

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

MANDATARIA:

MANDANTE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO

**LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI, TRATTA NAPOLI-CANCELLO,  
IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE,  
NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014  
RELAZIONE**

GA - GALLERIE

GA01 – GALLERIA CASALNUOVO DA km 0+550,00 a km 2+860.21

Relazione geotecnica

APPALTATORE	PROGETTAZIONE
DIRETTORE TECNICO Ing. M. PANISI	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE Ing. A. CHECCHI

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

I	F	1	M	0	0	E	Z	Z	R	B	G	A	0	1	0	0	0	0	1	C	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE SECUTIVA	M. Chiarini	14/06/18	M. Frandino	15/06/18	A. Bellocchio	15/06/18	G. Cassani	
B	EMISSIONE PER RdV	M. Chiarini	10/09/18	M. Frandino	11/09/18	A. Bellocchio	11/09/18	G. Cassani	
C	EMISSIONE PER RdV	M. Chiarini	03/10/18	M. Frandino	04/10/18	A. Bellocchio	04/10/18	G. Cassani	
									05/10/18

File: IF1M-0-0-E-ZZ-RB-GA0100-001-C

n. Elab.: X

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione geotecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GA.01.00.001	REV. C	PAGINA 2 di 52

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>RIFERIMENTI: NORMATIVE, DOCUMENTI E BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>7</b>
2.1	DOCUMENTI .....	7
2.2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	7
2.3	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....	8
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO GENERALE.....</b>	<b>10</b>
3.1	INQUADRAMENTO DELL'OPERA.....	10
3.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	11
3.2.1	<i>Formazioni presenti nell'area di esame.....</i>	<i>12</i>
3.3	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	12
3.4	CARATTERISTICHE DI SISMICITÀ DELL'AREA .....	13
<b>4</b>	<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE .....</b>	<b>14</b>
4.1	INDAGINI GALLERIA ARTIFICIALE.....	14
4.2	CONTROLLO DEI MOVIMENTI DI FALDA NELL'AREA DELLO SCAVO IN PRESSIONE DELLA GALLERIA CASALNUOVO.....	16
<b>5</b>	<b>CRITERI E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMOECCANICA... 17</b>	
5.1	NOTE GENERALI .....	17
5.2	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA GENERALE .....	17
5.2.1	<i>Unità geotecniche e formazioni geologiche.....</i>	<i>18</i>
<b>6</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA GA01 .....</b>	<b>22</b>
6.1	INDAGINI DISPONIBILI .....	22

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.				IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTO ESECUTIVO Relazione geotecnica		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GA.01.00.001	REV. C	PAGINA 3 di 52

6.2	SUCCESSIONE STRATIGRAFICA.....	22
6.3	CARATTERIZZAZIONE DI DETTAGLIO.....	24
6.3.1	<i>Stato tensionale iniziale</i> .....	26
6.3.2	<i>Depositi piroclastici rimaneggiati DI</i> .....	26
6.3.3	<i>Depositi piroclastici recenti Po</i> .....	27
6.3.4	<i>Tufo (Ts e TL)</i> .....	29
6.3.5	<i>Piroclastiti di base Pb</i> .....	30
6.4	PARAMETRI GEOTECNICI E PROFILO GEOTECNICO-GEOMECCANICO.....	31
7	<b>METODOLOGIE DI CALCOLO</b> .....	34
7.1	VERIFICHE GEOTECNICHE SLU: CARICO LIMITE VERTICALE PALI/SETTI.....	34
7.1.1	<i>Carico limite dei diaframmi</i> .....	34
7.1.2	<i>Stato tensionale indotto dallo scavo</i> .....	36
7.1.3	<i>Metodo di calcolo</i> .....	38
7.2	ITERAZIONE TERRENO-STRUTTURA: ANALISI SEMPLIFICATA.....	42
8	<b>SCAVI PROVVISORIALI</b> .....	43
8.1	INTRODUZIONE .....	43
8.2	ANALISI DI STABILITÀ .....	43
8.3	SEZIONI DI CALCOLO.....	45
8.4	ANALISI DI STABILITÀ .....	47
8.4.1	<i>Analisi 1</i> .....	48
8.4.2	<i>Analisi 2</i> .....	49

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>4 di 52</b>

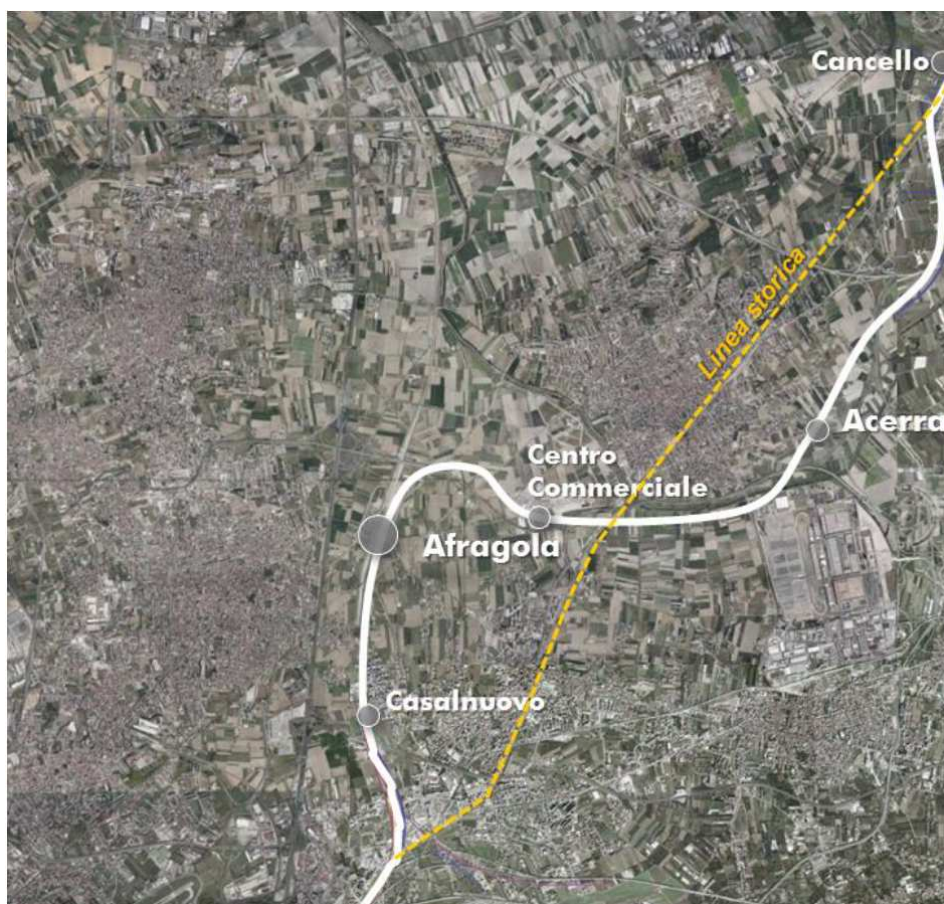
<b>8.4.3</b>	<b>Analisi 3 .....</b>	<b>50</b>
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>51</b>
<b>10</b>	<b>ALLEGATI.....</b>	<b>52</b>

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GA.01.00.001	REV. C	PAGINA 5 di 52

## 1 INTRODUZIONE

La presente relazione illustra gli aspetti geotecnici relativi al progetto esecutivo della Galleria artificiale Casalnuovo, tra le pk 0+550.677 e 2+860.21 della tratta Napoli-Cancello, primo lotto della linea ferroviaria AV/AC Napoli-Bari.

Il primo lotto nel suo complesso si riferisce al tratto ferroviario tra le pk 0+000 e 15+585, che attraversa i comuni di Casoria, Casalnuovo, Afragola, Caivano e Acerra, tutti comuni della Città Metropolitana di Napoli.



**Figura 1. Inquadramento dell'intervento (Tratta Napoli-Cancello)**

Dal punto di vista morfologico l'area interessata dal tracciato progettuale è ubicata in un territorio pianeggiante, con quote medie che oscillano tra 20-22m s.l.m. e 28-30m s.l.m., in un contesto morfologico regolare e uniforme, con superfici sub-pianeggianti e pendenze con valori specifici che non superano il 2%.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>6 di 52</b>	

Il progetto prevede pertanto il passaggio generalmente in trincea o su rilevato, ma a causa delle numerose interferenze presenti in superficie sono previsti anche gallerie artificiali, viadotti e cavalcavia, oltre che sottopassi e sovrappassi.

Proprio in riferimento alla galleria artificiale Casalnuovo, viene riportata in questo documento la caratterizzazione geotecnica del tratto tra le pk 0+550 e 3+015 circa. Tale caratterizzazione vuole essere una trattazione locale della caratterizzazione generale riportata in relazione geotecnica generale [Rif. 12], dalla quale trae origine e alla quale si farà spesso riferimento.

La relazione si articola come segue:

- il capitolo 2 elenca i documenti, le normative e la bibliografia di riferimento;
- il capitolo 3 propone un inquadramento generale dell'opera e l'inquadramento geologico e idrogeologico di sintesi riprendendo quanto descritto nella relazione geologica e idrogeologica di progetto;
- il capitolo 4 riporta un riepilogo delle indagini geotecniche disponibili per la caratterizzazione della galleria;
- il capitolo 5 descrive i criteri di interpretazione delle indagini geotecniche ed un richiamo della caratterizzazione generale e le principali unità lungo tutta la linea;
- il capitolo 6 individua i range maggiormente rappresentativi dello stato dei materiali nell'area della galleria artificiale, sulla base delle indagini presenti ma rifacendosi sempre alla caratterizzazione generale delle singole unità;
- il capitolo 7 riepiloga le metodologie di calcolo per le principali verifiche geotecniche.
- il capitolo 8 riporta le verifiche degli scavi provvisori per raggiungere la quota di imposta dei diaframmi

Non vengono affrontate in questa sede le verifiche geotecniche delle opere, né le problematiche specifiche relative allo scavo della galleria o delle fondazioni dei rilevati.

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

Le azioni sismiche di progetto sono state definite a partire dalla pericolosità sismica di base dei siti interessati in accordo con quanto previsto dal D.M. 14 gennaio 2008 e con riferimento all'elaborato specifico [Rif. 13].

Il documento revisiona, ove necessario, ed integra gli aspetti geotecnici del Progetto Definitivo.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>7 di 52</b>

## **2 RIFERIMENTI: NORMATIVE, DOCUMENTI E BIBLIOGRAFIA**

### **2.1 DOCUMENTI**

- [Rif. 1] IF1M00EZZRGMD0000002\_Relazione Generale di Progetto
- [Rif. 2] IF1M00EZZRGGE0001001\_Relazione geologica e geomorfologica generale
- [Rif. 3] IF1M00EZZRGGE0002001\_Relazione idrogeologica generale
- [Rif. 4] IF1M00EZZG6GE0001001÷10\_Carta geologica-geomorfologica generale
- [Rif. 5] IF1M00EZZF6GE000X001÷10\_Profilo geologico ed idrogeologico
- [Rif. 6] IF1M00EZZRHGE0001001\_Relazione tecnico illustrativa indagini geognostiche integrative
- [Rif. 7] IF1M00EZZRHGE0001002\_Indagini geognostiche e prove in situ integrative
- [Rif. 8] IF1M00EZZIGGE0001001\_Indagini geofisiche integrative
- [Rif. 9] IF1M00EZZPRGE0001001\_Certificati prove di laboratorio integrative
- [Rif. 10] IF1M00EZZP6GE0001001÷10\_Planimetria indagini geognostiche integrative
- [Rif. 11] IF1M00EZZF6GE0005001÷10\_Profilo geotecnico
- [Rif. 12] IF1M00EZZRHGE0005001\_Relazione geotecnica generale
- [Rif. 13] IF1M00EZZXXGE0005001\_Relazione sismica generale
- [Rif. 14] IF1M00EZZRGGA0100001\_Relazione tecnica generale
- [Rif. 15] IF1M00EZZRHGA0100002\_Relazione geologica e idrogeologica

### **2.2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO**

- [Rif. 16] DM 14.01.2008, "Norme tecniche per le Costruzioni"

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>8 di 52</b>	

[Rif. 17] Circ. Min. II. TT. 02.02.2009, n. 617, "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14.01.2008"

[Rif. 18] Raccomandazioni AGI Giugno 1977, "Programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche"

[Rif. 19] Raccomandazioni AGI maggio 1994 "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio"

[Rif. 20] Linee guida AGI 2005 "Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica"

[Rif. 21] UNI EN 1997-1:2005 "Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali"

[Rif. 22] UNI EN 1998-5:2005 "Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici"

[Rif. 23] Raccomandazioni AICAP 2012 – "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce"

[Rif. 24] Specifica RFI del 21/12/11 per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie

[Rif. 25] RFIDINCMACS00001C – Manuale di progettazione del corpo stradale

[Rif. 26] RFIDTCINCCSSPIFS001 – Specifica per la progettazione delle opere civili ferroviarie

### 2.3 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

[Rif. 27] Viggiani C. - "Fondazioni" – Hevelius Edizioni

[Rif. 28] Lancellotta R. "Geotecnica" - Zanichelli

[Rif. 29] Bruschi A. "Prove geotecniche in situ" – Dario Flacco Editore

[Rif. 30] Mancuso C, "Misure dinamiche in sito" – Hevelius Edizioni

[Rif. 31] Ishihara K., Tsukamoto Y., Shimizu Y. (2001) "Estimate of relative density from in-situ penetration tests" Proceedings In-situ 2001, Bali.



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>									
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE  OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI  CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>9 di 52</b>				

- [Rif. 32] 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.
- [Rif. 33] Jamiolkowski, M., Lo Presti, D.C.F. and Garizio, G.M. (2001). "Correlation between Relative Density and Cone Resistance for Silica Sands". Jubilee Volume 75th Anniversary of K. Terzaghi's. Erdbaumechanik Wien, Edit. H. Brandl.
- [Rif. 34] Ohta Y., Goto N. (1978) "Empirical shear wave velocity equations in terms of characteristic soil indexes" Earthquake Engineering and Structural Dynamics, vol.6
- [Rif. 35] Reese L.C., Cox W.R., Koop F.D. (1974) "Analysis of laterally loaded piles in sand" Proc. VI Offshore Technology Conference, OTC 2080, Houston, Texas. Somerville S.H. (1986) "Control of groundwater for temporary works" CIRIA Report
- [Rif. 36] Stroud M.A. (1974) "The standard penetration test in insensitive clays and soft rocks" Proceedings ESOPT I.
- [Rif. 37] 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.
- [Rif. 38] Vucetic M., Dobry R. (1991) "Effect of soil plasticity on cyclic response" Journal of Geotechnical Engineering, vol. 117, n° 1, pp. 89-107.
- [Rif. 39] Youd T.D. (1972) "Factors controlling maximum and minimum density of sands" Proceedings of Symposium on Eval. Dens., ASTM STP 523

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GA.01.00.001	REV. C	PAGINA 10 di 52

### 3 INQUADRAMENTO GENERALE

#### 3.1 INQUADRAMENTO DELL'OPERA

Gli interventi previsti all'interno del presente progetto s'inseriscono nell'ambito della riqualificazione delle relazioni trasportistiche dell'asse trasversale Napoli – Benevento – Foggia – Bari.



**Figura 2. Corografia generale dell'intera tratta NA-BA**

La realizzazione dell'alta capacità Napoli – Bari favorirà l'integrazione dell'infrastruttura ferroviaria del Sud – Est con le Diretrici di collegamento al Nord del Paese e con l'Europa, riconnettendo due aree, quella campana e quella pugliese. Il potenziamento dell'asse ferroviario di collegamento fra il Tirreno e l'Adriatico permetterà inoltre di creare un "tripolo" (Roma, Napoli e Bari) che costituirà uno dei sistemi metropolitani più grandi d'Europa. Sul fronte internazionale, nell'ambito del nuovo assetto dei corridoi transeuropei (TEN-T) definito dalla Commissione Europea il 19 ottobre 2011, è stato identificato come prioritario lo sviluppo dell'itinerario Napoli – Bari, che nello specifico rientra all'interno del Corridoio 5 Helsinki – Valletta.

La riqualificazione e lo sviluppo dell'itinerario Napoli Bari prevede interventi di raddoppio delle tratte ferroviarie a singolo binario e varianti rispetto agli attuali tracciati, elevando

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>11 di 52</b>

inoltre l'efficacia dell'infrastruttura esistente, attraverso l'aumento dell'accessibilità al servizio nelle aree attraversate.

La variante si articola per circa 15,5 km nei territori di Casoria, Casalnuovo, Afragola, Caivano e Acerra, comuni della Città Metropolitana di Napoli. La progressivazione parte, a sud, dal km 0+000,00 (coincidente con il km 241+727 della linea storica) e termina, a nord, al km 15+585,066 (coincidente con il km 229+530 della linea storica).

Per ulteriori informazioni sulla descrizione dell'intervento si rimanda alla relazione generale [Rif. 1].

Per quanto riguarda la descrizione della Galleria Artificiale Casalnuovo si rimanda alla relazione specifica [Rif. 14].

### 3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Si riporta nel paragrafo un breve inquadramento geologico, ma si rimanda necessariamente alla specifica relazione [Rif. 2] per un quadro esaustivo delle caratteristiche geologiche e le relative criticità e in particolare alla relazione della galleria [Rif. 15].

La vasta area pianeggiante, compresa tra il mar Tirreno, il M. Massico, i monti di Caserta ed il Vesuvio, è denominata Piana Campana. In quest'area, in epoca storica e in particolare durante il quaternario recente, si sono verificati fenomeni vulcanici che hanno contribuito a definire l'assetto morfologico attuale.

Dal punto di vista geologico strutturale regionale l'area interessata dal tracciato delle opere a progetto si trova interamente della cosiddetta "Piana Campana".

La Piana Campana è una depressione strutturale allungata in direzione NO/SE, colmata da depositi sedimentari e vulcanici di età plio-quaternaria. I margini, settentrionale, meridionale ed orientale sono costituiti da terreni carbonatici mesozoici e da terreni miocenici, calcarei e silicoclastici di età compresa tra il Burdigaliano ed il tortoniano superiore (Miocene). Questi terreni derivano dalla deformazione delle aree più occidentali caratterizzate da sedimenti di piattaforma carbonatica.

La Piana è stata progressivamente colmata da depositi marini, alluvionali e palustri, dai prodotti dei Campi Flegrei e da quelli del complesso Somma-Vesuvio. Gli spessori di questi depositi sono stati stimati in almeno 4500 m sulla base di analisi geofisiche e gravimetriche. Lo spessore della coltre vulcanoclastica e detritica aumenta

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. PAGINA <b>C 12 di 52</b>

progressivamente dalle pendici dei rilievi carbonatici verso ovest, con spessori di circa 2000 m nella parte centrale e meridionale della pianura. Geologicamente i terreni della Piana Campana sono giovani, non oltre i 30000 – 39000 anni circa.

Tra gli eventi piroclastici per la costituzione della piana il più importante è rappresentato dall'evento che segnato la "messa in posto" dell'Ignimbrite Campana, eruttata dal complesso vulcanico dei Campi Flegrei, circa 37000 – 39000 anni fa e determinò la quasi totale emersione della Piana Campana.

### **3.2.1 Formazioni presenti nell'area di esame**

Come verrà descritto nel seguito, le formazioni geologiche e le unità geotecniche in questo progetto vanno a sovrapporsi, pertanto si rimanda direttamente al § 5.2.1 per una descrizione delle formazioni/unità.

In particolare nel volume significativo dell'opera GA01 in esame sono presenti tutte le unità caratteristiche del progetto.

## **3.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO**

Il corpo di depositi piroclastici che riempie la Piana Campana è sede dell'acquifero principale del territorio campano centro-settentrionale.

Per quanto la circolazione idrica sotterranea sia localizzata nei livelli piroclastici a granulometria più grossolana presenti alla base dell'Ignimbrite Campana, l'assenza di strati confinanti realmente continui fa sì che la falda risulti a grande scala un unico corpo idrico.

In sintesi lo schema idrogeologico di dettaglio in linea generale conferma buona parte dei risultati definiti nel precedente studio a base del progetto definitivo. Nel dettaglio:

- La falda principale è contenuta nelle piroclastiti (Pb), che giacciono al di sotto dell'Ignimbrite Campana, a profondità maggiori di 15÷30 m dal piano campagna. Nell'area di studio, esse sono costituite prevalentemente da terreni sciolti a granulometria sabbiosa e/o ghiaiosa con locale debole presenza di matrice fine. La permeabilità della parte alta dell'orizzonte acquifero principale, ovvero quella investigata dai sondaggi geognostici, risulta prevalentemente compresa tra  $10^{-4}$  m/s e  $10^{-5}$  m/s, (con locali ma meno frequenti variazioni, tali da comprendere un range più ampio,  $5 \cdot 10^{-4} \div 10^{-7}$  m/s, in funzione della composizione granulometrica).

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>13 di 52</b>

- Al di sopra dell'acquifero è presente un tetto da litoide (TL) a semi-litoide (TS) costituito dall'Ignimbrite Campana, che ha spessori variabili, mediamente pari a 10÷15 m. La permeabilità del tetto varia da valori medi di  $10^{-5} \div 10^{-7}$  m/s in corrispondenza delle porzioni più litoidi a valori di  $10^{-4} \div 10^{-6}$  m/s laddove il tufo risulta più disgregato e ridotto a materiale granulare. In virtù di queste caratteristiche, l'Ignimbrite Campana a tetto dell'acquifero principale conferisce ad esso carattere di falda semi-confinata.
- Sopra l'Ignimbrite Campana, è presente una coltre piroclastica recente, (Di e Po), costituita prevalentemente da terreno sciolto a granulometria sabbiosa da fine a media e ghiaiosa con matrice limosa, sede di una falda superficiale che, oltre ad essere in condizioni di possibile scambio idrico con l'acquifero profondo, viene anche drenata dal sistema di canalizzazioni dei Regi Lagni. La permeabilità della coltre piroclastica superficiale si attesta su valori di  $10^{-3} \div 10^{-6}$  m/s, (localmente anche  $10^{-6} \div 10^{-8}$  m/s laddove prevalgono gli orizzonti più fini a granulometria limosa).

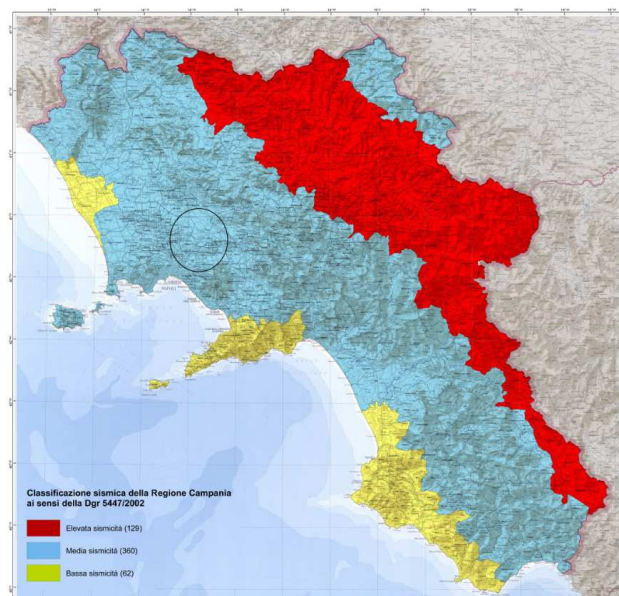
Si rimanda alla relazione idrogeologica generale [Rif. 3] e specifica [Rif. 15] per un chiaro quadro dell'argomento.

### 3.4 CARATTERISTICHE DI SISMICITÀ DELL'AREA

Il tratto ferroviario attraversa Casoria, Casalnuovo, Afragola, Caivano e Acerra, tutti comuni della Città Metropolitana di Napoli.

Come indicato nella mappa di classificazione sismica nazionale prodotta dal Dipartimento della Protezione Civile, l'area d'intervento ricade esclusivamente in "Zona 2" (media sismicità).

Per le informazioni riguardo le caratteristiche di sismicità dell'area oggetto di analisi si rimanda alla Relazione geologica [Rif. 1], mentre per le azioni di progetto, funzione della definizione di categoria di sottosuolo e categoria topografica, si rimanda alla relazione sismica generale [Rif. 13].



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>14 di 52</b>

#### **4 INDAGINI GEOGNOSTICHE**

Sono state effettuate molteplici campagne nella tratta di interesse:

- Indagini pregresse: 1996-1997, 2004
- Indagini P.P.: 2009
- Indagini P.D.:
  - 1° fase 2013
  - 2° fase 2014
  - 3° fase 2014
  - 4° fase 2015
  - 5° fase 2015
- Indagini P.E.: 2018

Non di tutte le campagne sono disponibili i certificati delle indagini, in particolare i sondaggi pregressi e quelli di PP sono disponibili solamente come verticali nel profilo di PD. Pertanto si terrà conto dei dati disponibili dal profilo stratigrafico di PD per poter studiare le successioni stratigrafiche, ma per la caratterizzazione verranno usati solamente i dati di cui si conoscono i certificati di prova.

Per ulteriori dettagli sulle prove effettuate, le modalità di prova e le singole stratigrafie, si rimanda alla relazione geologica e ai documenti disponibili, prodotti dalle ditte incaricate dell'esecuzione delle indagini.

In relazione geotecnica [Rif. 12] sono elencati tutti i sondaggi utilizzati per la caratterizzazione geotecnica generale.

##### **4.1 INDAGINI GALLERIA ARTIFICIALE**

In tabella si riportano i sondaggi utilizzati per la caratterizzazione geotecnica nell'area della galleria in esame.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b> PAGINA <b>15 di 52</b>

GA01		2465	m
Sondaggio	PP/PD	integrativi PE	f.a. >100m
S1	X		
PNIF34R01	X		
S2	X		
CPT232	X		
S3	X		
E1PZ		X	
S4	X		X
PNIF34B02	X		
S5	X		
E3PZ		X	
ECPT1		X	
E2DH		X	
E4PZ		X	
S6	X		
PNIF34B03	X		
S7	X		
E5PZ		X	
6-CPT41	X		X
S8	X		
6-CPT40	X		
E6PZ		X	
CPT216	X		
E7		X	
6-CPT38	X		
7-BH45BIS	X		X
6-BH46	X		
7-CPTU38BIS	X		
6-BH45	X		
6-BH44A	X		
7-BH44ABIS	X		
6-CPT37	X		
6-BH44A	X		
6-CPT43	X		
6-BH43	X		
E8DH		X	
PNIF34B04	X		
6-BH42	X		
6-BH41A	X		
6-CPT35	X		
6-BH41A	X		
7-BH41BIS	X		
<b>TOT</b>	<b>41</b>	<b>32</b>	<b>3</b>

**Tabella 1. Riepilogo indagini GA01**

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>16 di 52</b>

#### **4.2 CONTROLLO DEI MOVIMENTI DI FALDA NELL'AREA DELLO SCAVO IN PRESSIONE DELLA GALLERIA CASALNUOVO**

Per quanto concerne la galleria artificiale Casalnuovo merita particolare attenzione l'approfondimento degli aspetti connessi con la permeabilità locale ed a grande scala in quanto le fasi costruttive prevedono l'utilizzo dell'aria compressa.

Al fine di approfondire lo studio idrodinamico nella tratta della galleria artificiale Casalnuovo, dopo la fase iniziale dello studio di approfondimento idrogeologico, sono in fase di predisposizione, a monte e a valle del tracciato, una serie di piezometri aggiuntivi, ubicati in corrispondenza dei differenti compartimenti di scavo della galleria con aria compressa, per consentire lo studio dell'andamento della falda negli scenari ante operam, in fase di scavo e post operam. La lettura di questi piezometri non è al momento disponibile per la definizione della falda di progetto.

Si rimanda alla relazione idrogeologica generale [Rif. 3] e specifica [Rif. 15] per un chiaro quadro dell'argomento.



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>17 di 52</b>

## **5 CRITERI E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMOECCANICA**

### **5.1 NOTE GENERALI**

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

- Terreni incoerenti o debolmente cementati (sabbie localmente ghiaiose in matrice limosa);
- Terreni coesivi (limi e argille in matrice sabbiosa);
- rocce

L'individuazione del tipo di materiale, e quindi la scelta del metodo di interpretazione, è fatta principalmente sulla base:

- della descrizione stratigrafica dei sondaggi;
- delle prove di laboratorio sui campioni di terreno e sulle carote di roccia.

I criteri sono i medesimi adottati in Relazione geotecnica generale [Rif. 12], alla quale per brevità si rimanda.

### **5.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA GENERALE**

La caratterizzazione è stata fatta sull'analisi dei risultati delle prove di laboratorio, cercando di cogliere il comportamento delle singole unità in termini di:

- Resistenza
- Deformabilità
- Suscettibilità alla liquefazione

Sono stati poi analizzati i risultati delle prove penetrometriche, in particolare le correlazioni da adottare per ricavare i parametri tarandoli con i risultati delle prove di laboratorio delle singole unità. Il dato delle penetrometriche, molto più diffuso lungo tutto il tragitto, è stato quindi discriminante per tutta la caratterizzazione.

Per quanto riguarda i parametri di rigidità invece i dati provenienti da correlazioni sono stati considerati come limite minimo dei range di caratterizzazione. Le correlazioni di

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>18 di 52</b>
		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					

letteratura infatti restituiscono valori bassi di Vs rispetto a quelli risultanti dalle DH, indagini peraltro abbastanza diffuse lungo il tragitto. Pertanto si è preferito adottare i range caratterizzanti ogni unità ricavati dalla DH, tenendo come valori minimi i risultati da correlazioni di N<sub>spt</sub>.

La suscettibilità alla liquefazione invece è stata testata in laboratorio sulle principali unità, e poi si è estesa la verifica localmente sulla base di N<sub>spt</sub>, Vs da DH e C<sub>pt</sub>.

Definito il comportamento geotecnico delle singole unità potrebbe essere limitante o addirittura fuorviante cercare di restringere la caratterizzazione di una singola opera sulla base dei dati delle indagini eseguite lungo l'opera. Si ritiene invece corretto mantenere i range definiti in linea generale che caratterizzano il comportamento dell'unità e di andare a tarare gli strati di terreno nel volume significativo di ogni opera sulla base delle prove in sito maggiormente diffuso, ossia SPT e DH.

In linea con questa ipotesi si rimanda alla relazione geotecnica generale [Rif. 12] per la caratterizzazione delle singole unità, mentre in questo documento verranno definiti i range più rappresentativi dei terreni della GA sulla base delle indagini in sito svolte nel suo intorno.

Per chiarezza si riporta la descrizione generale delle unità ripresa dalla relazione generale [Rif. 12].

### **5.2.1 Unità geotecniche e formazioni geologiche**

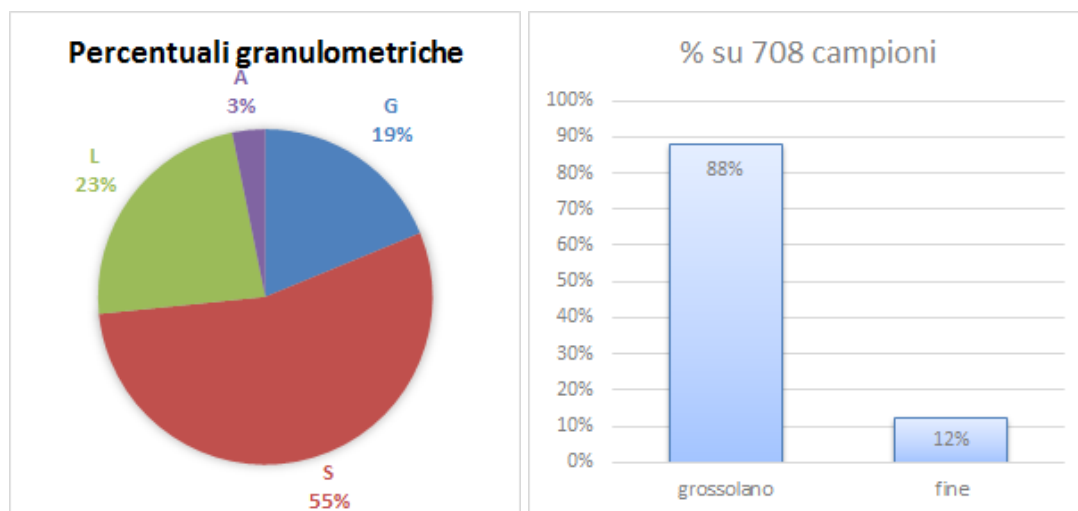
L'analisi globale delle indagini, pregresse e di PE, e dei documenti geologici e geomorfologici ha portato alla caratterizzazione oggetto di questo capitolo.

In particolare si è notato che da un punto di vista geotecnico i materiali presenti nel volume significativo dell'opera e delle sue fondazioni possono essere suddivisi in due macro-unità: i depositi sabbioso-limosi delle piroclastiti e il tufo, che a sua volta si presenta come una sabbia quando è sfatto o come una roccia tenera quando è compatto.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>19 di 52</b>
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>								



**Figura 3. Distribuzione granulometrica di tutti i campioni disponibili**



**Figura 4. Percentuale granulometrica globale e percentuale di campioni con prevalenza materiale fine o grossolano**

Da un punto di vista fisico le caratteristiche dei depositi sono abbastanza omogenee (natura dei materiali, peso specifico, granulometria), invece i risultati delle indagini geotecniche si mostrano molto eterogenei e statisticamente dispersi. In particolare le prove maggiormente diffuse, cioè che vanno ad indagare in maniera diffusa nello spazio il volume dell'opera, sono le penetrometriche e le DH. Entrambe mostrano range molto ampi di  $N_{SPT}$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>20 di 52</b>

e Vs, e da un'analisi approfondita si riesce a riconoscere all'interno dei depositi piroclastici un comportamento differente in funzione delle diverse stratigrafie geologiche, in cui sono distinti i depositi rimaneggiati da quelli recenti e infine da quelli di base.

In accordo con questa risultanza, si è scelto di considerare sovrapponibili le unità geotecniche alle formazioni geologiche definite nel profilo stratigrafico, mantenendo pertanto una continuità con le fasi precedenti di progettazione.

Le unità geotecniche sono pertanto:

- Depositi piroclastici rimaneggiati (**DI**): limi sabbiosi/sabbie limose
- Depositi piroclastici recenti (**Po**): sabbie limose a tratti ghiaiose
- Depositi piroclastici di base (**Pb**): sabbie deb. Limose a tratti ghiaiose
- Tufo sfatto (**Ts**): sabbia a tratti limosa
- Tufo litoide (**T<sub>L</sub>**): materiale a comportamento litoide



Figura 5. Passaggio tra DI e Po (E21)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>  <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>													
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>RB</td> <td>GA.01.00.001</td> <td>C</td> <td>21 di 52</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	RB	GA.01.00.001	C	21 di 52	
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA									
IF1M	0.0.E.ZZ	RB	GA.01.00.001	C	21 di 52									



Figura 6. Passaggio tra TL, Ts e Pb (E23)



Figura 7. TL (E33)

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>22 di 52</b>

## 6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA GA01

La caratterizzazione effettuata ha carattere generale, considera tutti i sondaggi anche se fuori asse e fornisce un range sempre valido di parametri per la progettazione delle opere. La caratterizzazione è stata eseguita considerando tutte le prove disponibili, ma in larga parte ciò che fornisce un dato globalmente diffuso è la prova penetrometrica. Come fatto in relazione geotecnica per i viadotti, si riporta in questo capitolo una caratterizzazione di dettaglio per la GA, andando a mostrare se e in che modo possono essere particolareggiati i range definiti alla luce delle singole indagini presenti nell'area, ragionando quindi in maniera più deterministica.

Si ricorda che i parametri definiti in relazione, sia nella caratterizzazione generale che in quella delle singole opere, vanno interpretati sempre alla luce del tipo di opera da progettare, del livello tensionale e/o deformativo raggiunto, del volume di terreno coinvolto, dell'esperienza e della sensibilità del singolo progettista.

### 6.1 INDAGINI DISPONIBILI

Le indagini disponibili alla ricostruzione stratigrafica e alla caratterizzazione di dettaglio sono riportate in Tabella 1 al §4.1. Si rimanda alle planimetrie indagini [Rif. 10], per una corretta localizzazione delle verticali di indagine.

Il coefficiente di sicurezza adottato in PD era 1.40, pertanto in PE viene mantenuto tale valore in funzione del numero di indagini che indagano il volume significativo.

### 6.2 SUCCESSIONE STRATIGRAFICA

La stratigrafia inizialmente è composta da depositi DI e Po fino ad oltre i 50m, con il passaggio tra le due unità che arriva a profondità di 10m alla pk 1+050 circa (Figura 8), mentre verso la pk 1+300 lo stato DI si assottiglia fino a scomparire, e nel volume comincia a comparire lo strato di piroclastiti di base. Alla pk 1+700 il Po arriva a piano campagna mentre le piroclastiti di base raggiungono la quota -14m da p.c. (Figura 9), punto più alto in cui si riscontra questa formazione, che difatti oltre la pk 1+800 si immerge al di sotto dello strato tufaceo. Tale strato prosegue per tutto il tracciato della galleria, alternativamente sfatto e litoide in maniera caotica, con spessori che arrivano a circa 15m (Figura 10).



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA <b>IF1M    0.0.E.ZZ    RB    GA.01.00.001    C    23 di 52</b>	



**Figura 8. E2DH: Passaggio tra DI e Po**



**Figura 9. E5: Po in superficie e passaggio con l'unità Pb**



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. PAGINA <b>C 24 di 52</b>
IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						



Figura 10. E8DH: Po in superficie, strato di tufo e Piroclastiti di Base Pb

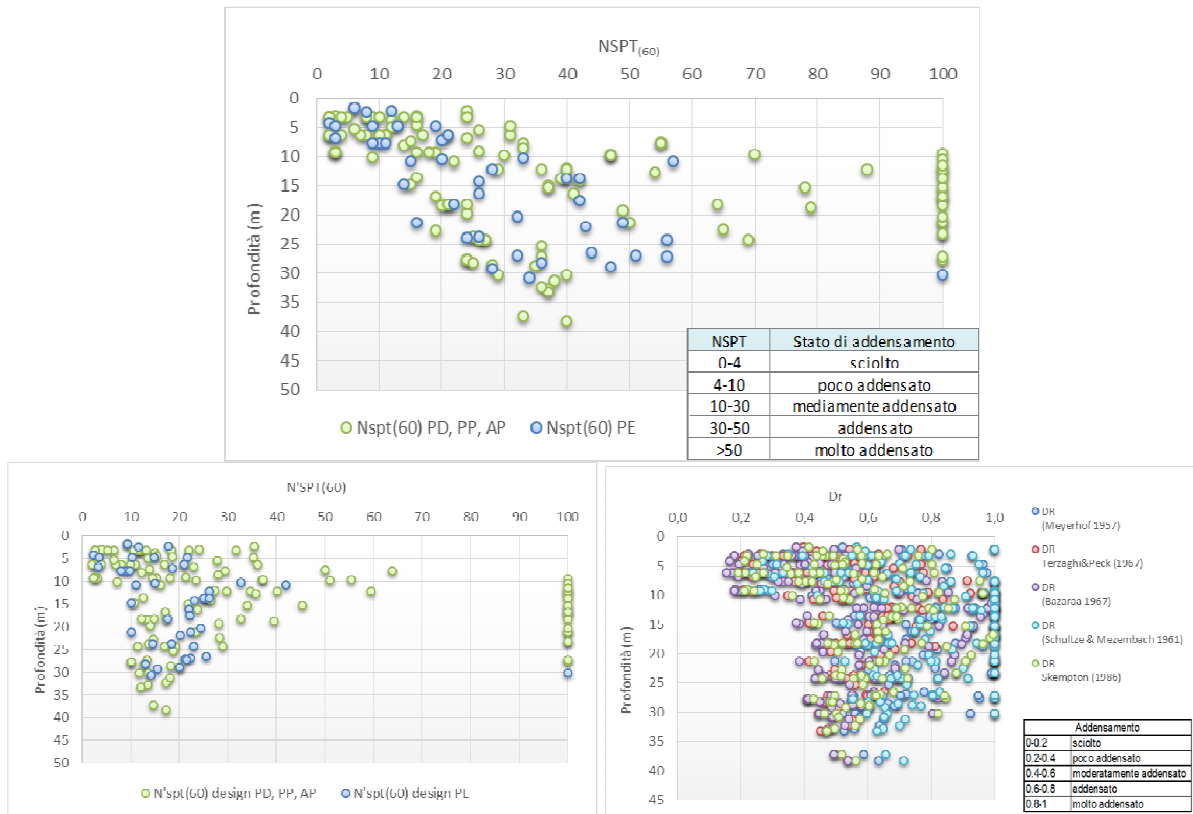
### 6.3 CARATTERIZZAZIONE DI DETTAGLIO

Nelle tabelle seguenti sono riportati i risultati delle prove penetrometriche dinamiche e i principali valori derivanti dalle correlazioni adottate. Si vede subito che il numero dei colpi aumenta con la profondità, soprattutto con un netto aumento dei valori, anche normalizzati ( $N'_{(60)}$ ), al di sotto dei 10 m dove cominciano i materiali tufacei. Proprio all'altezza dei materiali tufacei corrisponde tutte le prove a rifiuto (13% del numero totale di prove).

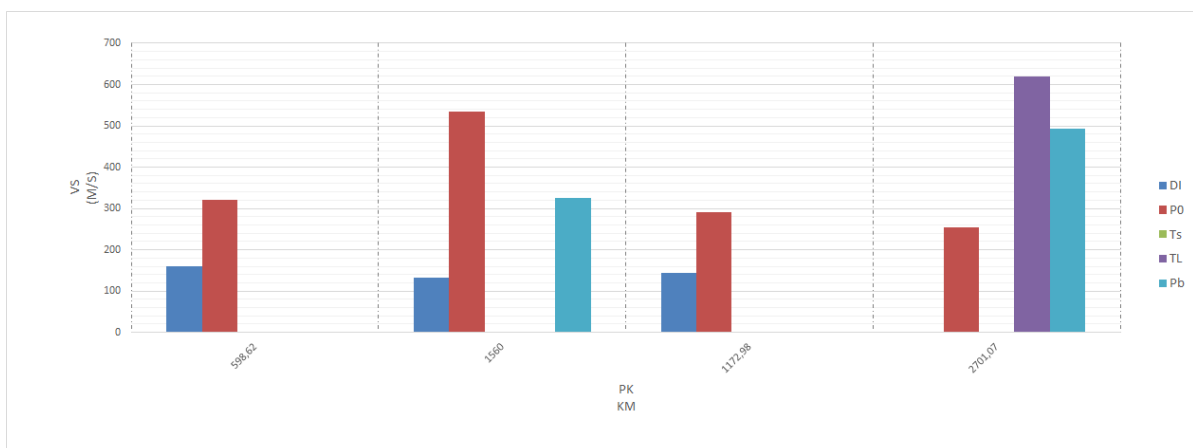
Al di sotto i valori tornano ad essere minori e raccolte intorno al range 30-40 nello strato sabbioso delle piroclastiti di base. Nel grafico in cui sono riportate le correlazioni con lea densità relativa è ben mostrato lo stato poco addensato superficiale ( $z < 10$  m da p.c.).



<b>APPALTATORE:</b> <u>Mandataria:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<b>Mandante:</b> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>						
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandataria:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>PROGETTO</b> <b>IF1M</b>	<b>LOTTO</b> <b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CODIFICA</b> <b>RB</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>GA.01.00.001</b>	<b>REV.</b> <b>C</b>	<b>PAGINA</b> <b>25 di 52</b>
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione geotecnica</b>								



**Figura 11. GA01 – Valori NSPT e correlazioni**



**Figura 12. GA01 – Vs negli strati**

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>26 di 52</b>	

### 6.3.1 Stato tensionale iniziale

Dai risultati delle prove edometriche effettuate sui campioni indisturbati lungo la linea, si è visto come alcuni strati superficiali di deposito mostrassero una leggera sovraconsolidazione. Si ritiene tuttavia valido considerare lo stato tensionale iniziale generale riferendosi a parametri normal consolidati, in linea anche con il comportamento meccanico evidenziato nelle altre prove meccaniche. Il valore di tensione orizzontale sarà pertanto calcolato secondo i valori di  $k_0$  dichiarati in relazione geotecnica generale [Rif. 12] o riferendosi semplicemente alla formula

$$\sigma'_h = \sigma'_v \cdot k_0 \quad \text{con } k_0 = 1 \cdot \tan^2(\phi) \text{ (Jaky, 1936)}$$

### 6.3.2 Depositi piroclastici rimaneggiati DI

Si tratta di sabbie limose piroclastiche rimaneggiate in ambiente continentale per azione di acque fluviali e di antiche conche lacuali e palustri, talora con presenza di orizzonti torbosi e tracce di paleosuoli.

La sabbia limosa (DI) nella tratta interessata si presenta da poco a mediamente addensata ( $N_{SPT} = 5 \div 20$ ,  $D_R = 0.2 \div 0.6$ ). I valori che scaturiscono dalle correlazioni si mostrano in linea con la caratterizzazione generale dell'unità, con angolo di attrito che può variare da  $30^\circ$  a  $36^\circ$ .

I moduli elastici dinamici dalle correlazioni con le NSPT sono nel range 100-150MPa, quelli ricavabili da DH sono costanti e pari a 400 MPa ( $V_s \approx 300\text{m/s}$ ).

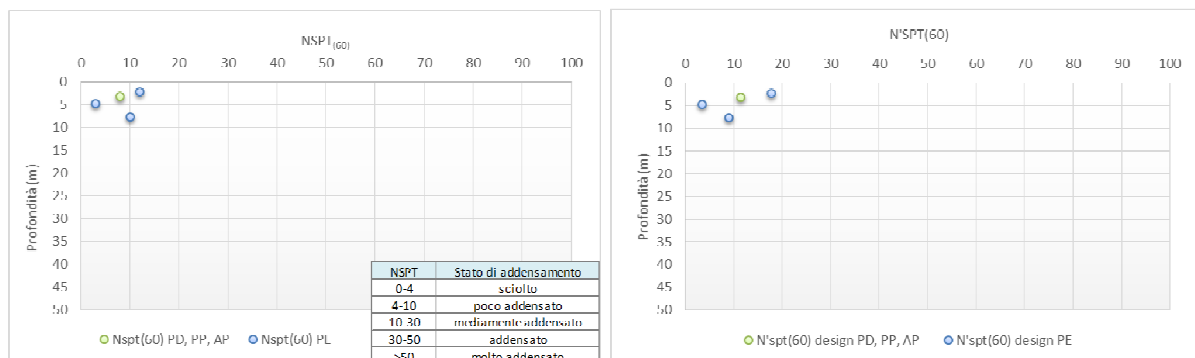


Figura 13. VI01 – DI - Valori NSPT

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	PROGETTO <b>Relazione geotecnica</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>27 di 52</b>

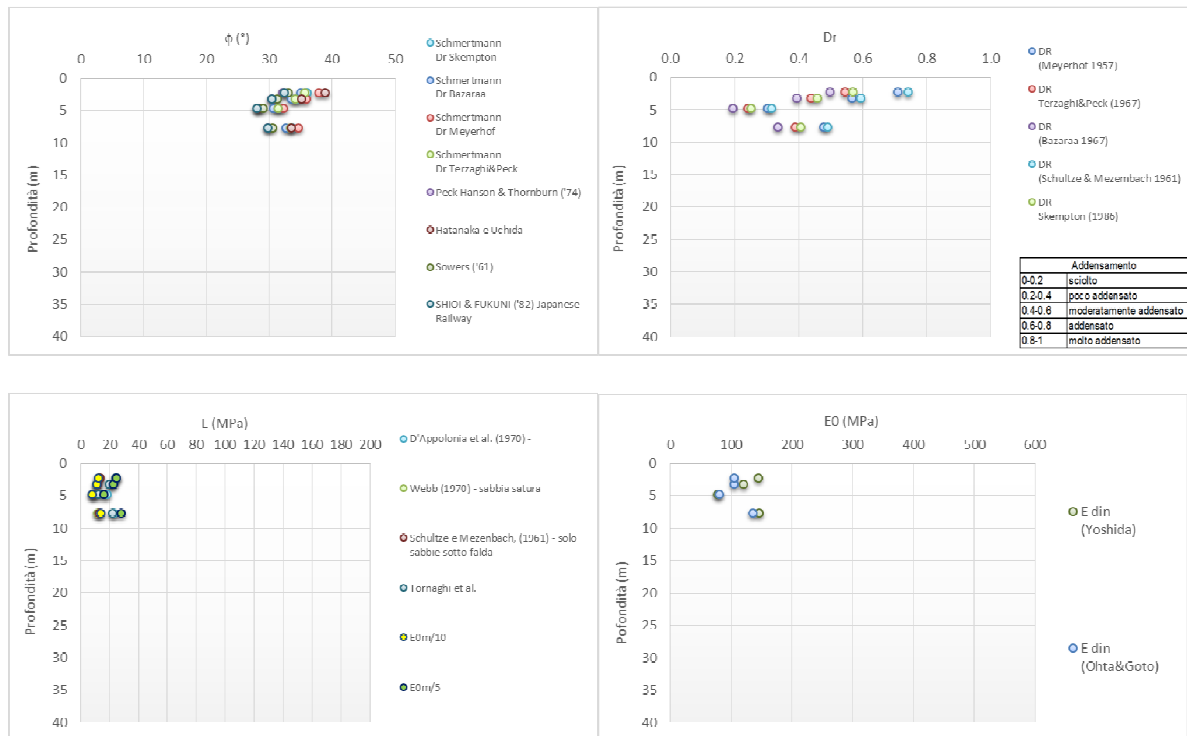


Figura 14. VI01 – DI – Correlazioni con N<sub>spt</sub>

### 6.3.3 Depositi piroclastici recenti Po

Si tratta di depositi piroclastici sabbiosi formati da lapilli, ceneri vulcaniche, pomice con locali tracce di paleosuoli. Sono costituiti da sabbie da fini a medie a grossolane in matrice limosa debolmente argillosa con presenza di locali livelli ghiaiosi.

Questi depositi si presentano in generale da poco o mediamente addensati ( $N_{SPT}=5\div 30$ ,  $D_R=0.4\div 0.6$ ). In particolare i valori ricavati a basse profondità ( $z < 10m$ ) possono essere molto bassi, a caratterizzare un materiale praticamente sciolto, ma anche elevati da materiale mediamente addensato, pertanto è molto complicato poter definire tale materiale in funzione della profondità, in particolare nello strato superficiale. Già sotto i 10m si può affermare che le Po sono sempre moderatamente addensate.

I valori che scaturiscono dalle correlazioni si mostrano in linea con la caratterizzazione generale dell'unità, ma in questo caso in cui le Po sono superficiali, il range si divarica fino a contenere un range  $30^\circ$  a  $38^\circ$ .

<b>APPALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<b>Mandante:</b> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>	
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione geotecnica</b>		<b>PROGETTO</b> <b>IF1M</b>	<b>LOTTO</b> <b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CODIFICA</b> <b>RB</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>GA.01.00.001</b>		

Nello strato, qualora presenti orizzonti dalla componente ghiaiosa significativa, si rilevano valori di N<sub>spt</sub> maggiori (N<sub>spt</sub>=30÷45).

I moduli elastici dinamici dalle correlazioni con le NSPT sono nel range 100-350MPa, mentre dalle DH eseguite i valori vanno da 200-250 fino a superare i 1000MPa (prova S7).

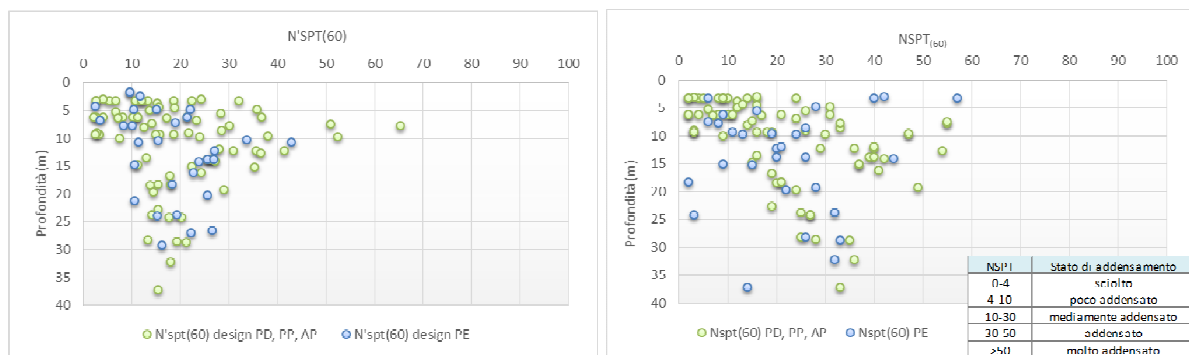


Figura 15. VI01 – Po - Valori NSPT

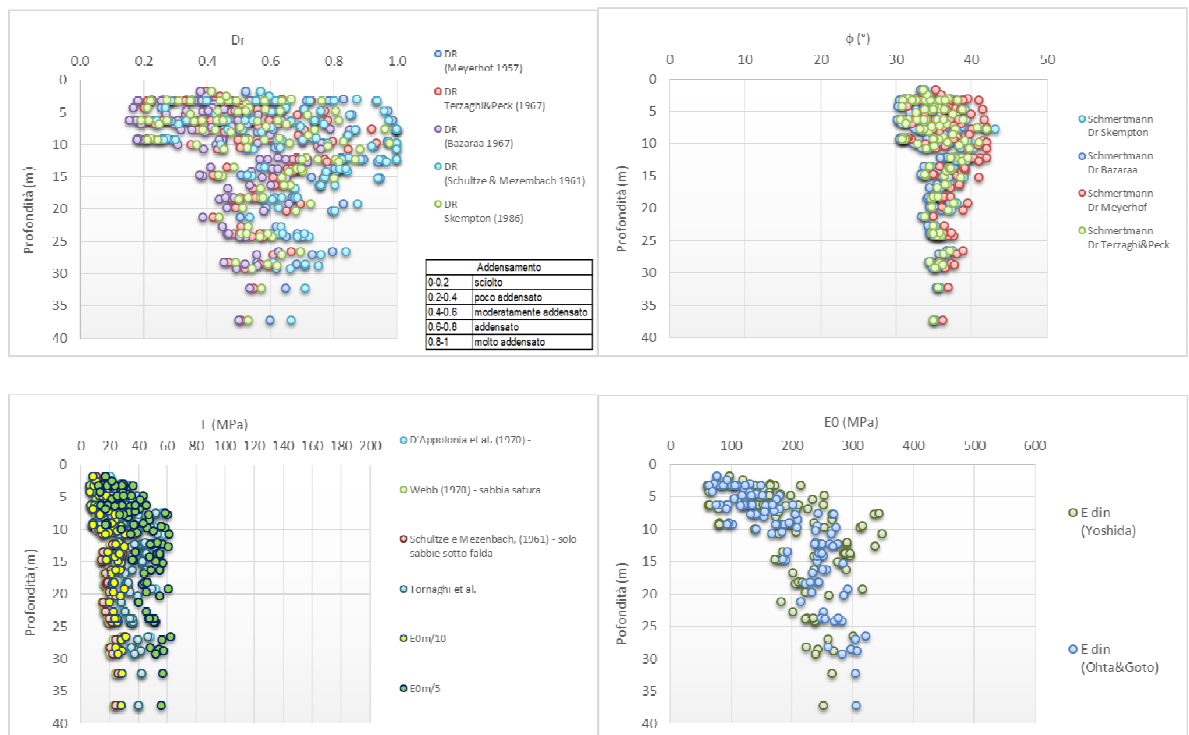


Figura 16. GA01 – Po – Correlazioni Nspt

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>29 di 52</b>

### 6.3.4 Tufo (Ts e TL)

Il tufo, laddove è caratterizzato da una debole cementazione, si presenta “sfatto” e quindi costituito da sabbia limosa con clasti. Molte prove penetrometriche vanno a rifiuto (15 su 21) sia a causa di un forte addensamento sia per la presenza di clasti, in ghiaia e in ciottoli. Laddove le prove non sono andate a rifiuto, il materiale si presenta a granulometria grossolana, da addensato a molto addensato, (NSPT=40-80; Dr=0.6-0.9). Gli angoli di attrito sono in linea con i valori di progetto ( $\phi > 37^\circ$ ). I moduli dinamici nelle Ts variano da 300MPa (ricavato con correlazioni da Nspt) e 1600 MPa derivati da prove sismiche.

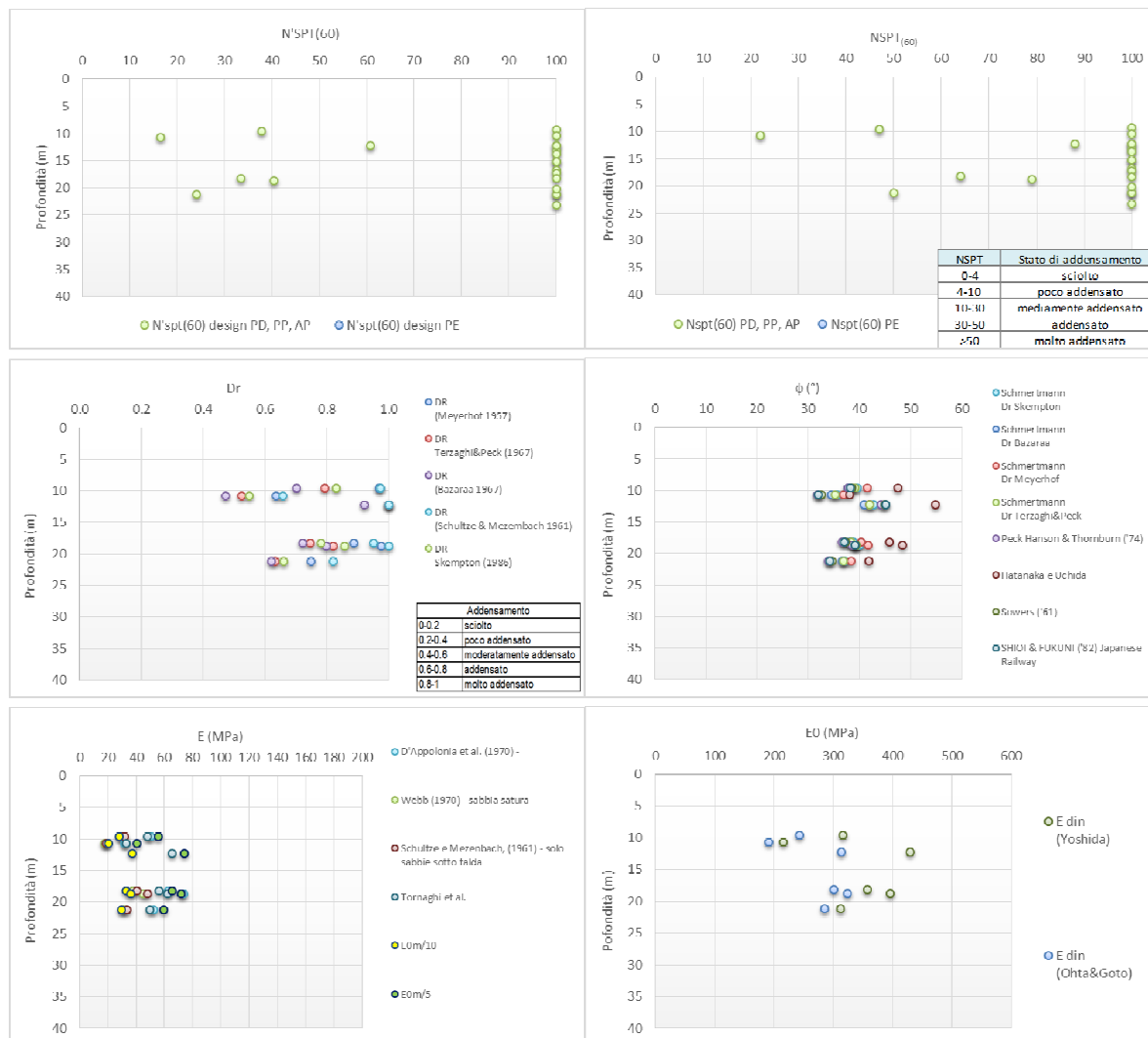


Figura 17. GA01 – TS - Valori NSPT e correlazioni

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>30 di 52</b>

Per il tufo litoide si adottano invece i parametri di caratterizzazione generale.

### 6.3.5 Piroclastiti di base Pb

Si tratta di depositi piroclastici, in forma di terreni tufacei scarsamente litoidi in facies cineritica e pomicea. Sono costituiti da sabbie da fini a medie localmente grossolane, in matrice limosa con locale ghiaia.

Questi depositi si presentano prevalentemente da moderatamente addensati ( $N_{spt}=10\div30$  e  $D_R=0.4\div0.6$ ) ad addensati qualora la matrice ghiaiosa diventa più significativa. I valori di angolo d'attrito si attestano a valori prossimi a quelli valutati nella caratterizzazione generale, in un range compreso tra 35 e 38°. Le prove DH danno un modulo elastico iniziale che varia da 400MPa a 1100MPa, mentre i valori da correlazione di  $N_{spt}$  sono in linea con i valori minimi di tale range (300-400 MPa).

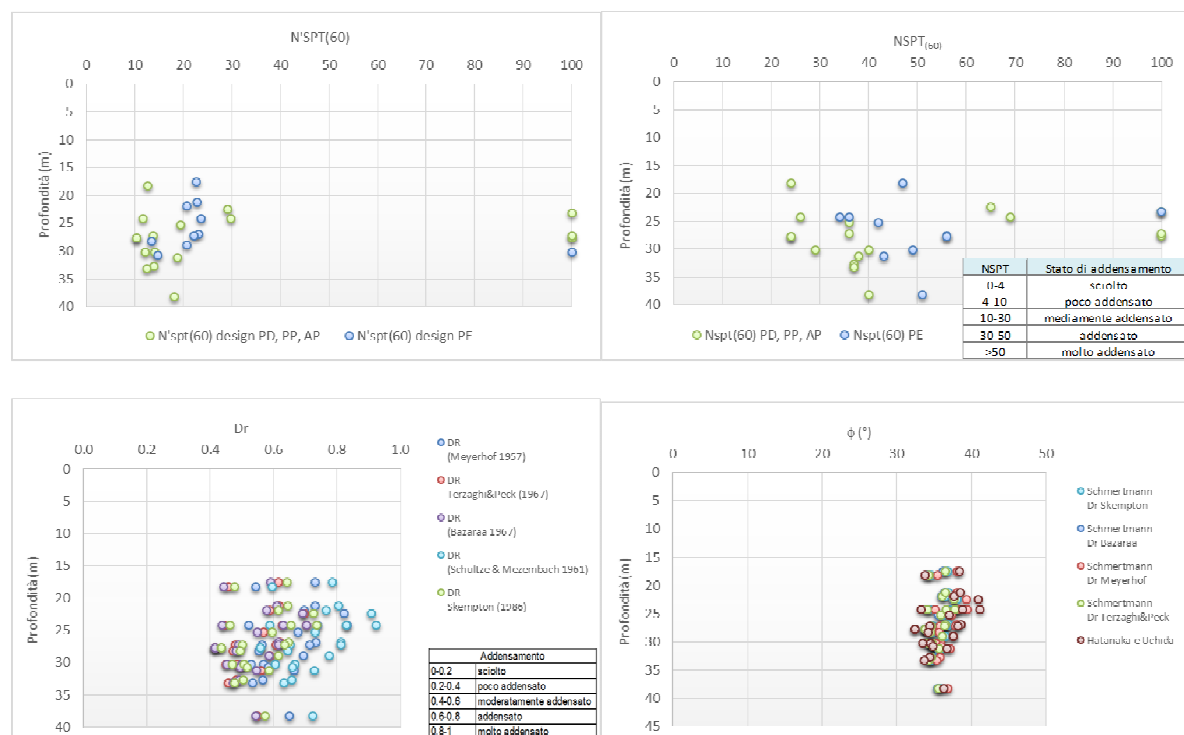


Figura 18. GA01 – Pb - Valori NSPT e correlazioni

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>31 di 52</b>
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>								

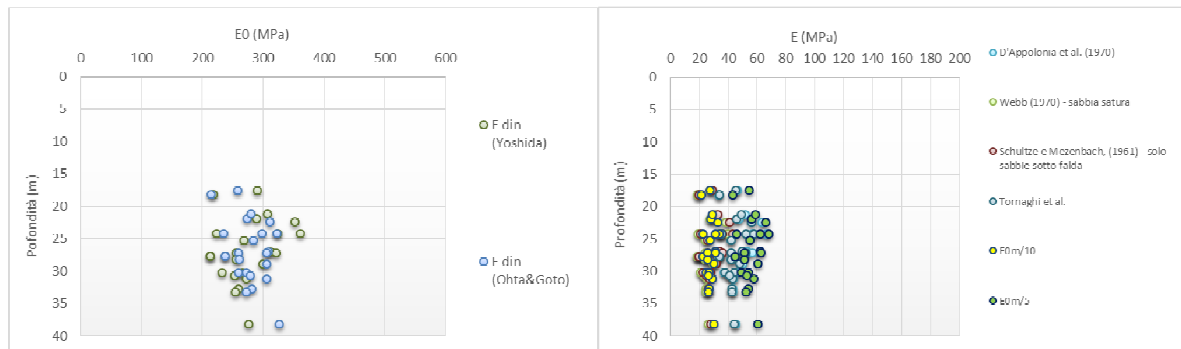


Figura 19. GA01 – Pb - Correlazioni NSPT

#### 6.4 PARAMETRI GEOTECNICI E PROFILO GEOTECNICO-GEOMECCANICO

Dall'analisi dei risultati delle indagini nell'area della galleria Casalnuovo, sono stati definiti i parametri di calcolo. Si è visto come per le caratteristiche di resistenza la variabilità dei parametri corrisponde a quella di carattere generale, mentre sui parametri di rigidità è più semplice poter limitare il range di calcolo sulla base delle misure di rette di Vs, in questa tratta leggermente più basse rispetto alle misure generali.

In particolare i parametri che vengono definiti non vogliono confutare i range definiti in relazione generale o limitare il progettista nella scelta del parametro di calcolo ritenuto più adeguato in funzione del tipo di analisi da effettuare, ma piuttosto si cerca di focalizzare l'attenzione sull'effettivo comportamento riscontrato dalle prove effettuate nei volumi di interesse della GA.

Ad esempio per il calcolo del carico limite dei diaframmi, il metodo di calcolo [Rif. 12] definisce le portanze in funzione dei valori di angolo di attrito, impostando un limite al valore della portanza di base direttamente in funzione di Nspt. Pertanto si è scelto di eseguire i calcoli nelle varie zone della GA01 controllando nei sondaggi limitrofi direttamente i valori di Nspt, cercando il valore o i valori rappresentativi dell'unità nello strato in maniera deterministica. In ogni tratta di calcolo è stato definito l'angolo di attrito e il limite di calcolo direttamente dal valore considerato maggiormente rappresentativo di Nspt. In particolare quindi sono state valutate le medie dei valori nelle singole unità e nelle singole tratte, mentre qualora i valori fossero distanti, la stessa unità è stata suddivisa in più strati caratterizzati da un range ristretto di Nspt.

Allo stesso modo si suggerisce per il modulo elastico di prendere un valore all'interno del range che sia anche funzione dello stato di addensamento del materiale, direttamente

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>		<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.</b>							
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>32 di 52</b>

definibile da  $N_{spt}$ , e in particolare di mantenersi nei range minimo-medi nel caso in cui lo stato sia debolmente addensato o sciolto.

Appare logico che la singola unità abbia parametri di calcolo differenti tra le varie tratte, ma chiaramente sempre all'interno del range definito.

Pertanto si riportano in tabella i range di calcolo di progetto, ed in parentesi i valori suggeriti in funzione della distribuzione dei risultati nei sondaggi di GA.

In particolare per le piroclastiti recenti, che nella tratta in esame vanno dalle massime profondità ( $z > 40m$ ) nel primo tratto, per poi ritrovarsi in superficie subito al di sotto della coltre vegetale, la variabilità dei parametri è molto forte, al punto da dover localmente modificare il range di caratterizzazione generale, con valori più bassi negli strati sciolti e massimi laddove si presenta maggiormente addensato (generalmente in profondità).

PARAMETRI DI CALCOLO							
Unità	Descrizione	$\gamma$	$c'$	$\phi'$	$E_0$	$E_{op, fond+os}$	$E_{op, ril}$
		kN/mc	kPa	°	MPa	Mpa	Mpa
DI	Piroclastiti rimaneggiate sabbioso-limose	16	0-5	30-32	45-550 (100-400)	$E_0/5 \div E_0/8$	$E_0/10$
Po	Piroclastiti recenti sabbioso-limose	16	0-10	33-35 (30-35)	45-1900 (100-800)	$E_0/5 \div E_0/8$	$E_0/10$
TL	Tufo litoide	15	20-50	35-41	680-4550 (680-1600)	$200 \div 400$	$200 \div 400$
Ts	Tufo sfatto	15-16	0-5	35-37	300-3300 (300-1600)	$E_0/5 \div E_0/8$	$E_0/10$
Pb	Piroclastiti di base (sabbie o sabbie-limose)	16	0-5	35-37	300-2050 (400-1000)	$E_0/5 \div E_0/8$	$E_0/10$

**Tabella 2. GA01 – parametri di calcolo**

Per ogni calcolo in allegato sono riportati i parametri adottati per ogni singola tratta.

Il profilo geotecnico-geomeccanico riproduce gli andamenti stratigrafici con la suddivisione delle unità geotecniche sotto l'asse del binario pari, ma data la topografia del luogo si può considerare valido anche per il binario dispari identicamente. Nel profilo sono riportate le principali criticità, che in particolare per questo tipo di opera sono riferite solamente allo scavo sotto falda, per il quale si rimanda alle relazioni idrogeologica e di calcolo in cui l'argomento verrà adeguatamente trattato. Dal punto di vista geotecnico l'unica criticità



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<p style="text-align: center;"><b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b>  <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE  OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI  CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b></p>												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>													
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>RB</td> <td>GA.01.00.001</td> <td>C</td> <td>33 di 52</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	RB	GA.01.00.001	C	33 di 52
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	RB	GA.01.00.001	C	33 di 52								

presente è dovuta alla scarsa resistenza che i materiali danno alla portanza verticale degli elementi snelli (diaframmi e pali di fondazione), che spesso ha portato alla necessità di dover approfondire gli stessi. Sono inoltre indicate le indagini, suddivise per tipologia e campagna, riportandone anche il fuori asse. Sono infine indicate le zone in cui strati di sabbie sciolte non hanno superato la verifica a liquefazione, per la quale si rimanda alla relazione sismica.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV.    PAGINA <b>C        34 di 52</b>

## 7 METODOLOGIE DI CALCOLO

Le metodologie di calcolo, le ipotesi di base e i parametri per i modelli di interazione terreno struttura sono già trattati riportati in relazione geotecnica generale [Rif. 12] alla quale si rimanda. La progettazione della galleria necessita delle seguenti informazioni geotecniche:

- Parametri geotecnici di calcolo (definiti nel precedente capitolo)
- Verifiche diaframmi: si riporta in relazione il metodo di calcolo e i risultati del carico limite dei diaframmi. Per quanto riguarda le ulteriori verifiche geotecniche SLE e SLU relative ai diaframmi si rimanda alla relazione di calcolo e alla normativa [Rif. 16]
- Interazione terreno struttura

### 7.1 VERIFICHE GEOTECNICHE SLU: CARICO LIMITE VERTICALE PALI/SETTI

#### 7.1.1 Carico limite dei diaframmi

In accordo con le ipotesi di PD, il carico limite dei diaframmi verrà calcolato con lo stesso metodo dei pali, considerando:

- La portata laterale agente sui lati a contatto col terreno (superficie laterale=2m/m)
- La portata limite di base moltiplicata per l'area di base del diaframma (considerando sempre il calcolo a metro lineare)
- Stato tensionale definito secondo quanto riportato al § 7.1.2
- Valide le seguenti ipotesi:
  - Il carico di progetto sul palo dovrà essere compatibile con le caratteristiche resistenti della sezione del palo/setto.
  - Nel caso in cui siano presenti strati a differente comportamento (sabbia/argilla, roccia/terreno) il palo deve attestarsi all'interno dello strato più competente per almeno 3D, o essere almeno a 3D di distanza dallo strato sottostante se è meno competente. Questo tipo di ipotesi non ha valore nel progetto dei pali/setti laddove la differenza tra le formazioni è generalmente graduale e comunque minima in termini di resistenza attrittiva, a meno di passaggio tra strato terrigeno e litoide.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>35 di 52</b>		

Le verifiche a carico limite pertanto vengono svolte secondo la metodologia degli stati limite ultimi, in accordo alla normativa vigente (DM 14/01/2008. "Norme tecniche per le costruzioni").

La verifica della capacità portante dei pali/setti è soddisfatta se:

$$F_{cd} < R_{cd}$$

essendo

$$R_{cd} = R_k / \gamma_R$$

dove:

$F_{cd}$  = carico assiale di compressione di progetto;

$R_{cd}$  = capacità portante di progetto nei confronti dei carichi assiali;

$R_k$  = valore caratteristico della capacità portante limite del palo.

In particolare le verifiche di capacità portante dei pali agli stati limite ultimi (SLU) vengono condotte con riferimento all'approccio 2, in accordo con la NTC08 (cfr. §6.4.3.1):

Combinazione 1: A1 + M1 + R3

I coefficienti parziali sulle azioni vengono quindi considerati pari all'unità e i parametri geotecnici vengono presi secondo il loro valore caratteristico definito dal progettista.

La resistenza di progetto a compressione  $R_{c,d}$  è calcolata applicando al valore caratteristico della resistenza  $R_{c,k}$  i coefficienti parziali  $\gamma_R$  (R3) riportati in Tabella 3, relativi alla condizione di pali trivellati.

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	$\gamma_b$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale (*)	$\gamma_t$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

(\*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

**Tabella 3 Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche**

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>36 di 52</b>

Il valore caratteristico della resistenza  $R_{c,k}$  a compressione è ottenuto applicando i fattori di correlazione  $\xi_3$  e  $\xi_4$  (Tabella 4) alle resistenze di calcolo  $R_{cal}$ ; tali fattori sono funzione del numero di verticali d'indagine rappresentative.

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

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

Per il progetto in esame si dovrà considerare un coefficiente  $\xi_3$  in funzione del numero di verticali di indagine eseguite per ciascuna singola opera (viadotto, ponte, cavalcaferrovia, etc.).

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

**Tabella 4 Fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali d'indagine**

### **7.1.2 Stato tensionale indotto dallo scavo**

Il metodo condiviso di calcolo del carico limite per i diaframmi è funzione della tensione verticale ed in particolare maggiore è la tensione efficace, maggiore è il carico limite.

L'ipotesi di base è stata quella di non tenere in conto dell'attrito laterale sulla parte dei diaframmi sopra la quota di fondo scavo. Considerare però la quota di fondo scavo anche come piano campagna fittizio di calcolo è un'ipotesi estremamente cautelativa, in quanto lo stato tensionale non sarebbe affatto corretto e i risultati sarebbero con certezza fuorvianti. È necessario quindi analizzare lo stato tensionale che nasce per effetto dello scavo ino alla quota di fondo.

L'effetto di uno scavo sulle tensioni litostatiche è differente se ci si pone al lato dello scavo o al centro dello scavo. In particolare è maggiore il decremento di  $\sigma'_v$  al centro rispetto al lato. Le  $\sigma'_v$  al centro risultano prossime a 0 ( $\sigma'_v_{litostatica} = \Delta\sigma'_v$ )

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. PAGINA <b>C 37 di 52</b>

Tale detensionamento è però limitato nello spazio, con la profondità diminuisce questo effetto e la tensione al centro dello scavo tornerà ad essere prossima a quella litostatica iniziale.

È stato calcolato l'andamento delle  $\sigma'_v$  lateralmente e al centro dello scavo considerando le estensioni della soluzione di Bousinesq a carichi ripartiti, in particolare la soluzione di Steinbrenner (cfr. Fondazioni, Viggiani). Tali soluzioni offrono il calcolo, in funzione delle dimensioni della fondazione, dell'incremento di  $\sigma'_v$  dovuto ad un carico, in ipotesi elastiche. Sempre in ipotesi elastiche, l'incremento di  $\sigma'_v$  associato ad un carico è pari al decremento di  $\sigma'_v$  nel caso in cui il carico venga eliminato (al centro della fondazione). Secondo questo ragionamento abbiamo calcolato gli andamenti delle  $\Delta\sigma'_v$  (negative) e delle conseguenti  $\sigma'_v$ :

$$\sigma'_{v(z)} = \sigma'_{v\_litostatiche(z)} - \Delta\sigma'_{v(z)}$$

Le ipotesi formulate sono state anche indagate con modelli numerici (Plaxis) in cui è stato simulato uno scavo nei terreni di progetto e valutato lo stato tensionale al lato dello scavo e al centro. I modelli confermano le ipotesi adottate.

Si è notato quindi che, se per i diaframmi laterali l'ipotesi semplificativa di un piano campagna fittizio ad una data quota intermedia tra il p.c. originale e il fondo scavo potesse essere accettabile (comunque cautelativa), per il diaframma centrale i risultati portavano a valori tensionali molto differenti. Si è proceduto nel seguente modo:

- Non è stato tenuto in conto per diaframmi laterali della galleria il tratto del diaframma nel tratto in cui avverrà lo scavo. Per tenere in conto un minimo della tensione verticale che effettivamente agisce alle profondità in gioco si è considerato quindi nel calcolo un piano campagna fittizio, di 3m o 5m in funzione delle geometrie, in particolare 3m nella parte in cui la galleria è composta da una struttura ad un solo piano e quindi meno profonda e 5m la struttura bi-piano che ha la quota del piano di scavo molto profonda
- Per i diaframmi centrali è stato invece calcolato, a differenza del PD in cui si considerava sempre un piano campagna fittizio, il decremento tensionale provocato dallo scavo secondo la teoria di Bousinesq. Questo permette di avere un calcolo cautelativo nei confronti della portata laterale dei primi metri, in cui la  $\sigma'_v$  che definisce la  $q_{II}$  è minore rispetto al caso di PD, ma di essere meno cautelativi quando le profondità aumentano dove invece il valore di  $\sigma'_v$  non risente più del decremento e torna ad avvicinarsi al la  $\sigma'_v$  litostatica. Negli allegati è sempre definita l'altezza media dello scavo considerato

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione geotecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RB	DOCUMENTO GA.01.00.001	REV. C	PAGINA 38 di 52

### 7.1.3 Metodo di calcolo

La portata di progetto di un palo trivellato Qd è espressa dalla seguente relazione:

$$Q_d = Q_{ll} / FSL + Q_b / FSB - W'_p$$

dove:

Q<sub>ll</sub> = portata laterale limite,

Q<sub>b</sub> = portata di base limite,

W'<sub>p</sub> = peso efficace del palo (al netto del peso del terreno asportato)\*,

FSL = fattore di sicurezza per la portata laterale ( $=\xi_3 \cdot \gamma_s$ ),

FSB = fattore di sicurezza per la portata di base ( $=\xi_3 \cdot \gamma_b$ ).

*\*Nel calcolo a compressione il peso del palo è un contributo sfavorevole, in quanto è un carico che si aggiunge all'azione di progetto dalla fondazione. Nel calcolo a trazione si considera il contributo favorevole del peso del palo, ovviamente alleggerito della sottospinta dell'acqua.*

#### **Portata laterale limite**

Il carico limite laterale viene calcolato con la seguente relazione:

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

dove:

D = diametro palo,

$\tau_i$  = tensione di adesione laterale limite nello strato i-esimo,

h<sub>i</sub> = altezza dello strato i-esimo.

La tensione tangenziale ultima lungo il fusto del palo viene valutata con un criterio alle tensioni efficaci con riferimento alla seguente espressione riportata da Reese e O'Neill (1989):

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>									
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>39 di 52</b>				

$$\tau_l = \beta \cdot \sigma'_v \leq \tau_{l,max}$$

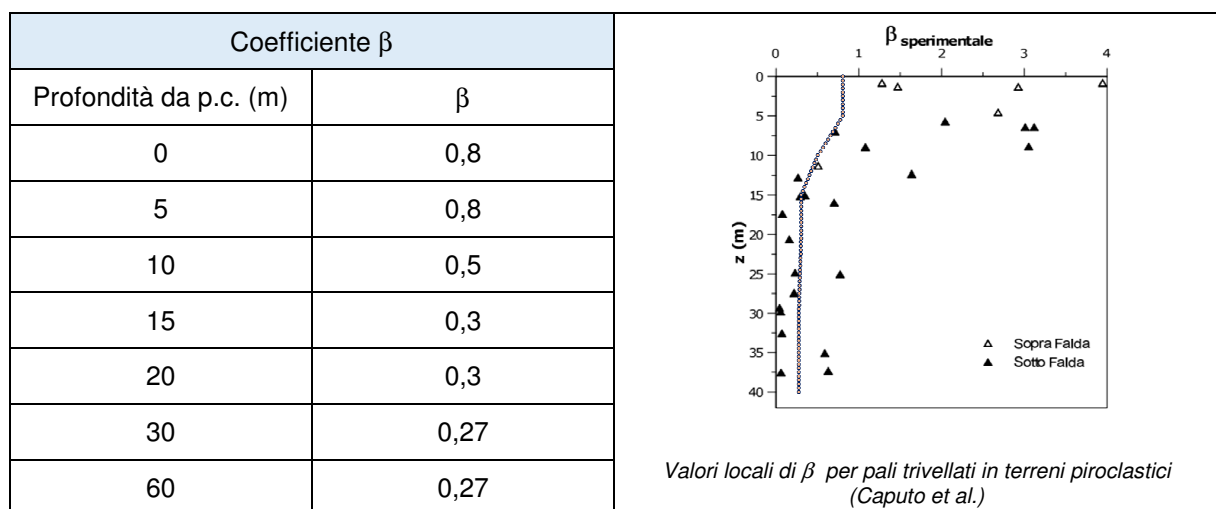
dove:

$\sigma'_v$  = tensione verticale efficace litostatica

$\tau_{l,max}$  = 150 kPa valore massimo dell'adesione laterale limite palo (200kPa secondo Reese e O'Neill)

$\beta$  = coefficiente empirico

In linea con il Pd per i terreni piroclastici in esame è stato considerato il seguente andamento del coefficiente empirico ( $\beta$ ) con la profondità, sulla base del riferimento AGI – XVII convegno Nazionale di Geotecnica di Taormina 26-28 aprile 1989 – “Pali trivellati di grande diametro nei terreni piroclastici del napoletano”, ing. Vincenzo Caputo, ing. Francesco Gambacorta, ing. Carlo Viggiani.



Per quanto riguarda la resistenza laterale in roccia (tufo litoide), si adotta la seguente relazione:

$$\tau_{rock} = \alpha \cdot \beta \cdot q_u$$

Horvath (1978), Rosenberg & Journeaux (1976), Williams & Pells (1981)

dove:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>40 di 52</b>	

$q_u$  = resistenza a compressione della roccia intatta;

$\alpha$  ,  $\beta$  = coefficiente empirico ricavabile;

Nel progetto lo strato roccioso per il tufo litoide (unità TL) si considera cautelativamente:

$q_u = 2 \text{ MPa}$ ,

$\alpha = 0.25$ ,

$\beta = 0.40$ , da cui si stima  $\tau_{\text{rock}} = 200 \text{ kPa}$ .

### **Portata di base (terreni)**

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

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

dove:

$A_p$  = area della base del palo,

$q_{bl} = Nq^* \sigma'_{vL}$  portata limite specifica di base

In accordo con il manuale di progettazione e i riferimenti normativi e metodologici in esso contenuti, per i diaframmi si adotta un valore del coefficiente  $Nq^* = 15$ , cautelativo considerando che la base dei diaframmi sarà sempre all'interno di materiali con  $\phi \geq 35^\circ$ , mantenendo di fatto le ipotesi di PD.

Il valore limite del carico di punta verrà valutato allo stesso modo dei pali di progetto, ossia adottando la formula seguente

$$q_{ub} = \alpha_N \cdot N_{SPT} \leq q_{ub,max} \text{ kPa}$$

essendo:

$\alpha_N$  = coefficiente empirico riportato nella seguente tabella;

$q_{ub,max}$  = pressione ultima di base massima consigliabile, vedasi seguente tabella;

$(N_{SPT})_m$  = valore di  $N_{SPT}$  medio su un tratto pari a  $1.5 \cdot D$  al di sopra e al di sotto della base del palo.



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>41 di 52</b>

	$\alpha_N$ (-)	$q_{umax}$ (KPa)
GHIAIE	150	7500
SABBIE	120	5800
SABBIE LIMOSE	85	4300

**Tabella 5 - Valori di  $\alpha_N$  e di  $q_{ubmax}$  secondo Gwizdala [1984]**

Per i terreni piroclastici presenti lungo il tracciato generalmente descritti come sabbie limose si può assumere un valore del parametro  $\alpha_n = 85$ , con valore massimo di 4300 kPa, mentre laddove il materiale si presentasse chiaramente sabbioso si può adottare il valore  $\alpha_n = 120$ , con valore massimo di 5800 kPa.

Il valore del carico limite alla base verrà valutato considerando il limite imposto dalla correlazione con il valor medio delle  $N_{SPT}$ ; al contrario alle elevate profondità, dove i valori di  $N_{SPT}$  possono risultare fuorvianti (errori esecutivi, forte variabilità del dato causata dalla variabilità della granulometria in particolare nello strato delle piroclastiti di base), verranno cautelativamente presi in esame i valori più attendibili in funzione delle indagini locali ma anche della effettiva natura del materiale (sabbia/sabbia limosa).

### ***Portata di base (rocce)***

---

Nel caso di roccia la portata di base può essere valutata con la seguente relazione:

$$q_{b, lim} = 2 \cdot N_q \cdot q_u \leq q_{blim, max}$$

dove:

$q_u$  = resistenza a compressione della roccia intatta;

$N_q = [\tan(45+\varphi/2)]^2$  con  $\varphi$  angolo di resistenza al taglio della roccia

Per la formazione rocciosa del tufo litoide si assume un valore massimo della portata di base di 8000 kPa =  $q_{blim, max}$ ).

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>		IF1M	0.0.E.ZZ	RB	GA.01.00.001	C	42 di 52

## 7.2 ITERAZIONE TERRENO-STRUTTURA: ANALISI SEMPLIFICATA

Per l'analisi di interazione terreno struttura, qualora il progettista non ritenga necessario eseguire analisi più complesse, può essere adottata in direzione verticale un'analisi a molle in cui la rigidezza o coefficiente di sottofondo di Winkler è definita dalla seguente relazione

$$k_w = \frac{E}{(1-\nu^2) \cdot B \cdot c_t}$$

In cui

E= modulo elastico del terreno, che può essere adottato nell'ambito delle deformazioni attese per le fondazioni superficiali pari a E/5

V = coefficiente di Poisson del terreno di fondazione

B= larghezza della fondazione

c<sub>t</sub>= fattore di forma, coefficiente adimensionale ottenuto dalla interpolazione dei valori dei coefficienti proposti dal Bowles, 1960 (vedasi tabella seguente).

Fondazione Rigida	c <sub>t</sub>
- rettangolare con L/B≤10	c <sub>t</sub> = 0.853 + 0.534 ln(L/B)
- rettangolare con L/B>10	c <sub>t</sub> = 2 + 0.0089 (L/B)
dove L é il lato maggiore della fondazione.	

**Tabella 6. Fattore di forma per il calcolo della rigidezza della molla alla Winkler**

In alternativa può essere valutata secondo Bowles 1974, che tiene in conto anche della forma della fondazione (circolare, rettangolare o quadrata).

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. PAGINA <b>C 43 di 52</b>

## 8 **SCAVI PROVVISORIALI**

### 8.1 **INTRODUZIONE**

Nel presente capitolo vengono analizzati, dal punto di vista della stabilità, gli scavi provvisoriati svolti lungo tutta la galleria GA01 al fine di raggiungere il piano di imposta per la realizzazione dei diaframmi. Gli scavi seguono un'inclinazione di 1:1 e, ogni 6m di altezza, è stata prevista l'introduzione di una berma.

Vengono analizzate tre sezioni rappresentative definite sulla base delle maggiori criticità che si incontrano in termini di stratigrafia e di altezza di scavo.

Le sezioni tipo analizzate si incontrano in corrispondenza di:

- pk 1+680;
- pk 1+915;
- pk 2+337.

Per tali sezioni viene svolta un'analisi di stabilità all'equilibrio limite con il codice SLOPE/W. Trattandosi di scavi provvisoriati, con una vita nominale  $V_N$  minore ai 2 anni, in accordo alla normativa [Rif. 16], le verifiche sismiche possono essere omesse e vengono svolte solamente allo stato limite ultimo (SLU) in condizioni statiche. Infine, l'analisi di stabilità a lungo termine di tali scavi non risulta necessaria in quanto viene garantita dal rinterro.

### 8.2 **ANALISI DI STABILITÀ**

L'esame delle condizioni di stabilità viene condotto utilizzando gli usuali metodi dell'equilibrio limite. Per la valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità globale si è impiegato un codice di calcolo denominato SLOPE/W, in cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento. Sono state cautelativamente considerate ipotesi di deformazione piana. In particolare, in questa sede si fa riferimento ai metodi di Jambu, Bishop, Spencer e Morgenstern-Price come da prassi.

Nelle analisi sono state ovviamente trascurate le superfici più corticali in quanto poco significative e per le quali non risulta idonea una analisi convenzionale all'equilibrio limite.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>44 di 52</b>

Il coefficiente di sicurezza FS a rottura lungo la superficie di scorrimento viene definito come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie S e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie:

$$FS = \frac{\int_S \tau_{disp}}{\int_S \tau_{mob}}$$

In accordo alla normativa vigente per rilevati in materiali sciolti e fronti di scavo, le analisi di stabilità vengono condotte secondo la combinazione (A2+M2+R2).

Secondo la normativa quindi i parametri di resistenza del terreno devono essere abbattuti a mezzo dei coefficienti parziali di seguito riportati.

$\gamma_{\phi'} = 1.25$  coefficiente parziale per l'angolo di resistenza al taglio

$\gamma_{c'} = 1.25$  coefficiente parziale per la coesione drenata

L'analisi viene quindi condotta con i seguenti parametri geotecnici di calcolo:

$\tan(\phi'_k) = \tan(\phi'_k) / \gamma_{\phi'}$  angolo di resistenza al taglio

$c'_k = c'_k / \gamma_{c'}$  coesione efficace

Il coefficiente di sicurezza minimo per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo è pari ad 1.1 ( $\gamma_R$ ).

Pertanto il fattore di sicurezza alla stabilità da verificare  $FS \geq 1.1$ .

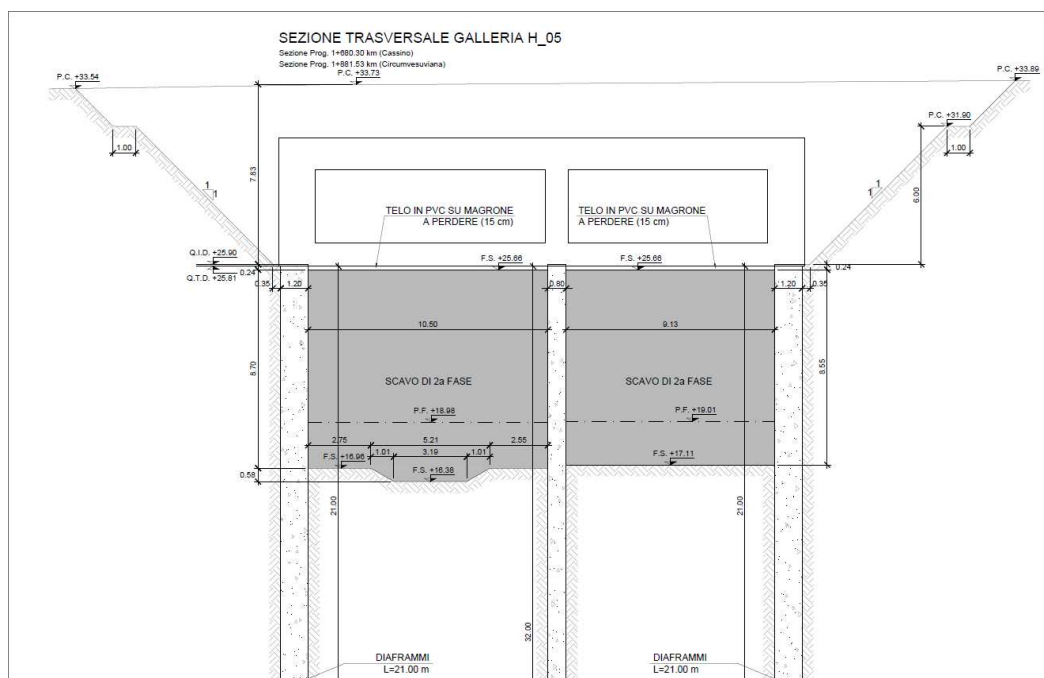
In accordo alla normativa vigente l'analisi sismica allo stato limite ultimo (SLU sismico) non risulta necessaria in quanto si tratta di scavi provvisori.

In sommità allo scavo sono state considerate condizioni di carico accidentale che tengono in considerazione della presenza del cantiere. Tale carico distribuito viene assunto pari a 10 kN/m<sup>2</sup>.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b> PAGINA <b>45 di 52</b>

### 8.3 SEZIONI DI CALCOLO

Come anticipato, le analisi di stabilità degli scavi provvisionali lungo l'intera tratta della galleria GA01 vengono svolte a partire da tre sezioni rappresentative, scelte tenendo in considerazione delle principali criticità che possono essere incontrate, ovvero la stratigrafia che incontrano e la loro altezza di scavo.



**Figura 20 – Sezione di scavo in corrispondenza della pk 1+ 680**

APPALTATORE: Mandatario: <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	Mandante: <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: Mandatario: <b>SYSTRA S.A.</b>	Mandante: <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>46 di 52</b>

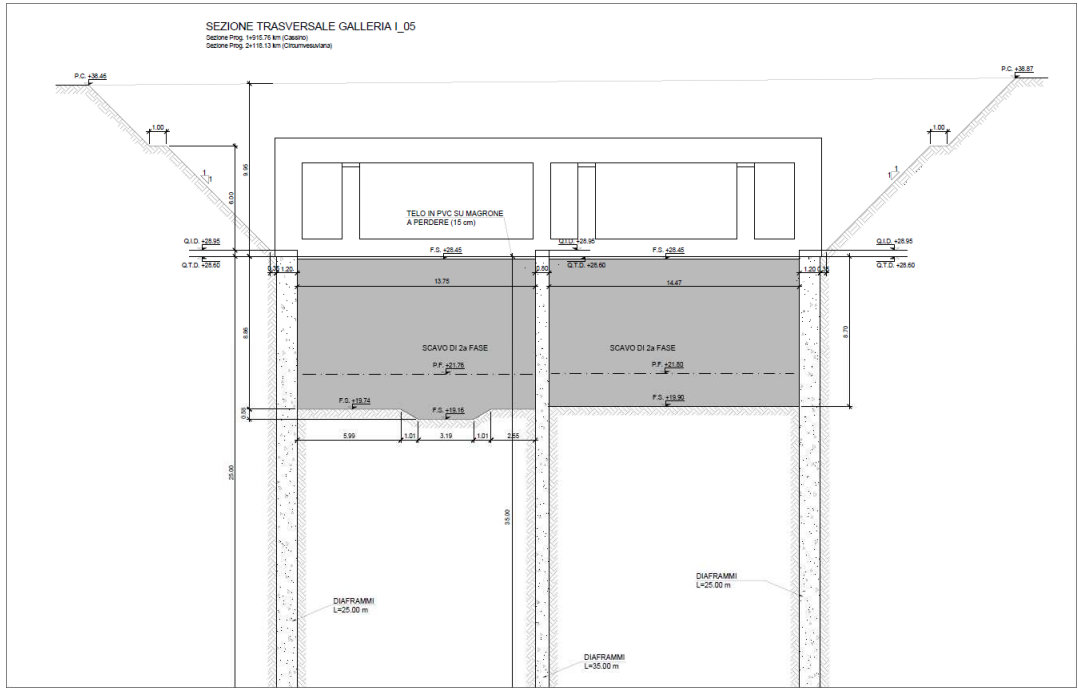


Figura 21 – Sezione di scavo in corrispondenza della pk 1+915

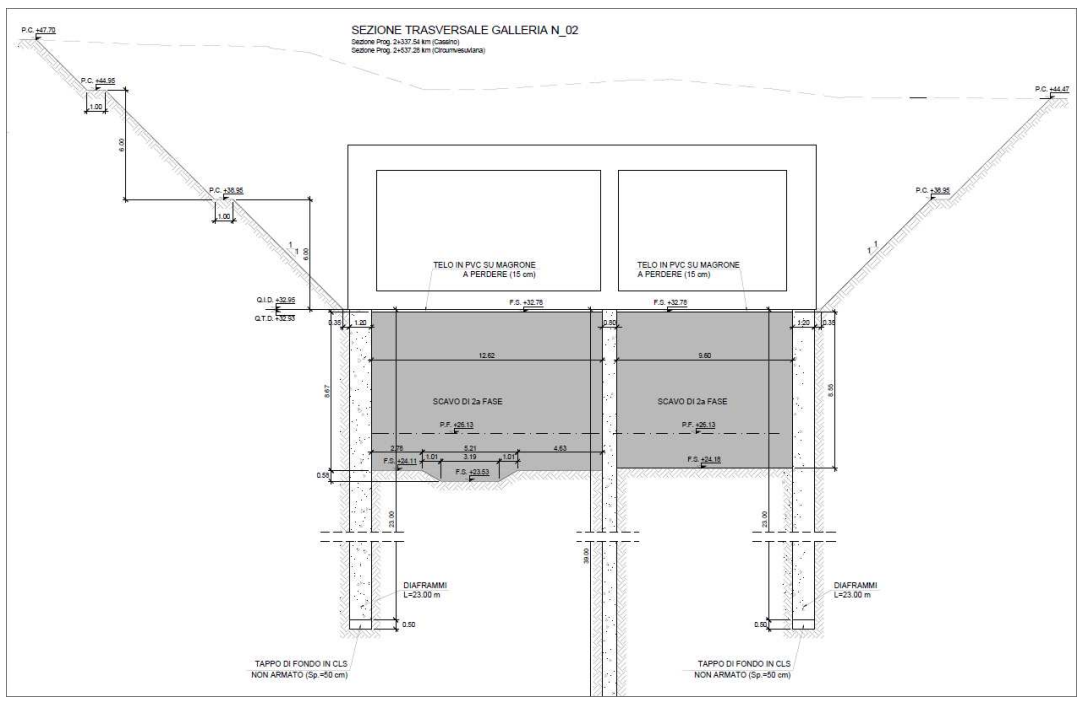


Figura 22 – Sezione di scavo in corrispondenza della pk 2+337

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	<b>IF1M</b>	<b>0.0.E.ZZ</b>	<b>RB</b>	<b>GA.01.00.001</b>	<b>C</b>	<b>47 di 52</b>

Gli scavi vengono fatti seguendo una pendenza pari a 1:1 e, come si può notare dalle sezioni sopra riportate, per altezze superiori ai 6 m, si introducono delle berme di larghezza pari a 1m.

In seguito si riassumono le principali caratteristiche delle sezioni in esame.

ANALISI	Pk	Altezza di scavo	n° berma
1	1+680	7.8 m	1
2	1+915	10 m	1
3	2+337	15 m	2

**Tabella 7 – Sezioni per cui è stata svolta l'analisi di stabilità del fronte di scavo**

La stratigrafia è stata determinata a partire dal profilo geotecnico in corrispondenza delle progressive specificate in Tabella 7. Le altezze vengono ricavate dalle sezioni in Figura 20, Figura 21 e Figura 22.

La prima sezione analizzata (1), in corrispondenza della pk 1+680, è caratterizzata da un'altezza pari a 7.8m e incontra un primo strato pari a circa 2m di materiale di riporto e uno strato inferiore di piroclastiti recenti Po. La seconda sezione (2) prevede uno scavo di 10m e incontra la formazione di piroclastiti recenti lungo tutta la profondità. Infine, per quanto riguarda l'ultima sezione in esame (3), la stratigrafia che si incontra lungo i 15m di scavo, vede la presenza di un primo strato di piroclastiti recenti Po, in seguito un alternanza di tufo sfatto Ts e tufo litoide TL e, infine, un substrato di piroclastiti di base Pb.

Il livello di falda in corrispondenza delle diverse progressive viene determinato a partire dal profilo geotecnico.

#### **8.4 ANALISI DI STABILITÀ**

Per ciascuna delle sezioni precedentemente riportate, viene svolta l'analisi soltanto per uno dei due scavi, quello considerato maggiormente critico, ovvero quello caratterizzato da un'altezza di scavo maggiore.

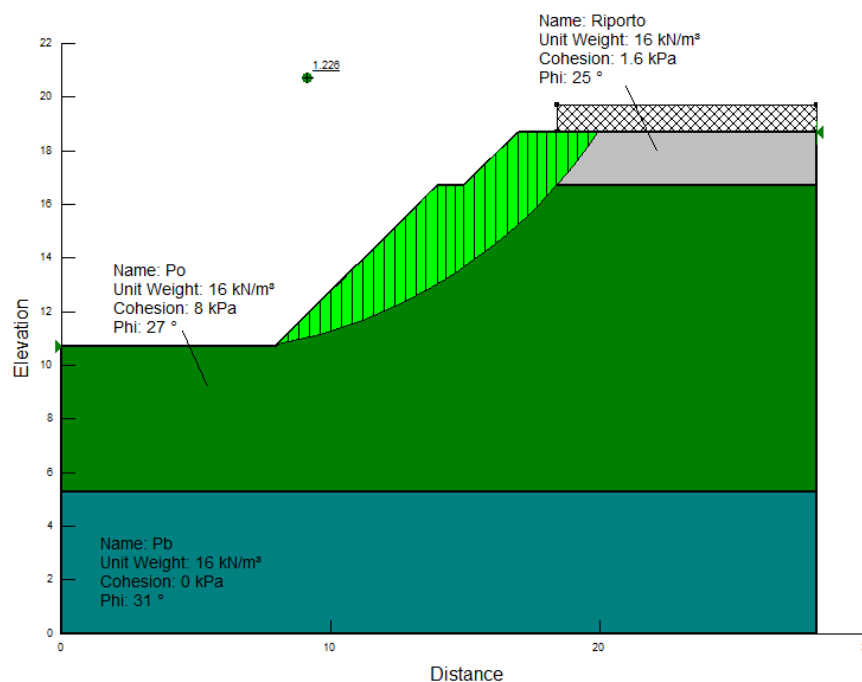
Insieme alla stratigrafia vengono riportate anche le principali proprietà dei materiali, che vengono modellati attraverso un legame costitutivo di tipo Mohr-Coulomb. Vengono

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. PAGINA <b>C 48 di 52</b>

riportati quindi il peso specifico, la coesione e l'angolo d'attrito definiti tenendo in considerazione il fatto che l'analisi viene svolta con la combinazione A2+M2+R2.

Si mostra, inoltre, la superficie di rottura corrispondente al fattore di sicurezza minimo e il fattore di sicurezza FS stesso, ottenuti come indicato precedentemente. In tutti i casi l'analisi risulta soddisfatta con un fattore di sicurezza maggiore di 1.1.

#### 8.4.1 Analisi 1



**Figura 23 -Analisi di stabilità all'equilibrio limite – Analisi 1**

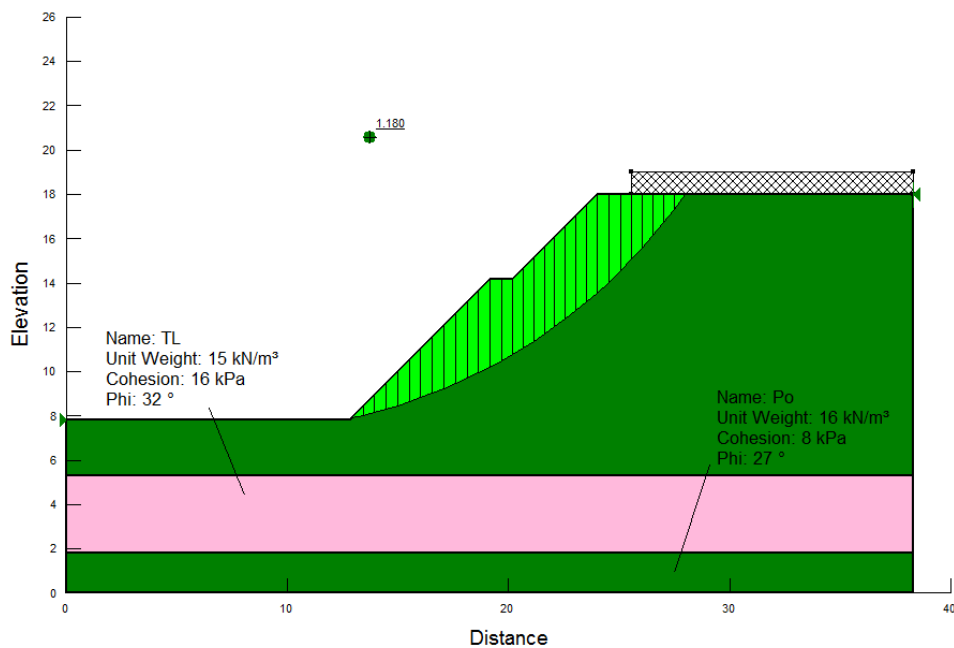
Dalla sezione si osserva che la falda si trova a una quota inferiore rispetto alla quota minima del modello e pertanto questa non influenza la stabilità.

L'analisi mostra una superficie di rottura che si sviluppa a partire dal piede dello scavo. Lo strato superficiale di materiale di riporto non provoca, quindi, problemi di instabilità nella parte superiore dello scavo. In corrispondenza della superficie di scorrimento identificata, si ottiene un fattore di sicurezza FS pari a 1.23. L'analisi di stabilità risulta, quindi, verificata.



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. PAGINA <b>C 49 di 52</b>

### 8.4.2 Analisi 2



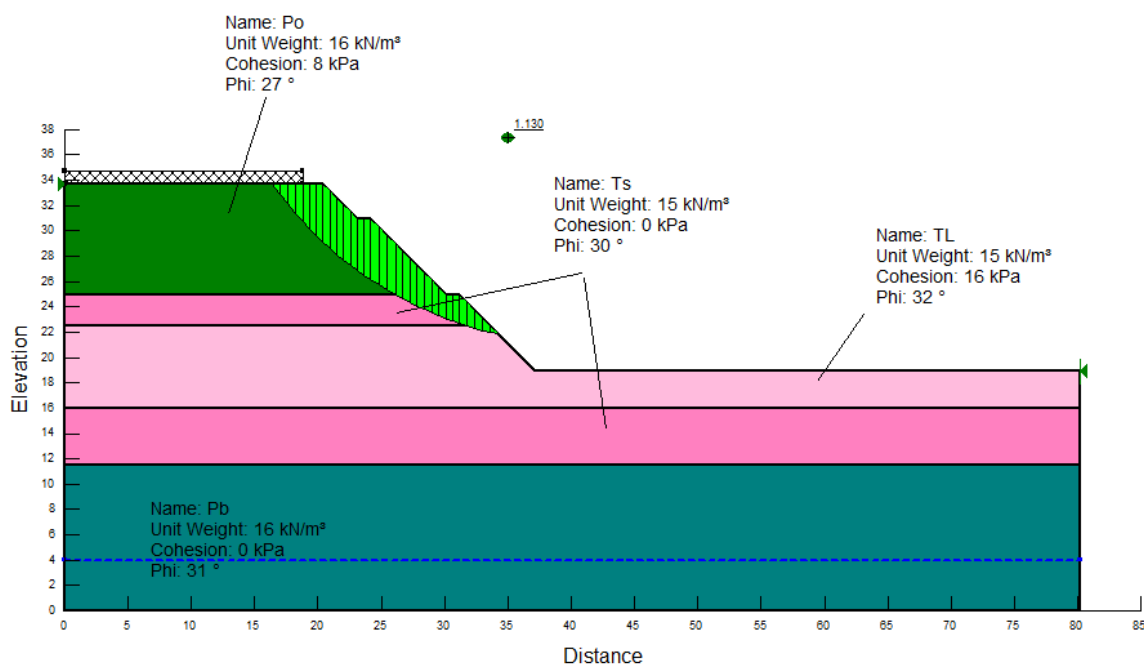
**Figura 24 – Analisi di stabilità all’equilibrio limite – Analisi 2**

Anche in questo caso, dalla sezione si osserva che la falda si trova a una quota inferiore rispetto alla quota minima del modello e pertanto non influenza la stabilità.

L’analisi mostra una superficie di rottura che si sviluppa a partire dal piede dello scavo. In corrispondenza di questo si ottiene un fattore di sicurezza FS pari a 1.18, maggiore a 1.1. Pertanto, anche l’analisi di stabilità 2 risulta verificata

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>		REV. <b>C</b>

### 8.4.3 Analisi 3



**Figura 25 - Analisi di stabilità all'equilibrio limite – Analisi 3**

La sezione in Figura 25 mostra la presenza della falda a 30m dal piano campagna. A causa della sua elevata profondità non risulta essere influente per quanto riguarda la stabilità dello scavo.

L'analisi mostra un corpo frana che si sviluppa a partire dalla base del primo strato di tufo sfatto, ovvero dal tufo litoide, che impedisce lo svilupparsi della superficie fino al piede dello scavo. Tale superficie di rottura è associata a un fattore di sicurezza FS pari a 1.13, che indica che la massa risulta essere stabile.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>51 di 52</b>

## 9 CONCLUSIONI

La relazione aveva l'obiettivo la definizione del modello geotecnico della galleria artificiale Casalnuovo (GA01). In particolare la caratterizzazione generale della tratta Napoli-Cancello, sviluppata nella relazione geotecnica generale, è stata particolareggiata per la galleria prendendo in considerazione principalmente le indagini relative al volume significativo tra le pk 0+500 e 3+000 circa.

Le principali criticità geotecniche sono state trattate, sono stati discussi e definiti i range dei parametri di calcolo e le metodologie di calcolo da adottare per le verifiche geotecniche dei diaframmi, in accordo con la normativa NTC2008. Sono stati inoltre verificati gli scavi provvisori rappresentativi, che verificano la stabilità nelle condizioni maggiormente critiche in termini di altezza maggiore di scavo e modello geotecnico.

Si rimanda alla relazione geologica e idrogeologica per tutto ciò che concerne le caratteristiche geologiche e soprattutto idrogeologiche relative alla zona della galleria, in particolar modo per le definizioni dei complessi idrogeologici e delle permeabilità, necessarie per la progettazione della metodologia di scavo della parte sottofalda della galleria. Si rimanda alla relazione di calcolo per le verifiche strutturali e geotecniche dei diaframmi e delle strutture interne e di tutto ciò che concerne la progettazione di elementi strutturali, di fasi e di modalità esecutive, di interferenza con sovrastrutture e sotto-servizi.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>								
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione geotecnica</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>RB</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.00.001</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>52 di 52</b>			

## 10 ALLEGATI

Si riportano i calcoli di carico limite divisi per ogni tratta della galleria considerando gli spessori di progetto.

Nelle calcolo delle curve la stratigrafia è reale come da profilo geotecnico, per cui nel tabulato è riportato uno strato superficiale che però non viene considerato nel calcolo del carico limite. Per tale strato non è definito il valore di  $N_q$ . Nel caso in cui uno strato contenga la testa del diaframma sarà definito per tale strato il valore di  $N_q$  ma nel tabulato solamente a valori diversi da 0 della lunghezza del palo  $L_p$  viene valutata la resistenza del palo.

TRATTE B-C-D



## GA01 - SEZ TIPO B (laterale) - A1+M1+R3 - VERIFICA CARICO LIMITE DIAFRAMMA - Sp = 1m

z da p.c. [m]	Lp [m]	$\beta$ [ - ]	$\sigma'v$ [kPa]	$\tau_i$ [kPa]	Qll [kN]
35,0	25,0	0,27	171	47	1665
35,5	25,5	0,27	174	48	1712
36,0	26,0	0,27	177	48	1760
36,5	26,5	0,27	180	49	1808
37,0	27,0	0,27	183	49	1857
37,5	27,5	0,27	186	50	1907
38,0	28,0	0,27	189	51	1957
38,5	28,5	0,27	192	52	2009
39,0	29,0	0,27	195	53	2061
39,5	29,5	0,27	198	53	2114
40,0	30,0	0,27	201	54	2168
40,5	30,5	0,27	204	55	2223
41,0	31,0	0,27	207	56	2278
41,5	31,5	0,27	210	57	2334
42,0	32,0	0,27	213	58	2392
42,5	32,5	0,27	216	58	2449
43,0	33,0	0,27	219	59	2508
43,5	33,5	0,27	222	60	2568
44,0	34,0	0,27	225	61	2628
44,5	34,5	0,27	228	62	2689
45,0	35,0	0,27	231	62	2751
45,5	35,5	0,27	234	63	2814
46,0	36,0	0,27	237	64	2878
46,5	36,5	0,27	240	65	2942
47,0	37,0	0,27	243	66	3007
47,5	37,5	0,27	246	66	3073
48,0	38,0	0,27	249	67	3140
48,5	38,5	0,27	252	68	3208
49,0	39,0	0,27	255	69	3276
49,5	39,5	0,27	258	70	3345
50,0	40,0	0,27	261	70	3415

qbl [kPa]	Qbl [kN]
2550	2550
2550	2550
2550	2550
2550	2550
2550	2550
2745	2745
2790	2790
2835	2835
2880	2880
2925	2925
2970	2970
3015	3015
3060	3060
3105	3105
3150	3150
3195	3195
3240	3240
3285	3285
3330	3330
3375	3375
3420	3420
3465	3465
3510	3510
3555	3555
3600	3600
3645	3645
3690	3690
3735	3735
3780	3780
3825	3825
3870	3870
3915	3915

Wp [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]
225	3990	2091
230	4032	2114
234	4076	2138
239	4119	2162
243	4359	2290
248	4449	2339
252	4540	2388
257	4632	2438
261	4725	2488
266	4819	2539
270	4913	2591
275	5008	2643
279	5104	2695
284	5201	2748
288	5299	2802
293	5397	2855
297	5496	2910
302	5596	2965
306	5697	3020
311	5799	3076
315	5901	3133
320	6004	3190
324	6109	3247
329	6213	3305
333	6319	3363
338	6426	3422
342	6533	3482
347	6641	3542
351	6750	3602
356	6860	3663
360	6970	3725





## GA01 - SEZ TIPO B (laterale) - A1+M1+R3 - LIQUEFAZIONE - VERIFICA CARICO LIMITE DIAFRAMMA - Sp = 1m

z da p.c. [m]	Lp [m]	$\beta$ [ - ]	$\sigma'v$ [kPa]	$\tau_i$ [kPa]	Qll [kN]	qbl [kPa]	Qbl [kN]	Wp [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]
35,0	25,0	0,27	171	47	1304	2550	2550	225	3629	1866
35,5	25,5	0,27	174	48	1351	2550	2550	230	3671	1890
36,0	26,0	0,27	177	48	1399	2550	2550	234	3715	1914
36,5	26,5	0,27	180	49	1447	2550	2550	239	3758	1938
37,0	27,0	0,27	183	49	1496	2745	2745	243	3998	2066
37,5	27,5	0,27	186	50	1546	2790	2790	248	4088	2115
38,0	28,0	0,27	189	51	1596	2835	2835	252	4179	2164
38,5	28,5	0,27	192	52	1648	2880	2880	257	4271	2214
39,0	29,0	0,27	195	53	1700	2925	2925	261	4364	2264
39,5	29,5	0,27	198	53	1753	2970	2970	266	4458	2315
40,0	30,0	0,27	201	54	1807	3015	3015	270	4552	2367
40,5	30,5	0,27	204	55	1862	3060	3060	275	4647	2418
41,0	31,0	0,27	207	56	1917	3105	3105	279	4743	2471
41,5	31,5	0,27	210	57	1973	3150	3150	284	4840	2524
42,0	32,0	0,27	213	58	2030	3195	3195	288	4937	2577
42,5	32,5	0,27	216	58	2088	3240	3240	293	5036	2631
43,0	33,0	0,27	219	59	2147	3285	3285	297	5135	2686
43,5	33,5	0,27	222	60	2207	3330	3330	302	5235	2741
44,0	34,0	0,27	225	61	2267	3375	3375	306	5336	2796
44,5	34,5	0,27	228	62	2328	3420	3420	311	5438	2852
45,0	35,0	0,27	231	62	2390	3465	3465	315	5540	2908
45,5	35,5	0,27	234	63	2453	3510	3510	320	5643	2965
46,0	36,0	0,27	237	64	2516	3555	3555	324	5747	3023
46,5	36,5	0,27	240	65	2581	3600	3600	329	5852	3081
47,0	37,0	0,27	243	66	2646	3645	3645	333	5958	3139
47,5	37,5	0,27	246	66	2712	3690	3690	338	6065	3198
48,0	38,0	0,27	249	67	2779	3735	3735	342	6172	3258
48,5	38,5	0,27	252	68	2847	3780	3780	347	6280	3318
49,0	39,0	0,27	255	69	2915	3825	3825	351	6389	3378
49,5	39,5	0,27	258	70	2984	3870	3870	356	6499	3439
50,0	40,0	0,27	261	70	3054	3915	3915	360	6609	3501



GA01 - SEZ TIPO C (centrale) - A1+M1+R3 - VERIFICA CARICO LIMITE DIAFRAMMA - Sp = 0,6m

z da p.c. [m]	Lp [m]	$\beta$ [ - ]	$\sigma'v$ [kPa]	$\tau_i$ [kPa]	Qll [kN]
35,0	25,0	0,29	220	63	1993
35,5	25,5	0,28	224	63	2056
36,0	26,0	0,28	227	64	2120
36,5	26,5	0,28	231	65	2184
37,0	27,0	0,28	235	66	2250
37,5	27,5	0,28	239	66	2315
38,0	28,0	0,28	243	67	2382
38,5	28,5	0,27	247	68	2449
39,0	29,0	0,27	250	68	2517
39,5	29,5	0,27	254	69	2586
40,0	30,0	0,27	258	70	2655
40,5	30,5	0,27	261	71	2725
41,0	31,0	0,27	265	72	2797
41,5	31,5	0,27	269	73	2869
42,0	32,0	0,27	272	74	2942
42,5	32,5	0,27	276	75	3016
43,0	33,0	0,27	280	75	3091
43,5	33,5	0,27	283	76	3167
44,0	34,0	0,27	287	77	3244
44,5	34,5	0,27	290	78	3321
45,0	35,0	0,27	294	79	3400
45,5	35,5	0,27	297	80	3480
46,0	36,0	0,27	301	81	3561
46,5	36,5	0,27	304	82	3642
47,0	37,0	0,27	308	83	3725
47,5	37,5	0,27	311	84	3809
48,0	38,0	0,27	315	85	3893
48,5	38,5	0,27	318	86	3979
49,0	39,0	0,27	322	87	4065
49,5	39,5	0,27	325	88	4152
50,0	40,0	0,27	329	89	4241

qbl [kPa]	Qbl [kN]
3295,167018	1977
3353,816269	2012
3412,06667	2047
3469,933158	2082
3527,430109	2116
3584,571342	2151
3641,370132	2185
3697,839225	2219
3753,990848	2252
3809,836728	2286
3865,388107	2319
3920,655759	2352
3975,650009	2385
4030,380747	2418
4084,85745	2451
4139,089193	2483
4193,084671	2516
4246,852213	2548
4300	2580
4300	2580
4300	2580
4300	2580
4300	2580
4300	2580
4300	2580
4300	2580
4300	2580
4300	2580
4300	2580
4300	2580
4300	2580
4300	2580
4300	2580
4300	2580
4300	2580
4300	2580
4300	2580
4300	2580
4300	2580

Wp [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]
135	3835	2108
138	3931	2163
140	4027	2217
143	4123	2272
146	4220	2328
149	4318	2383
151	4416	2439
154	4514	2495
157	4613	2552
159	4713	2609
162	4813	2666
165	4913	2723
167	5015	2781
170	5117	2840
173	5220	2899
176	5324	2959
178	5428	3019
181	5534	3080
184	5640	3141
186	5715	3186
189	5791	3231
192	5868	3277
194	5946	3324
197	6025	3371
200	6105	3419
203	6186	3467
205	6268	3516
208	6351	3566
211	6434	3616
213	6519	3667
216	6605	3718







## GA01 - SEZ TIPO D (centrale) - A1+M1+R3 - VERIFICA CARICO LIMITE DIAFRAMMA - Sp = 0,6m

z da p.c. [m]	Lp [m]	$\beta$ [ - ]	$\sigma'v$ [kPa]	$\tau_i$ [kPa]	Qll [kN]	qbl [kPa]	Qbl [kN]	Wp [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]
35,0	24,0	0,29	239	69	2091	2975	1785	130	3747	2075
35,5	24,5	0,29	244	70	2161	3400	2040	132	4069	2250
36,0	25,0	0,29	248	71	2231	3400	2040	135	4136	2290
36,5	25,5	0,28	252	72	2302	3400	2040	138	4205	2330
37,0	26,0	0,28	257	72	2374	3400	2040	140	4274	2372
37,5	26,5	0,28	261	73	2447	3400	2040	143	4344	2413
38,0	27,0	0,28	265	74	2521	3400	2040	146	4415	2455
38,5	27,5	0,28	269	75	2595	3400	2040	149	4486	2498
39,0	28,0	0,28	273	75	2670	3400	2040	151	4559	2541
39,5	28,5	0,27	277	76	2746	3400	2040	154	4632	2585
40,0	29,0	0,27	281	77	2822	3400	2040	157	4706	2629
40,5	29,5	0,27	285	77	2899	4281,010113	2569	159	5309	2953
41,0	30,0	0,27	289	78	2977	4300	2580	162	5395	3004
41,5	30,5	0,27	293	79	3056	4300	2580	165	5471	3049
42,0	31,0	0,27	297	80	3136	4300	2580	167	5548	3095
42,5	31,5	0,27	301	81	3216	4300	2580	170	5626	3142
43,0	32,0	0,27	305	82	3298	4300	2580	173	5705	3189
43,5	32,5	0,27	309	83	3381	4300	2580	176	5786	3237
44,0	33,0	0,27	313	84	3465	4300	2580	178	5867	3286
44,5	33,5	0,27	317	85	3550	4300	2580	181	5949	3335
45,0	34,0	0,27	320	87	3636	4300	2580	184	6032	3385
45,5	34,5	0,27	324	88	3723	4300	2580	186	6117	3435
46,0	35,0	0,27	328	89	3811	4300	2580	189	6202	3487
46,5	35,5	0,27	332	90	3900	4300	2580	192	6288	3538
47,0	36,0	0,27	335	91	3990	4300	2580	194	6376	3591
47,5	36,5	0,27	339	92	4081	4300	2580	197	6464	3644
48,0	37,0	0,27	343	93	4173	4300	2580	200	6554	3697
48,5	37,5	0,27	347	94	4266	4300	2580	203	6644	3752
49,0	38,0	0,27	350	95	4360	4300	2580	205	6735	3807
49,5	38,5	0,27	354	96	4456	4300	2580	208	6828	3862
50,0	39,0	0,27	357	97	4552	4300	2580	211	6921	3918





## GA01 - SEZ TIPO D (laterale) - A1+M1+R3 - VERIFICA CARICO LIMITE DIAFRAMMA - Sp = 1,2m

z da p.c. [m]	Lp [m]	$\beta$ [ - ]	$\sigma'v$ [kPa]	$\tau_i$ [kPa]	Qll [kN]
35,0	24,0	0,28	200	56	2280
35,5	24,5	0,28	203	56	2336
36,0	25,0	0,27	206	57	2392
36,5	25,5	0,27	209	57	2449
37,0	26,0	0,27	212	58	2506
37,5	26,5	0,27	215	58	2564
38,0	27,0	0,27	218	59	2622
38,5	27,5	0,27	221	60	2682
39,0	28,0	0,27	224	60	2742
39,5	28,5	0,27	227	61	2803
40,0	29,0	0,27	230	62	2864
40,5	29,5	0,27	233	63	2927
41,0	30,0	0,27	236	64	2990
41,5	30,5	0,27	239	65	3054
42,0	31,0	0,27	242	65	3119
42,5	31,5	0,27	245	66	3185
43,0	32,0	0,27	248	67	3251
43,5	32,5	0,27	251	68	3319
44,0	33,0	0,27	254	69	3387
44,5	33,5	0,27	257	69	3456
45,0	34,0	0,27	260	70	3526
45,5	34,5	0,27	263	71	3596
46,0	35,0	0,27	266	72	3668
46,5	35,5	0,27	269	73	3740
47,0	36,0	0,27	272	73	3813
47,5	36,5	0,27	275	74	3887
48,0	37,0	0,27	278	75	3962
48,5	37,5	0,27	281	76	4037
49,0	38,0	0,27	284	77	4113
49,5	38,5	0,27	287	77	4190
50,0	39,0	0,27	290	78	4268

qbl [kPa]	Qbl [kN]
2975	3570
3045	3654
3090	3708
3135	3762
3180	3816
3225	3870
3270	3924
3315	3978
3360	4032
3400	4080
3400	4080
3495	4194
3540	4248
3585	4302
3630	4356
3675	4410
3720	4464
3765	4518
3810	4572
3855	4626
3900	4680
3945	4734
3990	4788
4035	4842
4080	4896
4125	4950
4170	5004
4215	5058
4260	5112
4300	5160
4300	5160

Wp [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]
259	5591	2968
265	5725	3040
270	5830	3097
275	5935	3153
281	6041	3211
286	6148	3268
292	6255	3326
297	6363	3384
302	6471	3443
308	6575	3499
313	6631	3531
319	6802	3623
324	6914	3684
329	7027	3745
335	7140	3807
340	7255	3869
346	7370	3932
351	7486	3996
356	7603	4059
362	7720	4124
367	7839	4189
373	7958	4254
378	8078	4320
383	8199	4387
389	8320	4453
394	8443	4521
400	8566	4589
405	8690	4657
410	8815	4726
416	8935	4792
421	9007	4834

TRATTE E-F-G-H fino a pk 1+660

GA01 - pk 1+446.79-1+488.13 - A1+M1+R3 - VERIFICA CARICO LIMITE DIAFRAMMA - Sp = 0.8m

**a. Dati di calcolo**

sp	spessore diaframma	0,80 m
Deq	diametro equivalente	1,01 m
Ap	Area base diaframma	0,80 m <sup>2</sup>
s	Superficie laterale del diaframma	2,00 m
zw	Profondità della falda dal p.c.	15,00 m
zp	Quota testa diaframma (di calcolo)	16,00 m
FSL	Fattore di sicurezza per la portata laterale (x3-gs)	1,61
FSB	Fattore di sicurezza per la portata di base (x3-gb)	1,89

L'andamento delle tensioni considera il  
detensionamento causato dallo scavo

Altezza di scavo [m] 16  
Delta di pressione [kPa] 246

**b. Parametri geotecnici**

strato	Formazione	spessore strato (m)	zbase strato (m da pc)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	φ (°)
1	Po	22,0	22,0	16	35
2	Pb	17,0	39,0	16	36
3	Pb	31,0	70,0	16	36

Nq*
(-)
15
15
15
15

q <sub>blim</sub> (kPa)	τ <sub>lim</sub> (kPa)	Note
3740	150	
3230	150	
4300	150	

**c. Calcolo carico limite**

z da p.c. [m]	Lp [m]	β [ - ]	σ'v [kPa]	τi [kPa]	Qil [kN]
0,0	-	-	0	0	0
0,5	-	-	0	0	0
1,0	-	-	0	0	0
1,5	-	-	0	0	0
2,0	-	-	0	0	0
2,5	-	-	0	0	0
3,0	-	-	0	0	0
3,5	-	-	0	0	0
4,0	-	-	0	0	0
4,5	-	-	0	0	0
5,0	-	-	0	0	0
5,5	-	-	0	0	0
6,0	-	-	0	0	0
6,5	-	-	0	0	0
7,0	-	-	0	0	0
7,5	-	-	0	0	0
8,0	-	-	0	0	0
8,5	-	-	0	0	0
9,0	-	-	0	0	0
9,5	-	-	0	0	0
10,0	-	-	0	0	0
10,5	-	-	0	0	0
11,0	-	-	0	0	0
11,5	-	-	0	0	0
12,0	-	-	0	0	0
12,5	-	-	0	0	0
13,0	-	-	0	0	0
13,5	-	-	0	0	0
14,0	-	-	0	0	0
14,5	-	-	0	0	0
15,0	-	-	0	0	0
15,5	-	-	0	0	0
16,0	0,0	0,80	0	0	0
16,5	0,5	0,80	3	2	1
17,0	1,0	0,80	6	5	5
17,5	1,5	0,80	9	7	11
18,0	2,0	0,80	13	10	20
18,5	2,5	0,80	16	13	31
19,0	3,0	0,80	20	16	45
19,5	3,5	0,80	24	19	63
20,0	4,0	0,80	28	22	83
20,5	4,5	0,80	32	26	108
21,0	5,0	0,80	37	30	135
21,5	5,5	0,77	42	32	166
22,0	6,0	0,74	47	35	200
22,5	6,5	0,71	53	37	236
23,0	7,0	0,68	58	40	275
23,5	7,5	0,65	64	42	316
24,0	8,0	0,62	70	44	358
24,5	8,5	0,59	76	45	403
25,0	9,0	0,56	82	46	448
25,5	9,5	0,53	89	47	495
26,0	10,0	0,50	95	48	542
26,5	10,5	0,48	102	49	590
27,0	11,0	0,46	108	50	640
27,5	11,5	0,44	114	50	690
28,0	12,0	0,42	121	51	740
28,5	12,5	0,40	127	51	791
29,0	13,0	0,38	134	51	842
29,5	13,5	0,36	140	50	892
30,0	14,0	0,34	146	50	942
30,5	14,5	0,32	153	49	992
31,0	15,0	0,30	159	48	1040
31,5	15,5	0,30	165	49	1088
32,0	16,0	0,30	171	51	1139
32,5	16,5	0,30	177	53	1191
33,0	17,0	0,30	183	55	1245
33,5	17,5	0,30	189	57	1301
34,0	18,0	0,30	195	58	1358
34,5	18,5	0,30	201	60	1418

qbl [kPa]	Qbl [kN]
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
45	36
91	73
138	111
188	151
241	192
296	237
356	285
419	335
486	389
557	445
632	505
710	568
792	633
876	701
963	771
1053	842
1144	915
1237	990
1332	1065
1427	1142
1523	1218
1619	1295
1716	1373
1812	1450
1908	1527
2004	1603
2100	1680
2194	1756
2288	1831
2382	1905
2474	1979
2566	2052
2656	2125
2746	2197
2834	2267
2922	2338
3009	2407

Wp [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
4	34	15
7	70	32
11	111	51
14	156	73
18	206	98
22	261	126
25	322	157
29	390	192
32	464	230
36	545	273
40	632	319
43	725	369
47	823	421
50	925	476
54	1032	534
58	1143	593
61	1257	655
65	1373	718
68	1492	782
72	1612	847
76	1733	913
79	1856	980
83	1979	1047
86	2103	1114
90	2228	1182
94	2352	1250
97	2475	1317
101	2597	1383
104	2718	1449
108	2837	1514
112	2956	1578
115	3076	1644
119	3197	1710
122	3319	1776
126	3442	1844
130	3566	1912
133	3691	1981

z da p.c. [m]	Lp [m]	$\beta$ [ - ]	$\sigma'v$ [kPa]	$\tau_i$ [kPa]	Qll [kN]
35,0	19,0	0,30	206	62	1479
35,5	19,5	0,30	212	64	1541
36,0	20,0	0,30	217	65	1606
36,5	20,5	0,30	223	67	1672
37,0	21,0	0,30	228	68	1739
37,5	21,5	0,30	234	69	1807
38,0	22,0	0,29	239	70	1877
38,5	22,5	0,29	244	71	1948
39,0	23,0	0,29	250	73	2020
39,5	23,5	0,29	255	74	2093
40,0	24,0	0,29	260	75	2168
40,5	24,5	0,29	265	76	2243
41,0	25,0	0,29	270	77	2319
41,5	25,5	0,28	275	78	2397
42,0	26,0	0,28	280	79	2475
42,5	26,5	0,28	285	80	2555
43,0	27,0	0,28	289	81	2635
43,5	27,5	0,28	294	82	2716
44,0	28,0	0,28	299	82	2798
44,5	28,5	0,27	303	83	2881
45,0	29,0	0,27	308	84	2965
45,5	29,5	0,27	313	85	3049
46,0	30,0	0,27	317	86	3134
46,5	30,5	0,27	322	87	3221
47,0	31,0	0,27	326	88	3308
47,5	31,5	0,27	331	89	3397
48,0	32,0	0,27	335	90	3486
48,5	32,5	0,27	339	92	3577
49,0	33,0	0,27	344	93	3670
49,5	33,5	0,27	348	94	3763
50,0	34,0	0,27	352	95	3857

qbl [kPa]	Qbl [kN]
3094,105513	2475
3178,717756	2543
3230	2584
3230	2584
3230	2584
3230	2584
3230	2584
3230	2584
3230	2584
3230	2584
3230	2584
3821,498792	3057
3897,860793	3118
3973,407993	3179
4048,162689	3239
4122,147144	3298
4195,383474	3356
4267,893557	3414
4300	3440
4300	3440
4300	3440
4300	3440
4300	3440
4300	3440
4300	3440
4300	3440
4300	3440
4300	3440
4300	3440
4300	3440
4300	3440
4300	3440
4300	3440
4300	3440
4300	3440
4300	3440

Wp [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]
137	3817	2050
140	3944	2120
144	4046	2177
148	4108	2214
151	4172	2251
155	4237	2289
158	4303	2327
162	4370	2367
166	4439	2407
169	4491	2698
173	5113	2772
176	5245	2846
180	5378	2920
184	5511	2995
187	5644	3070
191	5778	3145
194	5880	3204
198	5958	3250
202	6036	3296
205	6116	3343
209	6196	3390
212	6277	3438
216	6358	3486
220	6441	3535
223	6525	3585
227	6610	3635
230	6696	3686
234	6783	3738
238	6872	3790
241	6962	3844
245	7053	3898



## GA01 - pk 1+446.79-1+488.13 - A1+M1+R3 - VERIFICA CARICO LIMITE DIAFRAMMA - Sp = 1.2m

z da p.c. [m]	Lp [m]	$\beta$ [ - ]	$\sigma'v$ [kPa]	$\tau_i$ [kPa]	Qll [kN]
35,0	19,0	0,29	160	47	1579
35,5	19,5	0,29	163	47	1626
36,0	20,0	0,29	166	48	1674
36,5	20,5	0,29	169	49	1723
37,0	21,0	0,29	172	49	1771
37,5	21,5	0,29	175	50	1821
38,0	22,0	0,28	178	50	1871
38,5	22,5	0,28	181	51	1922
39,0	23,0	0,28	184	52	1973
39,5	23,5	0,28	187	52	2025
40,0	24,0	0,28	190	53	2078
40,5	24,5	0,28	193	53	2131
41,0	25,0	0,27	196	54	2184
41,5	25,5	0,27	199	54	2238
42,0	26,0	0,27	202	55	2293
42,5	26,5	0,27	205	55	2348
43,0	27,0	0,27	208	56	2404
43,5	27,5	0,27	211	57	2460
44,0	28,0	0,27	214	58	2518
44,5	28,5	0,27	217	59	2576
45,0	29,0	0,27	220	59	2635
45,5	29,5	0,27	223	60	2695
46,0	30,0	0,27	226	61	2755
46,5	30,5	0,27	229	62	2817
47,0	31,0	0,27	232	63	2879
47,5	31,5	0,27	235	63	2942
48,0	32,0	0,27	238	64	3006
48,5	32,5	0,27	241	65	3070
49,0	33,0	0,27	244	66	3136
49,5	33,5	0,27	247	67	3202
50,0	34,0	0,27	250	68	3269

qbl [kPa]	Qbl [kN]
2400	2880
2445	2934
2490	2988
2535	3042
2580	3096
2625	3150
2670	3204
2715	3258
2760	3312
2805	3366
2850	3420
2895	3474
2940	3528
2985	3582
3030	3636
3075	3690
3120	3744
3165	3798
3210	3852
3255	3906
3300	3960
3345	4014
3390	4068
3435	4122
3480	4176
3525	4230
3570	4284
3615	4338
3660	4392
3705	4446
3750	4500

Wp [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]
205	4254	2238
211	4350	2289
216	4446	2340
221	4543	2392
227	4641	2444
232	4739	2496
238	4838	2549
243	4937	2602
248	5037	2655
254	5137	2709
259	5238	2763
265	5340	2818
270	5442	2872
275	5545	2927
281	5648	2983
286	5752	3039
292	5856	3095
297	5961	3152
302	6067	3209
308	6174	3266
313	6282	3325
319	6390	3383
324	6499	3443
329	6609	3502
335	6720	3562
340	6832	3623
346	6944	3684
351	7057	3746
356	7172	3808
362	7286	3871
367	7402	3934



GA01 - pk 1+488.13-1+537.13 - A1+M1+R3 - VERIFICA CARICO LIMITE DIAFRAMMA - Sp = 0.8m

z da p.c.	Lp	$\beta$	$\sigma'v$	$\tau_i$	Qll
[m]	[m]	[ - ]	[kPa]	[kPa]	[kN]
35,0	19,0	0,30	206	62	1479
35,5	19,5	0,30	212	64	1541
36,0	20,0	0,30	217	65	1606
36,5	20,5	0,30	223	67	1672
37,0	21,0	0,30	228	68	1739
37,5	21,5	0,30	234	69	1807
38,0	22,0	0,29	239	70	1877
38,5	22,5	0,29	244	71	1948
39,0	23,0	0,29	250	73	2020
39,5	23,5	0,29	255	74	2093
40,0	24,0	0,29	260	75	2168
40,5	24,5	0,29	265	76	2243
41,0	25,0	0,29	270	77	2319
41,5	25,5	0,28	275	78	2397
42,0	26,0	0,28	280	79	2475
42,5	26,5	0,28	285	80	2555
43,0	27,0	0,28	289	81	2635
43,5	27,5	0,28	294	82	2716
44,0	28,0	0,28	299	82	2798
44,5	28,5	0,27	303	83	2881
45,0	29,0	0,27	308	84	2965
45,5	29,5	0,27	313	85	3049
46,0	30,0	0,27	317	86	3134
46,5	30,5	0,27	322	87	3221
47,0	31,0	0,27	326	88	3308
47,5	31,5	0,27	331	89	3397
48,0	32,0	0,27	335	90	3486
48,5	32,5	0,27	339	92	3577
49,0	33,0	0,27	344	93	3670
49,5	33,5	0,27	348	94	3763
50,0	34,0	0,27	352	95	3857

qbl	Qbl
[kPa]	[kN]
3094,105513	2475
3178,717756	2543
3230	2584
3230	2584
3230	2584
3230	2584
3230	2584
3230	2584
3230	2584
3230	2584
3230	2584
3230	2584
3230	2584
3973,407993	3179
4048,162689	3239
4122,147144	3298
4195,383474	3356
4267,893557	3414
4300	3440
4300	3440
4300	3440
4300	3440
4300	3440
4300	3440
4300	3440
4300	3440
4300	3440
4300	3440
4300	3440
4300	3440
4300	3440
4300	3440
4300	3440

Wp	Qu	Qd
[kN]	[kN]	[kN]
137	3817	2050
140	3944	2120
144	4046	2177
148	4108	2214
151	4172	2251
155	4237	2289
158	4303	2327
162	4370	2367
166	4439	2407
169	4508	2447
173	4579	2489
176	4652	2534
180	4728	2580
184	4807	2628
187	4888	2677
191	4971	2728
194	5057	2780
198	5145	2834
202	5236	2890
205	5329	2947
209	5425	3006
212	5523	3067
216	5624	3130
220	5727	3195
223	5833	3262
227	5941	3331
230	6052	3402
234	6165	3475
238	6281	3550
241	6400	3627
245	6521	3706





## GA01 - pk 1+488.13-1+537.13 - A1+M1+R3 - VERIFICA CARICO LIMITE DIAFRAMMA - Sp = 1.2m

z da p.c. [m]	Lp [m]	$\beta$ [ - ]	$\sigma'v$ [kPa]	$\tau_i$ [kPa]	Qll [kN]
35,0	19,0	0,29	160	47	1579
35,5	19,5	0,29	163	47	1626
36,0	20,0	0,29	166	48	1674
36,5	20,5	0,29	169	49	1723
37,0	21,0	0,29	172	49	1771
37,5	21,5	0,29	175	50	1821
38,0	22,0	0,28	178	50	1871
38,5	22,5	0,28	181	51	1922
39,0	23,0	0,28	184	52	1973
39,5	23,5	0,28	187	52	2025
40,0	24,0	0,28	190	53	2078
40,5	24,5	0,28	193	53	2131
41,0	25,0	0,27	196	54	2184
41,5	25,5	0,27	199	54	2238
42,0	26,0	0,27	202	55	2293
42,5	26,5	0,27	205	55	2348
43,0	27,0	0,27	208	56	2404
43,5	27,5	0,27	211	57	2460
44,0	28,0	0,27	214	58	2518
44,5	28,5	0,27	217	59	2576
45,0	29,0	0,27	220	59	2635
45,5	29,5	0,27	223	60	2695
46,0	30,0	0,27	226	61	2755
46,5	30,5	0,27	229	62	2817
47,0	31,0	0,27	232	63	2879
47,5	31,5	0,27	235	63	2942
48,0	32,0	0,27	238	64	3006
48,5	32,5	0,27	241	65	3070
49,0	33,0	0,27	244	66	3136
49,5	33,5	0,27	247	67	3202
50,0	34,0	0,27	250	68	3269

qbl [kPa]	Qbl [kN]
2400	2880
2445	2934
2490	2988
2535	3042
2580	3096
2625	3150
2670	3204
2715	3258
2760	3312
2805	3366
2850	3420
2895	3474
2940	3528
2985	3582
3030	3636
3075	3690
3120	3744
3165	3798
3210	3852
3255	3906
3300	3960
3345	4014
3390	4068
3435	4122
3480	4176
3525	4230
3570	4284
3615	4338
3660	4392
3705	4446
3750	4500

Wp [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]
205	4254	2238
211	4350	2289
216	4446	2340
221	4543	2392
227	4641	2444
232	4739	2496
238	4838	2549
243	4937	2602
248	5037	2655
254	5137	2709
259	5238	2763
265	5340	2818
270	5442	2872
275	5545	2927
281	5648	2983
286	5752	3039
292	5856	3095
297	5961	3152
302	6067	3209
308	6174	3266
313	6282	3325
319	6390	3383
324	6499	3443
329	6609	3502
335	6720	3562
340	6832	3623
346	6944	3684
351	7057	3746
356	7172	3808
362	7286	3871
367	7402	3934







## GA01 - pk 1+537.13-1+560.00 - A1+M1+R3 - VERIFICA CARICO LIMITE DIAFRAMMA - Sp = 1.2m

z da p.c. [m]	Lp [m]	$\beta$ [ - ]	$\sigma'v$ [kPa]	$\tau_i$ [kPa]	Qll [kN]
35,0	18,0	0,30	154	46	1487
35,5	18,5	0,29	157	46	1533
36,0	19,0	0,29	160	47	1579
36,5	19,5	0,29	163	47	1626
37,0	20,0	0,29	166	48	1674
37,5	20,5	0,29	169	49	1723
38,0	21,0	0,29	172	49	1771
38,5	21,5	0,29	175	50	1821
39,0	22,0	0,28	178	50	1871
39,5	22,5	0,28	181	51	1922
40,0	23,0	0,28	184	52	1973
40,5	23,5	0,28	187	52	2025
41,0	24,0	0,28	190	53	2078
41,5	24,5	0,28	193	53	2131
42,0	25,0	0,27	196	54	2184
42,5	25,5	0,27	199	54	2238
43,0	26,0	0,27	202	55	2293
43,5	26,5	0,27	205	55	2348
44,0	27,0	0,27	208	56	2404
44,5	27,5	0,27	211	57	2460
45,0	28,0	0,27	214	58	2518
45,5	28,5	0,27	217	59	2576
46,0	29,0	0,27	220	59	2635
46,5	29,5	0,27	223	60	2695
47,0	30,0	0,27	226	61	2755
47,5	30,5	0,27	229	62	2817
48,0	31,0	0,27	232	63	2879
48,5	31,5	0,27	235	63	2942
49,0	32,0	0,27	238	64	3006
49,5	32,5	0,27	241	65	3070
50,0	33,0	0,27	244	66	3136

qbl [kPa]	Qbl [kN]
2310	2772
2355	2826
2400	2880
2445	2934
2490	2988
2535	3042
2580	3096
2625	3150
2670	3204
2715	3258
2760	3312
2805	3366
2850	3420
2895	3474
2940	3528
2985	3582
3030	3636
3075	3690
3120	3744
3165	3798
3210	3852
3230	3876
3230	3876
3345	4014
3390	4068
3435	4122
3480	4176
3525	4230
3570	4284
3615	4338
3660	4392

Wp [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]
194	4065	2138
200	4159	2188
205	4254	2238
211	4350	2289
216	4446	2340
221	4543	2392
227	4641	2444
232	4739	2496
238	4838	2549
243	4937	2602
248	5037	2655
254	5137	2709
259	5238	2763
265	5340	2818
270	5442	2872
275	5545	2927
281	5648	2983
286	5752	3039
292	5856	3095
297	5961	3152
302	6067	3209
308	6144	3251
313	6198	3280
319	6390	3383
324	6499	3443
329	6609	3502
335	6720	3562
340	6832	3623
346	6944	3684
351	7057	3746
356	7172	3808



## GA01 - TRATTA H - pk 1+560.00-1+600.00 - A1+M1+R3 - VERIFICA CARICO LIMITE DIAFRAMMA - Sp = 1,2m

z da p.c. [m]	Lp [m]	$\beta$ [ - ]	$\sigma'v$ [kPa]	$\tau_i$ [kPa]	Qll [kN]
35,0	17,0	0,29	162	48	1485
35,5	17,5	0,29	165	48	1533
36,0	18,0	0,29	168	49	1582
36,5	18,5	0,29	171	50	1631
37,0	19,0	0,29	174	50	1681
37,5	19,5	0,29	177	51	1731
38,0	20,0	0,29	180	51	1782
38,5	20,5	0,28	183	52	1834
39,0	21,0	0,28	186	52	1886
39,5	21,5	0,28	189	53	1938
40,0	22,0	0,28	192	54	1992
40,5	22,5	0,28	195	54	2046
41,0	23,0	0,28	198	55	2100
41,5	23,5	0,27	201	55	2155
42,0	24,0	0,27	204	56	2210
42,5	24,5	0,27	207	56	2266
43,0	25,0	0,27	210	57	2323
43,5	25,5	0,27	213	58	2380
44,0	26,0	0,27	216	58	2438
44,5	26,5	0,27	219	59	2496
45,0	27,0	0,27	222	60	2556
45,5	27,5	0,27	225	61	2616
46,0	28,0	0,27	228	62	2678
46,5	28,5	0,27	231	62	2739
47,0	29,0	0,27	234	63	2802
47,5	29,5	0,27	237	64	2866
48,0	30,0	0,27	240	65	2930
48,5	30,5	0,27	243	66	2995
49,0	31,0	0,27	246	66	3061
49,5	31,5	0,27	249	67	3128
50,0	32,0	0,27	252	68	3196

qbl [kPa]	Qbl [kN]
2430	2916
2475	2970
2520	3024
2565	3078
2610	3132
2655	3186
2700	3240
2745	3294
2790	3348
2835	3402
2880	3456
2925	3510
2970	3564
3015	3618
3060	3672
3105	3726
3150	3780
3195	3834
3240	3888
3285	3942
3315	3978
3375	4050
3420	4104
3465	4158
3510	4212
3555	4266
3600	4320
3645	4374
3690	4428
3735	4482
3780	4536

Wp [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]
184	4217	2227
189	4314	2278
194	4411	2330
200	4509	2382
205	4607	2434
211	4706	2487
216	4806	2540
221	4906	2594
227	5007	2648
232	5108	2702
238	5210	2757
243	5313	2812
248	5416	2867
254	5519	2923
259	5623	2979
265	5728	3035
270	5833	3092
275	5938	3149
281	6045	3206
286	6152	3264
292	6242	3313
297	6369	3382
302	6479	3441
308	6590	3501
313	6701	3562
319	6813	3623
324	6926	3685
329	7040	3747
335	7155	3809
340	7270	3872
346	7386	3936





## GA01 - TRATTA H - pk 1+560.00-1+600.00 - A1+M1+R3 - VERIFICA CARICO LIMITE DIAFRAMMA - Sp = 0,8m

z da p.c. [m]	Lp [m]	$\beta$ [ - ]	$\sigma'v$ [kPa]	$\tau_i$ [kPa]	Qil [kN]	qbl [kPa]	Qbl [kN]	Wp [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]
35,0	17,0	0,30	186	56	1249	2784,708115	2228	122	3354	1795
35,5	17,5	0,30	192	58	1306	2876,692393	2301	126	3481	1865
36,0	18,0	0,30	198	59	1364	2967,700498	2374	130	3609	1935
36,5	18,5	0,30	204	61	1424	3057,71862	2446	133	3737	2006
37,0	19,0	0,30	210	63	1486	3146,739302	2517	137	3867	2077
37,5	19,5	0,30	216	65	1550	3234,760529	2588	140	3997	2149
38,0	20,0	0,30	221	66	1616	3315	2652	144	4124	2219
38,5	20,5	0,30	227	68	1683	3315	2652	148	4187	2256
39,0	21,0	0,30	233	69	1751	3315	2652	151	4252	2294
39,5	21,5	0,30	238	70	1821	3315	2652	155	4318	2333
40,0	22,0	0,29	244	72	1892	3315	2652	158	4386	2373
40,5	22,5	0,29	249	73	1965	3315	2652	162	4455	2413
41,0	23,0	0,29	255	74	2038	3315	2652	166	4525	2454
41,5	23,5	0,29	260	75	2113	3315	2652	169	4596	2496
42,0	24,0	0,29	266	76	2189	3315	2652	173	4668	2538
42,5	24,5	0,29	271	78	2266	3315	2652	176	4741	2581
43,0	25,0	0,29	276	79	2344	3315	2652	180	4816	2625
43,5	25,5	0,28	281	80	2423	3315	2652	184	4892	2670
44,0	26,0	0,28	286	81	2503	3315	2652	187	4968	2715
44,5	26,5	0,28	291	82	2585	3315	2652	191	5046	2760
45,0	27,0	0,28	296	83	2667	3315	2652	194	5124	2807
45,5	27,5	0,28	301	84	2750	4300	3440	198	5992	3271
46,0	28,0	0,28	306	84	2834	4300	3440	202	6072	3318
46,5	28,5	0,27	311	85	2919	4300	3440	205	6153	3366
47,0	29,0	0,27	316	86	3004	4300	3440	209	6236	3415
47,5	29,5	0,27	320	87	3091	4300	3440	212	6319	3464
48,0	30,0	0,27	325	88	3178	4300	3440	216	6402	3513
48,5	30,5	0,27	330	89	3267	4300	3440	220	6487	3564
49,0	31,0	0,27	334	90	3356	4300	3440	223	6573	3615
49,5	31,5	0,27	339	92	3447	4300	3440	227	6661	3666
50,0	32,0	0,27	344	93	3540	4300	3440	230	6749	3719

TRATTE H (pk>1+660)-I-L-M-N-O-P



## GA01 - SEZ TIPO H (laterale) pk&gt;1+600 - A1+M1+R3 - VERIFICA CARICO LIMITE DIAFRAMMA - Sp = 1,2m

z da p.c. [m]	Lp [m]	$\beta$ [ - ]	$\sigma'v$ [kPa]	$\tau_i$ [kPa]	Ql [kN]
35,0	18,0	0,29	188	55	1855
35,5	18,5	0,29	191	55	1910
36,0	19,0	0,29	194	56	1966
36,5	19,5	0,29	197	56	2022
37,0	20,0	0,29	200	57	2078
37,5	20,5	0,28	203	58	2136
38,0	21,0	0,28	206	58	2194
38,5	21,5	0,28	209	59	2252
39,0	22,0	0,28	212	59	2311
39,5	22,5	0,28	215	60	2370
40,0	23,0	0,28	218	60	2430
40,5	23,5	0,27	221	61	2491
41,0	24,0	0,27	224	61	2551
41,5	24,5	0,27	227	62	2613
42,0	25,0	0,27	230	62	2675
42,5	25,5	0,27	233	63	2737
43,0	26,0	0,27	236	64	2801
43,5	26,5	0,27	239	65	2865
44,0	27,0	0,27	242	65	2930
44,5	27,5	0,27	245	66	2995
45,0	28,0	0,27	248	67	3062
45,5	28,5	0,27	251	68	3129
46,0	29,0	0,27	254	69	3197
46,5	29,5	0,27	257	69	3266
47,0	30,0	0,27	260	70	3336
47,5	30,5	0,27	263	71	3407
48,0	31,0	0,27	266	72	3478
48,5	31,5	0,27	269	73	3550
49,0	32,0	0,27	272	73	3624
49,5	32,5	0,27	275	74	3697
50,0	33,0	0,27	278	75	3772

qbl [kPa]	Qbl [kN]
2820	3384
2865	3438
2910	3492
2955	3546
3000	3600
3045	3654
3090	3708
3135	3762
3180	3816
3225	3870
3270	3924
3315	3978
3360	4032
3400	4080
3400	4080
3400	4080
3400	4080
3400	4080
3400	4080
3400	4080
3400	4080
3400	4080
3400	4080
3400	4080
3400	4080
3400	4080
3400	4080
3400	4080
3400	4080
3400	4080
3400	4080
3400	4080
3400	4080
3400	4080
3400	4080

Wp [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]
194	5045	2690
200	5148	2746
205	5252	2802
211	5357	2858
216	5462	2915
221	5568	2972
227	5675	3030
232	5782	3087
238	5889	3145
243	5997	3204
248	6106	3263
254	6215	3322
259	6324	3381
265	6428	3438
270	6485	3499
275	6542	3501
281	6600	3533
286	6658	3566
292	6718	3599
297	6778	3633
302	6840	3667
308	6901	3702
313	6964	3738
319	7028	3773
324	7092	3810
329	7157	3847
335	7223	3884
340	7290	3922
346	7358	3960
351	7426	3999
356	7496	4038



**GA01 - SEZ TIPO H (centrale) pk>1+600 - A1+M1+R3 - VERIFICA CARICO LIMITE DIAFRAMMA - Sp = 0,8m**

z da p.c. [m]	Lp [m]	$\beta$ [ - ]	$\sigma'v$ [kPa]	$\tau_i$ [kPa]	Qll [kN]	qbl [kPa]	Qbl [kN]	Wp [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]
35,0	18,0	0,30	219	66	1536	2975	2380	130	3787	2045
35,5	18,5	0,30	225	67	1603	3371,312734	2697	133	4167	2249
36,0	19,0	0,30	231	69	1671	3400	2720	137	4254	2299
36,5	19,5	0,30	237	71	1741	3400	2720	140	4321	2338
37,0	20,0	0,30	242	73	1813	3400	2720	144	4389	2378
37,5	20,5	0,30	248	74	1887	3400	2720	148	4459	2419
38,0	21,0	0,30	254	75	1961	3400	2720	151	4530	2461
38,5	21,5	0,30	259	77	2037	3400	2720	155	4603	2503
39,0	22,0	0,29	265	78	2115	3400	2720	158	4676	2547
39,5	22,5	0,29	270	79	2193	3400	2720	162	4751	2591
40,0	23,0	0,29	276	80	2273	3400	2720	166	4827	2636
40,5	23,5	0,29	281	81	2354	3400	2720	169	4904	2681
41,0	24,0	0,29	286	82	2435	3400	2720	173	4983	2727
41,5	24,5	0,29	291	83	2518	3400	2720	176	5062	2774
42,0	25,0	0,29	296	84	2602	3400	2720	180	5142	2822
42,5	25,5	0,28	301	85	2687	3400	2720	184	5224	2870
43,0	26,0	0,28	306	86	2773	3400	2720	187	5306	2918
43,5	26,5	0,28	311	87	2860	3400	2720	191	5389	2968
44,0	27,0	0,28	316	88	2948	3400	2720	194	5473	3017
44,5	27,5	0,28	321	89	3037	3400	2720	198	5559	3068
45,0	28,0	0,28	326	90	3126	3400	2720	202	5644	3119
45,5	28,5	0,27	330	91	3216	3400	2720	205	5731	3170
46,0	29,0	0,27	335	91	3307	3400	2720	209	5819	3222
46,5	29,5	0,27	340	92	3399	3400	2720	212	5907	3274
47,0	30,0	0,27	344	93	3492	3400	2720	216	5996	3327
47,5	30,5	0,27	349	94	3585	3400	2720	220	6086	3381
48,0	31,0	0,27	353	95	3680	3400	2720	223	6177	3435
48,5	31,5	0,27	358	97	3776	3400	2720	227	6269	3490
49,0	32,0	0,27	362	98	3873	3400	2720	230	6363	3546
49,5	32,5	0,27	367	99	3972	3400	2720	234	6458	3602
50,0	33,0	0,27	371	100	4071	3400	2720	238	6554	3659





z da p.c. [m]	Lp [m]	$\beta$ [ - ]	$\sigma'v$ [kPa]	$\tau_i$ [kPa]	Qll [kN]
35,0	17,0	0,29	217	64	2203
35,5	17,5	0,29	220	64	2267
36,0	18,0	0,29	223	65	2332
36,5	18,5	0,29	226	65	2397
37,0	19,0	0,29	229	66	2463
37,5	19,5	0,29	232	66	2529
38,0	20,0	0,29	235	67	2596
38,5	20,5	0,28	238	67	2663
39,0	21,0	0,28	241	68	2731
39,5	21,5	0,28	244	68	2799
40,0	22,0	0,28	247	69	2868
40,5	22,5	0,28	250	69	2937
41,0	23,0	0,28	253	70	3006
41,5	23,5	0,27	256	70	3076
42,0	24,0	0,27	259	71	3147
42,5	24,5	0,27	262	71	3218
43,0	25,0	0,27	265	72	3289
43,5	25,5	0,27	268	72	3361
44,0	26,0	0,27	271	73	3434
44,5	26,5	0,27	274	74	3507
45,0	27,0	0,27	277	75	3582
45,5	27,5	0,27	280	76	3657
46,0	28,0	0,27	283	76	3733
46,5	28,5	0,27	286	77	3810
47,0	29,0	0,27	289	78	3887
47,5	29,5	0,27	292	79	3966
48,0	30,0	0,27	295	80	4045
48,5	30,5	0,27	298	80	4125
49,0	31,0	0,27	301	81	4206
49,5	31,5	0,27	304	82	4288
50,0	32,0	0,27	307	83	4370

qbl [kPa]	Qbl [kN]
2805	3366
3300	3960
3345	4014
3390	4068
3435	4122
3480	4176
3525	4230
3570	4284
3570	4284
3570	4284
3570	4284
3570	4284
3570	4284
3570	4284
3570	4284
3570	4284
3570	4284
3570	4284
3570	4284
3570	4284
3570	4284
3570	4284
3570	4284
3570	4284
3570	4284
3570	4284
3570	4284
3570	4284
3570	4284
3570	4284
3570	4284
3570	4284
3570	4284
3570	4284
3570	4284
3570	4284
3570	4284
3570	4284

Wp [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]
184	5386	2911
189	6038	3258
194	6152	3320
200	6265	3382
205	6380	3444
211	6494	3507
216	6610	3570
221	6726	3633
227	6788	3668
232	6851	3703
238	6914	3739
243	6978	3775
248	7042	3811
254	7107	3848
259	7172	3884
265	7237	3921
270	7303	3959
275	7370	3996
281	7437	4034
286	7505	4073
292	7574	4112
297	7644	4152
302	7715	4192
308	7786	4233
313	7858	4274
319	7931	4316
324	8005	4358
329	8080	4401
335	8155	4444
340	8232	4488
346	8309	4532

**GA01 - SEZ TIPO H-I (centrale) - A1+M1+R3 - VERIFICA CARICO LIMITE DIAFRAMMA - Sp = 0.8m**

**a. Dati di calcolo**

sp	spessore diaframma	0,80 m
Deq	diametro equivalente	1,01 m
Ap	Area base diaframma	0,80 mq
s	Superficie laterale del diaframma	2,00 m
zw	Profondità della falda dal p.c.	21,50 m
zp	Quota testa diaframma (di calcolo)	18,00 m
FSL	Fattore di sicurezza per la portata laterale (x3-gs)	1,61
FSB	Fattore di sicurezza per la portata di base (x3-gb)	1,89

L'andamento delle tensioni considera il detensionamento causato dallo scavo

Altezza di scavo [m] 18  
Delta di pressione [kPa] 288

**b. Parametri geotecnici**

strato	Formazione	spessore strato (m)	zbase strato (m da pc)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	φ (°)	Nq*	q <sub>blim</sub> (kPa)	τ <sub>lim</sub> (kPa)	Note
1	Po	18,0	18,0	16	30		1700	150	
2	pb (sabbia limosa)	7,0	25,0	16	34	15	2380	150	
3	pb (sabbia limosa)	10,0	35,0	16	34	15	2805	150	
4	pb (sabbia limosa)	15,0	50,0	16	35	15	3570	150	

**c. Calcolo carico limite**

z da p.c. [m]	Lp [m]	β [ - ]	σ'v [kPa]	τi [kPa]	QIl [kN]	qbl [kPa]	Qbl [kN]	Wp [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]
0,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
0,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
1,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
1,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
2,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
2,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
3,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
3,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
4,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
4,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
5,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
5,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
6,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
6,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
7,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
7,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
8,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
8,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
9,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
9,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
10,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
10,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
11,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
11,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
12,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
12,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
13,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
13,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
14,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
14,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
15,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
15,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
16,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
16,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
17,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
17,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
18,0	0,0	0,80	0	0	0	0	0	0	0	0
18,5	0,5	0,80	8	6	3	120	96	4	96	48
19,0	1,0	0,80	16	13	13	242	193	7	199	101
19,5	1,5	0,80	24	20	29	366	293	11	311	159
20,0	2,0	0,80	33	26	52	494	395	14	433	223
20,5	2,5	0,80	42	33	82	627	501	18	565	293
21,0	3,0	0,80	51	41	119	765	612	22	709	369
21,5	3,5	0,80	61	48	164	908	727	25	865	453
22,0	4,0	0,80	66	52	214	983	786	29	972	512
22,5	4,5	0,80	71	57	269	1064	851	32	1087	575
23,0	5,0	0,80	77	61	328	1150	920	36	1212	644
23,5	5,5	0,77	83	64	390	1242	993	40	1344	716
24,0	6,0	0,74	89	66	455	1338	1070	43	1482	793
24,5	6,5	0,71	96	68	522	1438	1151	47	1626	872
25,0	7,0	0,68	103	70	591	1543	1234	50	1775	955
25,5	7,5	0,65	110	71	662	1650	1320	54	1928	1039
26,0	8,0	0,62	117	73	734	1759	1407	58	2084	1126
26,5	8,5	0,59	125	74	807	1870	1496	61	2242	1213
27,0	9,0	0,56	132	74	881	1983	1586	65	2402	1302
27,5	9,5	0,53	140	74	955	2096	1677	68	2563	1391
28,0	10,0	0,50	147	74	1029	2210	1768	72	2725	1481
28,5	10,5	0,48	155	74	1103	2324	1859	76	2886	1570
29,0	11,0	0,46	162	75	1177	2437	1950	79	3048	1660
29,5	11,5	0,44	170	75	1252	2550	2040	83	3209	1749
30,0	12,0	0,42	177	75	1327	2662	2129	86	3370	1838
30,5	12,5	0,40	185	74	1401	2773	2218	90	3529	1927
31,0	13,0	0,38	192	73	1474	2805	2244	94	3625	1981
31,5	13,5	0,36	199	72	1547	2805	2244	97	3694	2022
32,0	14,0	0,34	207	70	1618	2805	2244	101	3761	2061
32,5	14,5	0,32	214	68	1687	2805	2244	104	3827	2100
33,0	15,0	0,30	221	66	1754	2805	2244	108	3890	2137
33,5	15,5	0,30	227	68	1822	2805	2244	112	3954	2174
34,0	16,0	0,30	234	70	1891	2805	2244	115	4020	2212
34,5	16,5	0,30	241	72	1962	2805	2244	119	4087	2252

## GA01 - SEZ TIPO H-I (centrale) - A1+M1+R3 - VERIFICA CARICO LIMITE DIAFRAMMA - Sp = 0.8m

z da p.c. [m]	Lp [m]	$\beta$ [ - ]	$\sigma'v$ [kPa]	$\tau_i$ [kPa]	Qll [kN]	qbl [kPa]	Qbl [kN]	Wp [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]
35,0	17,0	0,30	247	74	2035	2805	2244	122	4157	2292
35,5	17,5	0,30	254	76	2111	3570	2856	126	4841	2658
36,0	18,0	0,30	260	78	2188	3570	2856	130	4914	2701
36,5	18,5	0,30	266	80	2267	3570	2856	133	4989	2746
37,0	19,0	0,30	273	82	2348	3570	2856	137	5067	2791
37,5	19,5	0,30	279	84	2430	3570	2856	140	5146	2838
38,0	20,0	0,30	285	85	2515	3570	2856	144	5227	2886
38,5	20,5	0,30	291	87	2601	3570	2856	148	5309	2935
39,0	21,0	0,30	296	88	2688	3570	2856	151	5393	2984
39,5	21,5	0,30	302	89	2777	3570	2856	155	5478	3035
40,0	22,0	0,29	308	90	2867	3570	2856	158	5564	3086
40,5	22,5	0,29	313	92	2958	3570	2856	162	5652	3138
41,0	23,0	0,29	319	93	3050	3570	2856	166	5740	3190
41,5	23,5	0,29	324	94	3143	3570	2856	169	5830	3243
42,0	24,0	0,29	330	95	3238	3570	2856	173	5921	3297
42,5	24,5	0,29	335	96	3333	3570	2856	176	6013	3352
43,0	25,0	0,29	340	97	3429	3570	2856	180	6105	3407
43,5	25,5	0,28	345	98	3527	3570	2856	184	6199	3463
44,0	26,0	0,28	350	99	3625	3570	2856	187	6294	3519
44,5	26,5	0,28	355	100	3724	3570	2856	191	6389	3576
45,0	27,0	0,28	360	101	3824	3570	2856	194	6486	3634
45,5	27,5	0,28	365	101	3925	3570	2856	198	6583	3692
46,0	28,0	0,28	370	102	4027	3570	2856	202	6681	3750
46,5	28,5	0,27	375	103	4130	3570	2856	205	6780	3809
47,0	29,0	0,27	380	104	4233	3570	2856	209	6880	3869
47,5	29,5	0,27	384	104	4337	3570	2856	212	6980	3929
48,0	30,0	0,27	389	105	4441	3570	2856	216	7081	3989
48,5	30,5	0,27	394	106	4547	3570	2856	220	7184	4050
49,0	31,0	0,27	398	108	4654	3570	2856	223	7287	4112
49,5	31,5	0,27	403	109	4762	3570	2856	227	7391	4174
50,0	32,0	0,27	407	110	4872	3570	2856	230	7497	4237





**GA01 - SEZ TIPO L (centrale) - A1+M1+R3 - VERIFICA CARICO LIMITE DIAFRAMMA - Sp = 0.8m**

**a. Dati di calcolo**

sp	spessore diaframma	0,80 m
Deq	diametro equivalente	1,01 m
Ap	Area base diaframma	0,80 mq
s	Superficie laterale del diaframma	2,00 m
zw	Profondità della falda dal p.c.	26,50 m
zp	Quota testa diaframma (di calcolo)	19,50 m
FSL	Fattore di sicurezza per la portata laterale (x3-gs)	1,61
FSB	Fattore di sicurezza per la portata di base (x3-gb)	1,89

L'andamento delle tensioni considera il detensionamento causato dallo scavo

Altezza di scavo [m] 19,5  
Delta di pressione [kPa] 312

**b. Parametri geotecnici**

strato	Formazione	spessore strato (m)	zbase strato (m da pc)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	φ (°)
1	Po/Ts	19,5	19,5	16	30
2	b (sabbia limosa)	10,5	30,0	16	37
3	b (sabbia limosa)	20,0	50,0	16	36

Nq*
(-)
15
15

q <sub>blim</sub> (kPa)	τ <sub>lim</sub> (kPa)	Note
1700	150	
3910	150	
3400	150	

**c. Calcolo carico limite**

z da p.c. [m]	Lp [m]	β [-]	σ <sub>v</sub> [kPa]	τ <sub>i</sub> [kPa]	Q <sub>ll</sub> [kN]	q <sub>bl</sub> [kPa]	Q <sub>bl</sub> [kN]	W <sub>p</sub> [kN]	Q <sub>u</sub> [kN]	Q <sub>d</sub> [kN]
0,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
0,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
1,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
1,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
2,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
2,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
3,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
3,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
4,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
4,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
5,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
5,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
6,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
6,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
7,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
7,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
8,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
8,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
9,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
9,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
10,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
10,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
11,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
11,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
12,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
12,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
13,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
13,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
14,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
14,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
15,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
15,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
16,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
16,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
17,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
17,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
18,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
18,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
19,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
19,5	0,0	0,80	0	0	0	0	0	0	0	0
20,0	0,5	0,80	8	6	3	120	96	4	96	48
20,5	1,0	0,80	16	13	13	242	194	7	199	101
21,0	1,5	0,80	24	20	29	367	293	11	312	159
21,5	2,0	0,80	33	26	52	495	396	14	434	223
22,0	2,5	0,80	42	34	82	629	503	18	567	294
22,5	3,0	0,80	51	41	119	768	615	22	712	371
23,0	3,5	0,80	61	49	164	914	731	25	870	456
23,5	4,0	0,80	71	57	217	1066	853	29	1041	549
24,0	4,5	0,80	82	65	278	1225	980	32	1226	649
24,5	5,0	0,80	93	74	348	1390	1112	36	1424	757
25,0	5,5	0,77	104	80	425	1560	1248	40	1633	873
25,5	6,0	0,74	116	86	508	1736	1389	43	1853	994
26,0	6,5	0,71	128	91	596	1916	1533	47	2082	1120
26,5	7,0	0,68	140	95	689	2100	1680	50	2318	1251
27,0	7,5	0,65	147	96	784	2212	1770	54	2500	1353
27,5	8,0	0,62	155	96	880	2327	1862	58	2684	1457
28,0	8,5	0,59	163	96	977	2444	1955	61	2870	1561
28,5	9,0	0,56	171	96	1072	2562	2049	65	3057	1666
29,0	9,5	0,53	179	95	1168	2681	2145	68	3244	1771
29,5	10,0	0,50	187	93	1262	2800	2240	72	3430	1875
30,0	10,5	0,48	195	93	1355	2920	2336	76	3615	1979
30,5	11,0	0,46	203	93	1448	3039	2431	79	3800	2083
31,0	11,5	0,44	210	93	1541	3157	2526	83	3984	2186
31,5	12,0	0,42	218	92	1633	3275	2620	86	4167	2288
32,0	12,5	0,40	226	90	1724	3391	2713	90	4348	2390
32,5	13,0	0,38	234	89	1814	3400	2720	94	4440	2444
33,0	13,5	0,36	241	87	1902	3400	2720	97	4525	2494
33,5	14,0	0,34	249	85	1988	3400	2720	101	4607	2543
34,0	14,5	0,32	256	82	2071	3400	2720	104	4687	2590
34,5	15,0	0,30	264	79	2152	3400	2720	108	4764	2635

## GA01 - SEZ TIPO L (centrale) - A1+M1+R3 - VERIFICA CARICO LIMITE DIAFRAMMA - Sp = 0.8m

z da p.c. [m]	Lp [m]	$\beta$ [ - ]	$\sigma'v$ [kPa]	$\tau_i$ [kPa]	Qll [kN]	qbl [kPa]	Qbl [kN]	Wp [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]
35,0	15,5	0,30	271	81	2232	3400	2720	112	4840	2680
35,5	16,0	0,30	278	83	2314	3400	2720	115	4919	2727
36,0	16,5	0,30	285	85	2398	3400	2720	119	5000	2774
36,5	17,0	0,30	292	87	2485	3400	2720	122	5082	2823
37,0	17,5	0,30	298	89	2573	3400	2720	126	5167	2874
37,5	18,0	0,30	305	91	2664	3400	2720	130	5254	2925
38,0	18,5	0,30	311	93	2756	3400	2720	133	5343	2978
38,5	19,0	0,30	318	95	2851	3400	2720	137	5434	3032
39,0	19,5	0,30	324	97	2947	3400	2720	140	5527	3087
39,5	20,0	0,30	330	99	3045	3400	2720	144	5621	3143
40,0	20,5	0,30	337	100	3145	3400	2720	148	5717	3201
40,5	21,0	0,30	343	102	3246	3400	2720	151	5815	3259
41,0	21,5	0,30	349	103	3348	3400	2720	155	5914	3318
41,5	22,0	0,29	354	104	3452	3400	2720	158	6014	3377
42,0	22,5	0,29	360	105	3557	3400	2720	162	6115	3438
42,5	23,0	0,29	366	106	3663	3400	2720	166	6217	3499
43,0	23,5	0,29	372	108	3770	3400	2720	169	6321	3561
43,5	24,0	0,29	377	109	3878	3400	2720	173	6425	3623
44,0	24,5	0,29	383	110	3987	3400	2720	176	6531	3686
44,5	25,0	0,29	388	111	4097	3400	2720	180	6637	3750
45,0	25,5	0,28	393	111	4208	3400	2720	184	6744	3814
45,5	26,0	0,28	399	112	4320	3400	2720	187	6853	3879
46,0	26,5	0,28	404	113	4433	3400	2720	191	6962	3944
46,5	27,0	0,28	409	114	4546	3400	2720	194	7072	4010
47,0	27,5	0,28	414	115	4661	3400	2720	198	7183	4077
47,5	28,0	0,28	419	116	4776	3400	2720	202	7295	4144
48,0	28,5	0,27	424	116	4892	3400	2720	205	7407	4211
48,5	29,0	0,27	429	117	5009	3400	2720	209	7520	4279
49,0	29,5	0,27	434	118	5126	3400	2720	212	7634	4347
49,5	30,0	0,27	439	118	5244	3400	2720	216	7748	4416
50,0	30,5	0,27	443	120	5363	3400	2720	220	7864	4485





## GA01 - SEZ TIPO M (laterale) - A1+M1+R3 - VERIFICA CARICO LIMITE DIAFRAMMA - Sp = 1.2m

z da p.c. [m]	Lp [m]	$\beta$ [ - ]	$\sigma'v$ [kPa]	$\tau_i$ [kPa]	Qll [kN]	qbl [kPa]	Qbl [kN]	Wp [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]
35,0	14,0	0,30	254	76	2124	3230	3876	151	5849	3173
35,5	14,5	0,30	257	77	2200	3230	3876	157	5920	3214
36,0	15,0	0,30	260	78	2278	3230	3876	162	5992	3255
36,5	15,5	0,30	263	79	2356	3230	3876	167	6065	3297
37,0	16,0	0,30	266	79	2435	3230	3876	173	6138	3339
37,5	16,5	0,30	269	79	2514	3230	3876	178	6212	3381
38,0	17,0	0,29	272	80	2594	3230	3876	184	6286	3423
38,5	17,5	0,29	275	80	2674	3230	3876	189	6361	3466
39,0	18,0	0,29	278	81	2755	3230	3876	194	6436	3509
39,5	18,5	0,29	281	81	2836	3230	3876	200	6512	3552
40,0	19,0	0,29	284	82	2917	3230	3876	205	6588	3596
40,5	19,5	0,29	287	82	2999	3230	3876	211	6665	3640
41,0	20,0	0,29	290	83	3082	3230	3876	216	6742	3684
41,5	20,5	0,28	293	83	3165	3230	3876	221	6819	3729
42,0	21,0	0,28	296	83	3248	3230	3876	227	6897	3773
42,5	21,5	0,28	299	84	3332	3230	3876	232	6975	3818
43,0	22,0	0,28	302	84	3416	3230	3876	238	7054	3863
43,5	22,5	0,28	305	85	3500	3230	3876	243	7133	3909
44,0	23,0	0,28	308	85	3585	3230	3876	248	7213	3955
44,5	23,5	0,27	311	85	3670	3230	3876	254	7292	4000
45,0	24,0	0,27	314	86	3756	3230	3876	259	7373	4047
45,5	24,5	0,27	317	86	3842	3230	3876	265	7453	4093
46,0	25,0	0,27	320	86	3928	3230	3876	270	7534	4139
46,5	25,5	0,27	323	87	4015	3230	3876	275	7615	4186
47,0	26,0	0,27	326	88	4102	3230	3876	281	7698	4234
47,5	26,5	0,27	329	89	4191	3230	3876	286	7781	4282
48,0	27,0	0,27	332	90	4280	3230	3876	292	7864	4330
48,5	27,5	0,27	335	90	4370	3230	3876	297	7949	4379
49,0	28,0	0,27	338	91	4461	3230	3876	302	8034	4428
49,5	28,5	0,27	341	92	4553	3230	3876	308	8121	4478
50,0	29,0	0,27	344	93	4645	3230	3876	313	8208	4529







## GA01 - SEZ TIPO N (laterale) - A1+M1+R3 - VERIFICA CARICO LIMITE DIAFRAMMA - Sp = 1.2m

z da p.c. [m]	Lp [m]	$\beta$ [ - ]	$\sigma'v$ [kPa]	$\tau_i$ [kPa]	Qll [kN]	qbl [kPa]	Qbl [kN]	Wp [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]
35,0	15,5	0,30	213	64	2058	3195	3834	167	5724	3089
35,5	16,0	0,30	216	64	2122	3230	3876	173	5825	3144
36,0	16,5	0,30	219	65	2186	3230	3876	178	5884	3177
36,5	17,0	0,29	222	65	2251	3230	3876	184	5943	3210
37,0	17,5	0,29	225	66	2316	3230	3876	189	6003	3244
37,5	18,0	0,29	228	66	2383	3230	3876	194	6064	3278
38,0	18,5	0,29	231	67	2449	3230	3876	200	6125	3312
38,5	19,0	0,29	234	67	2516	3230	3876	205	6187	3347
39,0	19,5	0,29	237	68	2584	3230	3876	211	6249	3382
39,5	20,0	0,29	240	68	2652	3230	3876	216	6312	3417
40,0	20,5	0,28	243	69	2721	3230	3876	221	6375	3453
40,5	21,0	0,28	246	69	2790	3230	3876	227	6439	3489
41,0	21,5	0,28	249	70	2859	3230	3876	232	6503	3525
41,5	22,0	0,28	252	70	2930	3230	3876	238	6568	3562
42,0	22,5	0,28	255	71	3000	3230	3876	243	6633	3598
42,5	23,0	0,28	258	71	3071	3230	3876	248	6699	3635
43,0	23,5	0,27	261	72	3143	3230	3876	254	6765	3673
43,5	24,0	0,27	264	72	3214	3230	3876	259	6831	3710
44,0	24,5	0,27	267	72	3287	3230	3876	265	6898	3748
44,5	25,0	0,27	270	73	3359	3230	3876	270	6965	3786
45,0	25,5	0,27	273	74	3433	3230	3876	275	7033	3825
45,5	26,0	0,27	276	75	3507	3230	3876	281	7102	3864
46,0	26,5	0,27	279	75	3582	3230	3876	286	7171	3903
46,5	27,0	0,27	282	76	3657	3230	3876	292	7242	3943
47,0	27,5	0,27	285	77	3734	3230	3876	297	7313	3984
47,5	28,0	0,27	288	78	3811	3230	3876	302	7385	4025
48,0	28,5	0,27	291	79	3889	3230	3876	308	7458	4066
48,5	29,0	0,27	294	79	3968	3230	3876	313	7531	4109
49,0	29,5	0,27	297	80	4048	3230	3876	319	7606	4151
49,5	30,0	0,27	300	81	4129	3230	3876	324	7681	4194
50,0	30,5	0,27	303	82	4210	3230	3876	329	7757	4238



## GA01 - SEZ TIPO N (centrale) - A1+M1+R3 - VERIFICA CARICO LIMITE DIAFRAMMA - Sp = 0.8m

z da p.c. [m]	Lp [m]	$\beta$ [ - ]	$\sigma'v$ [kPa]	$\tau_i$ [kPa]	Qll [kN]	qbl [kPa]	Qbl [kN]	Wp [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]
35,0	15,5	0,30	241	72	1930	3230	2584	112	4403	2421
35,5	16,0	0,30	248	74	2003	3230	2584	115	4472	2462
36,0	16,5	0,30	255	76	2079	3230	2584	119	4544	2504
36,5	17,0	0,30	262	78	2156	3230	2584	122	4618	2547
37,0	17,5	0,30	268	80	2236	3230	2584	126	4694	2592
37,5	18,0	0,30	275	82	2317	3230	2584	130	4772	2638
38,0	18,5	0,30	281	84	2401	3230	2584	133	4852	2685
38,5	19,0	0,30	288	86	2486	3230	2584	137	4933	2734
39,0	19,5	0,30	294	88	2573	3230	2584	140	5017	2783
39,5	20,0	0,30	300	90	2663	3230	2584	144	5103	2834
40,0	20,5	0,30	307	92	2753	3230	2584	148	5190	2886
40,5	21,0	0,30	313	93	2846	3230	2584	151	5278	2938
41,0	21,5	0,30	319	94	2939	3230	2584	155	5368	2992
41,5	22,0	0,29	324	95	3034	3230	2584	158	5460	3046
42,0	22,5	0,29	330	97	3130	3230	2584	162	5552	3101
42,5	23,0	0,29	336	98	3227	3230	2584	166	5645	3156
43,0	23,5	0,29	342	99	3325	3230	2584	169	5740	3213
43,5	24,0	0,29	347	100	3425	3230	2584	173	5836	3270
44,0	24,5	0,29	353	101	3525	3230	2584	176	5933	3327
44,5	25,0	0,29	358	102	3627	3230	2584	180	6031	3386
45,0	25,5	0,28	363	103	3729	3230	2584	184	6130	3445
45,5	26,0	0,28	369	104	3833	3230	2584	187	6230	3504
46,0	26,5	0,28	374	105	3937	3230	2584	191	6330	3565
46,5	27,0	0,28	379	106	4042	3230	2584	194	6432	3625
47,0	27,5	0,28	384	107	4148	3230	2584	198	6534	3687
47,5	28,0	0,28	389	107	4255	3230	2584	202	6638	3748
48,0	28,5	0,27	394	108	4363	3230	2584	205	6742	3810
48,5	29,0	0,27	399	109	4472	3230	2584	209	6847	3873
49,0	29,5	0,27	404	110	4581	3230	2584	212	6953	3936
49,5	30,0	0,27	409	110	4691	3230	2584	216	7059	4000
50,0	30,5	0,27	413	112	4802	3230	2584	220	7166	4064

**GA01 - SEZ TIPO O (laterale) - A1+M1+R3 - VERIFICA CARICO LIMITE DIAFRAMMA - Sp = 1.2m**

**a. Dati di calcolo**

sp	spessore diaframma	1,20 m
Deq	diametro equivalente	1,24 m
Ap	Area base diaframma	1,20 mq
s	Superficie laterale del diaframma	2,00 m
zw	Profondità della falda dal p.c.	23,00 m
zp	Quota testa diaframma (di calcolo)	18,50 m
FSL	Fattore di sicurezza per la portata laterale (x3-gs)	1,61
FSB	Fattore di sicurezza per la portata di base (x3-gb)	1,89

Altezza terreno da p.d.i. [m] 5

**b. Parametri geotecnici**

strato	Formazione	spessore strato (m)	zbase strato (m da pc)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)
1	Po/Ts	18,5	18,5	16	30
2	pb (sabbia limosa)	6,0	24,5	16	37
3	pb (sabbia limosa)	25,5	50,0	16	36

Nq*
(-)
15
15

q <sub>blim</sub> (kPa)	$\tau_{lim}$ (kPa)	Note
1700	150	
4250	150	
3825	150	

**c. Calcolo carico limite**

z da p.c. [m]	Lp [m]	$\beta$ [-]	$\sigma'v$ [kPa]	$\tau_i$ [kPa]	Qli [kN]	qbl [kPa]	Qbl [kN]	Wp [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]
0,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
0,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
1,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
1,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
2,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
2,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
3,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
3,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
4,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
4,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
5,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
5,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
6,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
6,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
7,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
7,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
8,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
8,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
9,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
9,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
10,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
10,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
11,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
11,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
12,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
12,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
13,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
13,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
14,0	-	-	8	6	0	0	0	0	0	0
14,5	-	-	16	13	0	0	0	0	0	0
15,0	-	-	24	19	0	0	0	0	0	0
15,5	-	-	32	26	0	0	0	0	0	0
16,0	-	-	40	32	0	0	0	0	0	0
16,5	-	-	48	38	0	0	0	0	0	0
17,0	-	-	56	45	0	0	0	0	0	0
17,5	-	-	64	51	0	0	0	0	0	0
18,0	-	-	72	58	0	0	0	0	0	0
18,5	0,0	0,80	80	64	0	0	0	0	0	0
19,0	0,5	0,77	88	68	66	1320	1584	5	1644	872
19,5	1,0	0,74	96	71	135	1440	1728	11	1852	984
20,0	1,5	0,71	104	74	208	1560	1872	16	2064	1098
20,5	2,0	0,68	112	76	283	1680	2016	22	2277	1214
21,0	2,5	0,65	120	78	360	1800	2160	27	2493	1331
21,5	3,0	0,62	128	79	438	1920	2304	32	2710	1449
22,0	3,5	0,59	136	80	518	2040	2448	38	2928	1568
22,5	4,0	0,56	144	81	599	2160	2592	43	3148	1687
23,0	4,5	0,53	152	81	679	2280	2736	49	3367	1806
23,5	5,0	0,50	155	78	758	2325	2790	54	3494	1877
24,0	5,5	0,48	158	76	835	2370	2844	59	3620	1946
24,5	6,0	0,46	161	74	910	2415	2898	65	3743	2014
25,0	6,5	0,44	164	72	983	2460	2952	70	3865	2081
25,5	7,0	0,42	167	70	1054	2505	3006	76	3985	2147
26,0	7,5	0,40	170	68	1123	2550	3060	81	4102	2211
26,5	8,0	0,38	173	66	1190	2595	3114	86	4218	2275
27,0	8,5	0,36	176	63	1255	2640	3168	92	4331	2336
27,5	9,0	0,34	179	61	1317	2685	3222	97	4442	2396
28,0	9,5	0,32	182	58	1376	2730	3276	103	4550	2455
28,5	10,0	0,30	185	56	1433	2775	3330	108	4655	2512
29,0	10,5	0,30	188	56	1489	2820	3384	113	4760	2568
29,5	11,0	0,30	191	57	1546	2865	3438	119	4865	2625
30,0	11,5	0,30	194	58	1604	2910	3492	124	4972	2682
30,5	12,0	0,30	197	59	1662	2955	3546	130	5079	2740
31,0	12,5	0,30	200	60	1722	3000	3600	135	5187	2799
31,5	13,0	0,30	203	61	1782	3045	3654	140	5296	2858
32,0	13,5	0,30	206	62	1844	3090	3708	146	5406	2918
32,5	14,0	0,30	209	63	1906	3135	3762	151	5517	2978
33,0	14,5	0,30	212	64	1969	3180	3816	157	5629	3039
33,5	15,0	0,30	215	65	2033	3225	3870	162	5741	3100
34,0	15,5	0,30	218	65	2098	3270	3924	167	5855	3162
34,5	16,0	0,30	221	66	2163	3315	3978	173	5969	3224



**GA01 - SEZ TIPO O (laterale) - A1+M1+R3 - VERIFICA CARICO LIMITE DIAFRAMMA - Sp = 1.2m**

z da p.c. [m]	Lp [m]	$\beta$ [ - ]	$\sigma'v$ [kPa]	$\tau_i$ [kPa]	Qll [kN]
35,0	16,5	0,30	224	66	2229
35,5	17,0	0,29	227	67	2296
36,0	17,5	0,29	230	67	2363
36,5	18,0	0,29	233	68	2430
37,0	18,5	0,29	236	68	2498
37,5	19,0	0,29	239	69	2567
38,0	19,5	0,29	242	69	2636
38,5	20,0	0,29	245	70	2706
39,0	20,5	0,28	248	70	2776
39,5	21,0	0,28	251	71	2846
40,0	21,5	0,28	254	71	2917
40,5	22,0	0,28	257	72	2989
41,0	22,5	0,28	260	72	3061
41,5	23,0	0,28	263	73	3133
42,0	23,5	0,27	266	73	3206
42,5	24,0	0,27	269	73	3279
43,0	24,5	0,27	272	74	3353
43,5	25,0	0,27	275	74	3427
44,0	25,5	0,27	278	75	3501
44,5	26,0	0,27	281	76	3577
45,0	26,5	0,27	284	77	3653
45,5	27,0	0,27	287	77	3730
46,0	27,5	0,27	290	78	3808
46,5	28,0	0,27	293	79	3887
47,0	28,5	0,27	296	80	3966
47,5	29,0	0,27	299	81	4047
48,0	29,5	0,27	302	82	4128
48,5	30,0	0,27	305	82	4210
49,0	30,5	0,27	308	83	4292
49,5	31,0	0,27	311	84	4376
50,0	31,5	0,27	314	85	4460

qbl [kPa]	Qbl [kN]
3360	4032
3405	4086
3450	4140
3495	4194
3540	4248
3585	4302
3630	4356
3675	4410
3720	4464
3765	4518
3810	4572
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590
3825	4590

Wp [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]
178	6083	3286
184	6198	3349
189	6314	3412
194	6430	3476
200	6547	3540
205	6664	3604
211	6781	3668
216	6900	3733
221	7018	3798
227	7137	3863
232	7257	3929
238	7341	3976
243	7408	4014
248	7475	4052
254	7542	4090
259	7610	4128
265	7678	4167
270	7747	4206
275	7816	4245
281	7886	4285
286	7957	4326
292	8029	4366
297	8101	4408
302	8174	4450
308	8249	4492
313	8323	4535
319	8399	4578
324	8476	4622
329	8553	4666
335	8631	4711
340	8710	4757

**GA01 - SEZ TIPO O (centrale) - A1+M1+R3 - VERIFICA CARICO LIMITE DIAFRAMMA - Sp = 1m**
**a. Dati di calcolo**

sp	spessore diaframma	1,00 m
Deq	diametro equivalente	1,13 m
Ap	Area base diaframma	1,00 mq
s	Superficie laterale del diaframma	2,00 m
zw	Profondità della falda dal p.c.	23,00 m
zp	Quota testa diaframma (di calcolo)	18,50 m
FSL	Fattore di sicurezza per la portata laterale (x3-gs)	1,61
FSB	Fattore di sicurezza per la portata di base (x3-gb)	1,89

L'andamento delle tensioni considera il detensioneamento causato dallo scavo

Altezza di scavo [m] 18,5  
Delta di pressione [kPa] 296

**b. Parametri geotecnici**

strato	Formazione	spessore strato (m)	zbase strato (m da pc)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)
1	Po/Ts	18,5	18,5	16	30
2	b (sabbia limosa)	6,0	24,5	16	37
3	b (sabbia limosa)	25,5	50,0	16	36

Nq*
(-)
15
15

Q <sub>blim</sub> (kPa)	$\tau_{lim}$ (kPa)	Note
1700	150	
4250	150	
3825	150	

**c. Calcolo carico limite**

z da p.c. [m]	Lp [m]	$\beta$ [-]	$\sigma'v$ [kPa]	$\tau_i$ [kPa]	Q <sub>l</sub> [kN]
0,0	-	-	0	0	0
0,5	-	-	0	0	0
1,0	-	-	0	0	0
1,5	-	-	0	0	0
2,0	-	-	0	0	0
2,5	-	-	0	0	0
3,0	-	-	0	0	0
3,5	-	-	0	0	0
4,0	-	-	0	0	0
4,5	-	-	0	0	0
5,0	-	-	0	0	0
5,5	-	-	0	0	0
6,0	-	-	0	0	0
6,5	-	-	0	0	0
7,0	-	-	0	0	0
7,5	-	-	0	0	0
8,0	-	-	0	0	0
8,5	-	-	0	0	0
9,0	-	-	0	0	0
9,5	-	-	0	0	0
10,0	-	-	0	0	0
10,5	-	-	0	0	0
11,0	-	-	0	0	0
11,5	-	-	0	0	0
12,0	-	-	0	0	0
12,5	-	-	0	0	0
13,0	-	-	0	0	0
13,5	-	-	0	0	0
14,0	-	-	0	0	0
14,5	-	-	0	0	0
15,0	-	-	0	0	0
15,5	-	-	0	0	0
16,0	-	-	0	0	0
16,5	-	-	0	0	0
17,0	-	-	0	0	0
17,5	-	-	0	0	0
18,0	-	-	0	0	0
18,5	0,0	0,80	0	0	0
19,0	0,5	0,80	8	6	3
19,5	1,0	0,80	16	13	13
20,0	1,5	0,80	24	20	29
20,5	2,0	0,80	33	26	52
21,0	2,5	0,80	42	33	82
21,5	3,0	0,80	51	41	119
22,0	3,5	0,80	61	49	164
22,5	4,0	0,80	71	57	216
23,0	4,5	0,80	81	65	277
23,5	5,0	0,80	87	70	344
24,0	5,5	0,77	93	72	415
24,5	6,0	0,74	100	74	488
25,0	6,5	0,71	107	76	563
25,5	7,0	0,68	114	77	639
26,0	7,5	0,65	121	79	717
26,5	8,0	0,62	128	80	796
27,0	8,5	0,59	136	80	876
27,5	9,0	0,56	143	80	956
28,0	9,5	0,53	151	80	1036
28,5	10,0	0,50	159	79	1116
29,0	10,5	0,48	166	80	1195
29,5	11,0	0,46	174	80	1275
30,0	11,5	0,44	182	80	1355
30,5	12,0	0,42	189	80	1435
31,0	12,5	0,40	197	79	1514
31,5	13,0	0,38	204	78	1593
32,0	13,5	0,36	212	76	1670
32,5	14,0	0,34	219	74	1745
33,0	14,5	0,32	226	72	1818
33,5	15,0	0,30	233	70	1889
34,0	15,5	0,30	240	72	1960
34,5	16,0	0,30	247	74	2034

q <sub>bl</sub> [kPa]	Q <sub>bl</sub> [kN]
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
120	120
242	242
366	366
494	494
627	627
766	766
910	910
1061	1061
1217	1217
1305	1305
1398	1398
1496	1496
1598	1598
1703	1703
1812	1812
1923	1923
2036	2036
2151	2151
2266	2266
2382	2382
2497	2497
2613	2613
2727	2727
2841	2841
2954	2954
3066	3066
3176	3176
3285	3285
3392	3392
3498	3498
3603	3603
3706	3706

W <sub>p</sub> [kN]	Q <sub>u</sub> [kN]	Q <sub>d</sub> [kN]
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
5	119	60
9	246	124
14	382	194
18	528	270
23	687	354
27	858	444
32	1043	542
36	1241	649
41	1454	764
45	1604	846
50	1763	933
54	1929	1024
59	2102	1119
63	2279	1216
68	2461	1316
72	2647	1418
77	2836	1522
81	3026	1626
86	3217	1731
90	3407	1836
95	3598	1941
99	3789	2046
104	3979	2150
108	4168	2254
113	4356	2357
117	4541	2459
122	4724	2559
126	4904	2658
131	5080	2755
135	5253	2849
140	5424	2943
144	5595	3037

**GA01 - SEZ TIPO O (centrale) - A1+M1+R3 - VERIFICA CARICO LIMITE DIAFRAMMA - Sp = 1m**

z da p.c. [m]	Lp [m]	$\beta$ [-]	$\sigma'_v$ [kPa]	$\tau_i$ [kPa]	Qil [kN]
35,0	16,5	0,30	254	76	2109
35,5	17,0	0,30	260	78	2186
36,0	17,5	0,30	267	80	2265
36,5	18,0	0,30	273	82	2346
37,0	18,5	0,30	280	84	2429
37,5	19,0	0,30	286	86	2514
38,0	19,5	0,30	292	88	2601
38,5	20,0	0,30	298	89	2689
39,0	20,5	0,30	304	91	2779
39,5	21,0	0,30	310	92	2871
40,0	21,5	0,30	316	93	2964
40,5	22,0	0,29	322	95	3057
41,0	22,5	0,29	327	96	3153
41,5	23,0	0,29	333	97	3249
42,0	23,5	0,29	338	98	3346
42,5	24,0	0,29	344	99	3445
43,0	24,5	0,29	349	100	3544
43,5	25,0	0,29	354	101	3645
44,0	25,5	0,28	360	102	3746
44,5	26,0	0,28	365	103	3849
45,0	26,5	0,28	370	104	3952
45,5	27,0	0,28	375	105	4056
46,0	27,5	0,28	380	105	4161
46,5	28,0	0,28	385	106	4267
47,0	28,5	0,27	390	107	4373
47,5	29,0	0,27	394	108	4481
48,0	29,5	0,27	399	108	4589
48,5	30,0	0,27	404	109	4697
49,0	30,5	0,27	409	110	4807
49,5	31,0	0,27	413	112	4918
50,0	31,5	0,27	418	113	5030

qbl [kPa]	Qbl [kN]
3807,003052	3807
3825	3825
3825	3825
3825	3825
3825	3825
3825	3825
3825	3825
3825	3825
3825	3825
3825	3825
3825	3825
3825	3825
3825	3825
3825	3825
3825	3825
3825	3825
3825	3825
3825	3825
3825	3825
3825	3825
3825	3825
3825	3825
3825	3825
3825	3825
3825	3825
3825	3825
3825	3825
3825	3825
3825	3825
3825	3825
3825	3825
3825	3825

Wp [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]
149	5767	3131
153	5858	3183
158	5932	3226
162	6009	3270
167	6088	3316
171	6168	3363
176	6250	3411
180	6334	3460
185	6420	3510
189	6507	3561
194	6595	3613
198	6684	3665
203	6775	3719
207	6867	3773
212	6960	3827
216	7054	3883
221	7149	3939
225	7245	3995
230	7342	4052
234	7440	4110
239	7538	4168
243	7638	4227
248	7738	4287
252	7840	4346
257	7942	4407
261	8045	4467
266	8148	4529
270	8252	4590
275	8357	4653
279	8464	4716
284	8572	4780



## GA01 - SEZ TIPO P (laterale) - A1+M1+R3 - VERIFICA CARICO LIMITE DIAFRAMMA - Sp = 1.2m

z da p.c. [m]	Lp [m]	$\beta$ [ - ]	$\sigma'_v$ [kPa]	$\tau_i$ [kPa]	Qli [kN]	qbl [kPa]	Qbl [kN]	Wp [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]
35,0	23,5	0,27	341	93	3834	2975	3570	254	7150	3940
35,5	24,0	0,27	344	94	3928	3485	4182	259	7850	4315
36,0	24,5	0,27	347	94	4022	3485	4182	265	7939	4367
36,5	25,0	0,27	350	94	4116	3485	4182	270	8028	4418
37,0	25,5	0,27	353	95	4211	3485	4182	275	8117	4470
37,5	26,0	0,27	356	96	4306	3485	4182	281	8207	4522
38,0	26,5	0,27	359	97	4403	3485	4182	286	8298	4575
38,5	27,0	0,27	362	98	4500	3485	4182	292	8390	4629
39,0	27,5	0,27	365	98	4598	3485	4182	297	8483	4682
39,5	28,0	0,27	368	99	4697	3485	4182	302	8576	4737
40,0	28,5	0,27	371	100	4796	3485	4182	308	8670	4792
40,5	29,0	0,27	374	101	4897	3485	4182	313	8765	4847
41,0	29,5	0,27	377	102	4998	3485	4182	319	8861	4903
41,5	30,0	0,27	380	102	5100	3485	4182	324	8958	4959
42,0	30,5	0,27	383	103	5203	3485	4182	329	9055	5016
42,5	31,0	0,27	386	104	5307	3485	4182	335	9154	5073
43,0	31,5	0,27	389	105	5411	3485	4182	340	9253	5131
43,5	32,0	0,27	392	106	5516	3485	4182	346	9353	5190
44,0	32,5	0,27	395	107	5622	3485	4182	351	9453	5249
44,5	33,0	0,27	398	107	5729	3485	4182	356	9555	5308
45,0	33,5	0,27	401	108	5837	3485	4182	362	9657	5368
45,5	34,0	0,27	404	109	5946	3485	4182	367	9760	5428
46,0	34,5	0,27	407	110	6055	3485	4182	373	9864	5489
46,5	35,0	0,27	410	111	6165	3485	4182	378	9969	5551
47,0	35,5	0,27	413	111	6276	3485	4182	383	10075	5612
47,5	36,0	0,27	416	112	6388	3485	4182	389	10181	5675
48,0	36,5	0,27	419	113	6500	3485	4182	394	10288	5738
48,5	37,0	0,27	422	114	6614	3485	4182	400	10396	5801
49,0	37,5	0,27	425	115	6728	3485	4182	405	10505	5865
49,5	38,0	0,27	428	115	6843	3485	4182	410	10615	5930
50,0	38,5	0,27	431	116	6959	3485	4182	416	10725	5994

**GA01 - SEZ TIPO P (centrale) - A1+M1+R3 - VERIFICA CARICO LIMITE DIAFRAMMA - Sp = 0.8m**

**a. Dati di calcolo**

sp	spessore diaframma	0,80 m
Deq	diámetro equivalente	1,01 m
Ap	Area base diaframma	0,80 m <sup>2</sup>
s	Superficie laterale del diaframma	2,00 m
zw	Profondità della falda dal p.c.	25,00 m
zp	Quota testa diaframma (di calcolo)	11,50 m
FSL	Fattore di sicurezza per la portata laterale (x3-gs)	1,61
FSB	Fattore di sicurezza per la portata di base (x3-gb)	1,89

L'andamento delle tensioni considera il detensioneamento causato dallo scavo

Altezza di scavo [m] 11,5  
Delta di pressione [kPa] 184

**b. Parametri geotecnici**

strato	Formazione	spessore strato (m)	zbase strato (m da pc)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	Nq*	q <sub>blim</sub> (kPa)	$\tau_{lim}$ (kPa)	Note
1	Po/Ts	11,5	11,5	16	30	-	1700	150	
2	Ts	15,5	27,0	15	37	15	4300	150	
3	Pb	8,0	35,0	16	35	15	2975	150	
4	Pb	25,0	60,0	16	36	15	3485	150	

**c. Calcolo carico limite**

z da p.c. [m]	Lp [m]	$\beta$ [ - ]	$\sigma'v$ [kPa]	$\tau_i$ [kPa]	Qll [kN]	qbl [kPa]	Qbl [kN]	Wp [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]
0,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
0,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
1,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
1,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
2,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
2,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
3,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
3,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
4,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
4,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
5,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
5,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
6,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
6,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
7,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
7,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
8,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
8,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
9,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
9,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
10,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
10,5	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
11,0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
11,5	0,0	0,80	0	0	0	0	0	0	0	0
12,0	0,5	0,80	8	6	3	113	90	4	89	44
12,5	1,0	0,80	15	12	12	226	181	8	185	93
13,0	1,5	0,80	23	18	27	340	272	12	287	145
13,5	2,0	0,80	30	24	48	457	365	16	398	203
14,0	2,5	0,80	38	31	76	575	460	20	516	265
14,5	3,0	0,80	46	37	110	697	557	24	643	332
15,0	3,5	0,80	55	44	150	821	657	28	779	405
15,5	4,0	0,80	63	51	198	949	759	32	924	483
16,0	4,5	0,80	72	58	252	1079	863	36	1079	566
16,5	5,0	0,80	81	65	313	1213	970	40	1243	656
17,0	5,5	0,77	90	69	380	1349	1079	44	1415	750
17,5	6,0	0,74	99	73	451	1489	1191	48	1594	848
18,0	6,5	0,71	109	77	526	1631	1305	52	1779	950
18,5	7,0	0,68	118	80	605	1775	1420	56	1969	1054
19,0	7,5	0,65	128	83	687	1921	1537	60	2164	1162
19,5	8,0	0,62	138	86	771	2069	1655	64	2363	1272
20,0	8,5	0,59	148	87	858	2218	1775	68	2564	1383
20,5	9,0	0,56	158	88	946	2369	1895	72	2769	1496
21,0	9,5	0,53	168	89	1034	2520	2016	76	2974	1610
21,5	10,0	0,50	178	89	1123	2672	2137	80	3181	1725
22,0	10,5	0,48	188	90	1213	2824	2259	84	3388	1840
22,5	11,0	0,46	198	91	1304	2976	2381	88	3597	1955
23,0	11,5	0,44	209	92	1395	3129	2503	92	3807	2072
23,5	12,0	0,42	219	92	1487	3281	2625	96	4016	2188
24,0	12,5	0,40	229	92	1579	3433	2746	100	4225	2304
24,5	13,0	0,38	239	91	1670	3585	2868	104	4434	2420
25,0	13,5	0,36	249	90	1760	3736	2989	108	4641	2534
25,5	14,0	0,34	254	86	1848	3811	3049	112	4785	2616
26,0	14,5	0,32	259	83	1933	3886	3109	116	4926	2695
26,5	15,0	0,30	264	79	2014	3960	3168	120	5062	2771
27,0	15,5	0,30	269	81	2094	4034	3227	124	5197	2847
27,5	16,0	0,30	274	82	2176	2975	2380	115	4440	2461
28,0	16,5	0,30	280	84	2259	2975	2380	119	4520	2508
28,5	17,0	0,30	285	85	2343	2975	2380	122	4601	2556
29,0	17,5	0,30	290	87	2430	2975	2380	126	4684	2604
29,5	18,0	0,30	295	89	2517	2975	2380	130	4768	2654
30,0	18,5	0,30	300	90	2607	2975	2380	133	4853	2705
30,5	19,0	0,30	305	92	2697	2975	2380	137	4941	2757
31,0	19,5	0,30	310	93	2790	2975	2380	140	5029	2809
31,5	20,0	0,30	315	95	2884	2975	2380	144	5120	2863
32,0	20,5	0,30	320	96	2979	2975	2380	148	5211	2917
32,5	21,0	0,30	325	96	3075	2975	2380	151	5303	2972
33,0	21,5	0,30	330	97	3171	2975	2380	155	5397	3028
33,5	22,0	0,29	334	98	3269	2975	2380	158	5491	3084
34,0	22,5	0,29	339	99	3368	2975	2380	162	5586	3141
34,5	23,0	0,29	344	100	3468	2975	2380	166	5682	3198

## GA01 - SEZ TIPO P (centrale) - A1+M1+R3 - VERIFICA CARICO LIMITE DIAFRAMMA - Sp = 0.8m

z da p.c. [m]	Lp [m]	$\beta$ [ - ]	$\sigma'v$ [kPa]	$\tau_i$ [kPa]	Qll [kN]	qbl [kPa]	Qbl [kN]	Wp [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]
35,0	23,5	0,29	348	101	3568	2975	2380	169	5779	3255
35,5	24,0	0,29	353	102	3669	3485	2788	173	6284	3530
36,0	24,5	0,29	357	102	3771	3485	2788	176	6383	3588
36,5	25,0	0,29	362	103	3874	3485	2788	180	6482	3647
37,0	25,5	0,28	366	104	3977	3485	2788	184	6582	3707
37,5	26,0	0,28	371	105	4082	3485	2788	187	6682	3767
38,0	26,5	0,28	375	105	4186	3485	2788	191	6784	3827
38,5	27,0	0,28	379	106	4292	3485	2788	194	6886	3888
39,0	27,5	0,28	384	106	4398	3485	2788	198	6988	3949
39,5	28,0	0,28	388	107	4505	3485	2788	202	7091	4011
40,0	28,5	0,27	392	108	4612	3485	2788	205	7195	4073
40,5	29,0	0,27	396	108	4720	3485	2788	209	7299	4135
41,0	29,5	0,27	400	109	4828	3485	2788	212	7404	4198
41,5	30,0	0,27	404	109	4937	3485	2788	216	7509	4261
42,0	30,5	0,27	409	110	5047	3485	2788	220	7616	4325
42,5	31,0	0,27	413	111	5158	3485	2788	223	7723	4389
43,0	31,5	0,27	417	113	5270	3485	2788	227	7831	4454
43,5	32,0	0,27	421	114	5383	3485	2788	230	7941	4519
44,0	32,5	0,27	425	115	5497	3485	2788	234	8051	4585
44,5	33,0	0,27	429	116	5612	3485	2788	238	8163	4652
45,0	33,5	0,27	433	117	5729	3485	2788	241	8275	4720
45,5	34,0	0,27	437	118	5846	3485	2788	245	8389	4788
46,0	34,5	0,27	440	119	5964	3485	2788	248	8504	4857
46,5	35,0	0,27	444	120	6084	3485	2788	252	8620	4926
47,0	35,5	0,27	448	121	6204	3485	2788	256	8737	4996
47,5	36,0	0,27	452	122	6326	3485	2788	259	8855	5067
48,0	36,5	0,27	456	123	6448	3485	2788	263	8974	5139
48,5	37,0	0,27	460	124	6572	3485	2788	266	9094	5211
49,0	37,5	0,27	463	125	6697	3485	2788	270	9215	5283
49,5	38,0	0,27	467	126	6822	3485	2788	274	9337	5357
50,0	38,5	0,27	471	127	6949	3485	2788	277	9460	5431