	5505	2816	14	3000	3000	1507	657	87	6924	3354
32.5	29.5	0.25	615.5	325.00	290.5	72.6	72	150	5595	2862	14	3000	3000	1507	657	89	7013	3399
33.0	30.0	0.25	625.0	330.00	295.0	73.8	73	150	5687	2909	14	3000	3000	1507	657	90	7104	3444
33.5	30.5	0.25	634.5	335.00	299.5	74.9	74	150	5780	2957	14	3000	3000	1507	657	92	7196	3489

GENERAL CONTRACTOR										ALTA SORVEGLIANZA									
																			
										Progetto		Lotto		Codifica					
										IN17		12		E12RBIN3500001				B	

34.0	31.0	0.25	644.0	340.00	304.0	76.0	75	150	5875	3005	14	3000	3000	1507	657	93	7289	3536
34.5	31.5	0.25	653.5	345.00	308.5	77.1	77	150	5971	3054	14	3000	3000	1507	657	95	7384	3583
35.0	32.0	0.25	663.0	350.00	313.0	78.3	78	150	6069	3104	14	3000	3000	1507	657	96	7480	3631
35.5	32.5	0.25	672.5	355.00	317.5	79.4	79	150	6168	3155	14	3000	3000	1507	657	98	7577	3679
36.0	33.0	0.25	682.0	360.00	322.0	80.5	80	150	6268	3206	14	3000	3000	1507	657	99	7676	3729
36.5	33.5	0.25	691.5	365.00	326.5	81.6	81	150	6370	3258	14	3000	3000	1507	657	101	7776	3779
37.0	34.0	0.25	701.0	370.00	331.0	82.8	82	150	6473	3311	14	3000	3000	1507	657	102	7878	3830
37.5	34.5	0.25	710.5	375.00	335.5	83.9	83	150	6578	3365	14	3000	3000	1507	657	104	7981	3881
38.0	35.0	0.25	720.0	380.00	340.0	85.0	84	150	6684	3419	14	3000	3000	1507	657	106	8086	3933
38.5	35.5	0.25	729.5	385.00	344.5	86.1	86	150	6791	3474	14	3000	3000	1507	657	107	8192	3986
39.0	36.0	0.25	739.0	390.00	349.0	87.3	87	150	6900	3530	14	3000	3000	1507	657	109	8299	4040
39.5	36.5	0.25	748.5	395.00	353.5	88.4	88	150	7011	3586	14	3000	3000	1507	657	110	8408	4094
40.0	37.0	0.25	758.0	400.00	358.0	89.5	89	150	7122	3643	14	3000	3000	1507	657	112	8518	4149
40.5	37.5	0.25	767.5	405.00	362.5	90.6	90	150	7235	3701	14	3000	3000	1507	657	113	8630	4205
41.0	38.0	0.25	777.0	410.00	367.0	91.8	91	150	7350	3760	14	3000	3000	1507	657	115	8743	4262
41.5	38.5	0.25	786.5	415.00	371.5	92.9	92	150	7466	3819	14	3000	3000	1507	657	116	8857	4319
42.0	39.0	0.25	796.0	420.00	376.0	94.0	93	150	7583	3879	14	3000	3000	1507	657	118	8973	4377
42.5	39.5	0.25	805.5	425.00	380.5	95.1	95	150	7702	3940	14	3000	3000	1507	657	119	9090	4436
43.0	40.0	0.25	815.0	430.00	385.0	96.3	96	150	7822	4001	14	3000	3000	1507	657	121	9209	4495
43.5	40.5	0.25	824.5	435.00	389.5	97.4	97	150	7944	4063	14	3000	3000	1507	657	122	9329	4555
44.0	41.0	0.25	834.0	440.00	394.0	98.5	98	150	8067	4126	14	3000	3000	1507	657	124	9450	4616
44.5	41.5	0.25	843.5	445.00	398.5	99.6	99	150	8191	4190	14	3000	3000	1507	657	125	9573	4678
45.0	42.0	0.25	853.0	450.00	403.0	100.8	100	150	8317	4254	14	3000	3000	1507	657	127	9698	4740
45.5	42.5	0.25	862.5	455.00	407.5	101.9	101	150	8444	4319	14	3000	3000	1507	657	128	9823	4803
46.0	43.0	0.25	872.0	460.00	412.0	103.0	102	150	8573	4385	14	3000	3000	1507	657	130	9951	4867
46.5	43.5	0.25	881.5	465.00	416.5	104.1	104	150	8703	4452	14	3000	3000	1507	657	131	10079	4931
47.0	44.0	0.25	891.0	470.00	421.0	105.3	105	150	8835	4519	14	3000	3000	1507	657	133	10209	4997
47.5	44.5	0.25	900.5	475.00	425.5	106.4	106	150	8968	4587	14	3000	3000	1507	657	134	10341	5063
48.0	45.0	0.25	910.0	480.00	430.0	107.5	107	150	9102	4656	14	3000	3000	1507	657	136	10473	5129
48.5	45.5	0.25	919.5	485.00	434.5	108.6	108	150	9238	4725	14	3000	3000	1507	657	137	10608	5197
49.0	46.0	0.25	929.0	490.00	439.0	109.8	109	150	9340	4778	14	3000	3000	1507	657	139	10709	5247
49.5	46.5	0.25	938.5	495.00	443.5	110.9	110	150	9444	4831	14	3000	3000	1507	657	140	10811	5298
50.0	47.0	0.25	948.0	500.00	448.0	112.0	111	150	9529	4874	14	3000	3000	1507	657	142	10895	5340



GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2RBIN3500001	B

Tabella 8 – Carico limite palo $\Phi 800$ Ponti IN35 Approccio 2 – Compressione in sisma

WBS	Opera	IN35
D	Diametro palo	0.80 m
Ap	Area base palo	0.50 mq
s	Superficie laterale del palo	2.51 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 ($\xi_3 \cdot \gamma_s$)	1.96
FSB	Fattore di sicurezza per la portata di base ($\xi_3 \cdot \gamma_b$)	2.30

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	9.3	5.00	4.3	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
1.0	-	1.20	18.5	10.00	8.5	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
1.5	-	1.20	27.8	15.00	12.8	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
2.0	-	1.15	37.0	20.00	17.0	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
2.5	-	1.11	46.3	25.00	21.3	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
3.0	0.0	1.08	55.5	30.00	25.5	0.0	0.0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0
3.5	0.5	1.04	64.8	35.00	29.8	0.0	0.0	0	0	0	7	0	0	0	0	2	0	0
4.0	1.0	1.01	74.0	40.00	34.0	0.0	0.0	0	0	0	7	0	0	0	0	3	0	0
4.5	1.5	1.55	83.5	45.00	38.5	59.5	59.5	150	75	38	18	2500	685	344	150	5	414	184
5.0	2.0	1.51	93.0	50.00	43.0	64.9	62.2	150	153	78	18	2500	765	384	167	6	531	240
5.5	2.5	1.47	102.5	55.00	47.5	69.9	67.4	150	238	121	18	2500	845	424	185	8	654	299
6.0	3.0	1.44	112.0	60.00	52.0	74.7	72.3	150	328	168	18	2500	925	465	202	9	784	361
6.5	3.5	1.40	121.5	65.00	56.5	79.2	76.9	150	425	217	18	2500	1005	505	220	11	919	427
7.0	4.0	1.37	131.0	70.00	61.0	83.4	81.3	150	527	270	18	2500	1085	545	237	12	1060	495
7.5	4.5	1.33	140.5	75.00	65.5	87.4	85.4	150	634	324	18	2500	1165	585	255	14	1206	566
8.0	5.0	1.30	150.0	80.00	70.0	91.1	89.2	150	746	382	18	2500	1245	625	272	15	1357	639
8.5	5.5	1.27	159.5	85.00	74.5	94.5	92.8	150	863	441	18	2500	1325	666	290	17	1512	715
9.0	6.0	1.24	169.0	90.00	79.0	97.7	96.1	150	984	503	18	2500	1405	706	308	18	1671	793
9.5	6.5	1.20	178.5	95.00	83.5	100.6	99.1	150	1108	567	18	2500	1485	746	325	20	1834	872
10.0	7.0	1.17	188.0	100.00	88.0	103.3	101.9	150	1236	632	18	2500	1565	786	343	21	2001	954
10.5	7.5	1.14	197.5	105.00	92.5	105.7	104.5	150	1367	699	18	2500	1645	826	360	23	2171	1037
11.0	8.0	1.11	207.0	110.00	97.0	107.9	106.8	150	1501	768	18	2500	1725	867	378	24	2344	1121
11.5	8.5	1.08	216.5	115.00	101.5	109.8	108.8	150	1638	838	18	2500	1805	907	395	26	2519	1207
12.0	9.0	1.05	226.0	120.00	106.0	111.5	110.7	150	1777	909	18	2500	1885	947	413	27	2697	1295
12.5	9.5	1.02	235.5	125.00	110.5	113.0	112.3	150	1918	981	18	2500	1965	987	430	29	2877	1383
13.0	10.0	0.99	245.0	130.00	115.0	114.3	113.6	150	2061	1054	18	2500	2045	1027	448	30	3058	1472

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



											Progetto	Lotto	Codifica				
											IN17	12	E12RBIN3500001				B

13.5	10.5	0.96	254.5	135.00	119.5	115.3	114.8	150	2205	1128	18	2500	2125	1068	465	32	3241	1561
14.0	11.0	0.94	264.0	140.00	124.0	116.1	115.7	150	2350	1202	18	2500	2205	1108	483	33	3425	1652
14.5	11.5	0.57	273.5	145.00	128.5	72.9	94.5	150	2469	1263	14	2500	1814	911	397	35	3346	1625
15.0	12.0	0.55	283.0	150.00	133.0	73.3	73.1	150	2561	1310	14	2500	1878	943	411	36	3468	1685
15.5	12.5	0.54	292.5	155.00	137.5	73.6	73.5	150	2653	1357	14	2500	1941	975	425	38	3591	1744
16.0	13.0	0.52	302.0	160.00	142.0	73.8	73.7	150	2746	1404	14	2500	2005	1007	439	39	3714	1804
16.5	13.5	0.50	311.5	165.00	146.5	74.0	73.9	150	2838	1452	14	2500	2068	1039	453	41	3837	1864
17.0	14.0	0.49	321.0	170.00	151.0	74.0	74.0	150	2931	1499	14	2500	2132	1071	467	42	3960	1924
17.5	14.5	0.48	330.5	175.00	155.5	73.9	73.9	150	3024	1547	14	2500	2195	1103	481	44	4083	1984
18.0	15.0	0.46	340.0	180.00	160.0	73.7	73.8	150	3117	1594	14	2500	2259	1135	494	45	4206	2044
18.5	15.5	0.45	349.5	185.00	164.5	73.4	73.5	150	3209	1642	14	2500	2322	1167	508	47	4329	2103
19.0	16.0	0.43	359.0	190.00	169.0	73.0	73.2	150	3301	1689	14	2500	2386	1199	522	48	4452	2163
19.5	16.5	0.42	368.5	195.00	173.5	72.5	72.8	150	3393	1735	14	2500	2449	1231	536	50	4573	2222
20.0	17.0	0.40	378.0	200.00	178.0	72.0	72.3	150	3483	1782	14	2500	2500	1256	547	51	4688	2278
20.5	17.5	0.39	387.5	205.00	182.5	71.3	71.6	150	3573	1828	14	2500	2500	1256	547	53	4776	2322
21.0	18.0	0.38	397.0	210.00	187.0	70.5	70.9	150	3662	1873	14	2500	2500	1256	547	54	4864	2366
21.5	18.5	0.36	406.5	215.00	191.5	69.7	70.1	150	3750	1918	14	2500	2500	1256	547	56	4951	2410
22.0	19.0	0.35	416.0	220.00	196.0	68.8	69.2	150	3837	1963	14	2500	2500	1256	547	57	5036	2453
22.5	19.5	0.34	425.5	225.00	200.5	67.7	68.3	150	3923	2007	14	2500	2500	1256	547	59	5120	2495
23.0	20.0	0.33	435.0	230.00	205.0	66.6	67.2	150	4008	2050	14	2500	2500	1256	547	60	5203	2537
23.5	20.5	0.31	444.5	235.00	209.5	65.4	66.0	150	4090	2092	14	2500	2500	1256	547	62	5285	2578
24.0	21.0	0.30	454.0	240.00	214.0	64.1	64.8	150	4172	2134	14	2500	2500	1256	547	63	5364	2618
24.5	21.5	0.29	463.5	245.00	218.5	62.8	63.5	150	4252	2175	14	2500	2500	1256	547	65	5443	2657
25.0	22.0	0.28	473.0	250.00	223.0	61.3	62.1	150	4330	2215	14	2500	2500	1256	547	66	5519	2695
25.5	22.5	0.26	482.5	255.00	227.5	59.8	60.6	150	4406	2253	14	3000	3000	1507	657	68	5845	2842
26.0	23.0	0.25	492.0	260.00	232.0	58.2	59.0	150	4480	2291	14	3000	3000	1507	657	69	5918	2879
26.5	23.5	0.25	501.5	265.00	236.5	59.1	58.6	150	4553	2329	14	3000	3000	1507	657	71	5990	2915
27.0	24.0	0.25	511.0	270.00	241.0	60.3	59.7	150	4628	2367	14	3000	3000	1507	657	72	6063	2952
27.5	24.5	0.25	520.5	275.00	245.5	61.4	60.8	150	4705	2406	14	3000	3000	1507	657	74	6138	2989
28.0	25.0	0.25	530.0	280.00	250.0	62.5	61.9	150	4782	2446	14	3000	3000	1507	657	75	6214	3028
28.5	25.5	0.25	539.5	285.00	254.5	63.6	63	150	4862	2487	14	3000	3000	1507	657	77	6292	3067
29.0	26.0	0.25	549.0	290.00	259.0	64.8	64	150	4942	2528	14	3000	3000	1507	657	78	6371	3106
29.5	26.5	0.25	558.5	295.00	263.5	65.9	65	150	5024	2570	14	3000	3000	1507	657	80	6452	3147
30.0	27.0	0.25	568.0	300.00	268.0	67.0	66	150	5108	2613	14	3000	3000	1507	657	81	6534	3188
30.5	27.5	0.25	577.5	305.00	272.5	68.1	68	150	5193	2656	14	3000	3000	1507	657	83	6617	3230
31.0	28.0	0.25	587.0	310.00	277.0	69.3	69	150	5279	2700	14	3000	3000	1507	657	84	6702	3273
31.5	28.5	0.25	596.5	315.00	281.5	70.4	70	150	5367	2745	14	3000	3000	1507	657	86	6788	3316
32.0	29.0	0.25	606.0	320.00	286.0	71.5	71	150	5456	2791	14	3000	3000	1507	657	87	6875	3360
32.5	29.5	0.25	615.5	325.00	290.5	72.6	72	150	5546	2837	14	3000	3000	1507	657	89	6964	3405
33.0	30.0	0.25	625.0	330.00	295.0	73.8	73	150	5638	2884	14	3000	3000	1507	657	90	7055	3450
33.5	30.5	0.25	634.5	335.00	299.5	74.9	74	150	5731	2932	14	3000	3000	1507	657	92	7147	3496

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2RBIN3500001	B

34.0	31.0	0.25	644.0	340.00	304.0	76.0	75	150	5826	2980	14	3000	3000	1507	657	93	7240	3543
34.5	31.5	0.25	653.5	345.00	308.5	77.1	77	150	5922	3029	14	3000	3000	1507	657	95	7335	3591
35.0	32.0	0.25	663.0	350.00	313.0	78.3	78	150	6020	3079	14	3000	3000	1507	657	96	7431	3640
35.5	32.5	0.25	672.5	355.00	317.5	79.4	79	150	6119	3130	14	3000	3000	1507	657	98	7528	3689
36.0	33.0	0.25	682.0	360.00	322.0	80.5	80	150	6219	3181	14	3000	3000	1507	657	99	7627	3738
36.5	33.5	0.25	691.5	365.00	326.5	81.6	81	150	6321	3233	14	3000	3000	1507	657	101	7727	3789
37.0	34.0	0.25	701.0	370.00	331.0	82.8	82	150	6424	3286	14	3000	3000	1507	657	102	7829	3840
37.5	34.5	0.25	710.5	375.00	335.5	83.9	83	150	6529	3340	14	3000	3000	1507	657	104	7932	3892
38.0	35.0	0.25	720.0	380.00	340.0	85.0	84	150	6635	3394	14	3000	3000	1507	657	106	8037	3945
38.5	35.5	0.25	729.5	385.00	344.5	86.1	86	150	6743	3449	14	3000	3000	1507	657	107	8143	3999
39.0	36.0	0.25	739.0	390.00	349.0	87.3	87	150	6851	3505	14	3000	3000	1507	657	109	8250	4053
39.5	36.5	0.25	748.5	395.00	353.5	88.4	88	150	6962	3561	14	3000	3000	1507	657	110	8359	4108
40.0	37.0	0.25	758.0	400.00	358.0	89.5	89	150	7073	3618	14	3000	3000	1507	657	112	8469	4163
40.5	37.5	0.25	767.5	405.00	362.5	90.6	90	150	7187	3676	14	3000	3000	1507	657	113	8581	4220
41.0	38.0	0.25	777.0	410.00	367.0	91.8	91	150	7301	3735	14	3000	3000	1507	657	115	8694	4277
41.5	38.5	0.25	786.5	415.00	371.5	92.9	92	150	7417	3794	14	3000	3000	1507	657	116	8808	4335
42.0	39.0	0.25	796.0	420.00	376.0	94.0	93	150	7534	3854	14	3000	3000	1507	657	118	8924	4393
42.5	39.5	0.25	805.5	425.00	380.5	95.1	95	150	7653	3915	14	3000	3000	1507	657	119	9041	4452
43.0	40.0	0.25	815.0	430.00	385.0	96.3	96	150	7773	3976	14	3000	3000	1507	657	121	9160	4512
43.5	40.5	0.25	824.5	435.00	389.5	97.4	97	150	7895	4038	14	3000	3000	1507	657	122	9280	4573
44.0	41.0	0.25	834.0	440.00	394.0	98.5	98	150	8018	4101	14	3000	3000	1507	657	124	9402	4634
44.5	41.5	0.25	843.5	445.00	398.5	99.6	99	150	8142	4165	14	3000	3000	1507	657	125	9524	4697
45.0	42.0	0.25	853.0	450.00	403.0	100.8	100	150	8268	4229	14	3000	3000	1507	657	127	9649	4759
45.5	42.5	0.25	862.5	455.00	407.5	101.9	101	150	8395	4294	14	3000	3000	1507	657	128	9774	4823
46.0	43.0	0.25	872.0	460.00	412.0	103.0	102	150	8524	4360	14	3000	3000	1507	657	130	9902	4887
46.5	43.5	0.25	881.5	465.00	416.5	104.1	104	150	8654	4427	14	3000	3000	1507	657	131	10030	4952
47.0	44.0	0.25	891.0	470.00	421.0	105.3	105	150	8786	4494	14	3000	3000	1507	657	133	10160	5018
47.5	44.5	0.25	900.5	475.00	425.5	106.4	106	150	8919	4562	14	3000	3000	1507	657	134	10292	5085
48.0	45.0	0.25	910.0	480.00	430.0	107.5	107	150	9053	4631	14	3000	3000	1507	657	136	10424	5152
48.5	45.5	0.25	919.5	485.00	434.5	108.6	108	150	9189	4700	14	3000	3000	1507	657	137	10559	5220
49.0	46.0	0.25	929.0	490.00	439.0	109.8	109	150	9326	4770	14	3000	3000	1507	657	139	10694	5288
49.5	46.5	0.25	938.5	495.00	443.5	110.9	110	150	9464	4841	14	3000	3000	1507	657	140	10831	5358
50.0	47.0	0.25	948.0	500.00	448.0	112.0	111	150	9604	4913	14	3000	3000	1507	657	142	10970	5428





GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2RBIN3500001	B


Tabella 9 – Carico limite palo $\Phi 800$ Ponti IN35 Approccio 2 – Trazione

WBS	Opera	IN35
D	Diametro palo	0.80 m
Ap	Area base palo	0.50 mq
s	Superficie laterale del palo	2.51 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 ($\xi_3 \cdot \gamma_s$)	2.13

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	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	9.3	5.00	4.3	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
1.0	-	0.00	18.5	10.00	8.5	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
1.5	-	0.00	27.8	15.00	12.8	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
2.0	-	0.00	37.0	20.00	17.0	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
2.5	-	0.00	46.3	25.00	21.3	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
3.0	0.0	0.00	55.5	30.00	25.5	0.0	0.0	100	0	0	-		0	0	0	0	0	0
3.5	0.5	0.00	64.8	35.00	29.8	27.5	27.5	100	35	16	-		0	0	0	4	38	20
4.0	1.0	0.00	74.0	40.00	34.0	27.5	27.5	100	69	33	-		0	0	0	8	77	40
4.5	1.5	1.55	83.5	45.00	38.5	59.5	43.5	150	124	58	18	2500	0	0	0	11	135	70
5.0	2.0	1.51	93.0	50.00	43.0	64.9	62.2	150	202	95	18	2500	0	0	0	15	217	110
5.5	2.5	1.47	102.5	55.00	47.5	69.9	67.4	150	286	135	18	2500	0	0	0	19	305	154
6.0	3.0	1.44	112.0	60.00	52.0	74.7	72.3	150	377	178	18	2500	0	0	0	23	400	200
6.5	3.5	1.40	121.5	65.00	56.5	79.2	76.9	150	474	223	18	2500	0	0	0	26	500	249
7.0	4.0	1.37	131.0	70.00	61.0	83.4	81.3	150	576	271	18	2500	0	0	0	30	606	301
7.5	4.5	1.33	140.5	75.00	65.5	87.4	85.4	150	683	322	18	2500	0	0	0	34	717	355
8.0	5.0	1.30	150.0	80.00	70.0	91.1	89.2	150	795	374	18	2500	0	0	0	38	833	412
8.5	5.5	1.27	159.5	85.00	74.5	94.5	92.8	150	912	429	18	2500	0	0	0	41	953	471
9.0	6.0	1.24	169.0	90.00	79.0	97.7	96.1	150	1033	486	18	2500	0	0	0	45	1078	531
9.5	6.5	1.20	178.5	95.00	83.5	100.6	99.1	150	1157	544	18	2500	0	0	0	49	1206	593
10.0	7.0	1.17	188.0	100.00	88.0	103.3	101.9	150	1285	605	18	2500	0	0	0	53	1338	657
10.5	7.5	1.14	197.5	105.00	92.5	105.7	104.5	150	1416	666	18	2500	0	0	0	57	1473	723
11.0	8.0	1.11	207.0	110.00	97.0	107.9	106.8	150	1550	730	18	2500	0	0	0	60	1611	790
11.5	8.5	1.08	216.5	115.00	101.5	109.8	108.8	150	1687	794	18	2500	0	0	0	64	1751	858
12.0	9.0	1.05	226.0	120.00	106.0	111.5	110.7	150	1826	859	18	2500	0	0	0	68	1894	927
12.5	9.5	1.02	235.5	125.00	110.5	113.0	112.3	150	1967	926	18	2500	0	0	0	72	2039	997
13.0	10.0	0.99	245.0	130.00	115.0	114.3	113.6	150	2110	993	18	2500	0	0	0	75	2185	1068

GENERAL CONTRACTOR										ALTA SORVEGLIANZA								
																		
										Progetto		Lotto		Codifica				
										IN17		12		E12RBIN3500001				B

13.5	10.5	0.96	254.5	135.00	119.5	115.3	114.8	150	2254	1061	18	2500	0	0	0	79	2333	1140
14.0	11.0	0.94	264.0	140.00	124.0	116.1	115.7	150	2399	1129	18	2500	0	0	0	83	2482	1212
14.5	11.5	0.57	273.5	145.00	128.5	72.9	94.5	150	2518	1185	14	2500	0	0	0	87	2605	1272
15.0	12.0	0.55	283.0	150.00	133.0	73.3	73.1	150	2610	1228	14	2500	0	0	0	90	2700	1319
15.5	12.5	0.54	292.5	155.00	137.5	73.6	73.5	150	2702	1272	14	2500	0	0	0	94	2796	1366
16.0	13.0	0.52	302.0	160.00	142.0	73.8	73.7	150	2795	1315	14	2500	0	0	0	98	2893	1413
16.5	13.5	0.50	311.5	165.00	146.5	74.0	73.9	150	2887	1359	14	2500	0	0	0	102	2989	1461
17.0	14.0	0.49	321.0	170.00	151.0	74.0	74.0	150	2980	1402	14	2500	0	0	0	106	3086	1508
17.5	14.5	0.48	330.5	175.00	155.5	73.9	73.9	150	3073	1446	14	2500	0	0	0	109	3182	1555
18.0	15.0	0.46	340.0	180.00	160.0	73.7	73.8	150	3166	1490	14	2500	0	0	0	113	3279	1603
18.5	15.5	0.45	349.5	185.00	164.5	73.4	73.5	150	3258	1533	14	2500	0	0	0	117	3375	1650
19.0	16.0	0.43	359.0	190.00	169.0	73.0	73.2	150	3350	1577	14	2500	0	0	0	121	3471	1697
19.5	16.5	0.42	368.5	195.00	173.5	72.5	72.8	150	3442	1620	14	2500	0	0	0	124	3566	1744
20.0	17.0	0.40	378.0	200.00	178.0	72.0	72.3	150	3532	1662	14	2500	0	0	0	128	3660	1790
20.5	17.5	0.39	387.5	205.00	182.5	71.3	71.6	150	3622	1705	14	2500	0	0	0	132	3754	1836
21.0	18.0	0.38	397.0	210.00	187.0	70.5	70.9	150	3711	1747	14	2500	0	0	0	136	3847	1882
21.5	18.5	0.36	406.5	215.00	191.5	69.7	70.1	150	3799	1788	14	2500	0	0	0	139	3939	1927
22.0	19.0	0.35	416.0	220.00	196.0	68.8	69.2	150	3886	1829	14	2500	0	0	0	143	4030	1972
22.5	19.5	0.34	425.5	225.00	200.5	67.7	68.3	150	3972	1869	14	2500	0	0	0	147	4119	2016
23.0	20.0	0.33	435.0	230.00	205.0	66.6	67.2	150	4057	1909	14	2500	0	0	0	151	4207	2060
23.5	20.5	0.31	444.5	235.00	209.5	65.4	66.0	150	4139	1948	14	2500	0	0	0	154	4294	2102
24.0	21.0	0.30	454.0	240.00	214.0	64.1	64.8	150	4221	1986	14	2500	0	0	0	158	4379	2145
24.5	21.5	0.29	463.5	245.00	218.5	62.8	63.5	150	4301	2024	14	2500	0	0	0	162	4463	2186
25.0	22.0	0.28	473.0	250.00	223.0	61.3	62.1	150	4378	2060	14	2500	0	0	0	166	4544	2226
25.5	22.5	0.26	482.5	255.00	227.5	59.8	60.6	150	4455	2096	14	3000	0	0	0	170	4624	2266
26.0	23.0	0.25	492.0	260.00	232.0	58.2	59.0	150	4529	2131	14	3000	0	0	0	173	4702	2304
26.5	23.5	0.25	501.5	265.00	236.5	59.1	58.6	150	4602	2166	14	3000	0	0	0	177	4779	2343
27.0	24.0	0.25	511.0	270.00	241.0	60.3	59.7	150	4677	2201	14	3000	0	0	0	181	4858	2382
27.5	24.5	0.25	520.5	275.00	245.5	61.4	60.8	150	4754	2237	14	3000	0	0	0	185	4938	2422
28.0	25.0	0.25	530.0	280.00	250.0	62.5	61.9	150	4831	2274	14	3000	0	0	0	188	5020	2462
28.5	25.5	0.25	539.5	285.00	254.5	63.6	63	150	4911	2311	14	3000	0	0	0	192	5103	2503
29.0	26.0	0.25	549.0	290.00	259.0	64.8	64	150	4991	2349	14	3000	0	0	0	196	5187	2545
29.5	26.5	0.25	558.5	295.00	263.5	65.9	65	150	5073	2387	14	3000	0	0	0	200	5273	2587
30.0	27.0	0.25	568.0	300.00	268.0	67.0	66	150	5157	2427	14	3000	0	0	0	203	5360	2630
30.5	27.5	0.25	577.5	305.00	272.5	68.1	68	150	5242	2467	14	3000	0	0	0	207	5449	2674
31.0	28.0	0.25	587.0	310.00	277.0	69.3	69	150	5328	2507	14	3000	0	0	0	211	5539	2718
31.5	28.5	0.25	596.5	315.00	281.5	70.4	70	150	5416	2548	14	3000	0	0	0	215	5630	2763
32.0	29.0	0.25	606.0	320.00	286.0	71.5	71	150	5505	2590	14	3000	0	0	0	219	5723	2809
32.5	29.5	0.25	615.5	325.00	290.5	72.6	72	150	5595	2633	14	3000	0	0	0	222	5817	2855
33.0	30.0	0.25	625.0	330.00	295.0	73.8	73	150	5687	2676	14	3000	0	0	0	226	5913	2902
33.5	30.5	0.25	634.5	335.00	299.5	74.9	74	150	5780	2720	14	3000	0	0	0	230	6010	2950

GENERAL CONTRACTOR										ALTA SORVEGLIANZA										
																				
										Progetto			Lotto		Codifica					
										IN17			12		E12RBIN3500001				B	

34.0	31.0	0.25	644.0	340.00	304.0	76.0	75	150	5875	2765	14	3000	0	0	0	234	6109	2998
34.5	31.5	0.25	653.5	345.00	308.5	77.1	77	150	5971	2810	14	3000	0	0	0	237	6209	3047
35.0	32.0	0.25	663.0	350.00	313.0	78.3	78	150	6069	2856	14	3000	0	0	0	241	6310	3097
35.5	32.5	0.25	672.5	355.00	317.5	79.4	79	150	6168	2903	14	3000	0	0	0	245	6413	3147
36.0	33.0	0.25	682.0	360.00	322.0	80.5	80	150	6268	2950	14	3000	0	0	0	249	6517	3198
36.5	33.5	0.25	691.5	365.00	326.5	81.6	81	150	6370	2998	14	3000	0	0	0	252	6623	3250
37.0	34.0	0.25	701.0	370.00	331.0	82.8	82	150	6473	3046	14	3000	0	0	0	256	6730	3302
37.5	34.5	0.25	710.5	375.00	335.5	83.9	83	150	6578	3096	14	3000	0	0	0	260	6838	3356
38.0	35.0	0.25	720.0	380.00	340.0	85.0	84	150	6684	3145	14	3000	0	0	0	264	6948	3409
38.5	35.5	0.25	729.5	385.00	344.5	86.1	86	150	6791	3196	14	3000	0	0	0	268	7059	3464
39.0	36.0	0.25	739.0	390.00	349.0	87.3	87	150	6900	3247	14	3000	0	0	0	271	7172	3519
39.5	36.5	0.25	748.5	395.00	353.5	88.4	88	150	7011	3299	14	3000	0	0	0	275	7286	3574
40.0	37.0	0.25	758.0	400.00	358.0	89.5	89	150	7122	3352	14	3000	0	0	0	279	7401	3631
40.5	37.5	0.25	767.5	405.00	362.5	90.6	90	150	7235	3405	14	3000	0	0	0	283	7518	3688
41.0	38.0	0.25	777.0	410.00	367.0	91.8	91	150	7350	3459	14	3000	0	0	0	286	7636	3745
41.5	38.5	0.25	786.5	415.00	371.5	92.9	92	150	7466	3513	14	3000	0	0	0	290	7756	3804
42.0	39.0	0.25	796.0	420.00	376.0	94.0	93	150	7583	3569	14	3000	0	0	0	294	7877	3863
42.5	39.5	0.25	805.5	425.00	380.5	95.1	95	150	7702	3625	14	3000	0	0	0	298	8000	3922
43.0	40.0	0.25	815.0	430.00	385.0	96.3	96	150	7822	3681	14	3000	0	0	0	301	8124	3983
43.5	40.5	0.25	824.5	435.00	389.5	97.4	97	150	7944	3738	14	3000	0	0	0	305	8249	4043
44.0	41.0	0.25	834.0	440.00	394.0	98.5	98	150	8067	3796	14	3000	0	0	0	309	8376	4105
44.5	41.5	0.25	843.5	445.00	398.5	99.6	99	150	8191	3855	14	3000	0	0	0	313	8504	4167
45.0	42.0	0.25	853.0	450.00	403.0	100.8	100	150	8317	3914	14	3000	0	0	0	317	8634	4230
45.5	42.5	0.25	862.5	455.00	407.5	101.9	101	150	8444	3974	14	3000	0	0	0	320	8765	4294
46.0	43.0	0.25	872.0	460.00	412.0	103.0	102	150	8573	4034	14	3000	0	0	0	324	8897	4358
46.5	43.5	0.25	881.5	465.00	416.5	104.1	104	150	8703	4096	14	3000	0	0	0	328	9031	4423
47.0	44.0	0.25	891.0	470.00	421.0	105.3	105	150	8835	4157	14	3000	0	0	0	332	9166	4489
47.5	44.5	0.25	900.5	475.00	425.5	106.4	106	150	8968	4220	14	3000	0	0	0	335	9303	4555
48.0	45.0	0.25	910.0	480.00	430.0	107.5	107	150	9102	4283	14	3000	0	0	0	339	9441	4622
48.5	45.5	0.25	919.5	485.00	434.5	108.6	108	150	9238	4347	14	3000	0	0	0	343	9580	4690
49.0	46.0	0.25	929.0	490.00	439.0	109.8	109	150	9375	4412	14	3000	0	0	0	347	9721	4758
49.5	46.5	0.25	938.5	495.00	443.5	110.9	110	150	9513	4477	14	3000	0	0	0	350	9864	4827
50.0	47.0	0.25	948.0	500.00	448.0	112.0	111	150	9653	4543	14	3000	0	0	0	354	10007	4897





<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>						
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 50%;">Codifica</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IN17</td> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">EI2RBIN3500001</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica	IN17	12	EI2RBIN3500001
Progetto	Lotto	Codifica					
IN17	12	EI2RBIN3500001					
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 75%;"></td> <td style="width: 25%; text-align: center;">B</td> </tr> </table>		B				
	B						



Tabella 10 – Carico limite palo $\Phi 800$ Ponti IN35 Approccio 2 – Trazione in sisma

WBS	Opera	IN35
D	Diametro palo	0.80 m
Ap	Area base palo	0.50 mq
s	Superficie laterale del palo	2.51 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 ($\xi_3 \cdot \gamma_s$)	2.13



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/FSL	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	9.3	5.00	4.3	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
1.0	-	1.20	18.5	10.00	8.5	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
1.5	-	1.20	27.8	15.00	12.8	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
2.0	-	1.15	37.0	20.00	17.0	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
2.5	-	1.11	46.3	25.00	21.3	-	0.0		0	0	7	0	-	-	-	-	0	0
3.0	0.0	1.08	55.5	30.00	25.5	0.0	0.0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0
3.5	0.5	1.04	64.8	35.00	29.8	0.0	0.0	0	0	0	7	0	0	0	0	4	0	0
4.0	1.0	1.01	74.0	40.00	34.0	0.0	0.0	0	0	0	7	0	0	0	0	8	0	0
4.5	1.5	1.55	83.5	45.00	38.5	59.5	59.5	150	75	35	18	2500	0	0	0	11	86	46
5.0	2.0	1.51	93.0	50.00	43.0	64.9	62.2	150	153	72	18	2500	0	0	0	15	168	87
5.5	2.5	1.47	102.5	55.00	47.5	69.9	67.4	150	238	112	18	2500	0	0	0	19	256	131
6.0	3.0	1.44	112.0	60.00	52.0	74.7	72.3	150	328	155	18	2500	0	0	0	23	351	177
6.5	3.5	1.40	121.5	65.00	56.5	79.2	76.9	150	425	200	18	2500	0	0	0	26	451	226
7.0	4.0	1.37	131.0	70.00	61.0	83.4	81.3	150	527	248	18	2500	0	0	0	30	557	278
7.5	4.5	1.33	140.5	75.00	65.5	87.4	85.4	150	634	299	18	2500	0	0	0	34	668	332
8.0	5.0	1.30	150.0	80.00	70.0	91.1	89.2	150	746	351	18	2500	0	0	0	38	784	389
8.5	5.5	1.27	159.5	85.00	74.5	94.5	92.8	150	863	406	18	2500	0	0	0	41	904	448
9.0	6.0	1.24	169.0	90.00	79.0	97.7	96.1	150	984	463	18	2500	0	0	0	45	1029	508
9.5	6.5	1.20	178.5	95.00	83.5	100.6	99.1	150	1108	521	18	2500	0	0	0	49	1157	570
10.0	7.0	1.17	188.0	100.00	88.0	103.3	101.9	150	1236	582	18	2500	0	0	0	53	1289	634
10.5	7.5	1.14	197.5	105.00	92.5	105.7	104.5	150	1367	643	18	2500	0	0	0	57	1424	700
11.0	8.0	1.11	207.0	110.00	97.0	107.9	106.8	150	1501	707	18	2500	0	0	0	60	1562	767
11.5	8.5	1.08	216.5	115.00	101.5	109.8	108.8	150	1638	771	18	2500	0	0	0	64	1702	835
12.0	9.0	1.05	226.0	120.00	106.0	111.5	110.7	150	1777	836	18	2500	0	0	0	68	1845	904
12.5	9.5	1.02	235.5	125.00	110.5	113.0	112.3	150	1918	903	18	2500	0	0	0	72	1990	974
13.0	10.0	0.99	245.0	130.00	115.0	114.3	113.6	150	2061	970	18	2500	0	0	0	75	2136	1045
13.5	10.5	0.96	254.5	135.00	119.5	115.3	114.8	150	2205	1038	18	2500	0	0	0	79	2284	1117
14.0	11.0	0.94	264.0	140.00	124.0	116.1	115.7	150	2350	1106	18	2500	0	0	0	83	2433	1189

GENERAL CONTRACTOR										ALTA SORVEGLIANZA									
																			
										Progetto		Lotto		Codifica					
										IN17		12		E12RBIN3500001				B	

14.5	11.5	0.57	273.5	145.00	128.5	72.9	94.5	150	2469	1162	14	2500	0	0	0	87	2556	1249
15.0	12.0	0.55	283.0	150.00	133.0	73.3	73.1	150	2561	1205	14	2500	0	0	0	90	2651	1295
15.5	12.5	0.54	292.5	155.00	137.5	73.6	73.5	150	2653	1248	14	2500	0	0	0	94	2747	1343
16.0	13.0	0.52	302.0	160.00	142.0	73.8	73.7	150	2746	1292	14	2500	0	0	0	98	2844	1390
16.5	13.5	0.50	311.5	165.00	146.5	74.0	73.9	150	2838	1336	14	2500	0	0	0	102	2940	1437
17.0	14.0	0.49	321.0	170.00	151.0	74.0	74.0	150	2931	1379	14	2500	0	0	0	106	3037	1485
17.5	14.5	0.48	330.5	175.00	155.5	73.9	73.9	150	3024	1423	14	2500	0	0	0	109	3133	1532
18.0	15.0	0.46	340.0	180.00	160.0	73.7	73.8	150	3117	1467	14	2500	0	0	0	113	3230	1580
18.5	15.5	0.45	349.5	185.00	164.5	73.4	73.5	150	3209	1510	14	2500	0	0	0	117	3326	1627
19.0	16.0	0.43	359.0	190.00	169.0	73.0	73.2	150	3301	1553	14	2500	0	0	0	121	3422	1674
19.5	16.5	0.42	368.5	195.00	173.5	72.5	72.8	150	3393	1597	14	2500	0	0	0	124	3517	1721
20.0	17.0	0.40	378.0	200.00	178.0	72.0	72.3	150	3483	1639	14	2500	0	0	0	128	3611	1767
20.5	17.5	0.39	387.5	205.00	182.5	71.3	71.6	150	3573	1682	14	2500	0	0	0	132	3705	1813
21.0	18.0	0.38	397.0	210.00	187.0	70.5	70.9	150	3662	1723	14	2500	0	0	0	136	3798	1859
21.5	18.5	0.36	406.5	215.00	191.5	69.7	70.1	150	3750	1765	14	2500	0	0	0	139	3890	1904
22.0	19.0	0.35	416.0	220.00	196.0	68.8	69.2	150	3837	1806	14	2500	0	0	0	143	3981	1949
22.5	19.5	0.34	425.5	225.00	200.5	67.7	68.3	150	3923	1846	14	2500	0	0	0	147	4070	1993
23.0	20.0	0.33	435.0	230.00	205.0	66.6	67.2	150	4008	1886	14	2500	0	0	0	151	4158	2037
23.5	20.5	0.31	444.5	235.00	209.5	65.4	66.0	150	4090	1925	14	2500	0	0	0	154	4245	2079
24.0	21.0	0.30	454.0	240.00	214.0	64.1	64.8	150	4172	1963	14	2500	0	0	0	158	4330	2121
24.5	21.5	0.29	463.5	245.00	218.5	62.8	63.5	150	4252	2001	14	2500	0	0	0	162	4414	2163
25.0	22.0	0.28	473.0	250.00	223.0	61.3	62.1	150	4330	2037	14	2500	0	0	0	166	4495	2203
25.5	22.5	0.26	482.5	255.00	227.5	59.8	60.6	150	4406	2073	14	3000	0	0	0	170	4575	2243
26.0	23.0	0.25	492.0	260.00	232.0	58.2	59.0	150	4480	2108	14	3000	0	0	0	173	4653	2281
26.5	23.5	0.25	501.5	265.00	236.5	59.1	58.6	150	4553	2143	14	3000	0	0	0	177	4730	2320
27.0	24.0	0.25	511.0	270.00	241.0	60.3	59.7	150	4628	2178	14	3000	0	0	0	181	4809	2359
27.5	24.5	0.25	520.5	275.00	245.5	61.4	60.8	150	4705	2214	14	3000	0	0	0	185	4889	2399
28.0	25.0	0.25	530.0	280.00	250.0	62.5	61.9	150	4782	2251	14	3000	0	0	0	188	4971	2439
28.5	25.5	0.25	539.5	285.00	254.5	63.6	63	150	4862	2288	14	3000	0	0	0	192	5054	2480
29.0	26.0	0.25	549.0	290.00	259.0	64.8	64	150	4942	2326	14	3000	0	0	0	196	5138	2522
29.5	26.5	0.25	558.5	295.00	263.5	65.9	65	150	5024	2364	14	3000	0	0	0	200	5224	2564
30.0	27.0	0.25	568.0	300.00	268.0	67.0	66	150	5108	2404	14	3000	0	0	0	203	5311	2607
30.5	27.5	0.25	577.5	305.00	272.5	68.1	68	150	5193	2444	14	3000	0	0	0	207	5400	2651
31.0	28.0	0.25	587.0	310.00	277.0	69.3	69	150	5279	2484	14	3000	0	0	0	211	5490	2695
31.5	28.5	0.25	596.5	315.00	281.5	70.4	70	150	5367	2525	14	3000	0	0	0	215	5581	2740
32.0	29.0	0.25	606.0	320.00	286.0	71.5	71	150	5456	2567	14	3000	0	0	0	219	5674	2786
32.5	29.5	0.25	615.5	325.00	290.5	72.6	72	150	5546	2610	14	3000	0	0	0	222	5768	2832
33.0	30.0	0.25	625.0	330.00	295.0	73.8	73	150	5638	2653	14	3000	0	0	0	226	5864	2879
33.5	30.5	0.25	634.5	335.00	299.5	74.9	74	150	5731	2697	14	3000	0	0	0	230	5961	2927
34.0	31.0	0.25	644.0	340.00	304.0	76.0	75	150	5826	2742	14	3000	0	0	0	234	6060	2975
34.5	31.5	0.25	653.5	345.00	308.5	77.1	77	150	5922	2787	14	3000	0	0	0	237	6160	3024

GENERAL CONTRACTOR										ALTA SORVEGLIANZA									
																			
										Progetto		Lotto		Codifica					
										IN17		12		E12RBIN3500001				B	

35.0	32.0	0.25	663.0	350.00	313.0	78.3	78	150	6020	2833	14	3000	0	0	0	241	6261	3074
35.5	32.5	0.25	672.5	355.00	317.5	79.4	79	150	6119	2879	14	3000	0	0	0	245	6364	3124
36.0	33.0	0.25	682.0	360.00	322.0	80.5	80	150	6219	2927	14	3000	0	0	0	249	6468	3175
36.5	33.5	0.25	691.5	365.00	326.5	81.6	81	150	6321	2975	14	3000	0	0	0	252	6574	3227
37.0	34.0	0.25	701.0	370.00	331.0	82.8	82	150	6424	3023	14	3000	0	0	0	256	6681	3279
37.5	34.5	0.25	710.5	375.00	335.5	83.9	83	150	6529	3072	14	3000	0	0	0	260	6789	3332
38.0	35.0	0.25	720.0	380.00	340.0	85.0	84	150	6635	3122	14	3000	0	0	0	264	6899	3386
38.5	35.5	0.25	729.5	385.00	344.5	86.1	86	150	6743	3173	14	3000	0	0	0	268	7010	3440
39.0	36.0	0.25	739.0	390.00	349.0	87.3	87	150	6851	3224	14	3000	0	0	0	271	7123	3495
39.5	36.5	0.25	748.5	395.00	353.5	88.4	88	150	6962	3276	14	3000	0	0	0	275	7237	3551
40.0	37.0	0.25	758.0	400.00	358.0	89.5	89	150	7073	3329	14	3000	0	0	0	279	7352	3607
40.5	37.5	0.25	767.5	405.00	362.5	90.6	90	150	7187	3382	14	3000	0	0	0	283	7469	3664
41.0	38.0	0.25	777.0	410.00	367.0	91.8	91	150	7301	3436	14	3000	0	0	0	286	7587	3722
41.5	38.5	0.25	786.5	415.00	371.5	92.9	92	150	7417	3490	14	3000	0	0	0	290	7707	3780
42.0	39.0	0.25	796.0	420.00	376.0	94.0	93	150	7534	3546	14	3000	0	0	0	294	7828	3839
42.5	39.5	0.25	805.5	425.00	380.5	95.1	95	150	7653	3601	14	3000	0	0	0	298	7951	3899
43.0	40.0	0.25	815.0	430.00	385.0	96.3	96	150	7773	3658	14	3000	0	0	0	301	8075	3959
43.5	40.5	0.25	824.5	435.00	389.5	97.4	97	150	7895	3715	14	3000	0	0	0	305	8200	4020
44.0	41.0	0.25	834.0	440.00	394.0	98.5	98	150	8018	3773	14	3000	0	0	0	309	8327	4082
44.5	41.5	0.25	843.5	445.00	398.5	99.6	99	150	8142	3832	14	3000	0	0	0	313	8455	4144
45.0	42.0	0.25	853.0	450.00	403.0	100.8	100	150	8268	3891	14	3000	0	0	0	317	8585	4207
45.5	42.5	0.25	862.5	455.00	407.5	101.9	101	150	8395	3951	14	3000	0	0	0	320	8716	4271
46.0	43.0	0.25	872.0	460.00	412.0	103.0	102	150	8524	4011	14	3000	0	0	0	324	8848	4335
46.5	43.5	0.25	881.5	465.00	416.5	104.1	104	150	8654	4073	14	3000	0	0	0	328	8982	4400
47.0	44.0	0.25	891.0	470.00	421.0	105.3	105	150	8786	4134	14	3000	0	0	0	332	9117	4466
47.5	44.5	0.25	900.5	475.00	425.5	106.4	106	150	8919	4197	14	3000	0	0	0	335	9254	4532
48.0	45.0	0.25	910.0	480.00	430.0	107.5	107	150	9053	4260	14	3000	0	0	0	339	9392	4599
48.5	45.5	0.25	919.5	485.00	434.5	108.6	108	150	9189	4324	14	3000	0	0	0	343	9531	4667
49.0	46.0	0.25	929.0	490.00	439.0	109.8	109	150	9326	4389	14	3000	0	0	0	347	9672	4735
49.5	46.5	0.25	938.5	495.00	443.5	110.9	110	150	9464	4454	14	3000	0	0	0	350	9815	4804
50.0	47.0	0.25	948.0	500.00	448.0	112.0	111	150	9604	4520	14	3000	0	0	0	354	9958	4874

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIN3500001	B

5.2.2. 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.

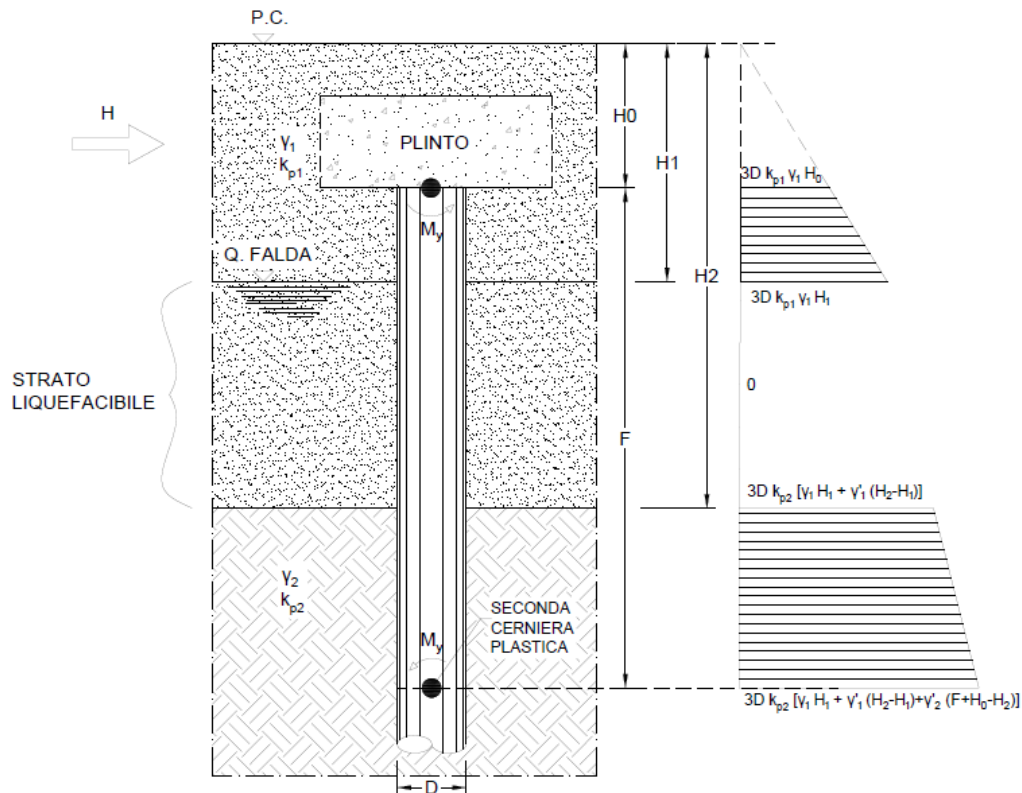




Figura 15: Modello di calcolo per la portanza orizzontale di pali in terreni con livelli potenzialmente liquefacibili

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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIN3500001	B

5.3. 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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIN3500001	B

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIN3500001	B

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

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:

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

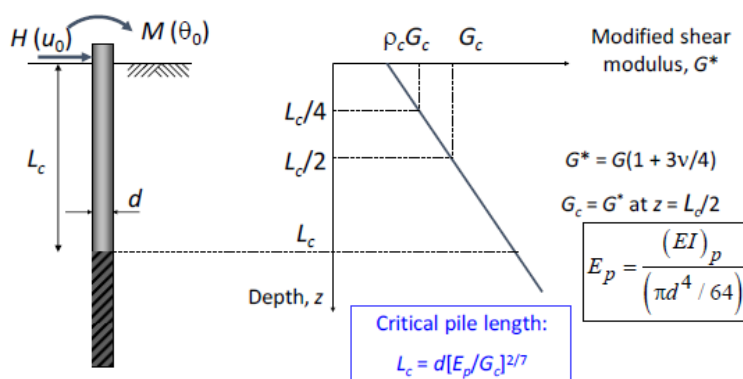




Figura 16: Notazione per analisi di pali sotto azioni laterali

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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIN3500001	B

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

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).

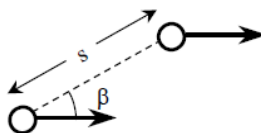


Figura 17: Vista sul piano di due pali soggetti a carichi laterali

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:



$$\alpha_{uH} = \alpha \quad \alpha \leq 0.333$$

$$\alpha_{uH} = 1 - \frac{2}{\sqrt{27\alpha}} \quad \alpha > 0.333$$

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:

$$\alpha_{uM} = \alpha_{\theta H} \approx \alpha_{uH}^2$$

$$\alpha_{\theta M} \approx \alpha_{uH}^3 \quad (16)$$

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIN3500001	B

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 $\Phi 800$ della spalla più sollecitata delle opere in esame (Porcilana – Stradello).

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.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBIN3500001	B

Per i pali $\Phi 800$ delle spalle (ponte Porcilana) si ottengono i seguenti risultati:

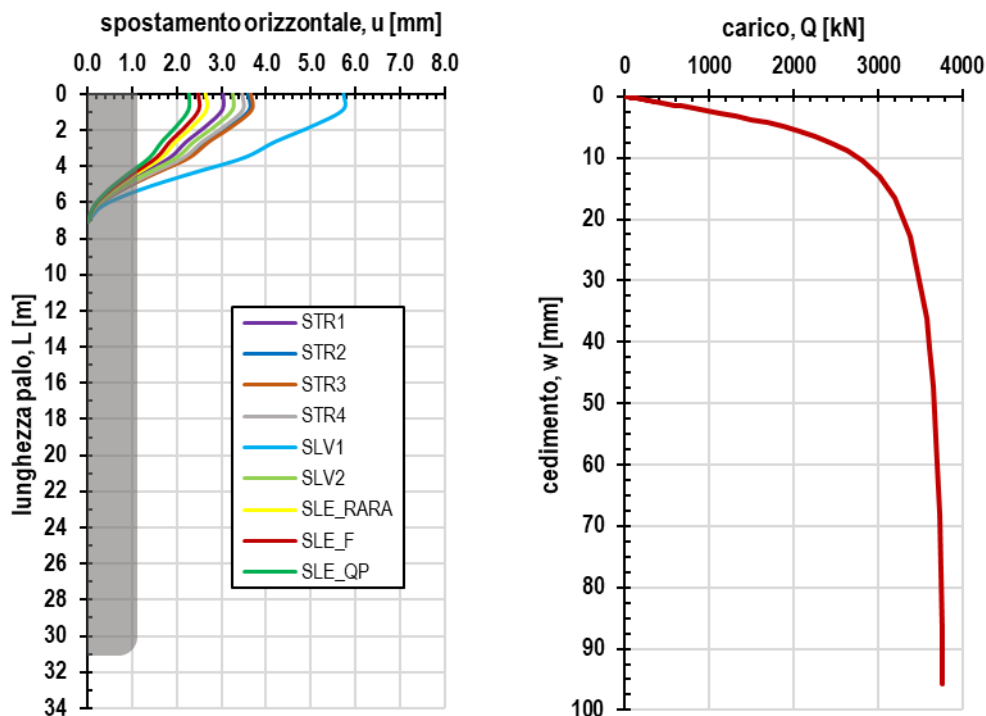


Figura 5: Diagramma dello spostamento orizzontale e curva carico cedimento SLE relativi al palo singolo – Fondazione Spalle Porcilana

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 11 – Spostamenti orizzontali lungo lo sviluppo del palo $\Phi 800$ – Fondazione Spalle Porcilana

Combo	z[m]	0	1	2	3	4	4	5	6	7
STR1	u [mm]	3.7	3.7	3.3	2.7	2.3	1.5	0.8	0.2	0.0
STR2	u [mm]	3.6	3.6	3.2	2.7	2.2	1.5	0.7	0.2	0.0
STR3	u [mm]	3.7	3.7	3.3	2.7	2.3	1.5	0.8	0.2	0.0
STR4	u [mm]	3.5	3.5	3.1	2.6	2.1	1.4	0.7	0.2	0.0
SLV1	u [mm]	5.7	5.7	5.1	4.2	3.5	2.3	1.2	0.3	0.0
SLV2	u [mm]	3.2	3.2	2.9	2.4	2.0	1.3	0.7	0.2	0.0
SLE_RARA	u [mm]	2.6	2.7	2.4	2.0	1.6	1.1	0.5	0.2	0.0
SLE_F	u [mm]	2.5	2.5	2.2	1.8	1.5	1.0	0.5	0.1	0.0
SLE_QP	u [mm]	2.3	2.3	2.0	1.7	1.4	0.9	0.5	0.1	0.0

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





GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIN3500001	B

Tabella 12 – Carico SLE-cedimento palo singolo $\Phi 800$ – Fondazione Spalle Porcilana

Q_{SLE} [kN]	w [mm]
0	0.0
38	0.1
75	0.2
113	0.3
151	0.3
188	0.4
226	0.5
264	0.6
301	0.7
339	0.8
377	0.9
452	1.0
527	1.2
602	1.4
678	1.6
753	1.8
828	1.9
904	2.1
979	2.3
1054	2.5
1130	2.7
1318	3.2
1506	3.7
1694	4.3
1883	4.9
2071	5.6
2259	6.5
2447	7.5
2636	8.8
2824	10.5
3012	12.9
3200	16.6
3389	22.8
3577	36.2
3614	41.0
3652	47.3
3690	55.8
3727	68.0
3765	87.1
3765	95.8

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIN350001	B

Per i pali $\Phi 800$ delle spalle (ponte Stradello) si ottengono i seguenti risultati:

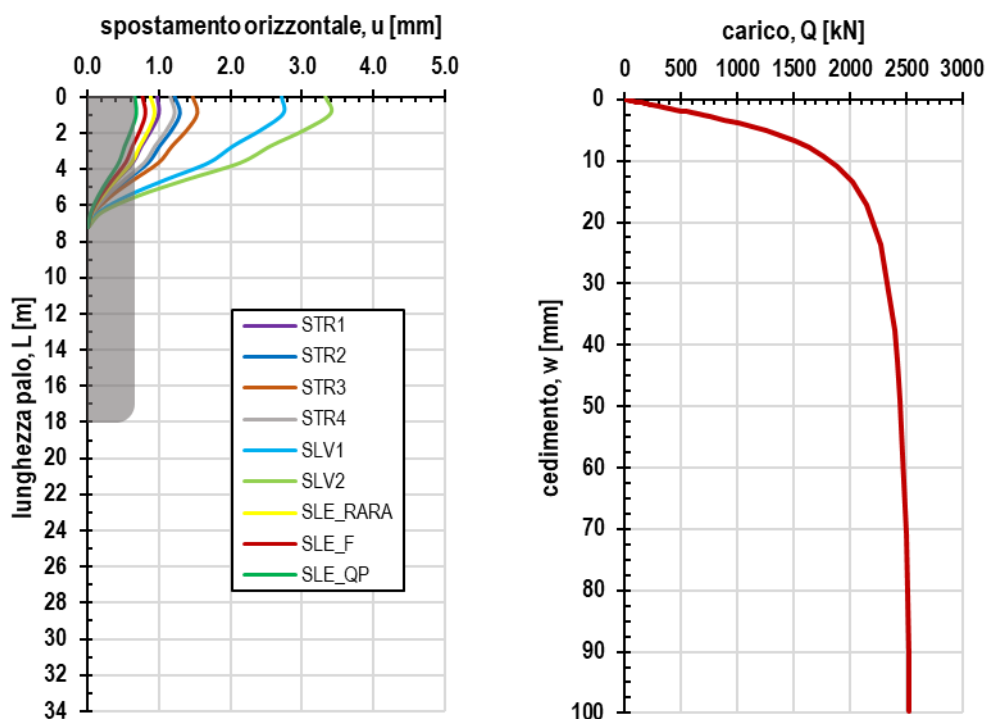


Figura 5: Diagramma dello spostamento orizzontale e curva carico cedimento SLE relativi al palo singolo – Fondazione Spalle Stradello

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 13 – Spostamenti orizzontali lungo lo sviluppo del palo $\Phi 800$ – Fondazione Spalle Stradello

Combo	z[m]	0	1	2	3	4	5	5	6	7
STR1	u [mm]	1.5	1.5	1.4	1.2	1.0	0.7	0.3	0.1	0.0
STR2	u [mm]	1.2	1.3	1.2	1.0	0.9	0.6	0.3	0.1	0.0
STR3	u [mm]	1.5	1.5	1.4	1.2	1.0	0.7	0.3	0.1	0.0
STR4	u [mm]	1.2	1.2	1.1	0.9	0.8	0.5	0.3	0.1	0.0
SLV1	u [mm]	2.7	2.7	2.4	2.0	1.7	1.1	0.6	0.2	0.0
SLV2	u [mm]	3.3	3.4	3.0	2.6	2.1	1.4	0.7	0.2	0.0
SLE_RARA	u [mm]	0.9	0.9	0.9	0.7	0.6	0.4	0.2	0.1	0.0
SLE_F	u [mm]	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.2	0.1	0.0
SLE_QP	u [mm]	0.7	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0

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







GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBIN3500001	B

Tabella 14 – Carico SLE-cedimento palo singolo $\Phi 800$ – Fondazione Spalle Stradello

Q_{SLE} [kN]	w [mm]
0	0.0
25	0.1
51	0.2
76	0.3
101	0.4
126	0.5
152	0.5
177	0.6
202	0.7
227	0.8
253	0.9
303	1.1
354	1.3
404	1.5
455	1.6
505	1.8
556	2.0
606	2.2
657	2.4
707	2.6
758	2.8
884	3.3
1010	3.8
1136	4.4
1263	5.1
1389	5.9
1515	6.7
1641	7.8
1768	9.2
1894	11.0
2020	13.4
2146	17.2
2273	23.7
2399	37.7
2424	42.7
2449	49.2
2475	58.1
2500	70.8
2525	90.6
2525	99.7

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>12</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2RBIN3500001</p>	<p>B</p>

ALLEGATI

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBIN3500001	B

Per le stratigrafie dei sondaggi che interessano la WBS in esame, si faccia riferimento all'APPENDICE B – CERTIFICATI STRATIGRAFICI SONDAGGI' del documento [28], relativo, come anticipato nella trattazione precedente, all'analisi geotecnica dei terreni interessati dal viadotto VI04 – Ponte sul deviatore del canale Dugale, ubicato in prossimità delle opere oggetto del presente documento.