

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

NV-NUOVA VIABILITA' INTERFERENZE VIARIE

**NV54 - PERCORSO CICLOPEDONALE DA PORTO S. PANCRAZIO A S.
MICHELE**

GENERALE

Relazione Geotecnica

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA
IL PROGETTISTA INTEGRATORE  ing. Giovanni MALAVENDA ingegnere di Venezia n. 4289 Data: Aprile 2021	Consorzio Iricav Due ing. Paolo CARMONA Data: Aprile 2021	ing. Luca Zaccaria iscritto all'ordine degli ingegneri di Ravenna n.A1206 Data: Aprile 2021	-	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	FOGLIO
I N 1 7	1 1	E	I 2	R B	N V 5 4 0 0	0 0 1	B	- - - p - - -

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Luca RANDOLFI	

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	CODING	30/03/21	S.Cecchi	30/03/21	P. Luciani	30/03/21	 Giuseppe Fabrizio Coppa Data: 30/04/21
B	REVISIONE PER RECEPIMENTO ISTRUTTORIA ENTE VALIDATORE	CODING	30/04/21	S.Cecchi	30/04/21	P. Luciani	30/04/21	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1711EI2RBNV5400001B.DOC Cod. origine:
-----------------	----------------------	--



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBNV5400001	B

INDICE

1.	PREMESSA	2
2.	NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	4
2.1.	DOCUMENTI PROGETTUALI	4
2.2.	NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO	5
2.3.	BIBLIOGRAFIA TECNICA	5
3.	INDAGINI GEOTECNICHE DI RIFERIMENTO	9
4.	CRITERI DI VALUTAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI	11
4.1.	DENSITÀ RELATIVA DEI MATERIALI A GRANA GROSSA	11
4.2.	RESISTENZA AL TAGLIO – PARAMETRI DRENATI	13
4.2.1.	Materiali a grana grossa	13
4.2.2.	Materiali a grana fine	15
4.3.	RESISTENZA AL TAGLIO – PARAMETRI NON DRENATI	17
4.4.	DETERMINAZIONE DELLA STORIA TENSIONALE – (OCR)	18
4.5.	DETERMINAZIONE DEI COEFFICIENTI DI CONSOLIDAZIONE VERTICALE CV	19
4.6.	PARAMETRI DI DEFORMAZIONE	21
4.6.1.	Materiali a grana grossa	21
4.6.2.	Materiali a grana fine	23
4.7.	QUALITÀ DEI CAMPIONI	24
5.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA DELLE PRINCIPALI FORMAZIONI DELL'AREA	25
6.	DATI PIEZOMETRICI	29
7.	SINTESI DEI PARAMETRI DI CALCOLO	30
7.1.	MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO E CONDIZIONI DI FALDA	30
8.	PROBLEMATICHE DI LIQUEFAZIONE	32
9.	RISPOSTA SISMICA LOCALE	36
10.	PALI DI FONDAZIONE PONTE NV54	38
10.1.	INTRODUZIONE	38
10.2.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU) DI TIPO GEOTECNICO	38
10.2.1.	Carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali	40
10.2.2.	Carico limite della palificata nei riguardi dei carichi trasversali	61
10.3.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE) DI TIPO GEOTECNICO	63

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2RBNV5400001</p>	<p>B</p>

1. PREMESSA

La presente relazione illustra gli aspetti geotecnici caratterizzanti l'area di interesse del ponte ciclopedonale e del tombino scatolare afferenti il percorso ciclopedonale NV54, 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 delle opere in oggetto, si basano sugli esiti delle indagini geotecniche e delle prove di laboratorio richiamati nella trattazione a seguire, disponibili dal precedente Progetto Definitivo, da ulteriori fasi conoscitive, ad esempio richieste dalla Conferenza dei Servizi, e dalla più recente campagna di indagine approntata specificatamente per la fase di Progetto Esecutivo.

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

Si individua nello stralcio planimetrico di seguito l'ubicazione del sito interessato dalle opere in esame. Le progressive riportate di seguito fanno riferimento al percorso ciclopedonale, che si sviluppa da Porto S.Pancrazio a San Michele.

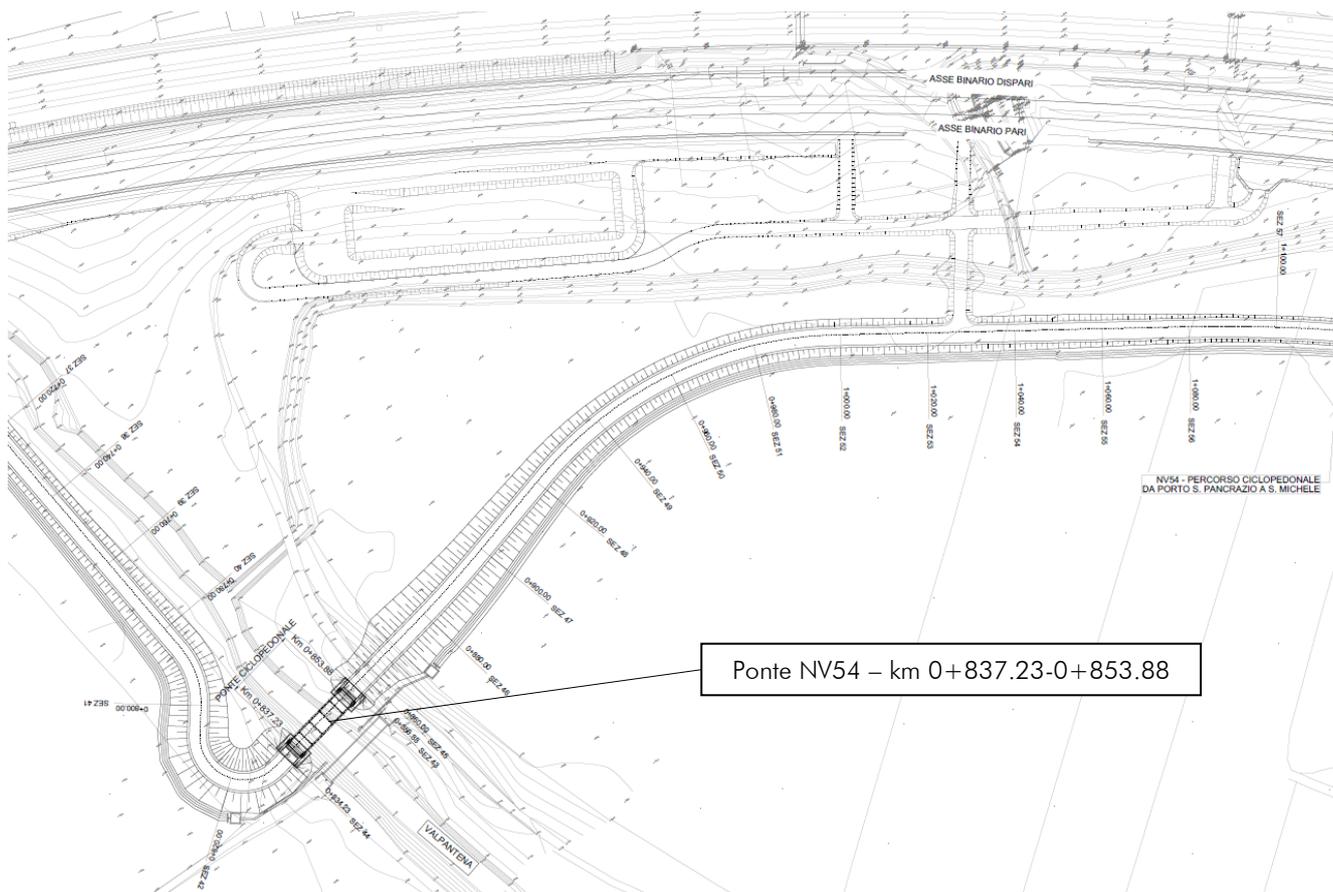


Figura 1: Stralcio planimetrico percorso ciclopedonale NV54 – Ubicazione Ponte

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2RBNV5400001</p>	<p>B</p>

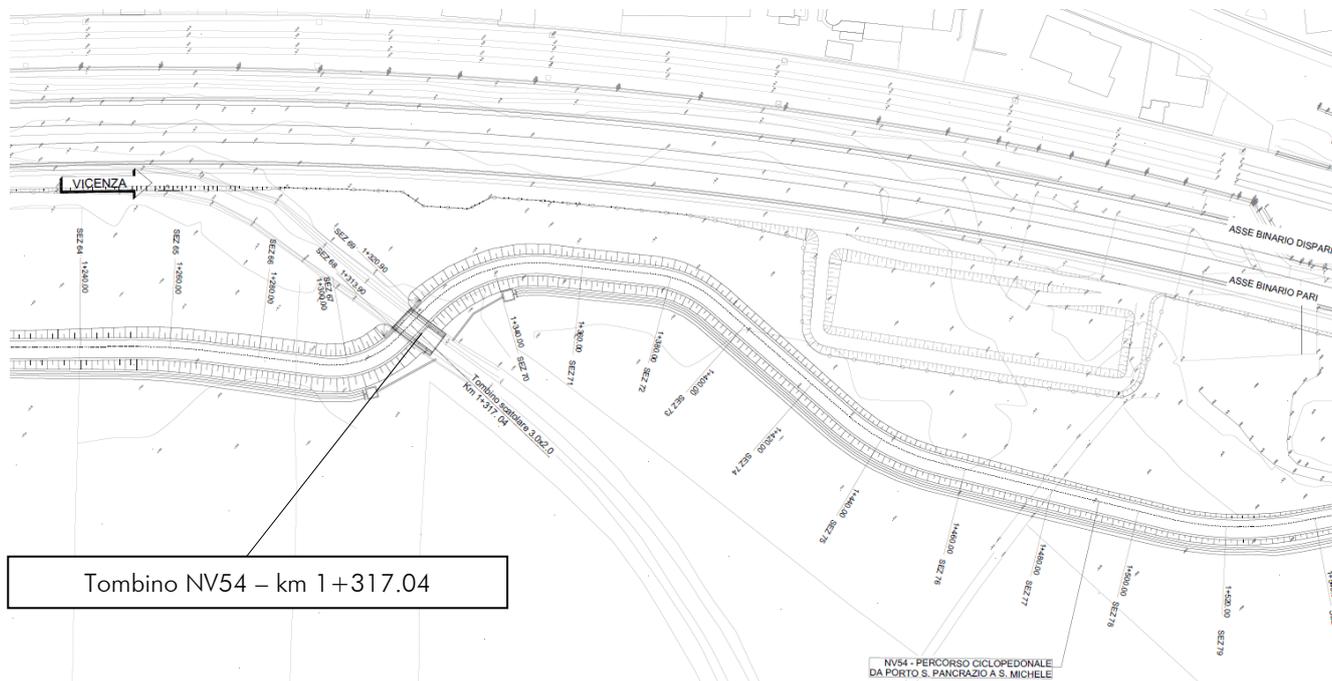


Figura 2: Stralcio planimetrico percorso ciclopedonale NV54 – Ubicazione Tombino

Rispetto alla linea ferroviaria, le opere in oggetto si collocano nella prima tratta, rispettivamente in corrispondenza delle progressive $\approx 1+150-1+175$ (Ponte NV54); $\approx 1+620$ (Tombino NV54).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBNV5400001	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 11	Codifica EI2RBNV5400001	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

2.2. NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO

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

2.3. BIBLIOGRAFIA TECNICA

- [34] Andrus, R. D., and Stokoe, K. H. (2000), "Liquefaction resistance of soils from shearwave velocity", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Eng., ASCE 126(11), 1015–025
- [35] Atkinson J.H. and Sallfors G. (1991), "Experimental determination of soil properties. General Session 1", Proc. X ECSMFE, Florence, Vol. 3, pp-915-956.
- [36] Atkinson J.H. (2000), "Non-linear soil stiffness in routine design", Geotechnique, Vol.50, n.5, pp.487-508
- [37] Baligh (1975) "Theory of deep site static cone penetration resistance" Research Report R-75-56, MIT, Cambridge
- [38] Bolton (1986) "The strength and dilatancy of sands" Geotechnique 36 , n° 1
- [39] Chen B.S. e Mayne P.W. (1996), "Statistical relationship between piezocone measurements and stress history of clays", Canadian Geotechnical Journal, n.3, pp.488-499
- [40] Clayton C.R.I. (1995) "The Standard Penetration Test (SPT): Methods and use" CIRIA Report n° 143, 1995

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBNV5400001	B

- [41] Cubrinovski, M., and Ishihara, K. (1999) "Empirical Correlation between SPT N-Value and Relative Density for Sandy Soils," Soils and Foundations, Japanese Geotechnical Society, Vol. 39, No. 5, pp 61-71
- [42] DeGroot D.J. e Sandven R. (2004), "General report: Laboratory and field comparison". Proc. ISC-2 Geotechnical and geophysical Site Characterization, Viana da Fonseca & Mayne ed.. pp.1775-1789
- [43] Houlsby G. T., Teh, C. I. (1988) "Analysis of the piezocone in clay" Penetration Testing 1988, ISOPT-1, De Ruiter (ed.). Balkema Rotterdam
- [44] Ishihara K. (1996), "Soil behaviour in earthquake Engineering". Clarendon Press, Oxford
- [45] Ishihara K., Tsukamoto Y., Shimizu Y. (2001) "Estimate of relative density from in-situ penetration tests" Proceedings In-situ 2001, Bali
- [46] Jamiolkowski M., Ghionna V.N., Lancellotta R., Pasqualini E. (1988) "New correlations of penetration tests for design practice" Proceedings of I International Symposium on Penetration Testing, ISOPT I, Orlando
- [47] Jeffries M.G. and Been, K. (2006), "Soil liquefaction- A critical state approach". Taylor & Francis, ISBN 0-419-16170-8, 478 pages
- [48] Keaveny J.M. e Mitchell J.K. (1986), "Strength of fine-grained soils using the piezocone". Use of in-situ tests in Geotechnical Engineering (GSP 6), ASCE, Reston, Va., pp.668-699
- [49] Kulhawy F.H. e Mayne P.W. (1990), "Manual on estimating soil properties for foundation design", Cornell University, Geotechnical Engineering Group, Ithaca, New York, EL-6800, Research Project 1493-6
- [50] Lancellotta R. (1987) "Geotecnica" Zanichelli, Bologna
- [51] Lunne T., Berre T. and Strandvik S. (1997), "Sample disturbance effects in soft low plastic Norwegian clay". Conference on Recent Developments in Soil and Pavement mechanics, Rio de Janeiro, June 1997, Proc. pp.81-102
- [52] Lunne, T., Robertson, P.K., Powell, J.J.M. (1997). "Cone Penetration Testing in Engineering Practice" Blackie Academic and Professional, London
- [53] Lunne T., Christoffersen H.P., Tjelta T.I. (1985) "Engineering use of piezocone data in North Sea clays" Proc. XI ICSMFE, S. Francisco
- [54] Mair R.J. (1993), "Developments on geotechnical engineering research.: applications to tunnels and deep excavation. Unwin Memorial Lecture 1992", Proc. Inst. Civ. Engineering, Vol.3, pp.27-41
- [55] Mesri G. e Godlewski P.M. (1977), "Time and stress-compressibility relationship". JGED, ASCE, GT5
- [56] Mesri G. e Abdel-Ghaffar M.E.M. (1993), "Cohesion intercept in effective stress analysis", JGED, ASCE, Vol.119, N.8, Agosto 1993, pp.1229-1249.
- [57] Robertson P.K. and Cabal K.L. (2012), "Guide to Penetration Testing" Gregg Drilling & testing Inc. Publications. 5th Edition, November 2012. Teh, C.I. & Houlsby, G.T. (1991), "An analytical study of the cone penetration test in clay", Geotechnique 41, n.1, pp. 17-34
- [58] Schmertmann J.H. (1978), "Guidelines for cone penetration test performance and design", Report FHWA-TS-78-209, U.S. Department of Transportation, Washington.
- [59] Seed H.B. e Idriss I.M. (1970), "Soil moduli and damping factors for dynamic response analysis", Report EERC 70-10, University of California, EERC, Berkeley

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifia EI2RBNV5400001	B

- [60] Seed H.B. and Sun J.I. (1989) Implications of Site Effects in the Mexico City Earthquake of September 19, 1985 for Earthquake-Resistant Design Criteria in the San Francisco Bay Area of California. National Science Foundation, Washington, DC., March 1989, 138 p
- [61] Skempton A.W. (1986) "Standard Penetration Test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, ageing and overconsolidation" *Geotechnique* 36, n° 3
- [62] Stroud M.A. (1988) "The Standard Penetration Test – Its application and interpretation" *Penetration Testing in UK*, Proceedings of the Geotechnical Conference organized by ICE, Birmingham
- [63] Tavenas F., Leblond P., Jean P., Leroueil S. (1983a) "The permeability of natural soft clays. Part I: Methods of laboratory measurement" *Canadian Geotechnical Journal*, vol. 20
- [64] Tavenas F., Jean P., Leblond P., Leroueil S. (1983b) "The permeability of natural soft clays. Part II: Permeability characteristics" *Canadian Geotechnical Journal*, vol. 20
- [65] Terzaghi K., Peck R.B. and Mesri G. (1996), "Soil mechanics in engineering practice", 3rd edition, Wiley & Sons, New York
- [66] Tokimatsu K and Yoshimi Y. (1983), Empirical Correlation of Soil Liquefaction Based on Spt N-Value and Fines Content." *Soils and Foundations*, Vol.23, Issue no.4, 56-74
- [67] Youd T.D. (1972) "Factors controlling maximum and minimum density of sands" *Proceedings of Symposium on Eval. Dens.*, ASTM STP 523
- [68] Fleming. W.G.K., Weltman. A.J., Randolph. M.F., Elson, W.K. (1985). "Piling Engineering". Surrey University Press, Glasgow and London, Halsted Press, a division of John Wiley & Sons, New York
- [69] Berezantsev W.HG. (1965), "Design of Deep Foundations", Proc. 6th ICSMFE, Montreal. Vol.II
- [70] Berezantsev W.HG. (1970), "Calculation of the Construction Basis", Leningrad
- [71] Boulanger, R.W., Kutter, B.L., Brandenberg, S.J., Singh, P., Chang, D. (2003) "Pile foundations in liquefied and laterally spreading ground during earthquakes: centrifuge experiments & analyses" Centre of Geotechnical Modelling, Report n° UCD/CGM-03/01, University of California Davis, USA
- [72] Fioravante, V., Ghionna, V.N., Jamiolkowski, M.B. and Pedroni, S. (1995). "Load carrying capacity of large diameter bored piles in sand and gravel". Proc. 10th ARCSMFE, 2, 3-15
- [73] Ghionna, V.N., Jamiolkowski. M.B., Pedroni. S. and Salgado, R. et al (1994). "Tip displacement of drilled shafts in sands". in *Vertical and Horizontal Deformations of Foundations and Embankments*. Ed. A.T. Yeung and G.Y. Felio, ASCE , GSP40, New York, 2, 1039-1057
- [74] Gwizdala K. (1984) "Large bored piles in non-cohesive soils" Swedish Geotechnical Institute, Report n° 26+
- [75] Lancellotta R. Costanzo D. e Foti S. "Progettazione Geotecnica secondo l'Eurocodice 7 (UNI EN 1997) e le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008)" Hoepli ed
- [76] Reese L.C., Wright S.J. (1977) "Drilled shaft manual" U.S. Department of Transportation, Office of Research and Development, Div. HDV 2, Washington
- [77] Reese L.C., O'Neill M.W. (1988) "Drilled shaft: construction procedures and design methods" Publication N.FHWA-HI-88-042, Federal Highway Administration, Washington, D.C.
- [78] Robertson, P.K., Seed, R.B. and Stokoe, K.H. II (2001), "Liquefaction Resistance of Soil: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils", *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, vol. 127, n° 10, pp.817-833

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifia</p> <p>EI2RBNV5400001</p>	<p>B</p>

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBNV5400001	B

3. INDAGINI GEOTECNICHE DI RIFERIMENTO

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

Le indagini eseguite in sito comprendono:

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

La posizione delle indagini eseguite nelle varie fasi di progettazione è illustrata nella 'Planimetria geotecnica con ubicazione indagini e profilo geotecnico' (Doc. Rif. [8]), di cui se ne riporta uno stralcio a seguire che individua l'area di interesse dell'opera in esame. Per ulteriori dettagli circa il posizionamento dei sondaggi e il loro esito si rimanda agli elaborati di progetto dedicati, ed in particolare alle relazioni di sintesi delle indagini (Doc. Rif. [9] e [9]).

Si richiamano nel prospetto a seguire le indagini geotecniche disponibili relativamente all'area di interesse.

Progressiva (km ≈)	Sondaggio o prova CPTU (Denomin.)	Campagna d'indagine (anno)	Quota di Bocca foro (m s.l.m.m.)	Lunghezza sondaggio/CPTU (m)	Piezometro installato C=Casagrande TA=Tubo Aperto
1+157	BH-PE-02	2020/2021	46.12	20.00	-
1+175	CPTU-PE-01	2020/2021	45.77	20.00	-
1+280	BH-PZ-PE-03	2020/2021	47.41	50.00	TA
1+408	PT-PE-01	2020/2021	45.28	2.50	-
1+575	SPA2	2014/2015	46.50	20.00	TA

Tabella 1: Elenco delle indagini geotecniche di riferimento per le opere in esame

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

Il posizionamento delle opere è segnalato con il simbolo rosso (sulla sinistra il ponte NV54; sulla destra il tombino NV54).

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

11

EI2RBNV5400001

B



Figura 3: Stralcio planimetrico – Ubicazione indagini geotecniche di riferimento per le opere in esame (in rosso posizionamento Ponte NV54 – Tombino NV54)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBNV5400001	B

4. CRITERI DI VALUTAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI

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

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

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

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

4.1. DENSITÀ RELATIVA DEI MATERIALI A GRANA GROSSA

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

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

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

essendo:

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

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

NSPT = numero di colpi per 30 cm di infissione.

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

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

Per quanto concerne invece la stima della D_r a partire dai dati CPT, ci si è avvalsi della correlazione proposta da Kulhawy and Mayne (1990, Doc. rif. [49]):

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

dove:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBNV5400001	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. [41]) per materiali normalmente consolidati, caratterizzati da un coefficiente di spinta a riposo k_o dell'ordine di 0,4÷0,5, successivamente esteso da Ishihara et al. (2001, Doc. rif. [45]) anche al caso dei terreni sovraconsolidati. Tale metodo utilizza la seguente espressione:

$$D_r = \left\{ \frac{(N_{SPT})_{78\%} \cdot \left(0,23 + \frac{0,06}{D_{50}}\right)^{1,7}}{9} \cdot \left(\frac{98}{\sigma'_{vo}}\right)^{1/2} \cdot \left(\frac{k_{o,NC}}{k_{o,SC}}\right)^{1/2} \right\}^{1/2}$$

essendo:

D_r = densità relativa (-);

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

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

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

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

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

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

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

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

- Resistenze ottenute con il campionatore standard nelle sabbie e con il campionatore LPT, di diametro maggiore rispetto a quello standard, nel caso delle ghiaie. In questa sede, in mancanza di prove con il

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBNV5400001	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 [40]; Skempton, 1986 [61]; Tokimatsu & Yoshimi, 1983 [66]).

4.2. RESISTENZA AL TAGLIO – PARAMETRI DRENATI

4.2.1. Materiali a grana grossa

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

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

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

L'angolo di resistenza al taglio di picco φ' può essere determinato con il metodo proposto da Bolton (1986, Doc. rif. [38]). Tale metodo, unitamente alla procedura utilizzata per tenere conto della non linearità dell'involuppo di rottura, può essere sintetizzato nel modo seguente.

La non linearità dell'involuppo di rottura può essere messa in conto facendo riferimento alla nota espressione di Baligh (1975, Doc. rif. [37]):

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

essendo:

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

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

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

$p_a = 98.1$ kPa;

$\sigma_{ff}' =$ tensione efficace normale alla superficie di rottura (kPa);

$\tau_{ff} =$ tensione di taglio agente sulla superficie di rottura (kPa).

L'angolo di attrito φ_{σ}' può essere stimato come segue (v. Bolton 1986, Doc. rif. [38]):

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

essendo:

$Q = 10$

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBNV5400001	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 3: Valori della costante empirica m secondo Bolton (1986)

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

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

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

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

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

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

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

Il valore dell'angolo di resistenza al taglio operativo per sabbie e ghiaie è stato anche stimato in accordo alla formulazione proposta da Schmertmann (1978, Doc. rif. [58]), ed illustrata nella Figura successiva, sulla base dei valori di densità relativa stimati al punto 4.1, ed entrando nel grafico a seconda della granulometria prevalente del materiale riscontrato in un data area.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBNV5400001</p>	<p>B</p>

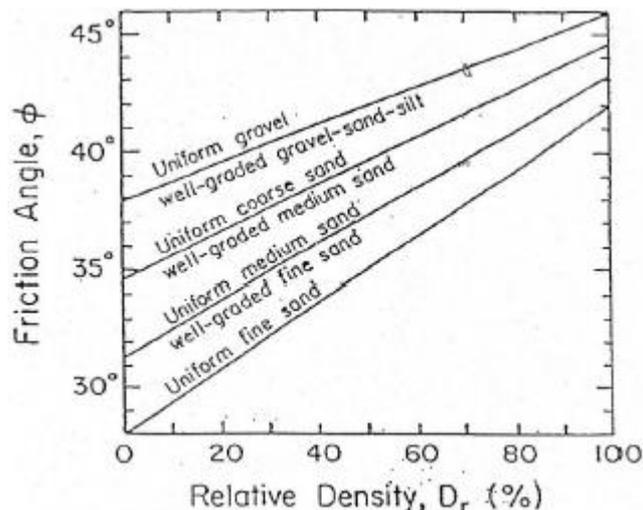


Figura 4: Relazione fra angolo di resistenza al taglio operativo e densità relativa

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

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

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

Dove:

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

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

4.2.2. Materiali a grana fine

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

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2RBNV5400001</p>	<p>B</p>

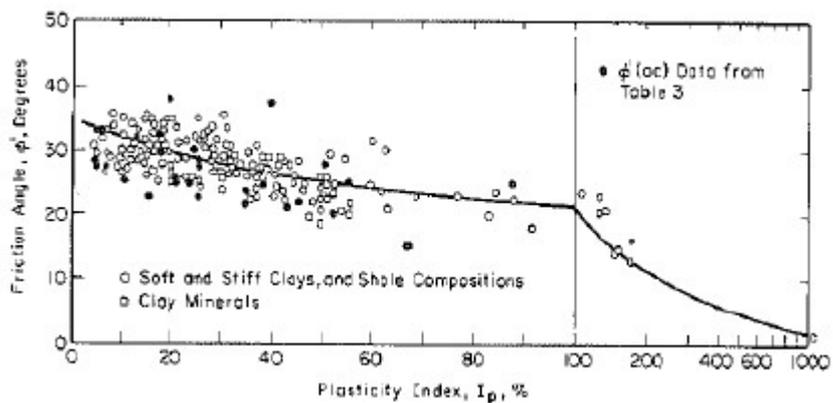


Figura 5: Valori dell'angolo di resistenza al taglio per materiali argillosi (Mesri e Abdel-Ghaffar, 1993)

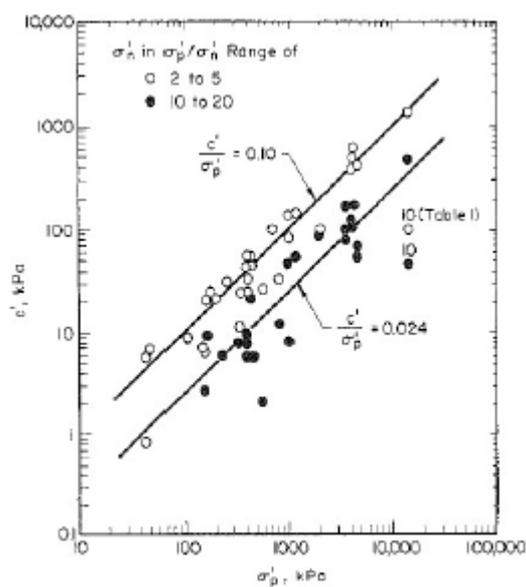


Figura 6: Valori della coesione intercetta c' in funzione della tensione di preconsolidazione e del valore della tensione normale al piano di rottura, al momento della rottura σ_n (da Mesri e Abdel-Ghaffar, 1993)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifia EI2RBNV5400001	B

4.3. RESISTENZA AL TAGLIO – PARAMETRI NON DRENATI

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

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

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

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

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

utilizzando un fattore $N_k = 14$, in accordo a Lunne et al. (1997, Doc. rif. [52]).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBNV5400001	B

4.4. DETERMINAZIONE DELLA STORIA TENSIONALE – (OCR)

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

In alternativa, il valore della tensione di preconsolidazione (e quindi di OCR), è stato anche valutato sulla base dei dati CPTU mediante la seguente correlazione di Chen e Mayne (1996, Doc. rif. [39]):

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBNV5400001	B

4.5. DETERMINAZIONE DEI COEFFICIENTI DI CONSOLIDAZIONE VERTICALE CV

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

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

La relazione proposta è la seguente:

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

essendo:

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBNV5400001	B

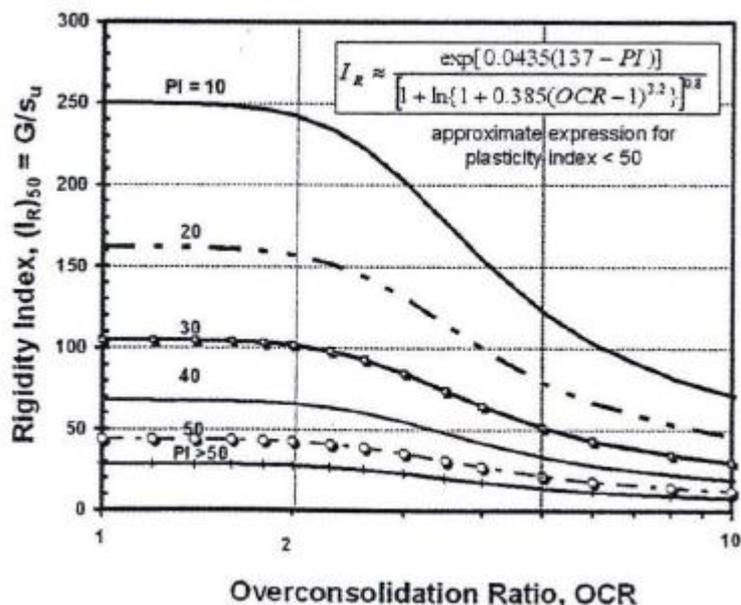


Figura 7: Coefficiente di sovraconsolidazione in funzione dell'indice di rigidità (Keaveny and Mitchell, 1986)

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

In accordo alle indicazioni di Baligh (1975, Doc. rif. [37]), il processo di dissipazione della sovrappressione interstiziale avviene nel ramo di scarico. In sostanza, la penetrazione della punta provoca un eccesso di sovrappressioni interstiziali, e la loro dissipazione fa tornare le tensioni efficaci allo stato precedente l'infissione. Pertanto, i valori di c_h ottenuti da tale formulazione (ma non solo da questa), sono relativi allo stato di sovraconsolidazione del materiale.

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

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

Nella valutazione del coefficiente in direzione verticale, si è tenuto conto di quanto suggerito da Lancellotta (1987, Doc. rif. [50]):

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBNV5400001	B

4.6. PARAMETRI DI DEFORMAZIONE

4.6.1. Materiali a grana grossa

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

- valutazione dei moduli di taglio e di Young iniziali G_0 ed E_0 , sulla base dei dati delle misure geofisiche effettuate nelle diverse fasi progettuali, (CH, DH e MASW), con un confronto dei dati sperimentali con i valori e le tendenze deducibili dalle prove penetrometriche dinamiche (SPT) e statiche (CPT);
- sulla base dei valori tipici di deformazione attesa per le diverse opere (seguendo ad esempio quanto raccomandato da Atkinson e Salfors (1991, Doc. rif. [35]), e da Atkinson (2000, Doc. rif. [36]), valutazione dell'entità del degrado dei moduli iniziali, facendo riferimento a curve di letteratura.

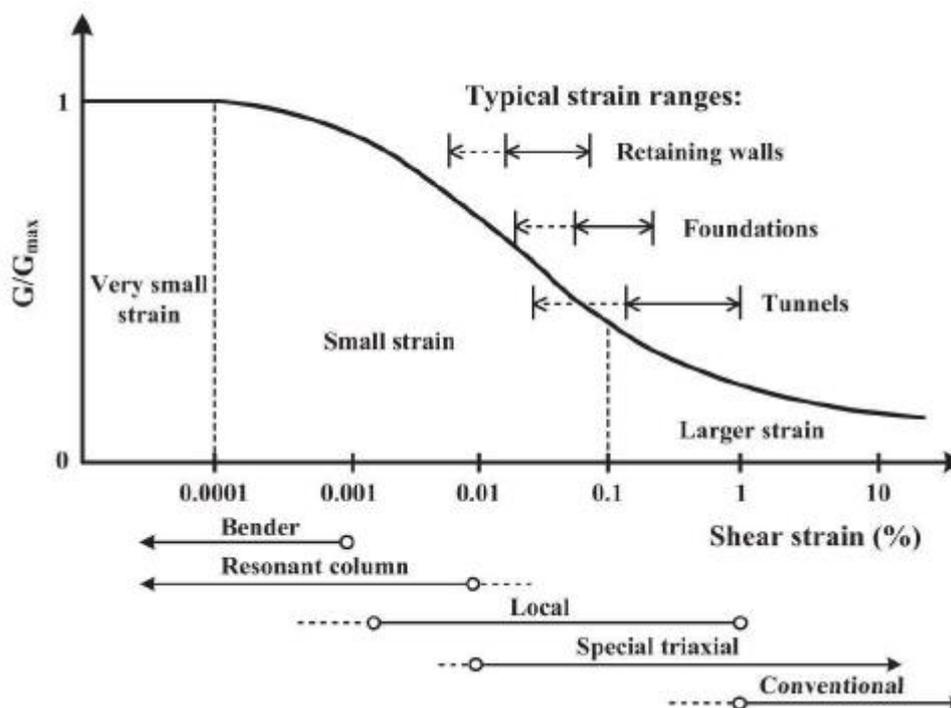


Figura 8: Livelli deformativi raggiunti dal terreno per diverse opere di ingegneria

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBNV5400001</p>	<p>B</p>

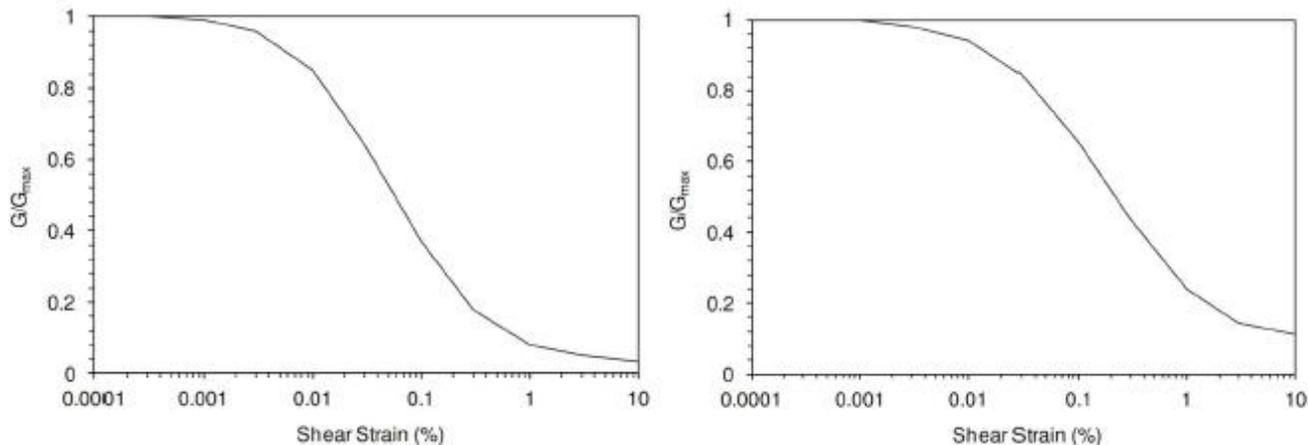


Figura 9: Curva di decadimento del modulo di taglio per depositi sabbiosi (a sinistra) e argillosi (a destra)

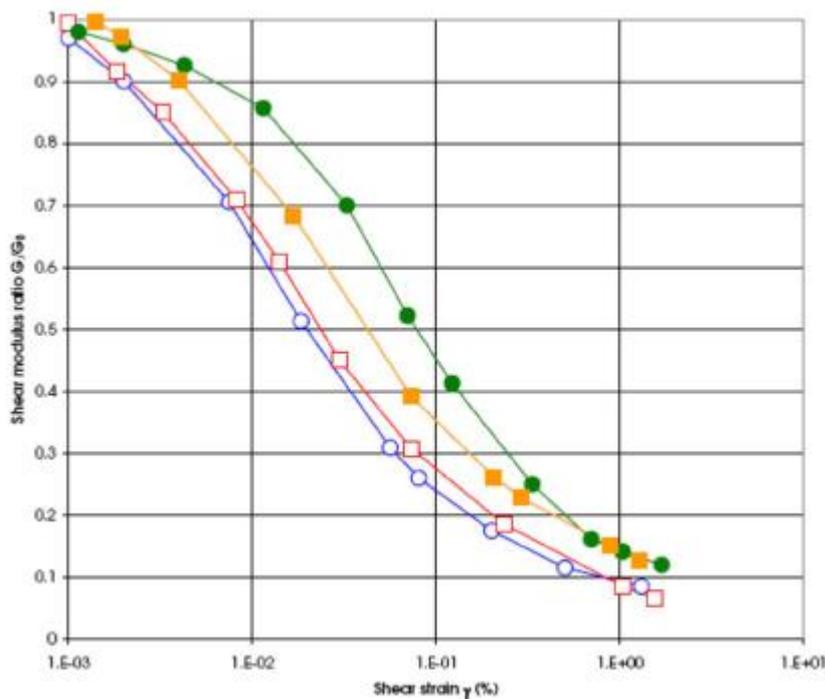


Figura 10: Altro esempio di curva di decadimento del modulo di taglio

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifia EI2RBNV5400001	B

4.6.2. Materiali a grana fine

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

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

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

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

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2RBNV5400001</p>	<p>B</p>

4.7. QUALITÀ DEI CAMPIONI

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

Con riferimento a queste prove, la qualità dei campioni indisturbati di materiali argillosi può essere valutata sulla base di criteri proposti in letteratura. Ad esempio Lunne et al. (1997, Doc. rif. [51]) e Terzaghi et al. (1996, Doc. rif. [65]), propongono una classificazione della qualità dei campioni basata sulla misura dell'entità di deformazione del campione all'applicazione della tensione verticale efficace di sito σ'_{vo} . Il principio alla base di tale criterio di valutazione è che maggiore è il valore della deformazione a tale livello tensionale, maggiore è il disturbo. In termini quantitativi, le tabelle che seguono mostrano la classificazione come riportata da De Groot e Sandven (2004) (Doc. rif. [42]).

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

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBNV5400001	B

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

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

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

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

In particolare, si è notato che da un punto di vista geotecnico i materiali presenti nel volume significativo delle due opere e delle rispettive fondazioni possono essere suddivisi nelle seguenti macro-unità. Per quanto riguarda i terreni di fondazione del tombino NV54 si individuano le ghiaie/ghiaie sabbiose mediamente addensate (Unità 6) che costituiscono uno spesso strato superficiale, intercalate localmente da lenti di limi sabbiosi sciolti-mediamente addensati/argille limose tenere-mediamente compatte (Unità 3a-3b). Alla base dello strato ghiaioso si rileva uno strato di limi compatti (Unità 2). Più in profondità, oltre i 15m, si individua la presenza di depositi sabbiosi da mediamente a molto addensati (Unità 4).

Per quanto riguarda i terreni di fondazione del ponte NV54, si individua uno strato superficiale di limi argilloso-ghiaiosi teneri (Unità 3b) di scarsa consistenza, cui segue un'alternanza di terreni incoerenti di natura ghiaiosa (Unità 6) e sabbiosa (Unità 4), fino alle profondità indagate.

Di seguito si riporta una descrizione della situazione stratigrafica dell'area del ponte in oggetto.

- Da p.c. e fino ad una profondità pari a circa 3.0 m sono presenti terreni caratterizzati da limi argilloso-sabbiosi e argille da limose a limoso-torbose (Unità 3b), con valori di SPT bassi ($N_{spt} 2colpi/30cm$), dunque di scarsa consistenza ($PP=50-70kPa$).
- Al di sotto del livello superficiale descritto al punto precedente, e per uno spessore di circa 5.0m si individuano depositi di tipo sabbioso mediamente/molto addensati (Unità 4);
- Al di sotto del livello descritto al punto precedente, e per uno spessore pari a circa 3.5m, sono presenti ghiaie/ghiaie sabbiose (Unità 6) eterometriche, poligeniche;
- A profondità superiori, e per uno spessore pari a circa 3.0m, prevalgono depositi di tipo sabbioso con presenza di clasti ghiaiosi, da mediamente a molto addensati (Unità 4);
- Lo strato di sottofondo è costituito da ghiaie/ghiaie sabbiose eterometriche, poligeniche (Unità 6), fino alle profondità indagate.

Di seguito si riporta una descrizione della situazione stratigrafica dell'area del tombino in oggetto.

- Sotto uno strato superficiale ($s=1.0m$) di limi sabbiosi sciolti-mediamente addensati/debolmente argillosi, che non interessa la fondazione dell'opera, segue uno spessore consistente, pari a circa 12 m, di ghiaie/ghiaie sabbiose (Unità 6) eterometriche, poligeniche, da limose a debolmente limose, talora limoso-argillose, con presenza di ciottoli di diametro da 4-6 a 8-10cm.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBNV5400001	B

- Lo strato sopra individuato vede la presenza di una sottile lente ($s=1.0m$) di terreni di natura limoso sabbiosa debolmente argillosa, poco plastici, con valori di pocket-penetrometer compresi tra 50-80kPa (Unità 3a-3b), ed è impostato su un livello di limi argillosi dell'ordine di 2.5m, in cui si raggiungono valori di pocket-pentrometer, dell'ordine di 100-200kPa (Unità 2).
- A profondità superiori a 15m circa da p.c., prevalgono depositi di tipo sabbioso da mediamente a molto addensati (Unità 4).

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

I terreni incoerenti (Unità 6) sono costituiti da ghiaie/ghiaie sabbiose, da limose a debolmente limose, talora limoso-argillose, con percentuale di materiale a grana fine generalmente inferiore al 20%, e con resistenze penetrometriche NSPT anche superiori a 50 colpi/30 cm. Le ghiaie presentano in generale densità relative $DR = 35\%-60\%$ ed angoli di attrito che si stimano nel range $39^\circ-42^\circ$. In virtù della buona gradazione del materiale, si ritiene di affidarsi di più ai valori di angoli di resistenza al taglio proposti da Schmertmann, che tengono conto della composizione granulometrica del materiale. Per lo strato ghiaioso si stima un modulo di taglio alle piccole deformazioni (G0) compreso tra 100-120 MPa e 250 MPa.

Per quanto riguarda i materiali a grana fine (Unità 2), sono costituiti in prevalenza da argille limose-limi argillosi, con plasticità bassa, secondo la collocazione di questi materiali nella carta di Casagrande. I valori di pocket-penetrometer sono compresi tra 100-200kPa alle profondità maggiori. Si attestano su valori più bassi, dell'ordine di 50-80kPa negli strati più in superficie.

Per le sabbie di sottofondo (Unità 4), i valori di densità relativa risultano generalmente maggiori rispetto a quelli riscontrati per le ghiaie degli strati soprastanti, attestandosi in un range di $DR = 55\%-80\%$. I valori degli angoli di attrito dedotti sono compresi tra 37° e 41° .

Per quanto riguarda gli strati superficiali di limi argilloso-ghiaiosi teneri (Unità 3b), questi presentano valori di SPT bassi, dell'ordine di 2-3 colpi/30cm, quindi scarsa consistenza, con valori di pocket-penetrometer dell'ordine di 50-70kPa.

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

- Sintesi delle analisi granulometriche;
- Limiti di Atterberg e carta di plasticità di Casagrande;
- Resistenza al taglio non drenata dei terreni coesivi;
- Pressione di preconsolidazione dei terreni coesivi;
- Esiti delle prove SPT;
- Densità relativa stimata da prove SPT;
- Angolo di attrito stimato da prove SPT;
- Velocità delle onde di taglio;
- Modulo di taglio alle piccole deformazioni, a partire dai valori stimati di VS.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	11	EI2RBNV5400001
				B

Si presenta di seguito uno stralcio del profilo stratigrafico longitudinale sulla linea, in corrispondenza della progressiva del Tombino NV54.

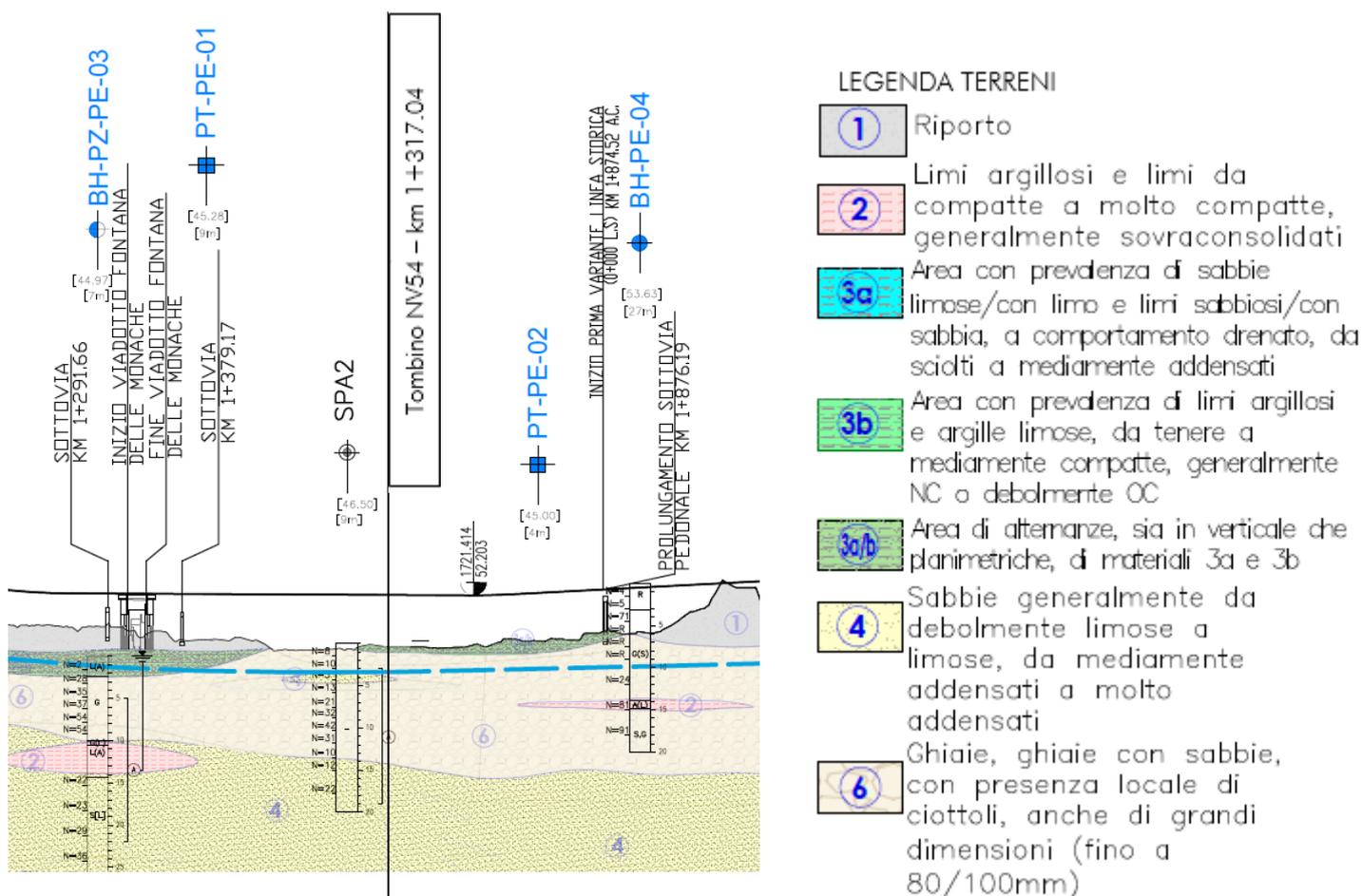


Figura 11: Profilo stratigrafico del tracciato in corrispondenza della progressiva del tombino in esame

Si presenta di seguito il profilo stratigrafico dei terreni in corrispondenza dell'area interessata dal ponte ciclopedonale NV54, elaborato sulla base delle indagini di riferimento. La legenda di riferimento per i terreni è quella riportata nella Figura precedente.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2RBNV5400001</p>	<p>B</p>

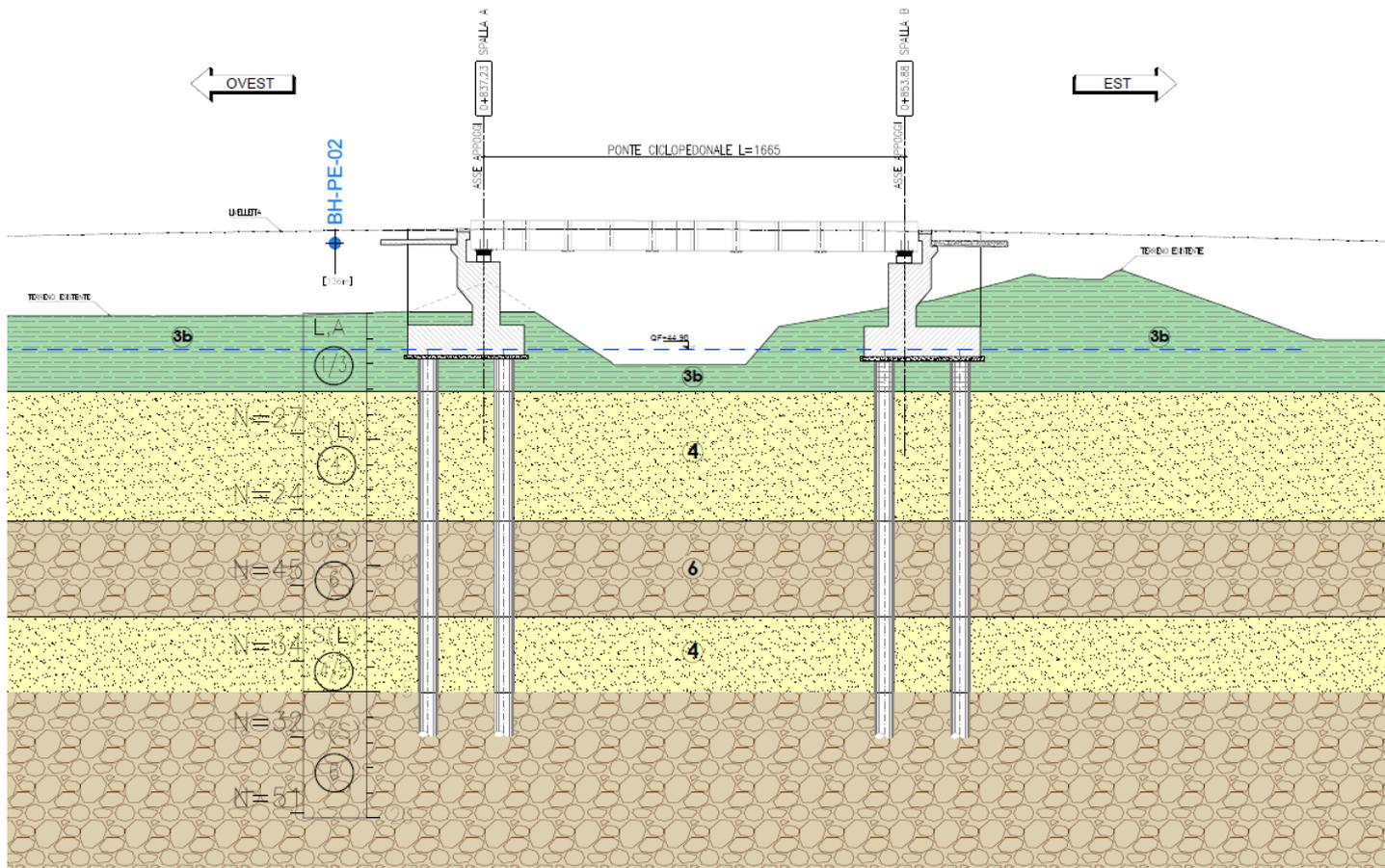


Figura 12: Profilo stratigrafico dei terreni in corrispondenza del ponte in esame

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	11	EI2RBNV5400001	B

6. DATI PIEZOMETRICI

Per quanto concerne la quota di falda registrata, si rimanda alla sintesi delle letture piezometriche eseguite in tutta l'area circostante l'opera nel periodo 2014–2020, riportata nel documento di progetto 'Relazione Geotecnica Generale' (Doc. Rif. [1]): le soggiacenze misurate nei piezometri lungo la tratta in cui ricade l'opera in esame riportano una sostanziale stabilità nelle escursioni stagionali. La differenza di quota massima e minima misurata risulta essere inferiore a 3 m.

Nel prospetto di seguito si fornisce la sintesi di quanto rilevato nel periodo di osservazione della falda 2014-2020, relativamente al piezometro installato in corrispondenza del sondaggio attrezzato di riferimento per le aree in esame, relativo alla Campagna 2014/2015.

Pk	N°	SIGLA	NORD	EST	QUOTA (m slm)	Quota Ass. Max (m slm)	Quota Ass. Min (m slm)	Quota Max	Quota Min
1+575	1	SPA2	5033060.23	1659807.638	46.501	45.28	43.68	1.22	2.82

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

Dettagli piezometro						Data rilievo	Livello freatico	
ID Piezometro	Coordinate			Profondità posa da testa piezometro (m)	Area		Da testa piezometro (m)	Da piano campagna (m)
	EST (UTM WGS 84 F32)	NORD (UTM WGS 84 F32)	QUOTA s.l.m.					
PZ-PE-03 (ASO-VA-VR-002)	45° 26' 01.44"	11° 02' 22.04"	43.158	22	Verona	18/01/21	-0.01	0.12

Per le considerazioni sulla falda di progetto si rimanda al capitolo successivo.

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

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	11	EI2RBNV5400001	B

7. SINTESI DEI PARAMETRI DI CALCOLO

7.1. MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO E CONDIZIONI DI FALDA

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

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

- Unità 2 – Limi argillosi da compatti a molto compatti;
- Unità 3a – Sabbie limose/limi sabbiosi da sciolti a mediamente addensati;
- Unità 3b – Limi argillosi e argille limose da tenere a mediamente compatte;
- Unità 4 – Sabbie da mediamente addensate a molto addensate;
- Unità 6 – Ghiaie/ghiaie sabbiose con presenza locale di ciottoli, da limose a debolmente limose, talora limoso-argillose.

Si definisce il seguente modello geotecnico di riferimento per la progettazione geotecnica delle fondazioni del ponte NV54:

strato	Formazione	Spessore strato			γ (kN/m ³)	ϕ 'k (°)	c'k (kPa)	cuk (kPa)	G0 (MPa)	E' (MPa)
		da	a	s (m)						
1	UG 3b	0.0	3.1	3.1	18-19	-	-	25-60	-	5-10
2	UG 4	3.1	8.2	5.1	19-20	34-37	0	-	150-250	70-200
3	UG 6	8.2	12.0	3.8	19-20	39-42	0	-	120-250	50-200
4	UG 4	12.0	15.0	3.0	19-20	37-41	0	-	250	150-200
5	UG 6	15.0	50.0	35.0	19-20	39-42	0	-	250	150-200

LEGENDA

γ = peso di volume naturale;

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

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

cuk = valore caratteristico della coesione non drenata;

G0 = valore del modulo di taglio iniziale

E' = valore del modulo elastico operativo

Si precisa che la quota di riferimento, a partire dalla quale è definita la successione stratigrafica di cui al prospetto precedente, corrisponde alla quota di bocca foro del sondaggio eseguito in prossimità della spalla (BH-PE-02).

Si individua inoltre di seguito la quota assoluta del livello di falda di progetto assunta per l'opera in esame.

Quota p.c. locale (Livello di riferimento per il modello geotecnico definito)	46.12	m s.l.m.
Quota falda di progetto	44.90	m s.l.m.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	11	EI2RBNV5400001	B

Si definisce il seguente modello geotecnico di riferimento per la progettazione geotecnica delle fondazioni del tombino NV54:

strato	Formazione	Spessore strato			γ (kN/m ³)	ϕ' (°)	c' (kPa)	c _{uk} (kPa)	G ₀ (MPa)	E' (MPa)
		da	a	s (m)						
1	UG 3a/b	0.0	1.0	1.0	18-19	26-32	-	25-60	-	5-15
2	UG 6	1.0	3.5	2.5	19-20	36-39	0	-	100-120	40-50
3	UG 3a/b	3.5	4.5	1.0	18-19	0	-	25-60		5-15
4	UG 6	4.5	12.5	8.0	19-20	39-42	0	-	120-250	50-200
5	UG 2	12.5	15.0	2.5	19-20	0	-	60-80		10-15
6	UG 4	15.0	30.0	15.0	19-20	37-41	0	-	250	150-200

LEGENDA

γ = peso di volume naturale;

ϕ' = valore caratteristico dell'angolo di attrito;

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

c_{uk} = valore caratteristico della coesione non drenata;

G₀ = valore del modulo di taglio iniziale

E' = valore del modulo elastico operativo

Si precisa che la quota di riferimento, a partire dalla quale è definita la successione stratigrafica di cui al prospetto precedente, corrisponde al livello del p.c. locale intercettato sulla linea in corrispondenza della progressiva dell'opera, alla quota assoluta riportata di seguito.

Si individua inoltre di seguito la quota assoluta del livello di falda di progetto assunta per l'opera in esame.

Quota p.c. locale sulla linea – PK opera (Livello di riferimento per il modello geotecnico definito)	46.1	m s.l.m.
Quota falda di progetto	43.1	m s.l.m.

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifia EI2RBNV5400001	B

8. PROBLEMATICHE DI LIQUEFAZIONE

Nell'area del ponte NV54 in oggetto, le indagini a disposizione confermano l'assenza di situazioni potenzialmente critiche, relativamente alla suscettibilità alla liquefazione dei terreni. Si faccia riferimento in particolar modo agli esiti del sondaggio BH-PE-02 eseguito in prossimità dell'opera.

Per quanto riguarda le analisi relative al sondaggio SPA2, il più vicino al tombino NV54, si individua localmente la presenza di punti con $FL < 1.25$, in corrispondenza della parte superficiale della formazione sabbiosa UG4, senza tuttavia una continuità laterale rilevante del fenomeno. Ai fini del dimensionamento geotecnico del tombino, considerata la profondità di tali punti, il fenomeno non è influente.

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

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

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

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

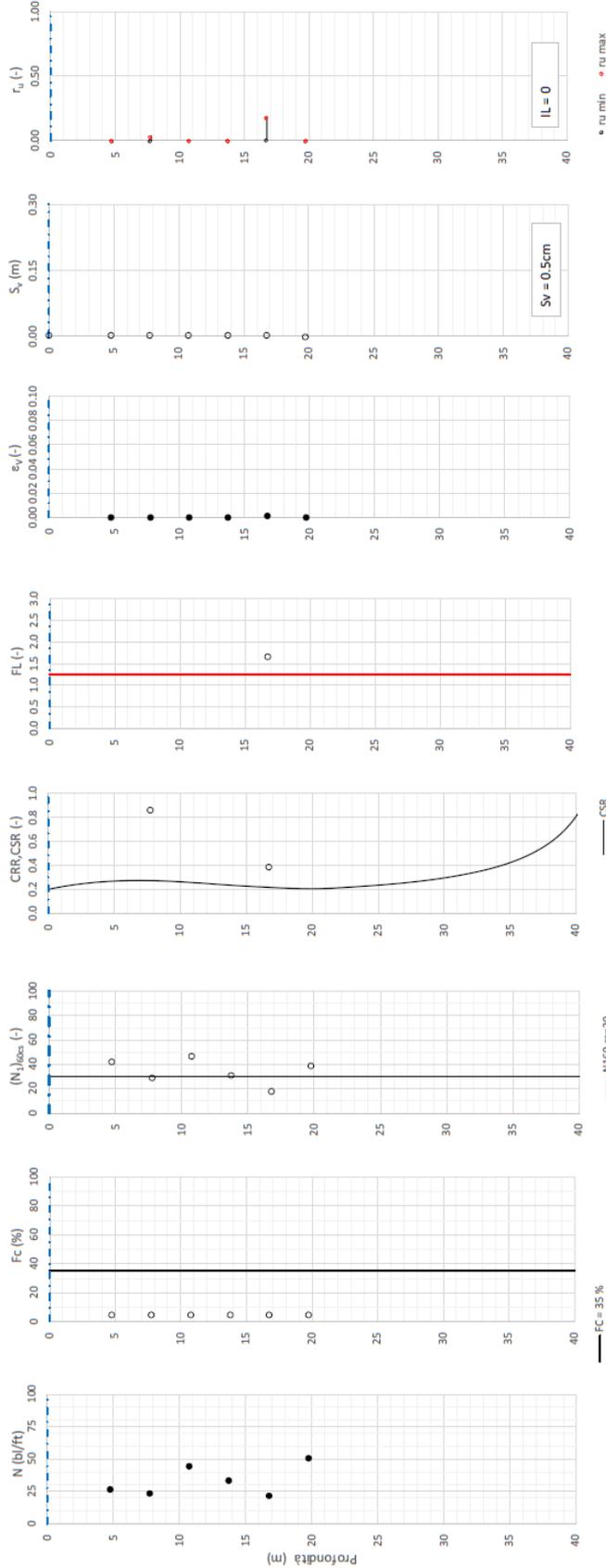
In questo contesto, il problema principale che si pone in fase di progettazione è valutare la stabilità del sito di progetto rispetto al fenomeno della liquefazione quando il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine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

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

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

	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	11	EI2RBNV5400001	B

Tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 1 - Prova BH-PE-02 Pr. 1+150
 $a_{max} = 0.317g$ $M_{calc} = 6$ $MSF = 2$ Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001
 Altezza rilevato = 4m

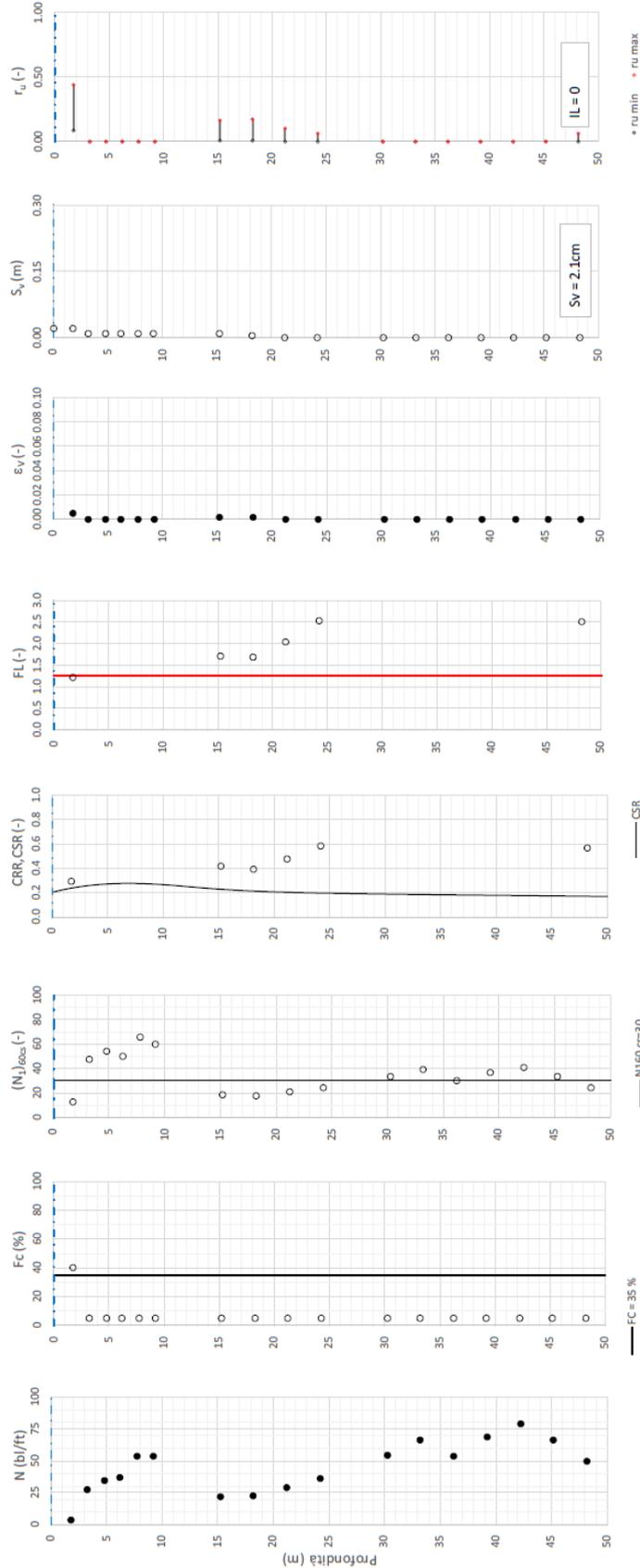


● Dati misurati in sito o calcolati sulla base di misure dirette
 ○ Dati basati sulla stima di valori tipici per lo strato

Foglio verifica a quotazione Napoli v. 1.02

	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	11	EI2RBNV5400001	B

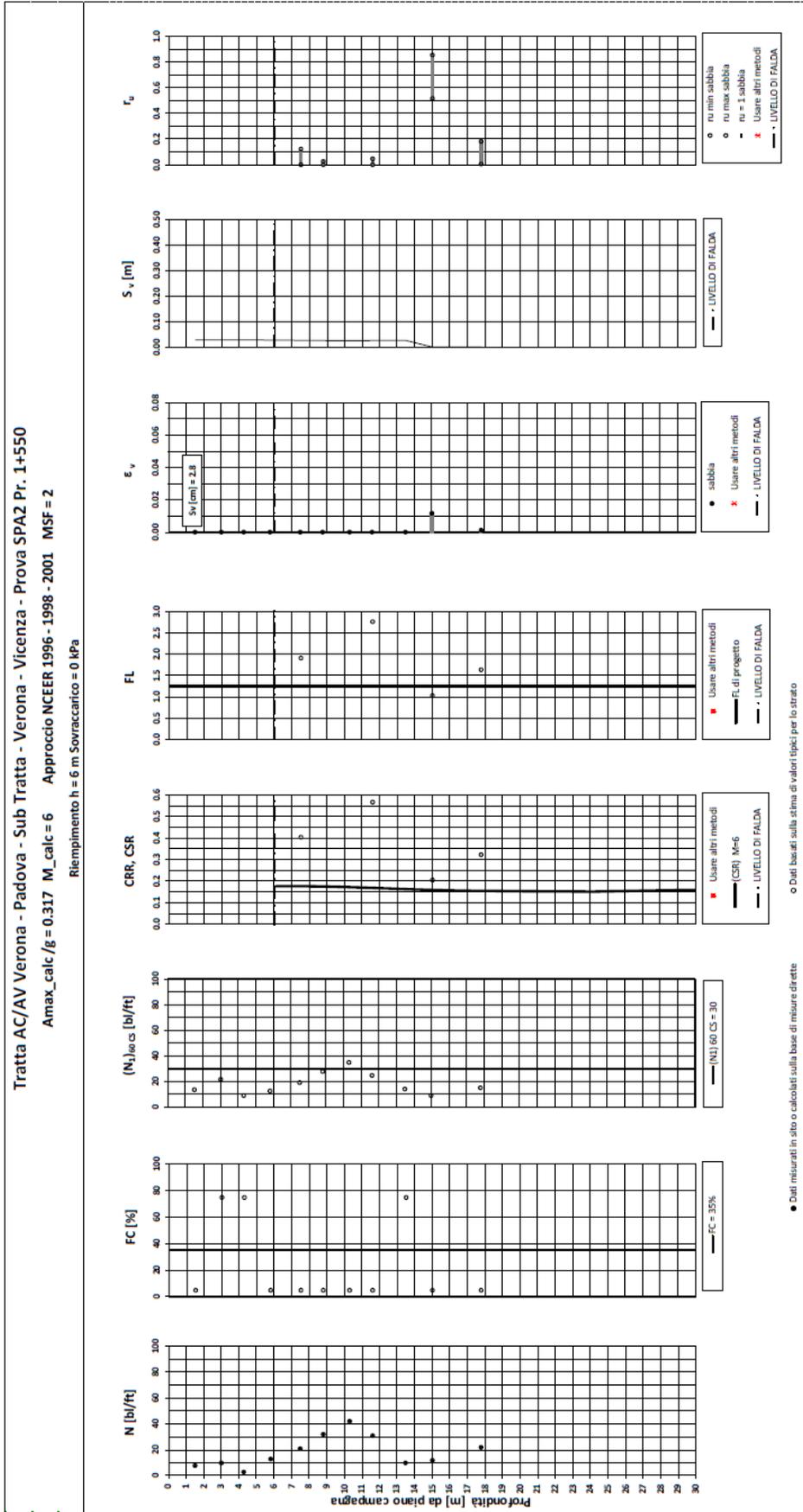
T tratta AC/AV Verona-Padova - Sub Tratta Verona-Vicenza - Lotto 1 - Prova BH-PE-03 Pr. 1-320
 $a_{max} = 0.317g$ $M_{calc} = 6$ MSF = 2 Metodo NCEER 1996 - 1998 - 2001
 Altezza rilevato = 4m



FC = 35 %
 N160 cr=30
 CSR
 • Dati misurati in sito o calcolati sulla base di misure dirette
 ○ Dati basati sulla stima di valori tipici per lo strato

• ru min • ru max
 IL = 0
 Sv = 2.1cm
 Foglio verifica a liquidazione N. 101 v. 1.02

	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	11	EI2RBNV5400001	B



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBNV5400001	B

9. RISPOSTA SISMICA LOCALE

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

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

dove:

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

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

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

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

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

- Nel tratto S1 (da Prog. 0+000 a 4+000) si osserva una sostanziale differenza tra le V_s da misure geofisiche di tipo MASW e downhole, sempre superiori a 300 m/s ed i dati corrispondenti ottenuti da correlazioni (variabili tra 200 e 300 m/s). Considerando la litologia, dominata da ghiaie grossolane, sembra ragionevole considerare un profilo di riferimento a crescere nei primi 15 m anche se con valori inferiori rispetto ai massimi misurati da due delle tre prove geofisiche (DH-PE-06 e MASW-PE-01), per poi calare leggermente nella porzione stratigrafica dominata da sabbie fini frammentate ad argille limose con sabbia (V_s nell'intorno dei 360 m/s), a crescere a profondità maggiori entrando nelle sabbie fini medie.

Sulla base della definizione del profilo V_s di riferimento, si individuano i seguenti valori del parametro $v_{s,30}$ relativamente alla tratta in cui ricade l'opera in esame.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	11	EI2RBNV5400001	B

Tratto	Punto di interesse iniziale e finale (Tabella 1).	Prog.		WBS di riferimento	Vs,30 m/s
		da	a		
S1	P1-P3	0+000	4+000	R01, R01A, R02, RI03, RI04, RI05, VI19, RI06, RI07, RI08, RI09, RI10	355

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

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

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

$$S = S_s \cdot S_T$$

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBNV5400001	B

10. PALI DI FONDAZIONE PONTE NV54

10.1. INTRODUZIONE

La progettazione dell'opera in esame (ponte ciclopedonale NV54) prevede la necessità di adozione di fondazioni profonde, realizzate mediante l'utilizzo di pali trivellati di grande diametro. In particolare, si sfruttano per le fondazioni dell'opera in esame pali di diametro $\Phi 800$.

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.

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

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

SLU di tipo geotecnico (GEO):

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	11	EI2RBNV5400001	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 13: 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 14: 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 15: 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 16: Valori dei coefficienti parziali per le resistenze caratteristiche di pali soggetti a carichi trasversali – Tabella 6.4.VI del DM 14.1.2008

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBNV5400001	B

10.2.1. Carico limite della palificata 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 17: Fattori di correlazione x 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.1 verticale di riferimento (BH-PE-02).

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

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

dove:

Q_{ll} = portata laterale limite,

Q_{bl} = portata di base limite,

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

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

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

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

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

dove:

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBNV5400001	B

Portata laterale

La portata laterale limite viene valutata con la seguente relazione:

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

dove:

D = diametro palo,

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

h_i = altezza dello strato i-esimo.

Depositi coesivi

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Depositi incoerenti

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBNV5400001	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 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBNV5400001	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):

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

Terreni stratificati

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

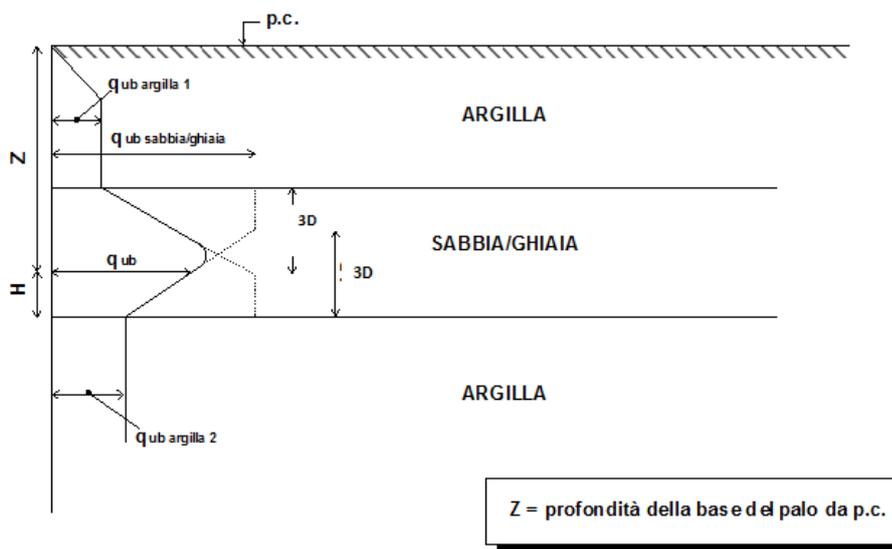


Figura 18: Criterio di valutazione della pressione ultima di base (q_{ub}) in terreni stratificati

Presenza di strati liquefacibili

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBNV5400001	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 palo $\Phi 800$, soggetto a compressione e trazione, in condizioni statiche e sismiche.

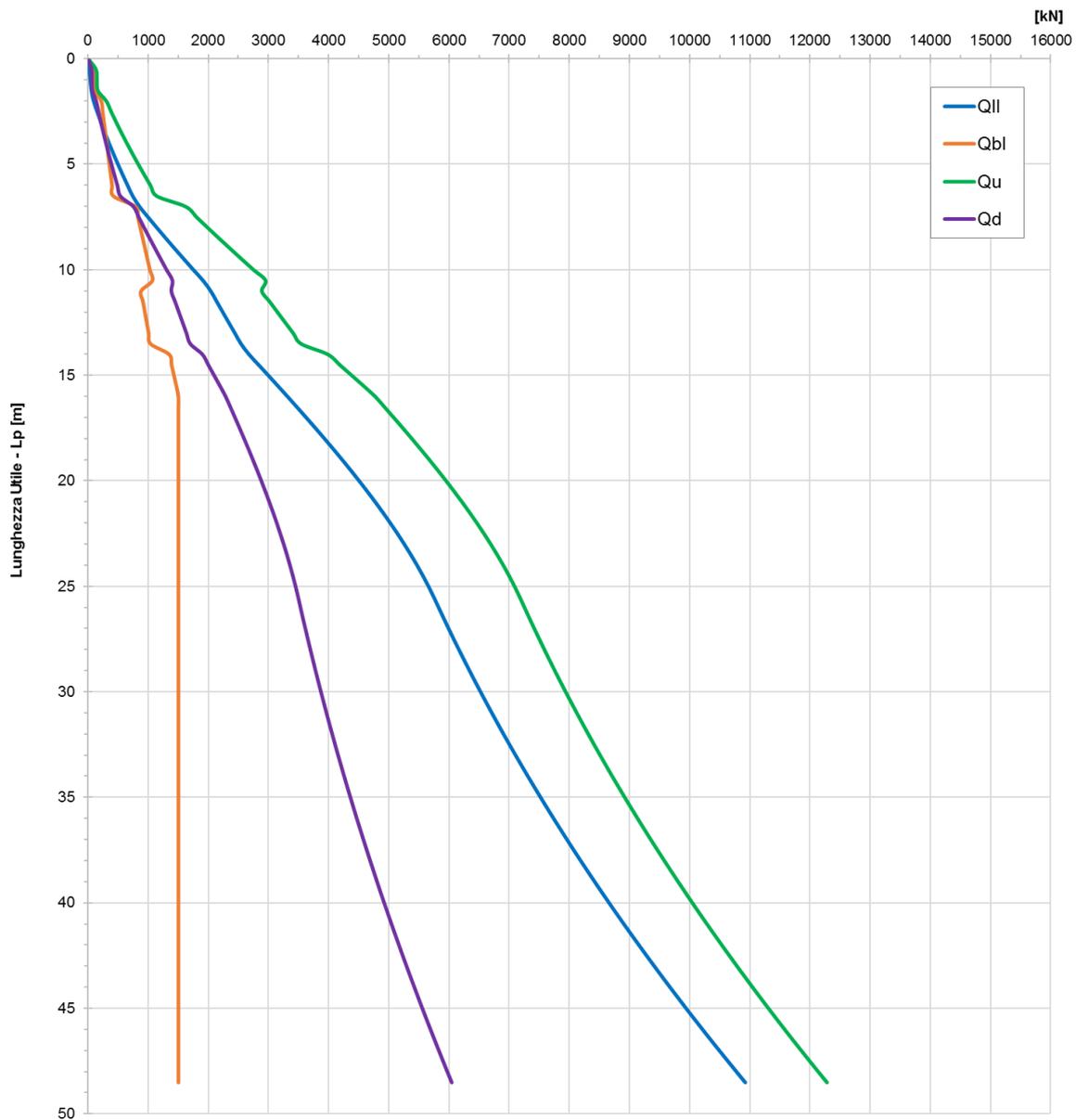
Si precisa che, in accordo con quanto riportato nelle formulazioni esplicitate nei paragrafi precedenti, le curve individuate tengono conto anche del peso del palo, secondo le modalità indicate. Nella condizione di palo soggetto a compressione è stato assunto come carico permanente sfavorevole, mentre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

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

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

	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	11	EI2RBNV5400001	B

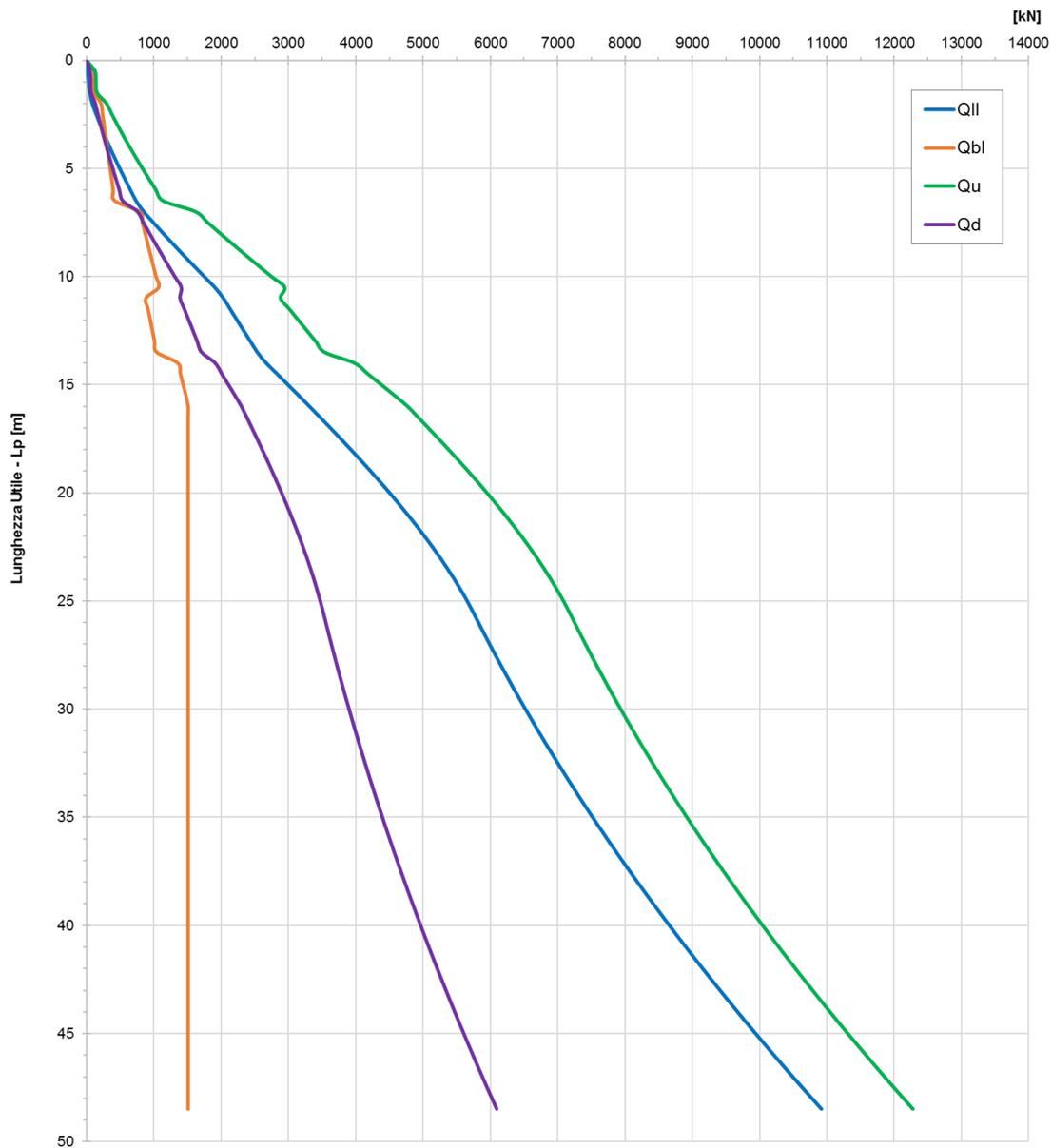
**NV54 - pk 1145 - A1+M1+R3 - CARICO LIMITE PALO - D = 0.8m -
Compressione**





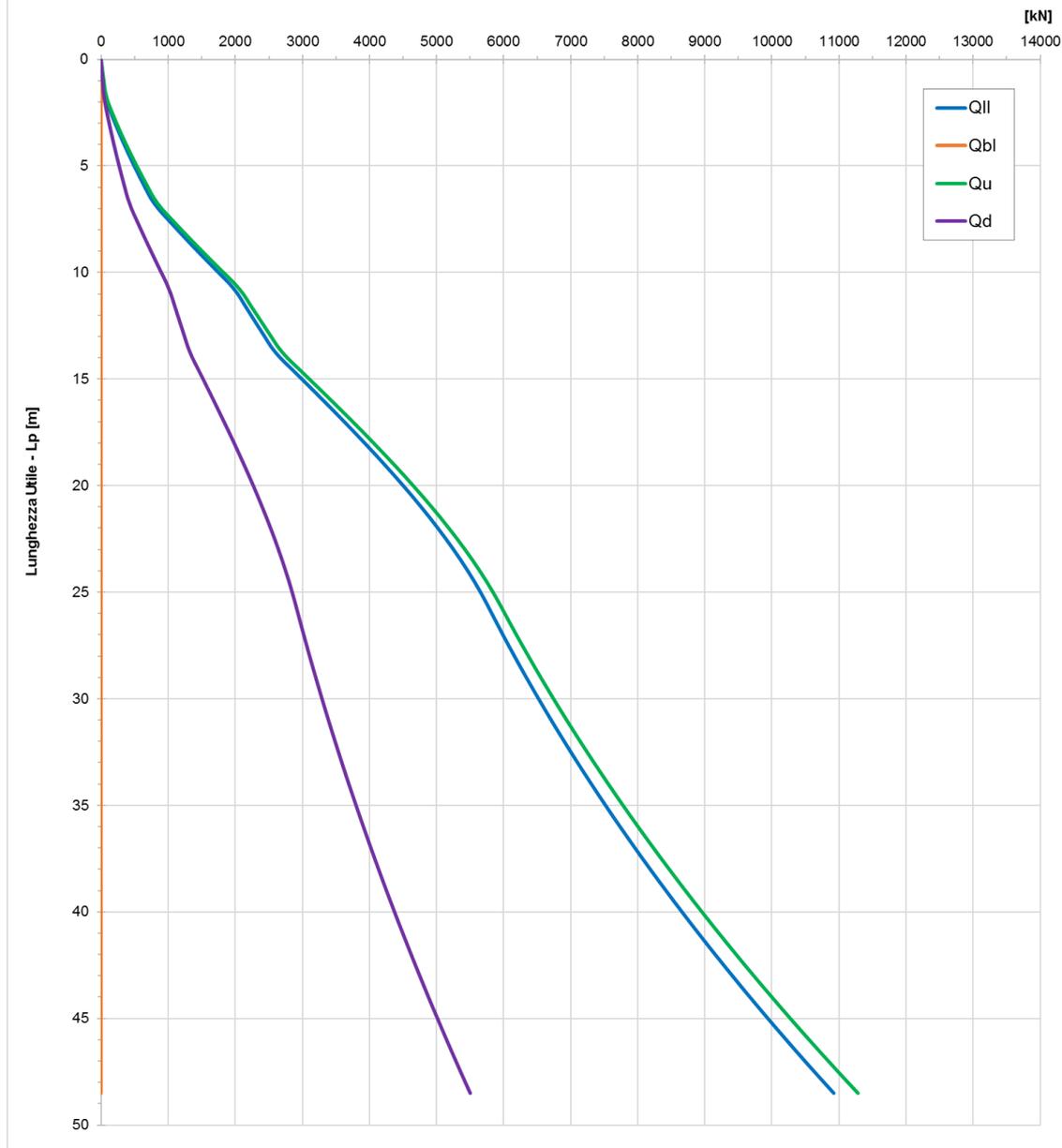
	Progetto	Lotto	Codifia	
	IN17	11	EI2RBNV5400001	B

**NV54 - pk 1145 - A1+M1+R3 - CARICO LIMITE PALO - D = 0.8m -
Compressione in sisma**



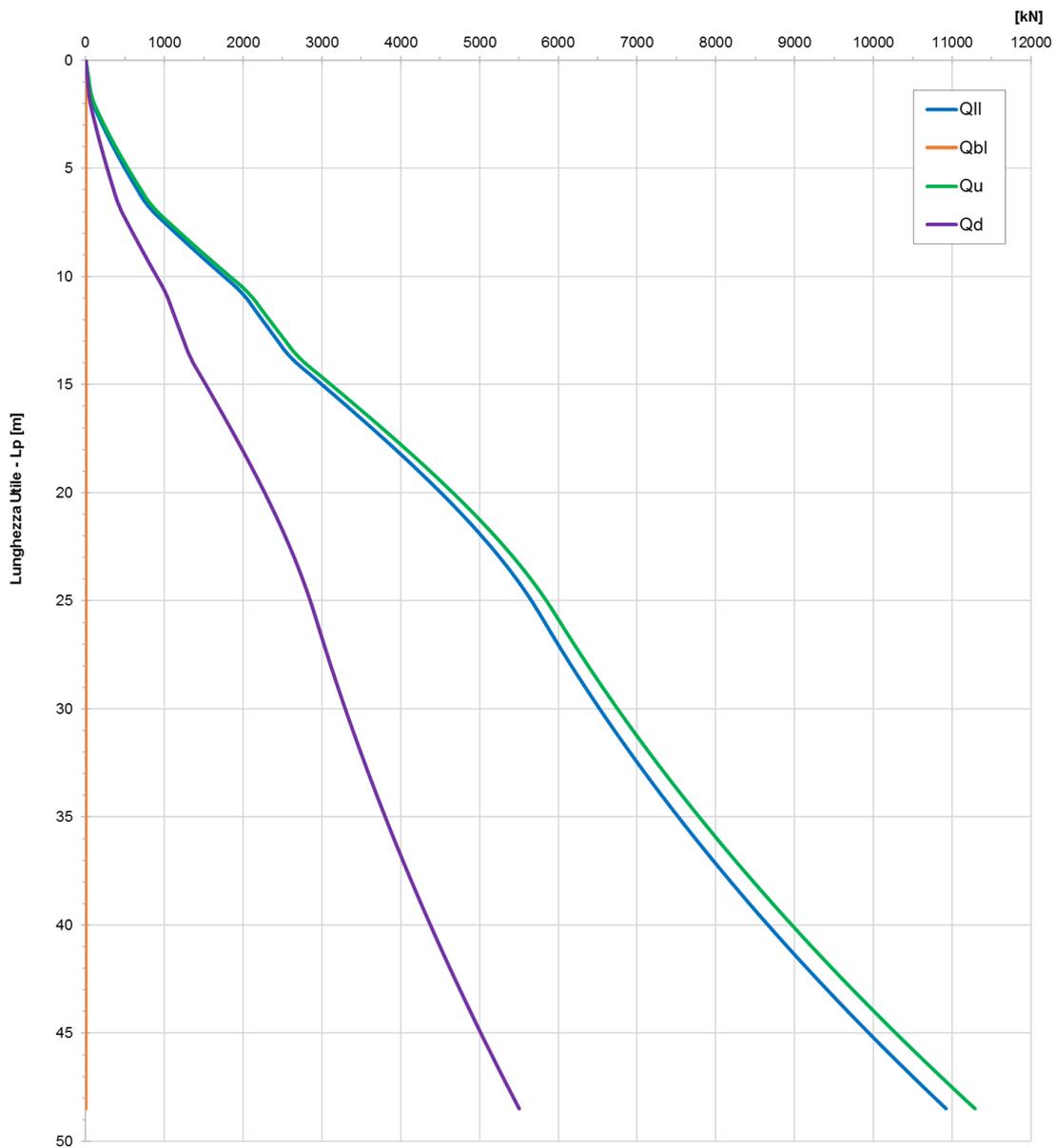
	Progetto	Lotto	Codifia	
	IN17	11	EI2RBNV5400001	B

NV54 - pk 1145 - A1+M1+R3 - CARICO LIMITE PALO - D = 0.8m - Trazione



	Progetto	Lotto	Codifia	
	IN17	11	EI2RBNV5400001	B

NV54 - pk 1145 - A1+M1+R3 - CARICO LIMITE PALO - D = 0.8m - Trazione in sisma



	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	11	EI2RBNV5400001	B

Tabella 8 – Carico limite palo $\Phi 800$ PONTE NV54 Approccio 2 – Compressione

WBS	Opera	NV54
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.	1.50 m
zp	Quota testa palo rispetto al p.c.	1.50 m
FSL	Fattore di sicurezza per la portata laterale ($\xi \cdot \gamma_s$)	1.96
FSB	Fattore di sicurezza per la portata di base ($\xi \cdot \gamma_b$)	2.30

z da p.c.	Lp	β	σ_v	u	σ'_v	τ_i	τ_{media}	τ_{lim}	Qll	Qll/FSL	Nq*	qblim_incoer.	qbl	Qbl	Qbl/FSB	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	9.0	0.00	9.0	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
1.0	-	0.00	18.0	0.00	18.0	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
1.5	0.0	0.00	27.0	0.00	27.0	0.0	0.0	100	0	0	-		0	0	0	0	0	0
2.0	0.5	0.00	36.0	5.00	31.0	13.8	13.8	100	17	9	-		225	113	49	2	129	56
2.5	1.0	0.00	45.0	10.00	35.0	13.8	13.8	100	35	18	-		225	113	49	4	144	62
3.0	1.5	0.00	54.0	15.00	39.0	13.8	13.8	100	52	27	-		225	113	49	5	160	69
3.5	2.0	1.04	63.4	20.00	43.4	45.2	29.5	150	89	45	10	1875	433	218	95	6	301	132
4.0	2.5	1.01	72.9	25.00	47.9	48.4	46.8	150	148	76	10	1875	478	240	105	8	380	170
4.5	3.0	0.98	82.4	30.00	52.4	51.4	49.9	150	210	108	10	1875	523	263	115	9	464	210
5.0	3.5	0.95	91.9	35.00	56.9	54.2	52.8	150	277	141	10	1875	568	285	124	11	551	252
5.5	4.0	0.93	101.4	40.00	61.4	56.8	55.5	150	346	177	10	1875	613	308	134	12	642	295
6.0	4.5	0.90	110.9	45.00	65.9	59.3	58.1	150	419	214	10	1875	658	331	144	14	736	340
6.5	5.0	0.88	120.4	50.00	70.4	61.6	60.5	150	495	253	10	1875	703	353	154	15	833	387
7.0	5.5	0.85	129.9	55.00	74.9	63.8	62.7	150	574	294	10	1875	748	376	164	17	933	435
7.5	6.0	0.83	139.4	60.00	79.4	65.8	64.8	150	655	335	10	1875	793	398	174	18	1036	484
8.0	6.5	0.81	148.9	65.00	83.9	67.7	66.8	150	739	378	10	1875	838	421	183	20	1140	535
8.5	7.0	1.27	158.4	70.00	88.4	112.1	89.9	150	852	436	18	2625	1572	790	344	21	1621	751
9.0	7.5	1.24	167.9	75.00	92.9	114.8	113.5	150	995	509	18	2625	1652	830	362	23	1802	840
9.5	8.0	1.20	177.4	80.00	97.4	117.3	116.1	150	1140	583	18	2625	1732	870	379	24	1986	930
10.0	8.5	1.17	186.9	85.00	101.9	119.6	118.4	150	1289	659	18	2625	1812	910	397	26	2174	1021
10.5	9.0	1.14	196.4	90.00	106.4	121.6	120.6	150	1441	737	18	2625	1892	951	414	27	2364	1114
11.0	9.5	1.11	205.9	95.00	110.9	123.3	122.4	150	1594	816	18	2625	1972	991	432	29	2557	1209
11.5	10.0	1.08	215.4	100.00	115.4	124.9	124.1	150	1750	895	18	2625	2052	1031	449	30	2751	1304
12.0	10.5	1.05	224.9	105.00	119.9	126.2	125.5	150	1908	976	18	2625	2132	1071	467	32	2947	1400
12.5	11.0	0.63	234.4	110.00	124.4	78.8	102.5	150	2037	1042	14	2550	1756	882	384	33	2886	1381
13.0	11.5	0.62	243.9	115.00	128.9	79.5	79.2	150	2136	1093	14	2550	1820	914	398	35	3016	1444
13.5	12.0	0.60	253.4	120.00	133.4	80.0	79.7	150	2236	1144	14	2550	1883	946	412	36	3146	1507
14.0	12.5	0.58	262.9	125.00	137.9	80.4	80.2	150	2337	1195	14	2550	1947	978	426	38	3277	1571
14.5	13.0	0.57	272.4	130.00	142.4	80.8	80.6	150	2438	1247	14	2550	2010	1010	440	39	3409	1634
15.0	13.5	0.55	281.9	135.00	146.9	81.0	80.9	150	2540	1299	14	2550	2074	1042	454	41	3541	1698
15.5	14.0	0.85	291.4	140.00	151.4	128.9	105.0	150	2672	1367	18	3000	2692	1353	589	42	3982	1899
16.0	14.5	0.82	300.9	145.00	155.9	128.5	128.7	150	2833	1449	18	3000	2772	1393	607	44	4182	1997
16.5	15.0	0.80	310.4	150.00	160.4	127.8	128.1	150	2994	1532	18	3000	2852	1433	624	45	4382	2095
17.0	15.5	0.77	319.9	155.00	164.9	126.9	127.3	150	3154	1613	18	3000	2932	1473	642	47	4581	2192
17.5	16.0	0.74	329.4	160.00	169.4	125.7	126.3	150	3313	1694	18	3000	3000	1507	657	48	4772	2286
18.0	16.5	0.72	338.9	165.00	173.9	124.4	125.1	150	3470	1775	18	3000	3000	1507	657	50	4927	2364

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



										Progetto	Lotto	Codifica				
										IN17	11	EI2RBNV5400001				B

18.5	17.0	0.69	348.4	170.00	178.4	122.9	123.6	150	3625	1854	18	3000	3000	1507	657	51	5081	2442
19.0	17.5	0.66	357.9	175.00	182.9	121.1	122.0	150	3778	1933	18	3000	3000	1507	657	53	5233	2518
19.5	18.0	0.64	367.4	180.00	187.4	119.2	120.1	150	3929	2010	18	3000	3000	1507	657	54	5382	2593
20.0	18.5	0.61	376.9	185.00	191.9	117.0	118.1	150	4078	2086	18	3000	3000	1507	657	56	5529	2667
20.5	19.0	0.58	386.4	190.00	196.4	114.7	115.8	150	4223	2160	18	3000	3000	1507	657	57	5673	2740
21.0	19.5	0.56	395.9	195.00	200.9	112.1	113.4	150	4365	2233	18	3000	3000	1507	657	59	5814	2810
21.5	20.0	0.53	405.4	200.00	205.4	109.3	110.7	150	4504	2304	18	3000	3000	1507	657	60	5951	2879
22.0	20.5	0.51	414.9	205.00	209.9	106.4	107.8	150	4640	2373	18	3000	3000	1507	657	62	6085	2947
22.5	21.0	0.48	424.4	210.00	214.4	103.2	104.8	150	4772	2441	18	3000	3000	1507	657	63	6215	3012
23.0	21.5	0.46	433.9	215.00	218.9	99.8	101.5	150	4899	2506	18	3000	3000	1507	657	65	6341	3075
23.5	22.0	0.43	443.4	220.00	223.4	96.3	98.1	150	5022	2569	18	3000	3000	1507	657	66	6463	3136
24.0	22.5	0.41	452.9	225.00	227.9	92.5	94.4	150	5141	2630	18	3000	3000	1507	657	68	6580	3195
24.5	23.0	0.38	462.4	230.00	232.4	88.6	90.6	150	5255	2688	18	3000	3000	1507	657	69	6692	3251
25.0	23.5	0.36	471.9	235.00	236.9	84.5	86.5	150	5363	2743	18	3000	3000	1507	657	71	6800	3304
25.5	24.0	0.33	481.4	240.00	241.4	80.1	82.3	150	5467	2796	18	3000	3000	1507	657	72	6901	3355
26.0	24.5	0.31	490.9	245.00	245.9	75.6	77.9	150	5564	2846	18	3000	3000	1507	657	74	6998	3403
26.5	25.0	0.28	500.4	250.00	250.4	70.9	73.2	150	5656	2893	18	3000	3000	1507	657	75	7088	3448
27.0	25.5	0.26	509.9	255.00	254.9	66.0	68.4	150	5742	2937	18	3000	3000	1507	657	77	7173	3490
27.5	26.0	0.25	519.4	260.00	259.4	64.9	65.4	150	5824	2979	18	3000	3000	1507	657	78	7253	3530
28.0	26.5	0.25	528.9	265.00	263.9	66.0	65.4	150	5907	3021	18	3000	3000	1507	657	80	7334	3570
28.5	27.0	0.25	538.4	270.00	268.4	67.1	67	150	5990	3064	18	3000	3000	1507	657	81	7416	3611
29.0	27.5	0.25	547.9	275.00	272.9	68.2	68	150	6075	3107	18	3000	3000	1507	657	83	7499	3652
29.5	28.0	0.25	557.4	280.00	277.4	69.4	69	150	6162	3152	18	3000	3000	1507	657	84	7584	3694
30.0	28.5	0.25	566.9	285.00	281.9	70.5	70	150	6249	3197	18	3000	3000	1507	657	86	7671	3737
30.5	29.0	0.25	576.4	290.00	286.4	71.6	71	150	6339	3242	18	3000	3000	1507	657	87	7758	3781
31.0	29.5	0.25	585.9	295.00	290.9	72.7	72	150	6429	3289	18	3000	3000	1507	657	89	7847	3825
31.5	30.0	0.25	595.4	300.00	295.4	73.9	73	150	6521	3336	18	3000	3000	1507	657	90	7938	3870
32.0	30.5	0.25	604.9	305.00	299.9	75.0	74	150	6615	3383	18	3000	3000	1507	657	92	8030	3916
32.5	31.0	0.25	614.4	310.00	304.4	76.1	76	150	6710	3432	18	3000	3000	1507	657	93	8123	3963
33.0	31.5	0.25	623.9	315.00	308.9	77.2	77	150	6806	3481	18	3000	3000	1507	657	95	8218	4010
33.5	32.0	0.25	633.4	320.00	313.4	78.4	78	150	6904	3531	18	3000	3000	1507	657	96	8314	4058
34.0	32.5	0.25	642.9	325.00	317.9	79.5	79	150	7003	3582	18	3000	3000	1507	657	98	8412	4106
34.5	33.0	0.25	652.4	330.00	322.4	80.6	80	150	7103	3633	18	3000	3000	1507	657	99	8511	4156
35.0	33.5	0.25	661.9	335.00	326.9	81.7	81	150	7205	3686	18	3000	3000	1507	657	101	8611	4206
35.5	34.0	0.25	671.4	340.00	331.4	82.9	82	150	7309	3738	18	3000	3000	1507	657	102	8713	4257
36.0	34.5	0.25	680.9	345.00	335.9	84.0	83	150	7413	3792	18	3000	3000	1507	657	104	8816	4308
36.5	35.0	0.25	690.4	350.00	340.4	85.1	85	150	7519	3846	18	3000	3000	1507	657	106	8921	4361
37.0	35.5	0.25	699.9	355.00	344.9	86.2	86	150	7627	3901	18	3000	3000	1507	657	107	9027	4414
37.5	36.0	0.25	709.4	360.00	349.4	87.4	87	150	7736	3957	18	3000	3000	1507	657	109	9135	4467
38.0	36.5	0.25	718.9	365.00	353.9	88.5	88	150	7846	4014	18	3000	3000	1507	657	110	9244	4522
38.5	37.0	0.25	728.4	370.00	358.4	89.6	89	150	7958	4071	18	3000	3000	1507	657	112	9354	4577
39.0	37.5	0.25	737.9	375.00	362.9	90.7	90	150	8072	4129	18	3000	3000	1507	657	113	9466	4633
39.5	38.0	0.25	747.4	380.00	367.4	91.9	91	150	8186	4187	18	3000	3000	1507	657	115	9579	4689
40.0	38.5	0.25	756.9	385.00	371.9	93.0	92	150	8302	4247	18	3000	3000	1507	657	116	9693	4747
40.5	39.0	0.25	766.4	390.00	376.4	94.1	94	150	8420	4307	18	3000	3000	1507	657	118	9809	4805
41.0	39.5	0.25	775.9	395.00	380.9	95.2	95	150	8539	4368	18	3000	3000	1507	657	119	9927	4864
41.5	40.0	0.25	785.4	400.00	385.4	96.4	96	150	8659	4429	18	3000	3000	1507	657	121	10046	4923
42.0	40.5	0.25	794.9	405.00	389.9	97.5	97	150	8781	4491	18	3000	3000	1507	657	122	10166	4983
42.5	41.0	0.25	804.4	410.00	394.4	98.6	98	150	8904	4554	18	3000	3000	1507	657	124	10287	5044
43.0	41.5	0.25	813.9	415.00	398.9	99.7	99	150	9028	4618	18	3000	3000	1507	657	125	10410	5106
43.5	42.0	0.25	823.4	420.00	403.4	100.9	100	150	9154	4683	18	3000	3000	1507	657	127	10535	5168
44.0	42.5	0.25	832.9	425.00	407.9	102.0	101	150	9282	4748	18	3000	3000	1507	657	128	10661	5231

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifia	
	IN17	11	EI2RBNV5400001	B

44.5	43.0	0.25	842.4	430.00	412.4	103.1	103	150	9411	4814	18	3000	3000	1507	657	130	10788	5295
45.0	43.5	0.25	851.9	435.00	416.9	104.2	104	150	9541	4880	18	3000	3000	1507	657	131	10917	5360
45.5	44.0	0.25	861.4	440.00	421.4	105.4	105	150	9672	4947	18	3000	3000	1507	657	133	11047	5425
46.0	44.5	0.25	870.9	445.00	425.9	106.5	106	150	9805	5016	18	3000	3000	1507	657	134	11178	5491
46.5	45.0	0.25	880.4	450.00	430.4	107.6	107	150	9940	5084	18	3000	3000	1507	657	136	11311	5558
47.0	45.5	0.25	889.9	455.00	434.9	108.7	108	150	10076	5154	18	3000	3000	1507	657	137	11446	5625
47.5	46.0	0.25	899.4	460.00	439.4	109.9	109	150	10213	5224	18	3000	3000	1507	657	139	11581	5694
48.0	46.5	0.25	908.9	465.00	443.9	111.0	110	150	10352	5295	18	3000	3000	1507	657	140	11719	5762
48.5	47.0	0.25	918.4	470.00	448.4	112.1	112	150	10492	5367	18	3000	3000	1507	657	142	11857	5832
49.0	47.5	0.25	927.9	475.00	452.9	113.2	113	150	10633	5439	18	3000	3000	1507	657	143	11997	5902
49.5	48.0	0.25	937.4	480.00	457.4	114.4	114	150	10776	5512	18	3000	3000	1507	657	145	12139	5973
50.0	48.5	0.25	946.9	485.00	461.9	115.5	115	150	10920	5586	18	3000	3000	1507	657	146	12281	6045

Progetto

Lotto

Codifica

IN17

11

EI2RBNV5400001

B

Tabella 9 – Carico limite palo $\Phi 800$ PONTE NV54 Approccio 2 – Compressione in sisma

WBS	Opera	NV54
D	Diametro palo	0.80 m
Ap	Area base palo	0.50 mq
s	Superficie laterale del palo	2.51
zw	Profondità della falda dal p.c.	1.50
zp	Quota testa palo rispetto al p.c.	1.50
FSL	Fattore di sicurezza per la portata laterale ($\xi \cdot \gamma_s$)	1.96
FSB	Fattore di sicurezza per la portata di base ($\xi \cdot \gamma_b$)	2.30

z da p.c.	Lp	β	σ_v	u	σ'_v	τ_i	τ_{media}	τ_{lim}	Qll	Qll/FSL	Nq*	qblim_incoer.	qbl	Qbl	Qbl/FSB	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	9.0	0.00	9.0	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
1.0	-	0.00	18.0	0.00	18.0	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
1.5	0.0	0.00	27.0	0.00	27.0	0.0	0.0	100	0	0	-		0	0	0	0	0	0
2.0	0.5	0.00	36.0	5.00	31.0	13.8	13.8	100	17	9	-		225	113	49	2	129	56
2.5	1.0	0.00	45.0	10.00	35.0	13.8	13.8	100	35	18	-		225	113	49	4	144	63
3.0	1.5	0.00	54.0	15.00	39.0	13.8	13.8	100	52	27	-		225	113	49	5	160	70
3.5	2.0	1.04	63.4	20.00	43.4	45.2	29.5	150	89	45	10	1875	433	218	95	6	301	134
4.0	2.5	1.01	72.9	25.00	47.9	48.4	46.8	150	148	76	10	1875	478	240	105	8	380	173
4.5	3.0	0.98	82.4	30.00	52.4	51.4	49.9	150	210	108	10	1875	523	263	115	9	464	213
5.0	3.5	0.95	91.9	35.00	56.9	54.2	52.8	150	277	141	10	1875	568	285	124	11	551	255
5.5	4.0	0.93	101.4	40.00	61.4	56.8	55.5	150	346	177	10	1875	613	308	134	12	642	299
6.0	4.5	0.90	110.9	45.00	65.9	59.3	58.1	150	419	214	10	1875	658	331	144	14	736	345
6.5	5.0	0.88	120.4	50.00	70.4	61.6	60.5	150	495	253	10	1875	703	353	154	15	833	392
7.0	5.5	0.85	129.9	55.00	74.9	63.8	62.7	150	574	294	10	1875	748	376	164	17	933	441
7.5	6.0	0.83	139.4	60.00	79.4	65.8	64.8	150	655	335	10	1875	793	398	174	18	1036	491
8.0	6.5	0.81	148.9	65.00	83.9	67.7	66.8	150	739	378	10	1875	838	421	183	20	1140	542
8.5	7.0	1.27	158.4	70.00	88.4	112.1	89.9	150	852	436	18	3375	1572	790	344	21	1621	759
9.0	7.5	1.24	167.9	75.00	92.9	114.8	113.5	150	995	509	18	3375	1652	830	362	23	1802	848
9.5	8.0	1.20	177.4	80.00	97.4	117.3	116.1	150	1140	583	18	3375	1732	870	379	24	1986	938
10.0	8.5	1.17	186.9	85.00	101.9	119.6	118.4	150	1289	659	18	3375	1812	910	397	26	2174	1030
10.5	9.0	1.14	196.4	90.00	106.4	121.6	120.6	150	1441	737	18	3375	1892	951	414	27	2364	1124
11.0	9.5	1.11	205.9	95.00	110.9	123.3	122.4	150	1594	816	18	3375	1972	991	432	29	2557	1219
11.5	10.0	1.08	215.4	100.00	115.4	124.9	124.1	150	1750	895	18	3375	2052	1031	449	30	2751	1314
12.0	10.5	1.05	224.9	105.00	119.9	126.2	125.5	150	1908	976	18	3375	2132	1071	467	32	2947	1411
12.5	11.0	0.63	234.4	110.00	124.4	78.8	102.5	150	2037	1042	14	2550	1756	882	384	33	2886	1393
13.0	11.5	0.62	243.9	115.00	128.9	79.5	79.2	150	2136	1093	14	2550	1820	914	398	35	3016	1456
13.5	12.0	0.60	253.4	120.00	133.4	80.0	79.7	150	2236	1144	14	2550	1883	946	412	36	3146	1520

GENERAL CONTRACTOR										ALTA SORVEGLIANZA								
																		
										Progetto		Lotto		Codifica				
										IN17		11		EI2RBNV5400001				B

14.0	12.5	0.58	262.9	125.00	137.9	80.4	80.2	150	2337	1195	14	2550	1947	978	426	38	3277	1584
14.5	13.0	0.57	272.4	130.00	142.4	80.8	80.6	150	2438	1247	14	2550	2010	1010	440	39	3409	1648
15.0	13.5	0.55	281.9	135.00	146.9	81.0	80.9	150	2540	1299	14	2550	2074	1042	454	41	3541	1712
15.5	14.0	0.85	291.4	140.00	151.4	128.9	105.0	150	2672	1367	18	3000	2692	1353	589	42	3982	1914
16.0	14.5	0.82	300.9	145.00	155.9	128.5	128.7	150	2833	1449	18	3000	2772	1393	607	44	4182	2012
16.5	15.0	0.80	310.4	150.00	160.4	127.8	128.1	150	2994	1532	18	3000	2852	1433	624	45	4382	2111
17.0	15.5	0.77	319.9	155.00	164.9	126.9	127.3	150	3154	1613	18	3000	2932	1473	642	47	4581	2209
17.5	16.0	0.74	329.4	160.00	169.4	125.7	126.3	150	3313	1694	18	3000	3000	1507	657	48	4772	2303
18.0	16.5	0.72	338.9	165.00	173.9	124.4	125.1	150	3470	1775	18	3000	3000	1507	657	50	4927	2382
18.5	17.0	0.69	348.4	170.00	178.4	122.9	123.6	150	3625	1854	18	3000	3000	1507	657	51	5081	2460
19.0	17.5	0.66	357.9	175.00	182.9	121.1	122.0	150	3778	1933	18	3000	3000	1507	657	53	5233	2537
19.5	18.0	0.64	367.4	180.00	187.4	119.2	120.1	150	3929	2010	18	3000	3000	1507	657	54	5382	2612
20.0	18.5	0.61	376.9	185.00	191.9	117.0	118.1	150	4078	2086	18	3000	3000	1507	657	56	5529	2687
20.5	19.0	0.58	386.4	190.00	196.4	114.7	115.8	150	4223	2160	18	3000	3000	1507	657	57	5673	2760
21.0	19.5	0.56	395.9	195.00	200.9	112.1	113.4	150	4365	2233	18	3000	3000	1507	657	59	5814	2831
21.5	20.0	0.53	405.4	200.00	205.4	109.3	110.7	150	4504	2304	18	3000	3000	1507	657	60	5951	2901
22.0	20.5	0.51	414.9	205.00	209.9	106.4	107.8	150	4640	2373	18	3000	3000	1507	657	62	6085	2968
22.5	21.0	0.48	424.4	210.00	214.4	103.2	104.8	150	4772	2441	18	3000	3000	1507	657	63	6215	3034
23.0	21.5	0.46	433.9	215.00	218.9	99.8	101.5	150	4899	2506	18	3000	3000	1507	657	65	6341	3098
23.5	22.0	0.43	443.4	220.00	223.4	96.3	98.1	150	5022	2569	18	3000	3000	1507	657	66	6463	3159
24.0	22.5	0.41	452.9	225.00	227.9	92.5	94.4	150	5141	2630	18	3000	3000	1507	657	68	6580	3218
24.5	23.0	0.38	462.4	230.00	232.4	88.6	90.6	150	5255	2688	18	3000	3000	1507	657	69	6692	3275
25.0	23.5	0.36	471.9	235.00	236.9	84.5	86.5	150	5363	2743	18	3000	3000	1507	657	71	6800	3329
25.5	24.0	0.33	481.4	240.00	241.4	80.1	82.3	150	5467	2796	18	3000	3000	1507	657	72	6901	3381
26.0	24.5	0.31	490.9	245.00	245.9	75.6	77.9	150	5564	2846	18	3000	3000	1507	657	74	6998	3429
26.5	25.0	0.28	500.4	250.00	250.4	70.9	73.2	150	5656	2893	18	3000	3000	1507	657	75	7088	3475
27.0	25.5	0.26	509.9	255.00	254.9	66.0	68.4	150	5742	2937	18	3000	3000	1507	657	77	7173	3517
27.5	26.0	0.25	519.4	260.00	259.4	64.9	65.4	150	5824	2979	18	3000	3000	1507	657	78	7253	3558
28.0	26.5	0.25	528.9	265.00	263.9	66.0	65.4	150	5907	3021	18	3000	3000	1507	657	80	7334	3598
28.5	27.0	0.25	538.4	270.00	268.4	67.1	67	150	5990	3064	18	3000	3000	1507	657	81	7416	3639
29.0	27.5	0.25	547.9	275.00	272.9	68.2	68	150	6075	3107	18	3000	3000	1507	657	83	7499	3681
29.5	28.0	0.25	557.4	280.00	277.4	69.4	69	150	6162	3152	18	3000	3000	1507	657	84	7584	3724
30.0	28.5	0.25	566.9	285.00	281.9	70.5	70	150	6249	3197	18	3000	3000	1507	657	86	7671	3767
30.5	29.0	0.25	576.4	290.00	286.4	71.6	71	150	6339	3242	18	3000	3000	1507	657	87	7758	3812
31.0	29.5	0.25	585.9	295.00	290.9	72.7	72	150	6429	3289	18	3000	3000	1507	657	89	7847	3856
31.5	30.0	0.25	595.4	300.00	295.4	73.9	73	150	6521	3336	18	3000	3000	1507	657	90	7938	3902
32.0	30.5	0.25	604.9	305.00	299.9	75.0	74	150	6615	3383	18	3000	3000	1507	657	92	8030	3948
32.5	31.0	0.25	614.4	310.00	304.4	76.1	76	150	6710	3432	18	3000	3000	1507	657	93	8123	3995
33.0	31.5	0.25	623.9	315.00	308.9	77.2	77	150	6806	3481	18	3000	3000	1507	657	95	8218	4043
33.5	32.0	0.25	633.4	320.00	313.4	78.4	78	150	6904	3531	18	3000	3000	1507	657	96	8314	4092
34.0	32.5	0.25	642.9	325.00	317.9	79.5	79	150	7003	3582	18	3000	3000	1507	657	98	8412	4141

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



												Progetto	Lotto	Codifica				
												IN17	11	EI2RBNV5400001				B

34.5	33.0	0.25	652.4	330.00	322.4	80.6	80	150	7103	3633	18	3000	3000	1507	657	99	8511	4191
35.0	33.5	0.25	661.9	335.00	326.9	81.7	81	150	7205	3686	18	3000	3000	1507	657	101	8611	4241
35.5	34.0	0.25	671.4	340.00	331.4	82.9	82	150	7309	3738	18	3000	3000	1507	657	102	8713	4293
36.0	34.5	0.25	680.9	345.00	335.9	84.0	83	150	7413	3792	18	3000	3000	1507	657	104	8816	4345
36.5	35.0	0.25	690.4	350.00	340.4	85.1	85	150	7519	3846	18	3000	3000	1507	657	106	8921	4398
37.0	35.5	0.25	699.9	355.00	344.9	86.2	86	150	7627	3901	18	3000	3000	1507	657	107	9027	4451
37.5	36.0	0.25	709.4	360.00	349.4	87.4	87	150	7736	3957	18	3000	3000	1507	657	109	9135	4505
38.0	36.5	0.25	718.9	365.00	353.9	88.5	88	150	7846	4014	18	3000	3000	1507	657	110	9244	4560
38.5	37.0	0.25	728.4	370.00	358.4	89.6	89	150	7958	4071	18	3000	3000	1507	657	112	9354	4616
39.0	37.5	0.25	737.9	375.00	362.9	90.7	90	150	8072	4129	18	3000	3000	1507	657	113	9466	4672
39.5	38.0	0.25	747.4	380.00	367.4	91.9	91	150	8186	4187	18	3000	3000	1507	657	115	9579	4730
40.0	38.5	0.25	756.9	385.00	371.9	93.0	92	150	8302	4247	18	3000	3000	1507	657	116	9693	4787
40.5	39.0	0.25	766.4	390.00	376.4	94.1	94	150	8420	4307	18	3000	3000	1507	657	118	9809	4846
41.0	39.5	0.25	775.9	395.00	380.9	95.2	95	150	8539	4368	18	3000	3000	1507	657	119	9927	4905
41.5	40.0	0.25	785.4	400.00	385.4	96.4	96	150	8659	4429	18	3000	3000	1507	657	121	10046	4965
42.0	40.5	0.25	794.9	405.00	389.9	97.5	97	150	8781	4491	18	3000	3000	1507	657	122	10166	5026
42.5	41.0	0.25	804.4	410.00	394.4	98.6	98	150	8904	4554	18	3000	3000	1507	657	124	10287	5088
43.0	41.5	0.25	813.9	415.00	398.9	99.7	99	150	9028	4618	18	3000	3000	1507	657	125	10410	5150
43.5	42.0	0.25	823.4	420.00	403.4	100.9	100	150	9154	4683	18	3000	3000	1507	657	127	10535	5213
44.0	42.5	0.25	832.9	425.00	407.9	102.0	101	150	9282	4748	18	3000	3000	1507	657	128	10661	5276
44.5	43.0	0.25	842.4	430.00	412.4	103.1	103	150	9411	4814	18	3000	3000	1507	657	130	10788	5341
45.0	43.5	0.25	851.9	435.00	416.9	104.2	104	150	9541	4880	18	3000	3000	1507	657	131	10917	5406
45.5	44.0	0.25	861.4	440.00	421.4	105.4	105	150	9672	4947	18	3000	3000	1507	657	133	11047	5472
46.0	44.5	0.25	870.9	445.00	425.9	106.5	106	150	9805	5016	18	3000	3000	1507	657	134	11178	5538
46.5	45.0	0.25	880.4	450.00	430.4	107.6	107	150	9940	5084	18	3000	3000	1507	657	136	11311	5605
47.0	45.5	0.25	889.9	455.00	434.9	108.7	108	150	10076	5154	18	3000	3000	1507	657	137	11446	5673
47.5	46.0	0.25	899.4	460.00	439.4	109.9	109	150	10213	5224	18	3000	3000	1507	657	139	11581	5742
48.0	46.5	0.25	908.9	465.00	443.9	111.0	110	150	10352	5295	18	3000	3000	1507	657	140	11719	5811
48.5	47.0	0.25	918.4	470.00	448.4	112.1	112	150	10492	5367	18	3000	3000	1507	657	142	11857	5882
49.0	47.5	0.25	927.9	475.00	452.9	113.2	113	150	10633	5439	18	3000	3000	1507	657	143	11997	5953
49.5	48.0	0.25	937.4	480.00	457.4	114.4	114	150	10776	5512	18	3000	3000	1507	657	145	12139	6024
50.0	48.5	0.25	946.9	485.00	461.9	115.5	115	150	10920	5586	18	3000	3000	1507	657	146	12281	6096

Progetto

Lotto

Codifica

IN17

11

EI2RBNV5400001

B

Tabella 10 – Carico limite palo $\Phi 800$ PONTE NV54 Approccio 2 – Trazione

WBS	Opera	NV54
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.	1.50 m
zp	Quota testa palo rispetto al p.c.	1.50 m
FSL	Fattore di sicurezza per la portata laterale ($\xi \cdot \gamma_s$)	2.13
FSB	Fattore di sicurezza per la portata di base ($\xi \cdot \gamma_b$)	2.30

z da p.c.	Lp	β	σ_v	u	σ'_v	τ_i	τ_{media}	τ_{lim}	Qll	Qll/FSL	Nq*	qblim_incoer.	qbl	Qbl	Qbl/FSB	W'p	Qu	Qd
[m]	[m]	[-]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	(kPa)	[kN]	[kN]	(-)	[kPa]	[kPa]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
0.0	-	0.00	0.0	0.00	0.0	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
0.5	-	0.00	9.0	0.00	9.0	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
1.0	-	0.00	18.0	0.00	18.0	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
1.5	0.0	0.00	27.0	0.00	27.0	0.0	0.0	100	0	0	-		0	0	0	0	0	0
2.0	0.5	0.00	36.0	5.00	31.0	13.8	13.8	100	17	8	-		0	0	0	4	21	12
2.5	1.0	0.00	45.0	10.00	35.0	13.8	13.8	100	35	16	-		0	0	0	8	42	24
3.0	1.5	0.00	54.0	15.00	39.0	13.8	13.8	100	52	24	-		0	0	0	11	63	36
3.5	2.0	1.04	63.4	20.00	43.4	45.2	29.5	150	89	42	10	1875	0	0	0	15	104	57
4.0	2.5	1.01	72.9	25.00	47.9	48.4	46.8	150	148	69	10	1875	0	0	0	19	166	88
4.5	3.0	0.98	82.4	30.00	52.4	51.4	49.9	150	210	99	10	1875	0	0	0	23	233	122
5.0	3.5	0.95	91.9	35.00	56.9	54.2	52.8	150	277	130	10	1875	0	0	0	26	303	157
5.5	4.0	0.93	101.4	40.00	61.4	56.8	55.5	150	346	163	10	1875	0	0	0	30	376	193
6.0	4.5	0.90	110.9	45.00	65.9	59.3	58.1	150	419	197	10	1875	0	0	0	34	453	231
6.5	5.0	0.88	120.4	50.00	70.4	61.6	60.5	150	495	233	10	1875	0	0	0	38	533	271
7.0	5.5	0.85	129.9	55.00	74.9	63.8	62.7	150	574	270	10	1875	0	0	0	41	615	312
7.5	6.0	0.83	139.4	60.00	79.4	65.8	64.8	150	655	308	10	1875	0	0	0	45	700	354
8.0	6.5	0.81	148.9	65.00	83.9	67.7	66.8	150	739	348	10	1875	0	0	0	49	788	397
8.5	7.0	1.27	158.4	70.00	88.4	112.1	89.9	150	852	401	18	3375	0	0	0	53	905	454
9.0	7.5	1.24	167.9	75.00	92.9	114.8	113.5	150	995	468	18	3375	0	0	0	57	1051	525
9.5	8.0	1.20	177.4	80.00	97.4	117.3	116.1	150	1140	537	18	3375	0	0	0	60	1201	597
10.0	8.5	1.17	186.9	85.00	101.9	119.6	118.4	150	1289	607	18	3375	0	0	0	64	1353	671
10.5	9.0	1.14	196.4	90.00	106.4	121.6	120.6	150	1441	678	18	3375	0	0	0	68	1508	746
11.0	9.5	1.11	205.9	95.00	110.9	123.3	122.4	150	1594	750	18	3375	0	0	0	72	1666	822
11.5	10.0	1.08	215.4	100.00	115.4	124.9	124.1	150	1750	824	18	3375	0	0	0	75	1826	899
12.0	10.5	1.05	224.9	105.00	119.9	126.2	125.5	150	1908	898	18	3375	0	0	0	79	1987	977
12.5	11.0	0.63	234.4	110.00	124.4	78.8	102.5	150	2037	958	14	2550	0	0	0	83	2120	1041
13.0	11.5	0.62	243.9	115.00	128.9	79.5	79.2	150	2136	1005	14	2550	0	0	0	87	2223	1092
13.5	12.0	0.60	253.4	120.00	133.4	80.0	79.7	150	2236	1052	14	2550	0	0	0	90	2327	1143

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



											Progetto		Lotto		Codifica				
											IN17		11		EI2RBNV5400001			B	

14.0	12.5	0.58	262.9	125.00	137.9	80.4	80.2	150	2337	1100	14	2550	0	0	0	94	2431	1194
14.5	13.0	0.57	272.4	130.00	142.4	80.8	80.6	150	2438	1147	14	2550	0	0	0	98	2536	1245
15.0	13.5	0.55	281.9	135.00	146.9	81.0	80.9	150	2540	1195	14	2550	0	0	0	102	2642	1297
15.5	14.0	0.85	291.4	140.00	151.4	128.9	105.0	150	2672	1257	18	3000	0	0	0	106	2777	1363
16.0	14.5	0.82	300.9	145.00	155.9	128.5	128.7	150	2833	1333	18	3000	0	0	0	109	2943	1443
16.5	15.0	0.80	310.4	150.00	160.4	127.8	128.1	150	2994	1409	18	3000	0	0	0	113	3107	1522
17.0	15.5	0.77	319.9	155.00	164.9	126.9	127.3	150	3154	1484	18	3000	0	0	0	117	3271	1601
17.5	16.0	0.74	329.4	160.00	169.4	125.7	126.3	150	3313	1559	18	3000	0	0	0	121	3433	1679
18.0	16.5	0.72	338.9	165.00	173.9	124.4	125.1	150	3470	1633	18	3000	0	0	0	124	3594	1757
18.5	17.0	0.69	348.4	170.00	178.4	122.9	123.6	150	3625	1706	18	3000	0	0	0	128	3753	1834
19.0	17.5	0.66	357.9	175.00	182.9	121.1	122.0	150	3778	1778	18	3000	0	0	0	132	3910	1910
19.5	18.0	0.64	367.4	180.00	187.4	119.2	120.1	150	3929	1849	18	3000	0	0	0	136	4065	1985
20.0	18.5	0.61	376.9	185.00	191.9	117.0	118.1	150	4078	1919	18	3000	0	0	0	139	4217	2058
20.5	19.0	0.58	386.4	190.00	196.4	114.7	115.8	150	4223	1987	18	3000	0	0	0	143	4366	2130
21.0	19.5	0.56	395.9	195.00	200.9	112.1	113.4	150	4365	2054	18	3000	0	0	0	147	4512	2201
21.5	20.0	0.53	405.4	200.00	205.4	109.3	110.7	150	4504	2120	18	3000	0	0	0	151	4655	2270
22.0	20.5	0.51	414.9	205.00	209.9	106.4	107.8	150	4640	2183	18	3000	0	0	0	154	4794	2338
22.5	21.0	0.48	424.4	210.00	214.4	103.2	104.8	150	4772	2245	18	3000	0	0	0	158	4930	2404
23.0	21.5	0.46	433.9	215.00	218.9	99.8	101.5	150	4899	2305	18	3000	0	0	0	162	5061	2467
23.5	22.0	0.43	443.4	220.00	223.4	96.3	98.1	150	5022	2363	18	3000	0	0	0	166	5188	2529
24.0	22.5	0.41	452.9	225.00	227.9	92.5	94.4	150	5141	2419	18	3000	0	0	0	170	5310	2589
24.5	23.0	0.38	462.4	230.00	232.4	88.6	90.6	150	5255	2473	18	3000	0	0	0	173	5428	2646
25.0	23.5	0.36	471.9	235.00	236.9	84.5	86.5	150	5363	2524	18	3000	0	0	0	177	5540	2701
25.5	24.0	0.33	481.4	240.00	241.4	80.1	82.3	150	5467	2572	18	3000	0	0	0	181	5647	2753
26.0	24.5	0.31	490.9	245.00	245.9	75.6	77.9	150	5564	2619	18	3000	0	0	0	185	5749	2803
26.5	25.0	0.28	500.4	250.00	250.4	70.9	73.2	150	5656	2662	18	3000	0	0	0	188	5845	2850
27.0	25.5	0.26	509.9	255.00	254.9	66.0	68.4	150	5742	2702	18	3000	0	0	0	192	5934	2894
27.5	26.0	0.25	519.4	260.00	259.4	64.9	65.4	150	5824	2741	18	3000	0	0	0	196	6020	2937
28.0	26.5	0.25	528.9	265.00	263.9	66.0	65.4	150	5907	2780	18	3000	0	0	0	200	6106	2979
28.5	27.0	0.25	538.4	270.00	268.4	67.1	67	150	5990	2819	18	3000	0	0	0	203	6194	3022
29.0	27.5	0.25	547.9	275.00	272.9	68.2	68	150	6075	2859	18	3000	0	0	0	207	6282	3066
29.5	28.0	0.25	557.4	280.00	277.4	69.4	69	150	6162	2900	18	3000	0	0	0	211	6373	3111
30.0	28.5	0.25	566.9	285.00	281.9	70.5	70	150	6249	2941	18	3000	0	0	0	215	6464	3156
30.5	29.0	0.25	576.4	290.00	286.4	71.6	71	150	6339	2983	18	3000	0	0	0	219	6557	3201
31.0	29.5	0.25	585.9	295.00	290.9	72.7	72	150	6429	3026	18	3000	0	0	0	222	6652	3248
31.5	30.0	0.25	595.4	300.00	295.4	73.9	73	150	6521	3069	18	3000	0	0	0	226	6747	3295
32.0	30.5	0.25	604.9	305.00	299.9	75.0	74	150	6615	3113	18	3000	0	0	0	230	6845	3343
32.5	31.0	0.25	614.4	310.00	304.4	76.1	76	150	6710	3157	18	3000	0	0	0	234	6943	3391
33.0	31.5	0.25	623.9	315.00	308.9	77.2	77	150	6806	3203	18	3000	0	0	0	237	7043	3440
33.5	32.0	0.25	633.4	320.00	313.4	78.4	78	150	6904	3249	18	3000	0	0	0	241	7145	3490
34.0	32.5	0.25	642.9	325.00	317.9	79.5	79	150	7003	3295	18	3000	0	0	0	245	7248	3540

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifia	
	IN17	11	EI2RBNV5400001	B

34.5	33.0	0.25	652.4	330.00	322.4	80.6	80	150	7103	3343	18	3000	0	0	0	249	7352	3591
35.0	33.5	0.25	661.9	335.00	326.9	81.7	81	150	7205	3391	18	3000	0	0	0	252	7458	3643
35.5	34.0	0.25	671.4	340.00	331.4	82.9	82	150	7309	3439	18	3000	0	0	0	256	7565	3696
36.0	34.5	0.25	680.9	345.00	335.9	84.0	83	150	7413	3489	18	3000	0	0	0	260	7673	3749
36.5	35.0	0.25	690.4	350.00	340.4	85.1	85	150	7519	3539	18	3000	0	0	0	264	7783	3802
37.0	35.5	0.25	699.9	355.00	344.9	86.2	86	150	7627	3589	18	3000	0	0	0	268	7895	3857
37.5	36.0	0.25	709.4	360.00	349.4	87.4	87	150	7736	3641	18	3000	0	0	0	271	8007	3912
38.0	36.5	0.25	718.9	365.00	353.9	88.5	88	150	7846	3692	18	3000	0	0	0	275	8122	3968
38.5	37.0	0.25	728.4	370.00	358.4	89.6	89	150	7958	3745	18	3000	0	0	0	279	8237	4024
39.0	37.5	0.25	737.9	375.00	362.9	90.7	90	150	8072	3798	18	3000	0	0	0	283	8354	4081
39.5	38.0	0.25	747.4	380.00	367.4	91.9	91	150	8186	3852	18	3000	0	0	0	286	8473	4139
40.0	38.5	0.25	756.9	385.00	371.9	93.0	92	150	8302	3907	18	3000	0	0	0	290	8592	4197
40.5	39.0	0.25	766.4	390.00	376.4	94.1	94	150	8420	3962	18	3000	0	0	0	294	8714	4256
41.0	39.5	0.25	775.9	395.00	380.9	95.2	95	150	8539	4018	18	3000	0	0	0	298	8836	4316
41.5	40.0	0.25	785.4	400.00	385.4	96.4	96	150	8659	4075	18	3000	0	0	0	301	8960	4376
42.0	40.5	0.25	794.9	405.00	389.9	97.5	97	150	8781	4132	18	3000	0	0	0	305	9086	4437
42.5	41.0	0.25	804.4	410.00	394.4	98.6	98	150	8904	4190	18	3000	0	0	0	309	9213	4499
43.0	41.5	0.25	813.9	415.00	398.9	99.7	99	150	9028	4249	18	3000	0	0	0	313	9341	4561
43.5	42.0	0.25	823.4	420.00	403.4	100.9	100	150	9154	4308	18	3000	0	0	0	317	9471	4624
44.0	42.5	0.25	832.9	425.00	407.9	102.0	101	150	9282	4368	18	3000	0	0	0	320	9602	4688
44.5	43.0	0.25	842.4	430.00	412.4	103.1	103	150	9411	4428	18	3000	0	0	0	324	9735	4753
45.0	43.5	0.25	851.9	435.00	416.9	104.2	104	150	9541	4490	18	3000	0	0	0	328	9869	4818
45.5	44.0	0.25	861.4	440.00	421.4	105.4	105	150	9672	4552	18	3000	0	0	0	332	10004	4883
46.0	44.5	0.25	870.9	445.00	425.9	106.5	106	150	9805	4614	18	3000	0	0	0	335	10141	4950
46.5	45.0	0.25	880.4	450.00	430.4	107.6	107	150	9940	4678	18	3000	0	0	0	339	10279	5017
47.0	45.5	0.25	889.9	455.00	434.9	108.7	108	150	10076	4741	18	3000	0	0	0	343	10419	5084
47.5	46.0	0.25	899.4	460.00	439.4	109.9	109	150	10213	4806	18	3000	0	0	0	347	10560	5153
48.0	46.5	0.25	908.9	465.00	443.9	111.0	110	150	10352	4871	18	3000	0	0	0	350	10702	5222
48.5	47.0	0.25	918.4	470.00	448.4	112.1	112	150	10492	4937	18	3000	0	0	0	354	10846	5291
49.0	47.5	0.25	927.9	475.00	452.9	113.2	113	150	10633	5004	18	3000	0	0	0	358	10991	5362
49.5	48.0	0.25	937.4	480.00	457.4	114.4	114	150	10776	5071	18	3000	0	0	0	362	11138	5433
50.0	48.5	0.25	946.9	485.00	461.9	115.5	115	150	10920	5139	18	3000	0	0	0	365	11286	5505

	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	11	EI2RBNV5400001	B

Tabella 11 – Carico limite palo $\Phi 800$ PONTE NV54 Approccio 2 – Trazione in sisma

WBS	Opera	NV54
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.	1.50 m
zp	Quota testa palo rispetto al p.c.	1.50 m
FSL	Fattore di sicurezza per la portata laterale ($\xi \cdot \gamma_s$)	2.13
FSB	Fattore di sicurezza per la portata di base ($\xi \cdot \gamma_b$)	2.30

z da p.c.	Lp	β	σ_v	u	σ'_v	τ_i	τ_{media}	τ_{lim}	Qll	Qll/FSL	Nq*	qblim_incoer.	qbl	Qbl	Qbl/FSB	W'p	Qu	Qd
[m]	[m]	[-]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	(kPa)	[kN]	[kN]	(-)	[kPa]	[kPa]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
0.0	-	0.00	0.0	0.00	0.0	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
0.5	-	0.00	9.0	0.00	9.0	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
1.0	-	0.00	18.0	0.00	18.0	-	0.0		-	-	-		-	-	-	-	-	-
1.5	0.0	0.00	27.0	0.00	27.0	0.0	0.0	100	0	0	-		0	0	0	0	0	0
2.0	0.5	0.00	36.0	5.00	31.0	13.8	13.8	100	17	8	-		0	0	0	4	21	12
2.5	1.0	0.00	45.0	10.00	35.0	13.8	13.8	100	35	16	-		0	0	0	8	42	24
3.0	1.5	0.00	54.0	15.00	39.0	13.8	13.8	100	52	24	-		0	0	0	11	63	36
3.5	2.0	1.04	63.4	20.00	43.4	45.2	29.5	150	89	42	10	1875	0	0	0	15	104	57
4.0	2.5	1.01	72.9	25.00	47.9	48.4	46.8	150	148	69	10	1875	0	0	0	19	166	88
4.5	3.0	0.98	82.4	30.00	52.4	51.4	49.9	150	210	99	10	1875	0	0	0	23	233	122
5.0	3.5	0.95	91.9	35.00	56.9	54.2	52.8	150	277	130	10	1875	0	0	0	26	303	157
5.5	4.0	0.93	101.4	40.00	61.4	56.8	55.5	150	346	163	10	1875	0	0	0	30	376	193
6.0	4.5	0.90	110.9	45.00	65.9	59.3	58.1	150	419	197	10	1875	0	0	0	34	453	231
6.5	5.0	0.88	120.4	50.00	70.4	61.6	60.5	150	495	233	10	1875	0	0	0	38	533	271
7.0	5.5	0.85	129.9	55.00	74.9	63.8	62.7	150	574	270	10	1875	0	0	0	41	615	312
7.5	6.0	0.83	139.4	60.00	79.4	65.8	64.8	150	655	308	10	1875	0	0	0	45	700	354
8.0	6.5	0.81	148.9	65.00	83.9	67.7	66.8	150	739	348	10	1875	0	0	0	49	788	397
8.5	7.0	1.27	158.4	70.00	88.4	112.1	89.9	150	852	401	18	3375	0	0	0	53	905	454
9.0	7.5	1.24	167.9	75.00	92.9	114.8	113.5	150	995	468	18	3375	0	0	0	57	1051	525
9.5	8.0	1.20	177.4	80.00	97.4	117.3	116.1	150	1140	537	18	3375	0	0	0	60	1201	597
10.0	8.5	1.17	186.9	85.00	101.9	119.6	118.4	150	1289	607	18	3375	0	0	0	64	1353	671
10.5	9.0	1.14	196.4	90.00	106.4	121.6	120.6	150	1441	678	18	3375	0	0	0	68	1508	746
11.0	9.5	1.11	205.9	95.00	110.9	123.3	122.4	150	1594	750	18	3375	0	0	0	72	1666	822
11.5	10.0	1.08	215.4	100.00	115.4	124.9	124.1	150	1750	824	18	3375	0	0	0	75	1826	899
12.0	10.5	1.05	224.9	105.00	119.9	126.2	125.5	150	1908	898	18	3375	0	0	0	79	1987	977
12.5	11.0	0.63	234.4	110.00	124.4	78.8	102.5	150	2037	958	14	2550	0	0	0	83	2120	1041
13.0	11.5	0.62	243.9	115.00	128.9	79.5	79.2	150	2136	1005	14	2550	0	0	0	87	2223	1092
13.5	12.0	0.60	253.4	120.00	133.4	80.0	79.7	150	2236	1052	14	2550	0	0	0	90	2327	1143

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



											Progetto		Lotto		Codifica				
											IN17		11		EI2RBNV5400001			B	

14.0	12.5	0.58	262.9	125.00	137.9	80.4	80.2	150	2337	1100	14	2550	0	0	0	94	2431	1194
14.5	13.0	0.57	272.4	130.00	142.4	80.8	80.6	150	2438	1147	14	2550	0	0	0	98	2536	1245
15.0	13.5	0.55	281.9	135.00	146.9	81.0	80.9	150	2540	1195	14	2550	0	0	0	102	2642	1297
15.5	14.0	0.85	291.4	140.00	151.4	128.9	105.0	150	2672	1257	18	3000	0	0	0	106	2777	1363
16.0	14.5	0.82	300.9	145.00	155.9	128.5	128.7	150	2833	1333	18	3000	0	0	0	109	2943	1443
16.5	15.0	0.80	310.4	150.00	160.4	127.8	128.1	150	2994	1409	18	3000	0	0	0	113	3107	1522
17.0	15.5	0.77	319.9	155.00	164.9	126.9	127.3	150	3154	1484	18	3000	0	0	0	117	3271	1601
17.5	16.0	0.74	329.4	160.00	169.4	125.7	126.3	150	3313	1559	18	3000	0	0	0	121	3433	1679
18.0	16.5	0.72	338.9	165.00	173.9	124.4	125.1	150	3470	1633	18	3000	0	0	0	124	3594	1757
18.5	17.0	0.69	348.4	170.00	178.4	122.9	123.6	150	3625	1706	18	3000	0	0	0	128	3753	1834
19.0	17.5	0.66	357.9	175.00	182.9	121.1	122.0	150	3778	1778	18	3000	0	0	0	132	3910	1910
19.5	18.0	0.64	367.4	180.00	187.4	119.2	120.1	150	3929	1849	18	3000	0	0	0	136	4065	1985
20.0	18.5	0.61	376.9	185.00	191.9	117.0	118.1	150	4078	1919	18	3000	0	0	0	139	4217	2058
20.5	19.0	0.58	386.4	190.00	196.4	114.7	115.8	150	4223	1987	18	3000	0	0	0	143	4366	2130
21.0	19.5	0.56	395.9	195.00	200.9	112.1	113.4	150	4365	2054	18	3000	0	0	0	147	4512	2201
21.5	20.0	0.53	405.4	200.00	205.4	109.3	110.7	150	4504	2120	18	3000	0	0	0	151	4655	2270
22.0	20.5	0.51	414.9	205.00	209.9	106.4	107.8	150	4640	2183	18	3000	0	0	0	154	4794	2338
22.5	21.0	0.48	424.4	210.00	214.4	103.2	104.8	150	4772	2245	18	3000	0	0	0	158	4930	2404
23.0	21.5	0.46	433.9	215.00	218.9	99.8	101.5	150	4899	2305	18	3000	0	0	0	162	5061	2467
23.5	22.0	0.43	443.4	220.00	223.4	96.3	98.1	150	5022	2363	18	3000	0	0	0	166	5188	2529
24.0	22.5	0.41	452.9	225.00	227.9	92.5	94.4	150	5141	2419	18	3000	0	0	0	170	5310	2589
24.5	23.0	0.38	462.4	230.00	232.4	88.6	90.6	150	5255	2473	18	3000	0	0	0	173	5428	2646
25.0	23.5	0.36	471.9	235.00	236.9	84.5	86.5	150	5363	2524	18	3000	0	0	0	177	5540	2701
25.5	24.0	0.33	481.4	240.00	241.4	80.1	82.3	150	5467	2572	18	3000	0	0	0	181	5647	2753
26.0	24.5	0.31	490.9	245.00	245.9	75.6	77.9	150	5564	2619	18	3000	0	0	0	185	5749	2803
26.5	25.0	0.28	500.4	250.00	250.4	70.9	73.2	150	5656	2662	18	3000	0	0	0	188	5845	2850
27.0	25.5	0.26	509.9	255.00	254.9	66.0	68.4	150	5742	2702	18	3000	0	0	0	192	5934	2894
27.5	26.0	0.25	519.4	260.00	259.4	64.9	65.4	150	5824	2741	18	3000	0	0	0	196	6020	2937
28.0	26.5	0.25	528.9	265.00	263.9	66.0	65.4	150	5907	2780	18	3000	0	0	0	200	6106	2979
28.5	27.0	0.25	538.4	270.00	268.4	67.1	67	150	5990	2819	18	3000	0	0	0	203	6194	3022
29.0	27.5	0.25	547.9	275.00	272.9	68.2	68	150	6075	2859	18	3000	0	0	0	207	6282	3066
29.5	28.0	0.25	557.4	280.00	277.4	69.4	69	150	6162	2900	18	3000	0	0	0	211	6373	3111
30.0	28.5	0.25	566.9	285.00	281.9	70.5	70	150	6249	2941	18	3000	0	0	0	215	6464	3156
30.5	29.0	0.25	576.4	290.00	286.4	71.6	71	150	6339	2983	18	3000	0	0	0	219	6557	3201
31.0	29.5	0.25	585.9	295.00	290.9	72.7	72	150	6429	3026	18	3000	0	0	0	222	6652	3248
31.5	30.0	0.25	595.4	300.00	295.4	73.9	73	150	6521	3069	18	3000	0	0	0	226	6747	3295
32.0	30.5	0.25	604.9	305.00	299.9	75.0	74	150	6615	3113	18	3000	0	0	0	230	6845	3343
32.5	31.0	0.25	614.4	310.00	304.4	76.1	76	150	6710	3157	18	3000	0	0	0	234	6943	3391
33.0	31.5	0.25	623.9	315.00	308.9	77.2	77	150	6806	3203	18	3000	0	0	0	237	7043	3440
33.5	32.0	0.25	633.4	320.00	313.4	78.4	78	150	6904	3249	18	3000	0	0	0	241	7145	3490
34.0	32.5	0.25	642.9	325.00	317.9	79.5	79	150	7003	3295	18	3000	0	0	0	245	7248	3540

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



	Progetto	Lotto	Codifia	
	IN17	11	EI2RBNV5400001	B

34.5	33.0	0.25	652.4	330.00	322.4	80.6	80	150	7103	3343	18	3000	0	0	0	249	7352	3591
35.0	33.5	0.25	661.9	335.00	326.9	81.7	81	150	7205	3391	18	3000	0	0	0	252	7458	3643
35.5	34.0	0.25	671.4	340.00	331.4	82.9	82	150	7309	3439	18	3000	0	0	0	256	7565	3696
36.0	34.5	0.25	680.9	345.00	335.9	84.0	83	150	7413	3489	18	3000	0	0	0	260	7673	3749
36.5	35.0	0.25	690.4	350.00	340.4	85.1	85	150	7519	3539	18	3000	0	0	0	264	7783	3802
37.0	35.5	0.25	699.9	355.00	344.9	86.2	86	150	7627	3589	18	3000	0	0	0	268	7895	3857
37.5	36.0	0.25	709.4	360.00	349.4	87.4	87	150	7736	3641	18	3000	0	0	0	271	8007	3912
38.0	36.5	0.25	718.9	365.00	353.9	88.5	88	150	7846	3692	18	3000	0	0	0	275	8122	3968
38.5	37.0	0.25	728.4	370.00	358.4	89.6	89	150	7958	3745	18	3000	0	0	0	279	8237	4024
39.0	37.5	0.25	737.9	375.00	362.9	90.7	90	150	8072	3798	18	3000	0	0	0	283	8354	4081
39.5	38.0	0.25	747.4	380.00	367.4	91.9	91	150	8186	3852	18	3000	0	0	0	286	8473	4139
40.0	38.5	0.25	756.9	385.00	371.9	93.0	92	150	8302	3907	18	3000	0	0	0	290	8592	4197
40.5	39.0	0.25	766.4	390.00	376.4	94.1	94	150	8420	3962	18	3000	0	0	0	294	8714	4256
41.0	39.5	0.25	775.9	395.00	380.9	95.2	95	150	8539	4018	18	3000	0	0	0	298	8836	4316
41.5	40.0	0.25	785.4	400.00	385.4	96.4	96	150	8659	4075	18	3000	0	0	0	301	8960	4376
42.0	40.5	0.25	794.9	405.00	389.9	97.5	97	150	8781	4132	18	3000	0	0	0	305	9086	4437
42.5	41.0	0.25	804.4	410.00	394.4	98.6	98	150	8904	4190	18	3000	0	0	0	309	9213	4499
43.0	41.5	0.25	813.9	415.00	398.9	99.7	99	150	9028	4249	18	3000	0	0	0	313	9341	4561
43.5	42.0	0.25	823.4	420.00	403.4	100.9	100	150	9154	4308	18	3000	0	0	0	317	9471	4624
44.0	42.5	0.25	832.9	425.00	407.9	102.0	101	150	9282	4368	18	3000	0	0	0	320	9602	4688
44.5	43.0	0.25	842.4	430.00	412.4	103.1	103	150	9411	4428	18	3000	0	0	0	324	9735	4753
45.0	43.5	0.25	851.9	435.00	416.9	104.2	104	150	9541	4490	18	3000	0	0	0	328	9869	4818
45.5	44.0	0.25	861.4	440.00	421.4	105.4	105	150	9672	4552	18	3000	0	0	0	332	10004	4883
46.0	44.5	0.25	870.9	445.00	425.9	106.5	106	150	9805	4614	18	3000	0	0	0	335	10141	4950
46.5	45.0	0.25	880.4	450.00	430.4	107.6	107	150	9940	4678	18	3000	0	0	0	339	10279	5017
47.0	45.5	0.25	889.9	455.00	434.9	108.7	108	150	10076	4741	18	3000	0	0	0	343	10419	5084
47.5	46.0	0.25	899.4	460.00	439.4	109.9	109	150	10213	4806	18	3000	0	0	0	347	10560	5153
48.0	46.5	0.25	908.9	465.00	443.9	111.0	110	150	10352	4871	18	3000	0	0	0	350	10702	5222
48.5	47.0	0.25	918.4	470.00	448.4	112.1	112	150	10492	4937	18	3000	0	0	0	354	10846	5291
49.0	47.5	0.25	927.9	475.00	452.9	113.2	113	150	10633	5004	18	3000	0	0	0	358	10991	5362
49.5	48.0	0.25	937.4	480.00	457.4	114.4	114	150	10776	5071	18	3000	0	0	0	362	11138	5433
50.0	48.5	0.25	946.9	485.00	461.9	115.5	115	150	10920	5139	18	3000	0	0	0	365	11286	5505

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBNV5400001	B

10.2.2. Carico limite della palificata nei riguardi dei carichi trasversali

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

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

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

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

In cui:

H = carico limite orizzontale del palo

K_p = coefficiente di spinta passiva

d = diametro del palo

M_y = momento di plasticizzazione del palo

c_u = coesione non drenata

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

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

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

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

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

L'approccio riportato risulta pertanto cautelativo.

La seguente Figura mostra lo schema di calcolo considerato.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifia</p> <p>EI2RBNV5400001</p>	<p>B</p>

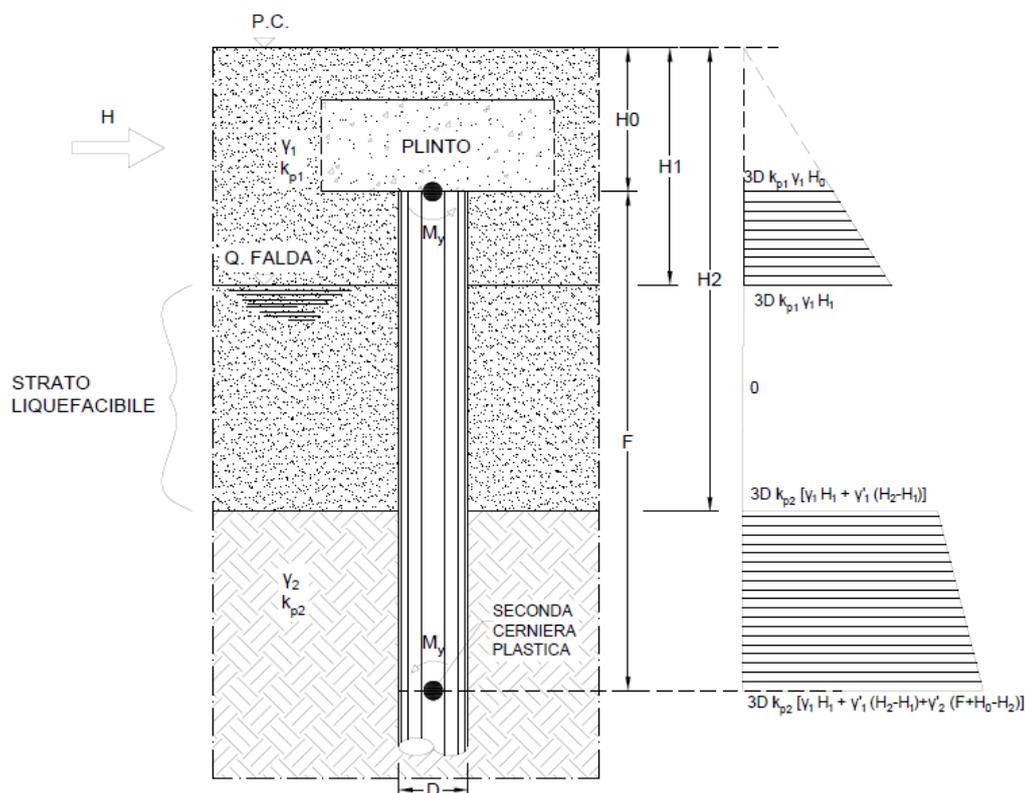


Figura 19: Modello di calcolo per la portanza orizzontale di pali in terreni con livelli potenzialmente liquefacibili

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBNV5400001	B

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

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

- eccessivi cedimenti;
- eccessivi spostamenti trasversali.

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

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

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

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

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

Terreni a grana fine

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

c_u = coesione non drenata

Terreni a grana grossa (materiale di riempimento)

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

dove:

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

z = profondità da piano finito;

k_h = incremento del modulo di reazione orizzontale con la profondità.

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 11	Codifica EI2RBNV5400001	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 rigidezza 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 rigidezza 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 rigidezza 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 $L_c = d (2E_p / m^*d)^{2/7}$).

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifia EI2RBNV5400001</p>	<p>B</p>

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

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

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

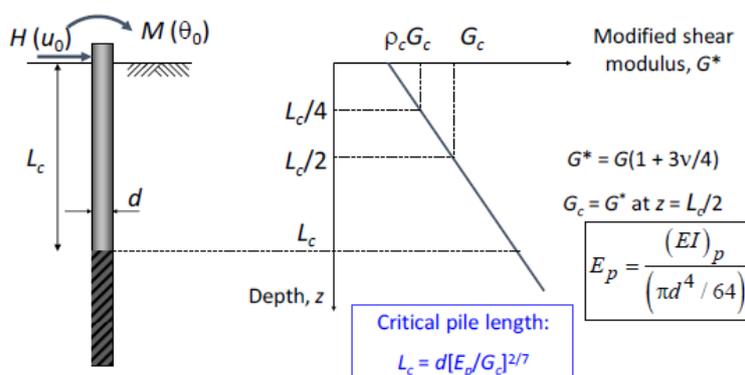


Figura 20: Notazione per analisi di pali sotto azioni laterali

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:

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBNV5400001</p>	<p>B</p>

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

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).

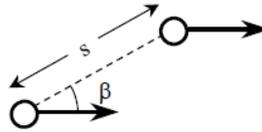


Figura 21: Vista sul piano di due pali soggetti a carichi laterali

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

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

Dove:

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

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

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifia</p> <p>EI2RBNV5400001</p>	<p>B</p>

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 dell'opera in esame.

In particolare, si riportano i risultati ritenuti più significativi:

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

Per i pali della spalla più sollecitata si ottengono i seguenti risultati:

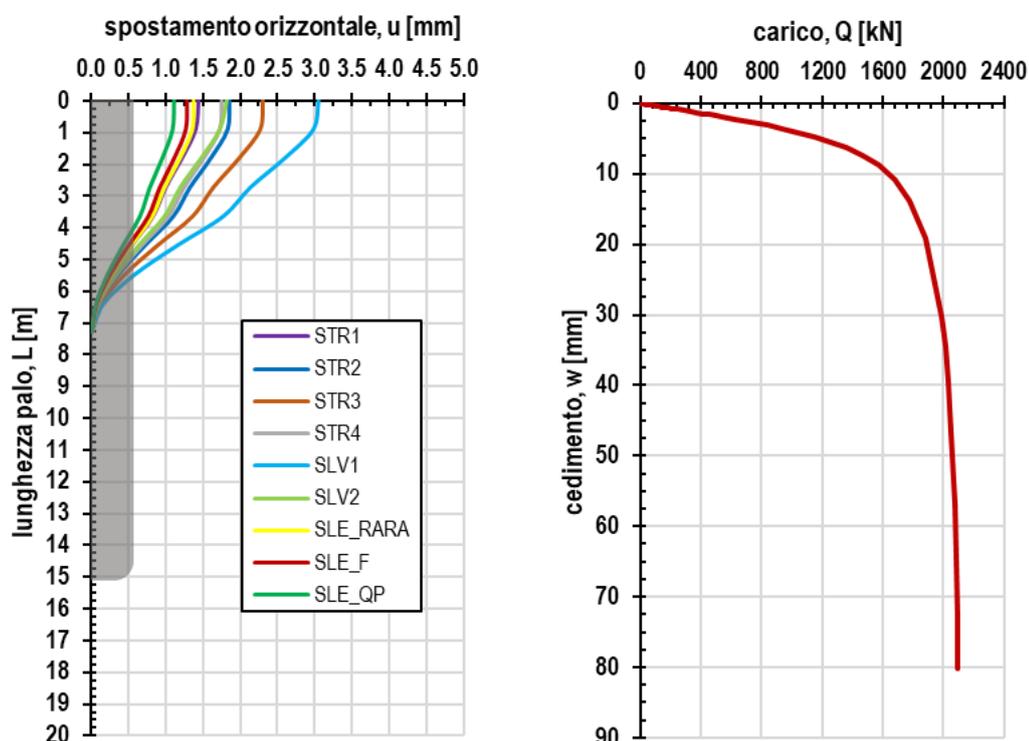


Figura 5: Diagramma dello spostamento orizzontale e curva carico cedimento SLE relativi al palo singolo – Fondazione Spalla

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>11</p>	<p>Codifia</p> <p>EI2RBNV5400001</p>	<p>B</p>

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

Tabella 12 – Spostamenti orizzontali lungo lo sviluppo del palo $\Phi 800$ – Fondazione Spalla

	z[m]	0	1	2	3	4	5	5	6	7
STR1	u [mm]	2.3051	2.2685	1.9827	1.6372	1.3579	0.8869	0.4482	0.1256	0.0000
STR2	u [mm]	1.8546	1.8294	1.6013	1.3237	1.0985	0.7178	0.3629	0.1017	0.0000
STR3	u [mm]	2.3051	2.2685	1.9827	1.6372	1.3579	0.8869	0.4482	0.1256	0.0000
STR4	u [mm]	1.7498	1.7219	1.5048	1.2426	1.0305	0.6730	0.3402	0.0953	0.0000
SLV1	u [mm]	3.0585	2.9889	2.6008	2.1408	1.7722	1.1557	0.5835	0.1633	0.0000
SLV2	u [mm]	1.8131	1.7195	1.4671	1.1904	0.9770	0.6328	0.3178	0.0886	0.0000
SLE_RARA	u [mm]	1.3726	1.3544	1.1857	0.9803	0.8136	0.5317	0.2688	0.0753	0.0000
SLE_F	u [mm]	1.2889	1.2726	1.1145	0.9217	0.7651	0.5000	0.2529	0.0709	0.0000
SLE_QP	u [mm]	1.1208	1.0999	0.9596	0.7914	0.6559	0.4281	0.2163	0.0606	0.0000

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

Tabella 13 – Carico SLE-cedimento palo singolo $\Phi 800$ – Fondazione Spalla

Q_{SLE} [kN]	w [mm]
0	0.0
21	0.1
42	0.1
63	0.2
84	0.3
105	0.4
126	0.4
147	0.5
168	0.6
189	0.7
210	0.7
251	0.9
293	1.0
335	1.2
377	1.3
419	1.5
461	1.6
503	1.8
545	1.9
587	2.1
629	2.2
733	2.7
838	3.1

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 11</p>	<p>Codifica EI2RBNV5400001</p>	<p>B</p>

943	3.6
1048	4.1
1152	4.7
1257	5.4
1362	6.3
1467	7.4
1571	8.8
1676	10.8
1781	13.9
1886	19.1
1990	30.4
2011	34.4
2032	39.6
2053	46.8
2074	57.0
2095	73.0
2095	80.3