

COMMITTENTE

MINISTERO DELLA DIFESA

SEGRETARIATO GENERALE DELLA DIFESA /DNA

DIREZIONE DEI LAVORI E DEL DEMANIO

UFFICIO GENERALE DISMISSIONI IMMOBILI

Piazza Della Marina 4

00196 Roma - Italia

tel. +39 06.36806173

CAPOGRUPPO - INGEGNERIA STRUTTURALE - COORDINAMENTO GENERALE

F&M

ingegneria

Via Belvedere 8/10

30035 Mirano

Venezia - Italia

www.fm-ingegneria.com

Tel. +39 041.5785711

Fax +39 041.4355933

fm@fm-ingegneria.com

ARCHITETTURA

VITTORIO GRASSI architetto

via Cenisio 73 - 20154 Milano

tel. +39 02.40706397 - fax. +39 02.40706398

info@vgrassi.it

www.vgrassi.it

ARCHITETTO

Arch. Marco Aloisini

Via Felicità Morandi 9 - 20127 Milano (MI)

tel. +39 02.40706397 maloisini@vgrassi.it

INGEGNERIA IMPIANTISTICA

F&M

DIVISIONE IMPIANTI

Via Belvedere 8/10

30035 Mirano

Venezia - Italia

www.fm-ingegneria.com

Tel. +39 041.5785711

Fax +39 041.4355933

divisioneimpianti@fm-ingegneria.com

PROGETTO

Realizzazione di un nuovo complesso edilizio ad uso residenziale di n. 720 appartamenti su di un'area del comprensorio nell'area demaniale dell'ex poligono monumentale in località CECCHIGNOLA - ROMA

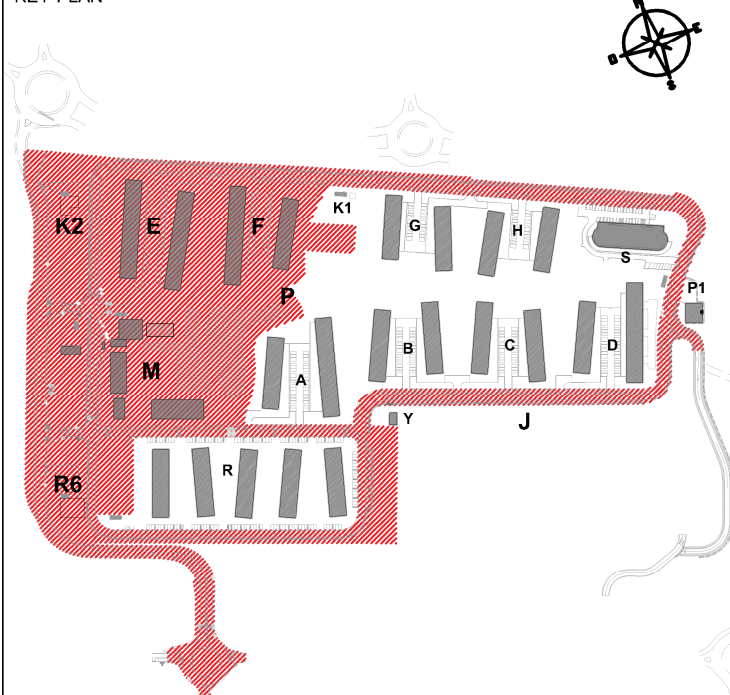
LOTTO D'APPALTO n.1 - Lavori di urbanizzazione primaria e di costruzione di n. 150 alloggi AST

EMISSIONE

PROGETTO ESECUTIVO - L1

Moduli M - E - F - J - P (parziale) - K2 - R6

KEY-PLAN



TITOLO

Relazione geotecnica

REV.	DATA	FILE	OGGETTO	DIS.	APPR.
a	20/11/2019	1243_CMC_EH_REL_009_L1_a.pdf	Note validazione	F.M.	A.B.
b					
c					
d					
e					
f					
g					
h					
i					

ELABORATO N.

CMC_EH_REL_009_L1

DATA: 17/07/2019	SCALA: -	FILE: 1243_CMC_REL_009_L1.pdf	J.N. 1243
PROGETTO F.M.	DISEGNO -	VERIFICA T.T.	APPROVAZIONE A.B.

SOMMARIO

1.	INDRODUZIONE	6
2.	NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO	7
3.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	7
4.	BIBLIOGRAFIA	8
5.	SOFTWARE DI CALCOLO	9
6.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA	10
7.	SCAVI ARCHEOLOGICI	12
8.	STRUTTURE INTERRATE ESISTENTI	15
9.	INDAGINI GEOGNOSTICHE DI RIFERIMENTO	21
9.1.	Indagini geognostiche eseguite sull'intero lotto	21
10.	PROVE SISMICHE - CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	25
11.	UNITA' LITOSTRATIGRAFICHE	31
12.	ASPETTI IDROGEOLOGICI.....	36
13.	DISOMOGENEITA' DEI RISULTATI DELLE INDAGINI GEOTECNICHE	37
14.	FILOSOFIA DI INTERVENTO: OPERE DI CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO	41
15.	CARATTERIZZAZIONE GENERALE DEI TERRENI.....	47
15.1.	Caratteristiche fisiche	47
15.1.1.	Densità relativa	47
15.1.2.	Analisi granulometriche.....	51
15.2.	Caratteristiche meccaniche	53
15.3.	Caratteristiche deformative.....	57
15.3.1.	Elaborazioni prove penetrometriche	57

15.3.2. Elaborazioni prove geofisiche	60
16. MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO	62
16.1. Parametri geotecnici terreno.....	62
16.2. Parametri geotecnici colonne di jet-grouting	63
16.3. Parametri geotecnici del terreno equivalente.....	63
17. GEOMETRIA EDIFICI E CARICHI AGENTI	65
18. CRITERI DI VERIFICA FONDAZIONI SUPERFICIALI	66
18.1. Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU)	66
18.2. Verifiche agli Stati Limite di Esercizio (SLE)	70
19. MODULI A, B, C, D, E, F	71
19.1. Edifici dim. 63.9x15.8.....	71
19.1.1. Verifiche capacità portante (SLU)	71
19.1.2. Calcolo cedimenti (SLE)	75
19.2. Edifici dim. 87.75x15.8.....	78
19.2.1. Verifiche capacità portante (SLU)	78
19.2.2. Calcolo cedimenti (SLE)	82
20. MODULI G, H	85
20.1. Verifiche capacità portante (SLU)	85
20.2. Calcolo cedimenti (SLE)	89
21. MODULI R1, R2, R3, R4, R5	92
21.1. Verifiche capacità portante (SLU)	92
21.2. Calcolo cedimenti (SLE)	96
22. MODULO S (ASILO)	99
22.1. Verifiche capacità portante (SLU)	99
22.2. Calcolo cedimenti (SLE)	103
23. MODULO M	106

23.1. Edificio M1.....	106
23.1.1. Verifiche capacità portante (SLU)	106
23.1.2. Calcolo cedimenti (SLE)	110
23.2. Edifici M2-M3.....	113
23.2.1. Verifiche capacità portante (SLU)	113
23.2.2. Calcolo cedimenti (SLE)	117
23.3. Edificio M4.....	120
23.3.1. Verifiche capacità portante (SLU)	120
23.3.2. Calcolo cedimenti (SLE)	124
24. ENERGY CENTER.....	127
24.1. Edifici K1-M5-P1-R	127
24.1.1. Verifiche capacità portante (SLU)	127
24.1.2. Calcolo cedimenti (SLE)	131
24.2. Edifici K2-P.....	133
24.2.1. Verifiche capacità portante (SLU)	133
24.2.2. Calcolo cedimenti (SLE)	137
24.3. Edificio R6	139
24.3.1. Verifiche capacità portante (SLU)	139
24.3.2. Calcolo cedimenti (SLE)	143
24.4. Edificio Y	145
24.4.1. Verifiche capacità portante (SLU)	145
24.4.2. Calcolo cedimenti (SLE)	149
25. TRAVI DI FONDAZIONE PARCHEGGI	151
25.1. Verifiche capacità portante (SLU)	151
25.2. Calcolo cedimenti (SLE)	155
26. VERIFICA DELLE COLONNE JET	157
27. STIMA DEI CEDIMENTI DEL RILEVATO DI PRECARICA	165
28. STIMA DEI TEMPI DI CONSOLIDAMENTO DEL RILEVATO	168

29. MONITORAGGIO CEDIMENTI RILEVATO.....	169
30. VERIFICHE STABILITÀ SCARPATE LAGHETTO	170
30.1. Programmi di calcolo utilizzati	170
30.2. Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU)	170
30.2.1. Azioni	171
30.2.2. Resistenze	172
30.2.3. Verifiche di stabilità globale	172
30.3. Criteri di progettazione in zona sismica	175
30.3.1. Risposta sismica e stabilità del sito	175
30.3.1.1. RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	175
30.3.1.2. AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	175
30.3.1.3. AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	175
30.3.2. Stabilità dei pendii.....	176
30.4. Modello geotecnico di riferimento	178
30.5. Dati di input	179
30.5.1. Geometria delle scarpate	179
30.5.2. Materiali	181
30.5.3. Carichi	182
30.6. Verifiche statiche	183
30.6.1. Sponda destra	183
30.6.2. Sponda sinistra – fase di scavo 1	184
30.6.3. Sponda sinistra – fase di scavo 2 (terreno stabilizzato)	185
30.6.4. Sponda sinistra – fase finale.....	186
30.7. Verifiche sismiche	187
30.7.1. Sponda destra	188
30.7.2. Sponda sinistra – fase finale.....	189
31. OPERE IN TERRA RINFORZATA	190
31.1. Dimensionamento statico.....	192

31.2. Verifiche di stabilità con geosintetici.....	192
31.3. Geogriglie e geosintetici.....	194
31.4. Caratteristiche geogriglie utilizzate	196
31.5. Verifica terre rinforzate.....	198
31.6. Verifica stabilità globale e verifiche di stabilità interna.....	199
31.6.1. Verifiche di stabilità globale:	200
31.6.2. Verifiche di stabilità interna.	201
31.7. Verifiche di stabilità esterna	203
31.8. Verifiche secondo metodo di Leshchinsky	208

1. INDRODUZIONE

La relazione, redatta ai sensi del D.M. 14/01/2008 riporta la caratterizzazione geotecnica e i criteri di progetto e di verifica adottati per le opere di fondazione, nell'ambito della progettazione esecutiva del Nuovo Complesso Residenziale su di un'area del comprensorio militare a Cecchignola (Roma).

Il progetto strutturale è stato redatto dallo studio F&M Ingegneria, quello architettonico dall'arch. Vittorio Grassi.

La figura seguente riporta una ortofoto dell'area oggetto di intervento.

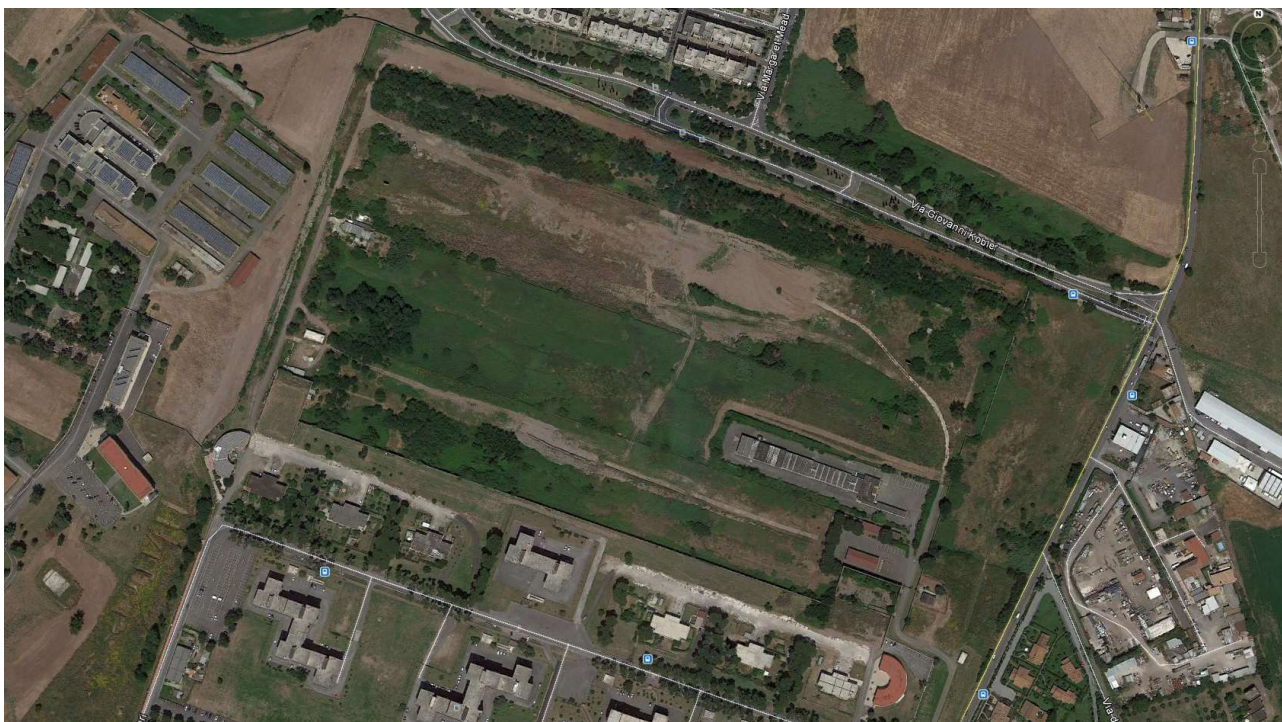


Figura 1 Ortofoto dell'area oggetto di intervento

2. NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO

La relazione è stata redatta in conformità alle seguenti normative e raccomandazioni:

- [N1] Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14 Gennaio 2008, Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008).
- [N2] Circolare del Consiglio Superiore dei LL. PP. 2 Febbraio 2009, n. 617 Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- [N3] UNI EN 1997-1:2005 Parte 1: Regole generali
- [N4] UNI EN 1997-2:2007 Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
- [N5] UNI EN 1998-5:2005 Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- [N6] A.G.I. - Associazione Geotecnica Italiana - "Linee guida - aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica" (2005);
- [N7] A.G.I. - Associazione Geotecnica Italiana - "Raccomandazioni sui Pali di Fondazione" (1984);
- [N8] A.I.C.A.P., AGI - Ancoraggi nei terreni e nelle rocce - raccomandazioni

3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

I documenti di riferimento sono i seguenti:

- [D1] Progetto Esecutivo Architettonico
- [D2] Progetto Esecutivo Strutturale
- [D3] Relazione tecnica sulle indagini geognostiche redatta dalla ditta Geodes aggiornata con le prove integrative eseguite a maggio 2014;
- [D4] Relazione geologica idrogeologica e sismica generale redatta dal dott. Geol. Sergio Graniero della ditta Geodes di Esperia (FR) aggiornata con le prove integrative eseguite a maggio 2014;
- [D5] Sezioni stratigrafiche generali redatte dal dott. Geol. Sergio Graniero della ditta Geodes di Esperia (FR) aggiornate con le prove integrative eseguite a maggio 2014 (cfr. tavola CMC_EH_3001).

4. BIBLIOGRAFIA

Si riportano di seguito i testi di riferimento:

- [T1] C. Viggiani – Fondazioni, 1999, Hevelius
- [T2] J. E. Bowles – Fondazioni Progetto e Analisi, 1991 McGraw libri Italia
- [T3] P. Colombo, Francesco Colleselli – Elementi di Geotecnica, 1996 Zanichelli
- [T4] R. Lancellotta – Geotecnica, 2008 Zanichelli
- [T5] R. Lancellotta j. Calavera – Fondazioni, 1999 McGraw Hill
- [T6] R. Nova – Fondamenti di Meccanica delle Terre, 2002 McGraw Hill
- [T7] R. Sansoni – Pali e fondazioni su pali, 1988 Hoepli
- [T8] M. Favaretti A. Mazzucato – Prove Geotecniche di Laboratorio, 1987 Cleup Editore
- [T9] C. Cestelli Guidi – Geotecnica e Tecnica delle Fondazioni, 1980 Hoepli
- [T10] F. Cestari – Prove geotecniche in sito, 1990-205 Geograph
- [T11] K. Terzaghi R.B. Peck – Soil Mechanics in Engineering Practice, 1967 Wiley
- [T12] Poulos H.G. Davis E.H. – Analisi e Progettazione di Fondazioni su Pali, 1987 Dario Flacovio

5. SOFTWARE DI CALCOLO

Le elaborazioni mediante calcolatore sono state eseguite con l'ausilio del programma Group Pile versione 7.0.16 (copyright 1985-2006, Produttore e autore Ensoft Inc., www.ensoftinc.com).

Il programma è concesso in licenza d'uso a Favero e Milan Ingegneria Spa. Licenza: 154813648.

Il programma è testato periodicamente mediante procedure di controllo codificate, tali da verificare l'attendibilità delle applicazioni e dei risultati ottenuti. Grazie alla raffinatezza dei modelli di calcolo è possibile analizzare il comportamento di tutti gli elementi compositivi delle stesse, considerando l'effettivo contributo alla rigidezza complessiva del sistema fornito da ciascun componente elementare. I criteri di modellazione prevedono la riproduzione fedele delle strutture così come sono state progettate e si prescrive siano realizzate.

GroupPile rappresenta un ottimo strumento di progetto per l'analisi del comportamento di gruppi di pali e/o colonne di consolidamento soggetti a carico assiale e laterale. Il programma è stato creato per il calcolo della distribuzione dei carichi sia sul singolo palo che su un gruppo di pali. Il codice di calcolo Group permette l'analisi del comportamento di pali in gruppo soggetti a diverse condizioni di carico. Il codice, basato sul metodo razionale, permette di generare internamente le curve t-z e p-y del terreno e permette di analizzare diverse condizioni di vincolo del gruppo di pali per diverse condizioni di carico.

6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

L'area è situata in località Cecchignola, nel settore meridionale della città di Roma, ad una quota media di ca. 58,00 m s.l.m e ricade interamente nella sezione n. 374150 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 e nell'elemento n. 374153 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000. L'area di proprietà demaniale, è stata occupata successivamente allo sbarco di Anzio, dapprima dagli eserciti alleati e successivamente da svariati comandi, enti ed unità militari fino a formare una piccola città autonoma chiusa al traffico civile e servita da una ben organizzata rete viaria.

Il sito interessato dal progetto, è stato occupato sin da dopoguerra da un poligono di tiro militare caduto successivamente in disuso; da allora l'area rimasta completamente incolta, è stata utilizzata come deposito di materiali di sfalcio, mentre in alcuni punti si rinvenivano piccoli depositi di materiale provenienti da demolizioni.

La morfologia generale si presenta semipianeggiante, leggermente degradante verso Ovest, ondulata e movimentata da fossi, torrenti e cave; ad ovest è presente la grande incisione prodotta dal Fiume Tevere, poco più a Nord scorre il Fosso della Cecchignola mentre a Sud scorre il Fosso di Vallerano. Immediatamente a Ovest, in adiacenza al sito oggetto di intervento, è presente una depressione che rappresenta probabilmente un'antica area di cava. I processi morfodinamici più attivi sono quelli dovuti all'azione delle acque correnti superficiali che scorrendo nel loro alveo incidono le coperture vulcaniche. Non sono evidenti fenomeni franosi in atto o potenziali.

Il fiume Tevere, con la sua azione modellatrice, ha generato le tipiche forme fluviali proprie dei fiumi di media grandezza, mentre il vulcanismo pleistocenico, livellando la morfologia precedente, ha "ringiovanito" tutto il paesaggio cancellando parte di queste forme.

Geologicamente l'area è stata interessata dall'attività vulcanica del complesso Albano, attiva a partire da ca. 600.000 anni fa: i depositi naturali affioranti nell'area oggetto di indagine sono infatti, riferibili alle manifestazioni del Vulcano Albano. Il distretto vulcanico dei Colli Albani, il più meridionale della Provincia Vulcanica Laziale, si è sviluppato al di sopra del basamento carbonatico mesozoico ribassato a gradinata in seguito alle fasi tettoniche distensive pleistoceniche, conseguenti l'evoluzione del margine tirrenico.

Il vulcano si è evoluto attraverso fasi esplosive ed effusive; l'edificio è, infatti, uno strato vulcano ad attività centrale. Le eruzioni hanno comportato la messa in posto di innumerevoli quantità di piroclastiti ricadute, che andarono ad ammantare la morfologia precedente e colate piroclastiche, che canalizzandosi nelle depressioni, invertirono e spianarono la topografia, producendo la modificazione e la riorganizzazione del reticolo idrografico. I Colli Albani petrograficamente appartengono alla provincia magmatica alcalino potassica laziale; la loro storia eruttiva si è sviluppata attraverso tre fasi.

Nell'epoca del Tuscolano-Artemisio (Ia fase), in cui prevale l'attività esplosiva, si ha la messa in posto di considerevoli volumi di colate piroclastiche che hanno dato origine alle pozzolane e ai tufi litoidi oggi ampiamente affioranti nell'area romana. E' verso la fine di questa fase che si verifica il collasso del settore centrale dell'edificio vulcanico.

Nell'epoca del Faete (IIa fase), l'attività è sia di tipo effusivo che esplosivo. Le eruzioni nella depressione calderica, danno luogo alla formazione dell'edificio del Maschio delle Faete.

Dopo questa fase l'attività diviene prevalentemente di tipo idromagmatico (IIIa fase) e si ha la costruzione di molti centri eruttivi: è in questa epoca che si forma il cratere di Albano.

Nel settore in studio i terreni sono rappresentati come già detto, da prodotti riferibili alla fase Tuscolano-Artemisia.

La successione stratigrafica è costituita da alternanze di colate piroclastiche, lave a composizione tefritico-leucitica e depositi di ricaduta. In particolare, al di sotto di una coltre di riporti recenti discontinui costituiti essenzialmente da materiale organico di sfalcio e disboscamento con presenza di materiali provenienti da piccole demolizioni, affiora la Formazione di Villa Senni cui è riferibile l'ultima eruzione di colata piroclastica di grande volume del Vulcano Laziale. Le età date dai vari autori alla Formazione sono abbastanza concordi nell'ascrivere i terreni al Pleistocene medio. La Formazione si presenta in superficie, con un deposito piroclastico massivo noto in letteratura come Membro delle Pozzolanelle (VSN1), di colore dal marrone chiaro al viola al nero a matrice cineritico grossolana lapillosa, povera di fini e ricco di cristalli di leucite, biotite e clinopirosseno, contenente grosse scorie nere incoerenti. Alla profondità media di ca. 15 m è presente uno strato di qualche metro di Tufo Lionato (VSN1), costituito da un deposito piroclastico massivo, caotico, litoide per zeolitizzazione, localmente malstratificato, a matrice cineritico-lapillosa. Sono spesso riconoscibili due facies sovrapposte: quella inferiore è di colore giallo, con un abbondante matrice cineritica (facies intercettata dai sondaggi eseguiti) nella quale si trovano scorie giallastre, non più grandi di un cm. La facies sovrapposta è quella dal tipico colore arancione-rossastro, che si presenta più grossolana, con scorie da marroni a grigiastre che possono superare anche i 10 cm di diametro. A partire da ca. 28 m di profondità e fino a ca. 44 m è presente il membro delle Lave di Vallerano (LLL) costituite da lave grigie (leucititi nefeliniche melilitiche) a frattura da concoide a scheggiosa con pasta da vetrosa a microcristallina. La lava si presenta di aspetto variabile da grigio scuro, a pasta vetrosa con rari fenocristalli di leucite fino a 7-8 mm di diametro, compatta a frattura concoide, a grigio chiaro, a pasta microcristallina e micro-vescicolata. Gli spessori massimi di queste lave, ascrivibili al Pleistocene medio, raggiunti attraverso i sondaggi da bibliografia, sono pari a 30 m.

7. SCAVI ARCHEOLOGICI

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni sono state condotte due campagne di indagini geognostiche dalla ditta GEODES di Esperia (FR); la prima tra i mesi di novembre e dicembre del 2013, la seconda tra i mesi di aprile e maggio 2014.

Entrambe le campagne hanno evidenziato, sull'intera area di intervento, la presenza di un primo strato di terreno di riporto molto rimaneggiato costituito da pozzolane, sabbie sciolte in matrice limosa. Inferiormente si riscontra la presenza di terreni prevalentemente granulari caratterizzati da una densità relativa e resistenze meccaniche crescenti con la profondità.

Lo spessore dello strato di terreno rimaneggiato è variabile da circa 1-2m (zona a nord) fino a circa 6-7 m (zona a sud).

Il rimaneggiamento del terreno superficiale è da attribuirsi ad attività antropiche più o meno recenti, agli scavi effettuati nell'area militare finalizzati alla realizzazione di opere interrato quali ad esempio la galleria ipogea, e agli scavi più recenti per ricerca di beni archeologici.

Di seguito si riportano alcune immagini significative degli scavi archeologici condotti nell'area di intervento.

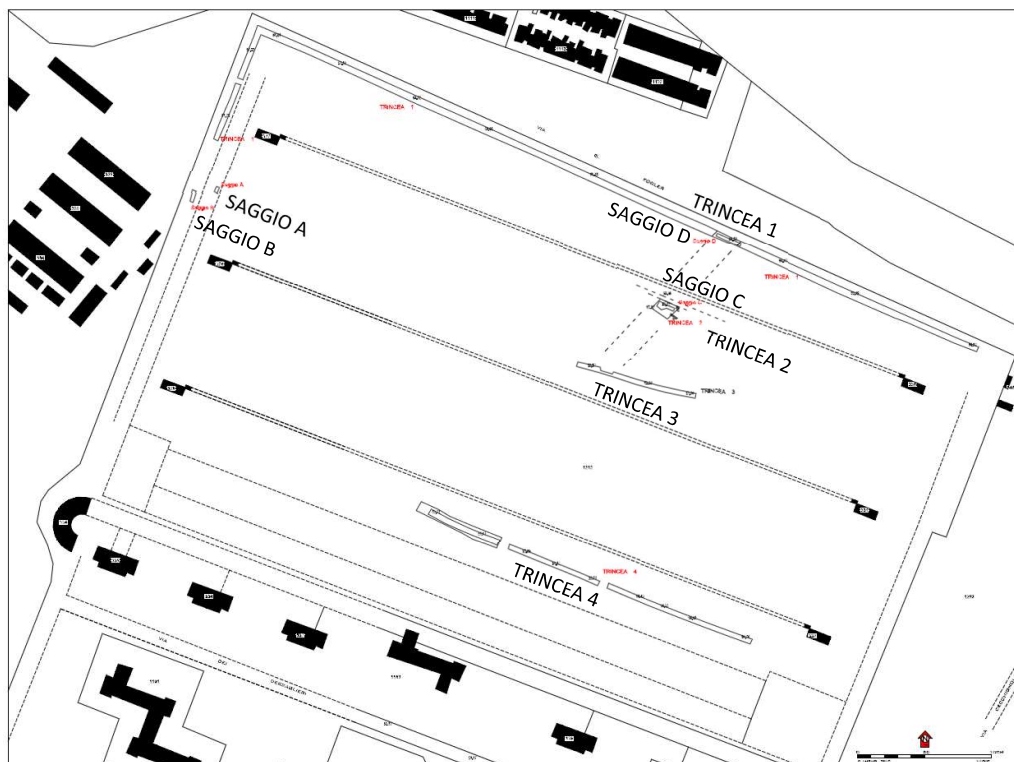


Figura 2 Planimetria con ubicazione scavi archeologici



Fig. 4: saggio C, vista da sud-ovest

Figura 3 Scavi archeologici – saggio C



Fig. 6: il saggio C in corso di scavo, vista da est.

Figura 4 Scavi archeologici – saggio C



Fig. 9: Trincea 4, vista da ovest

Figura 5 Scavi archeologici – Trincea 4



Fig. 11: Saggio D, vista da est

Figura 6 Scavi archeologici – saggio D

8. STRUTTURE INTERRATE ESISTENTI

Le immagini seguenti riportano alcune immagini di strutture interrato presenti nell'area di intervento. In particolare si segnala la presenza di murature interrato (vedi saggi 1 e 6) e di una galleria Ipogea disposta longitudinalmente al lotto. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati specifici di rilievo.

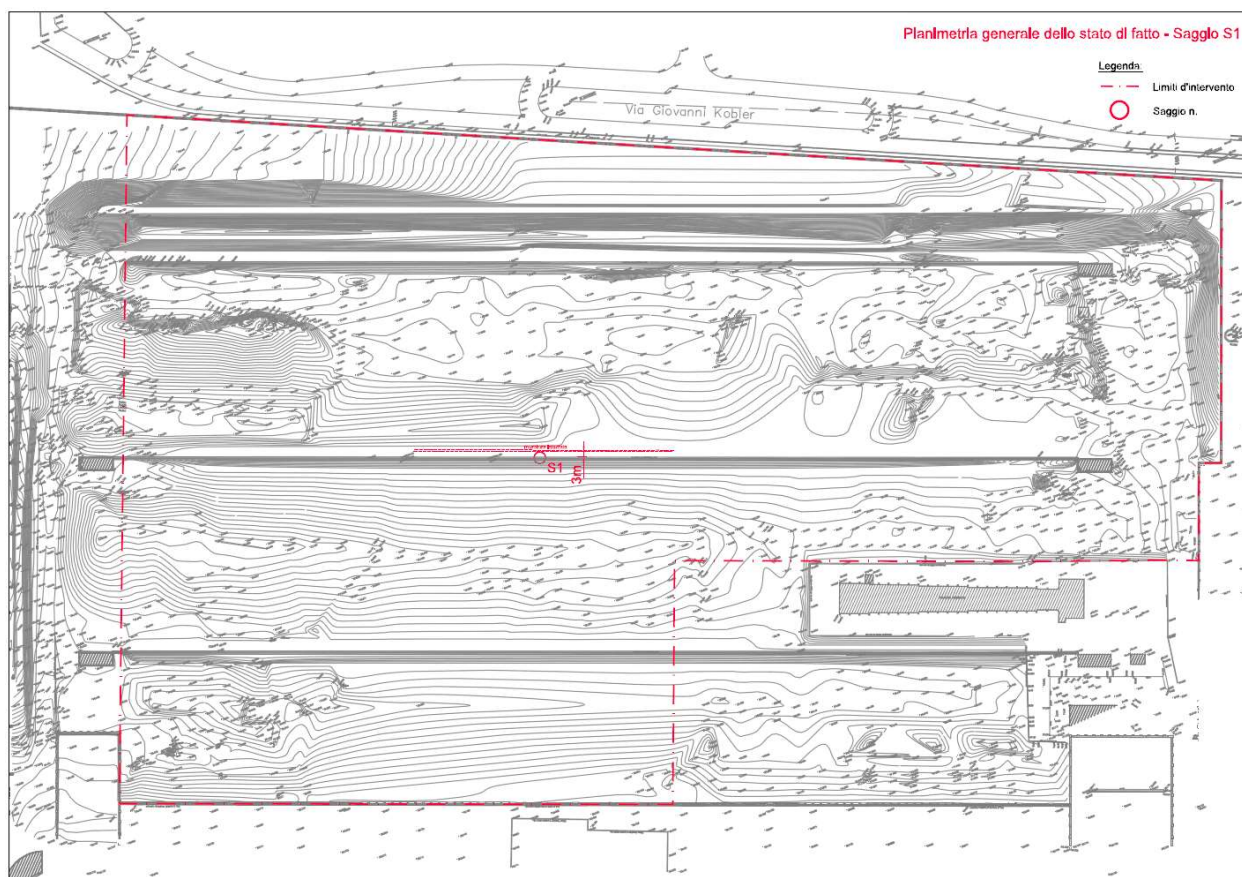


Figura 7 – Saggio S1

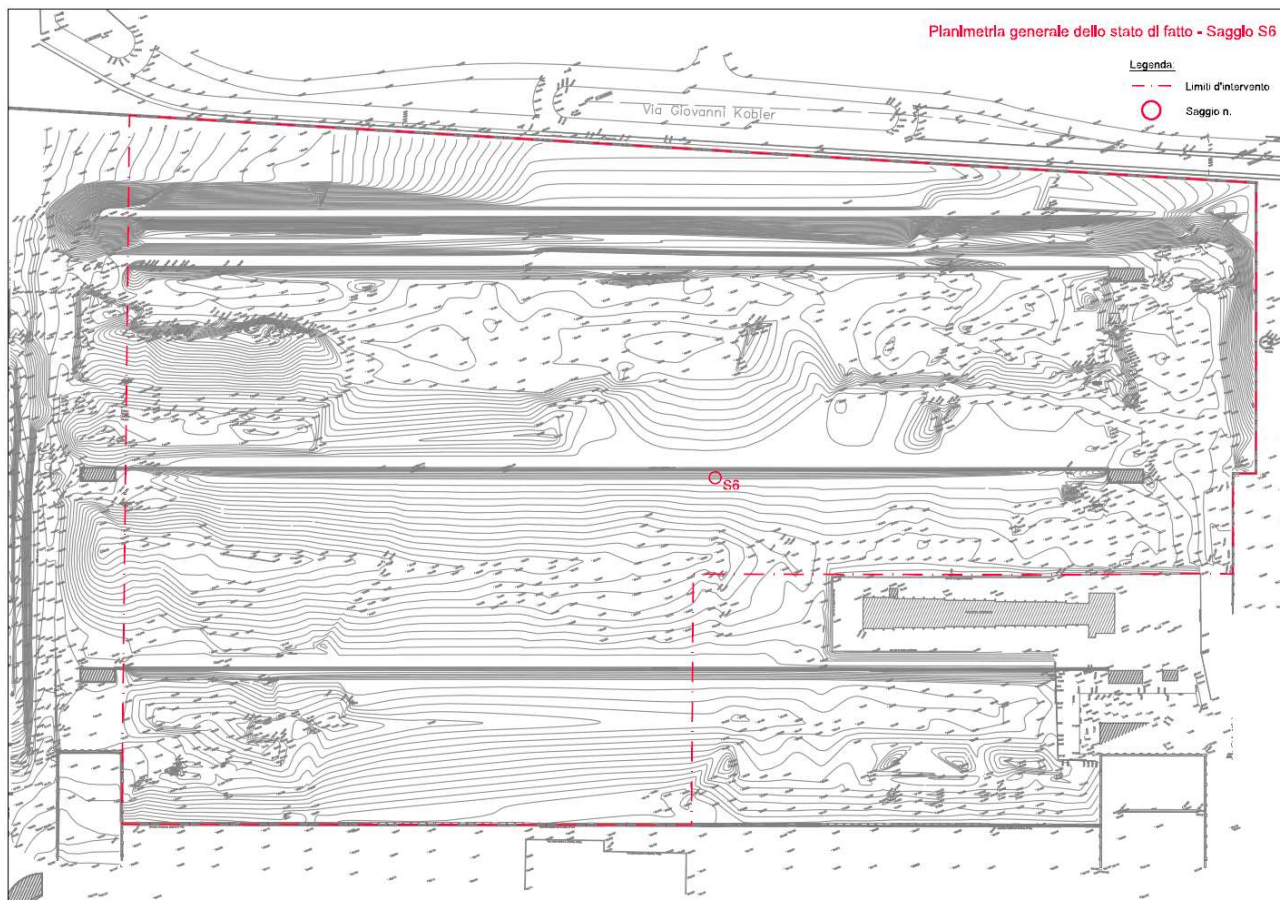


Figura 8 – Saggio S6

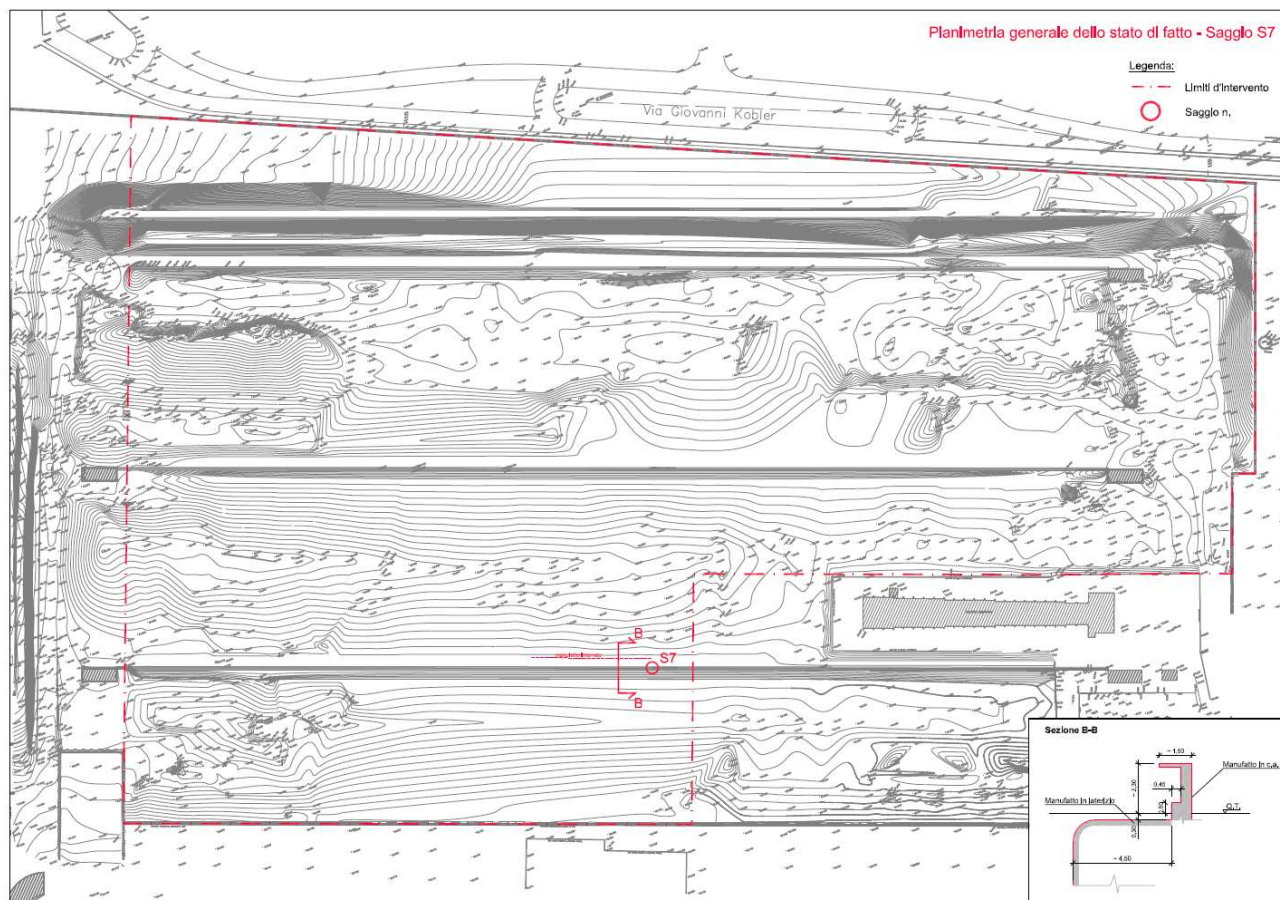


Figura 9 Galleria ipogea – saggio 7

Sezione B-B

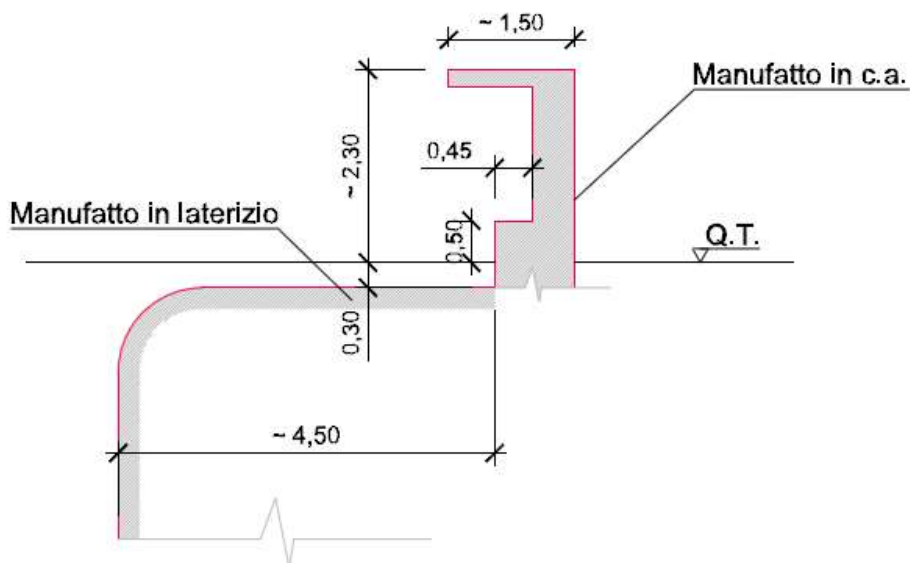


Figura 10 Galleria ipogea – Rilievo del 20.03.2014 / 26.05.2014



Figura 11 Galleria ipogea – Saggio S7



Figura 12 Galleria ipogea



Figura 13 Galleria ipogea

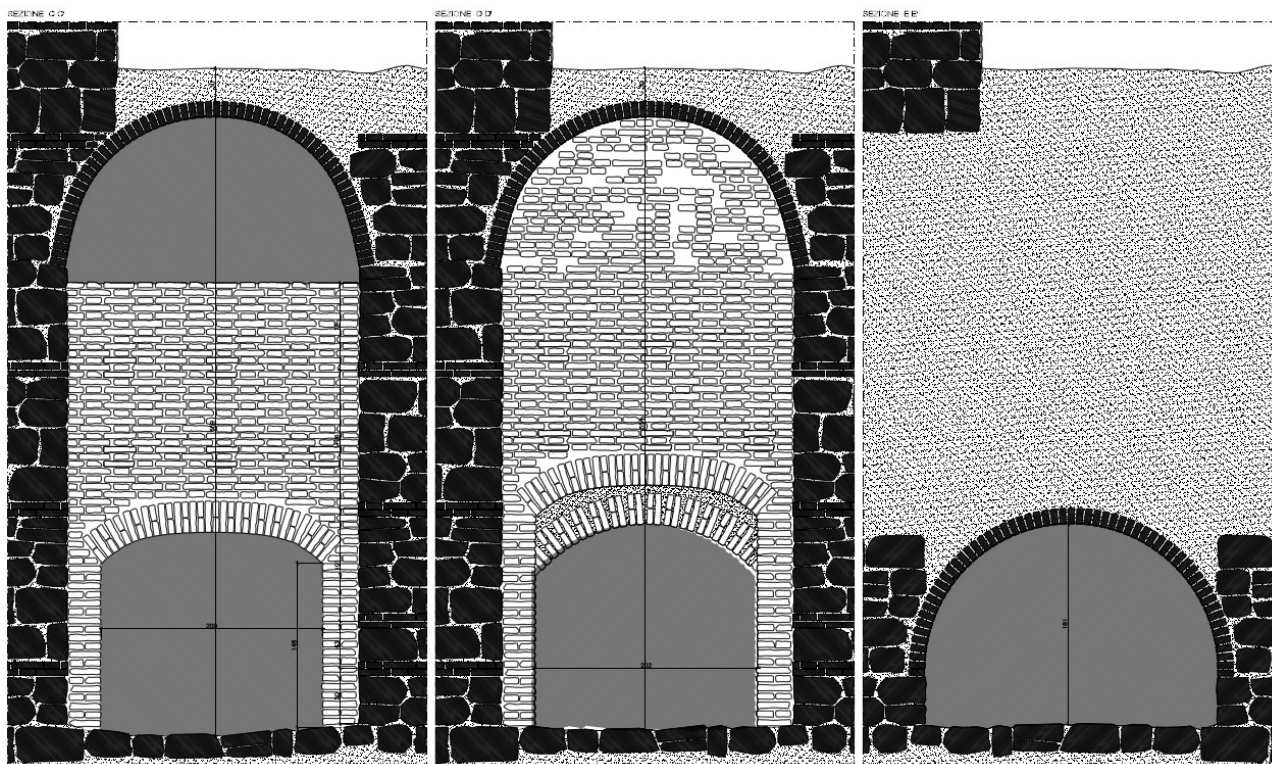


Figura 14 Galleria ipogea

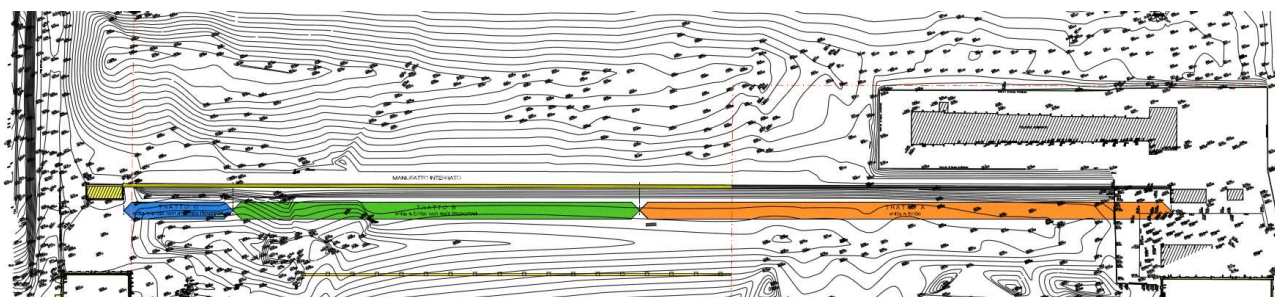


Figura 15 Galleria ipogea

9. INDAGINI GEOGNOSTICHE DI RIFERIMENTO

9.1. Indagini geognostiche eseguite sull'intero lotto

Il D.M. 14.01.2008, attualmente in vigore, prescrive al capitolo 6 che le opere di fondazione vengano progettate a seguito di una caratterizzazione e modellazione geologica e sismica del sito. Il progetto delle opere e dei sistemi geotecnici dovranno essere così articolarsi:

1. caratterizzazione e modellazione geologica del sito;
2. scelta del tipo di opera o d'intervento e programmazione delle indagini geotecniche;
3. caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo;
4. descrizione delle fasi e delle modalità costruttive;
5. verifica della sicurezza e delle prestazioni;
6. definizione dei piani di controllo e monitoraggio.

La modellazione geotecnica consiste nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, idrogeologici, geomorfologici e sismici del suolo. La caratterizzazione e la modellazione geologica devono interessare una zona "significativamente estesa", in relazione al tipo di opera e al contesto geologico in cui questa si colloca. Coerentemente con quanto prescritto dalle norme vigenti è stata pianificata ed eseguita una prima campagna di indagini geognostiche al fine di definire la successione stratigrafica, il regime delle pressioni interstiziali, nonché tutti gli elementi significativi del suolo (conducibilità idraulica, caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni, parametri di deformabilità).

Le indagini sono state eseguite dalla ditta GEODES di Esperia (FR) tra i mesi di novembre - dicembre del 2013 e tra i mesi di aprile - maggio 2014.

La campagna di indagini del 2013 è consistita in:

- n. 5 Sondaggi a carotaggio continuo (S1-S2-S3-S4-S5);
- n. 6 sondaggi ambientali;
- n. 20 prove penetrometriche SPT in foro di sondaggio;
- n. 4 prove di permeabilità tipo Lefranc in foro di sondaggio;
- n. 2 installazioni di colonne piezometriche a tubo aperto;
- n. 1 Prova sismica Down-Hole;
- n. 4 Prove sismiche tipo MASW;
- n. 1 prospezione sismica passiva HVSr;
- n. 14 prove penetrometriche pesanti tipo DPSH (1÷14);

- n. 4 prelievi di campioni di tipo indisturbato e n. 21 prelievi di campioni di tipo disturbato che sono stati sottoposti alle seguenti analisi di laboratorio geotecnico:
 - n. 21 determinazioni del peso specifico dei grani;
 - n. 04 determinazioni del peso dell'unità di volume;
 - n. 04 determinazioni della misura del contenuto di acqua;
 - n. 19 determinazioni del limite di liquidità e plasticità;
 - n. 20 analisi granulometriche per setacciatura e sedimentazione;
 - n. 04 prove di taglio diretto consolidate drenate;
 - n. 04 prove di compressione ad espansione laterale libera;
 - n. 04 prove edometriche ad incrementi di carico controllato.
- n. 12 prelievi di campioni di terreno ambientali di tipo disturbato che sono stati sottoposti alle seguenti analisi chimiche: Residuo a 105° C; Arsenico; Cadmio; Cromo totale; Cromo esavalente; Nichel; Piombo; Rame; Zinco; Idrocarburi pesanti totali C>12; Amianto.

La campagna di indagini del 2014 è consistita in:

- n. 4 Sondaggi a carotaggio continuo (S6-S7-S8-S9);
- n. 21 prove penetrometriche SPT in foro di sondaggio;
- n. 8 prove penetrometriche pesanti tipo DPSH (15÷22);
- n. 9 prelievi di campioni di tipo disturbato che sono stati sottoposti a n. 9 analisi granulometriche per setacciatura e sedimentazione

La figure seguenti riportano la planimetria con l'ubicazione delle indagini e relativa legenda.

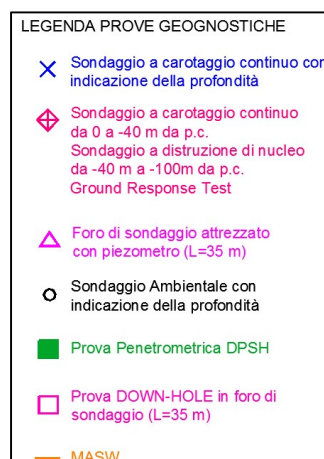


Figura 16 Legenda prove geognostiche

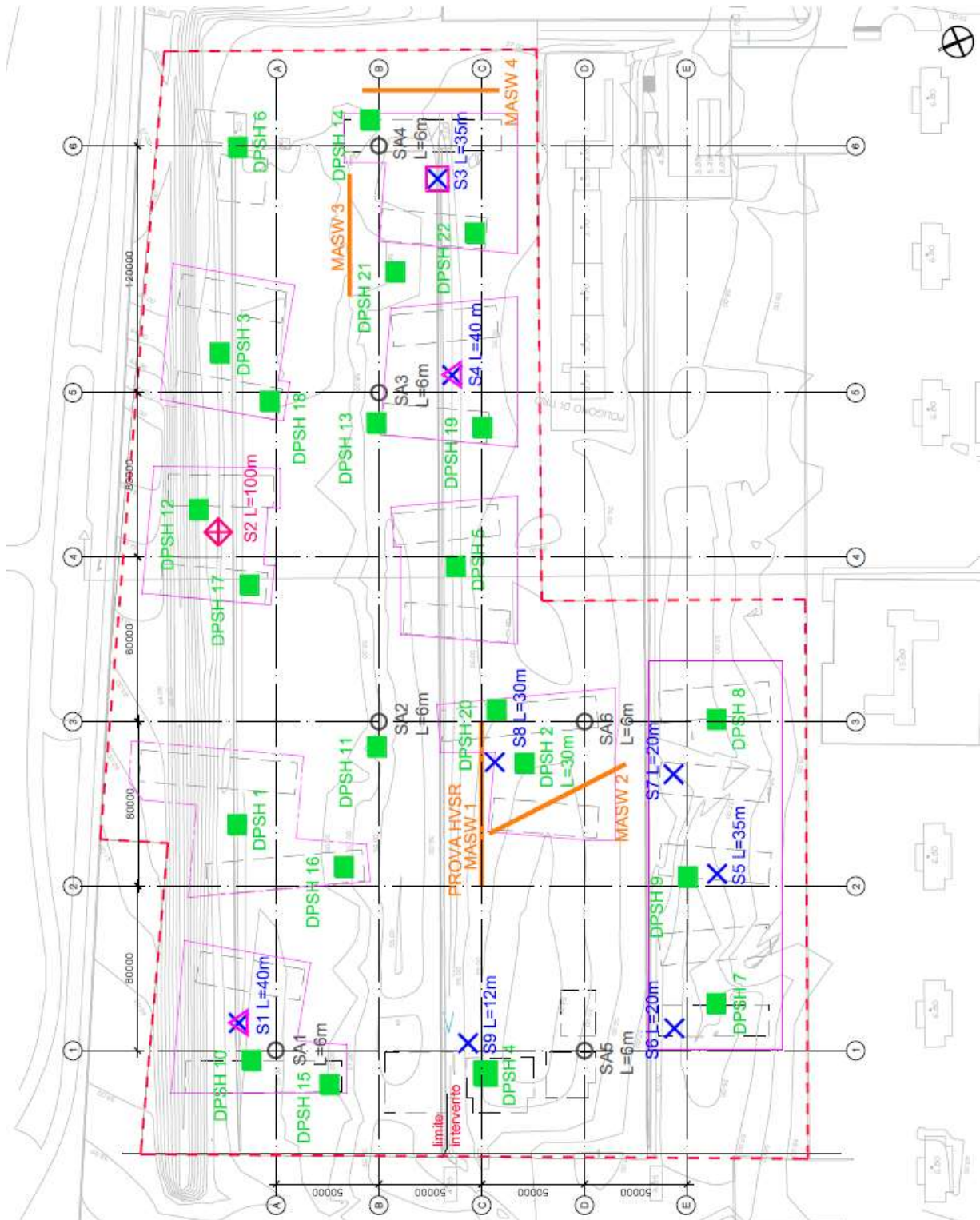


Figura 17 Planimetria con ubicazione prove geognostiche

Di seguito si riporta una tabella con indicate le indagini effettuate in corrispondenza di ogni modulo.

MODULO	SONDAGGI	PROVE PENETROMETRICHE DPSH
"A"	S 8 (+55.50)	DPSH 2 (+55.30) DPSH 11 (+57.00) DPSH 20 (+56.00)
"B"		DPSH 5 (+57.00)
"C"	S 4 (+57.50)	DPSH 13 (+57.50) DPSH 19 (+57.00) DPSH 21 (+56.00)
"D"	S 3 (+56.10)	DPSH 14 (+57.30) DPSH 21 (+56.00) DPSH 22 (+58.00)
"E"	S 1 (+58.40)	DPSH 15 (+58.00)
"F"		DPSH 1 (+58.50) DPSH 16 (+57.00)
"G"	S 2 (+59.30)	DPSH 12 (+59.30) DPSH 17 (+58.00)
"H"		DPSH 3 (+59.30) DPSH 18 (+58.00)
"M"	S 9 (+56.00)	DPSH 4 (+55.00)
"R1-R2-R3-R4-R5"	S 5 (+56.50)	DPSH 7 (+56.00)
	S 6 (+56.50)	DPSH 8 (+56.50)
	S 7 (+57.00)	DPSH 9 (+56.50)
"S"		DPSH 6 (+58.20)

10. PROVE SISMICHE - CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Coerentemente con quanto riportato nella relazione geologica e sismica [D4], si assume in tutta l'area di intervento, una categoria di sottosuolo tipo "C".

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

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Il valore di V_s è così determinato:

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

Le tabelle seguenti riportano i valori di V_s e i rispettivi valori di V_{s30}

PROVA MASW 1

Profondità (m dal p.c.)	Vs (m/s)	Vs30 (m/s)	Categoria di suolo
0-8	240	272.60	C
8-13	439		
13-29,5	460		
29,5-32	513		

PROVA MASW 2

Profondità (m dal p.c.)	Vs (m/s)	Vs30 (m/s)	Categoria di suolo
0-9	230	223.76	C
9-14,5	150		
14,5-29	260		
29-33	630		

PROVA MASW 3

Profondità (m dal p.c.)	Vs (m/s)	Vs30 (m/s)	Categoria di suolo
0-9,25	415	292.37	C
9,25-14	218		
14-30,5	324		

PROVA MASW 4

Profondità (m dal p.c.)	Vs (m/s)	Vs30 (m/s)	Categoria di suolo
0-9,5	400	272.27	C
9,5-14,75	180		
14,75-30	275		

La prova sismica down-hole S3-2013 eseguita in corrispondenza del modulo D evidenzia valori di Vs mediamente superiori rispetto alle prove MASW e un relativo valore di Vs30 pari a 406 m/s.

PROVA DOWN-HOLE

	VELOCITÀ ONDE S (m/s)		Categoria di suolo
	METODO ISRM	METODO ASTM	
STRATO			B
da 1,68 a 9,68	417	411	
da 9,68 a 31,68	646	661	
Da 31,68 a 33,68	1077	1143	

Congruentemente con quanto riportato nel DM2008 (vedi paragrafo 3.2.2), ai fini della valutazione delle forze sismiche si assume la categoria peggiore di tra quelle individuate e pertanto anche per il modulo D si considera una categoria di sottosuolo **tipo "C"**.

Di seguito si riportano i grafici con l'andamento delle Vs determinate alle varie profondità.

Profondità (m dal p.c.)	Vs (m/s)
0-8	240
8-13	439
13-29,5	460
29,5-32	513
> 32	516

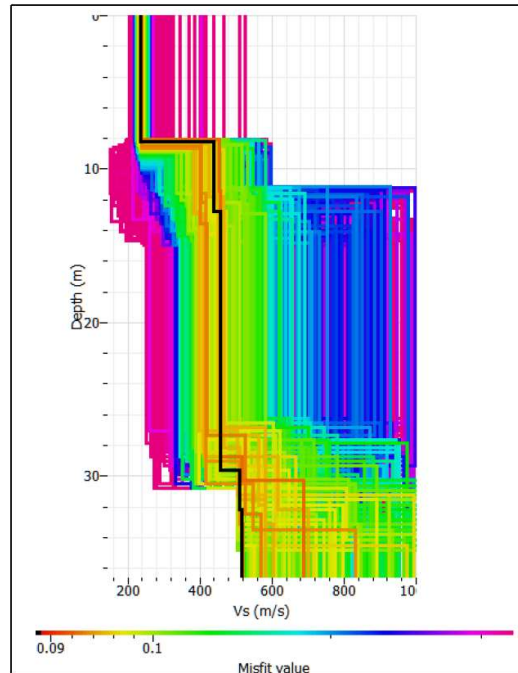


Figura 18 MASW 1

Profondità (m dal p.c.)	Vs (m/s)
0-9	230
9-14,5	150
14,5-29	260
29-33	630
> 33	1040

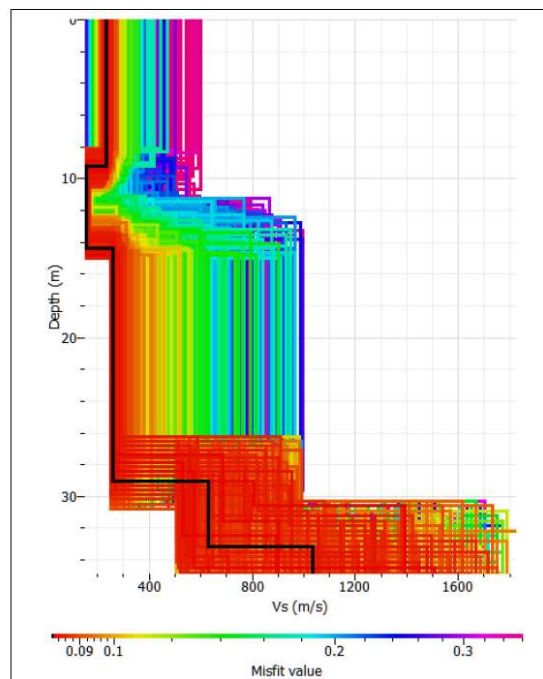


Figura 19 MASW 2

Profondità (m dal p.c.)	Vs (m/s)
0-9,25	415
9,25-14	218
14-30,5	324
30,5-34,5	526-765
> 34,5	540-1000

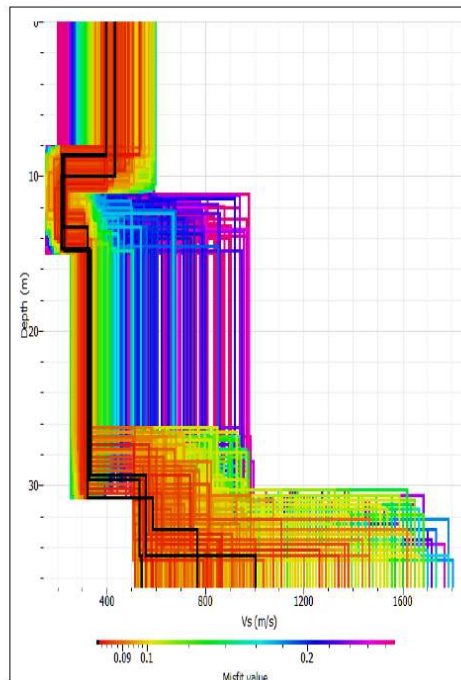


Figura 20 MASW 3

Profondità (m dal p.c.)	Vs (m/s)
0-9,5	400
9,5-14,75	180
14,75-30	275
30-32,75	527
> 32,75	750

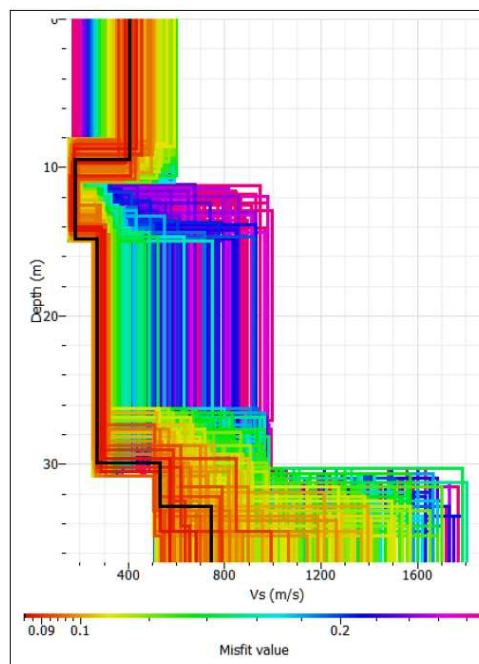


Figura 21 MASW 4

PROVA DOWN-HOLE S3 (2013)

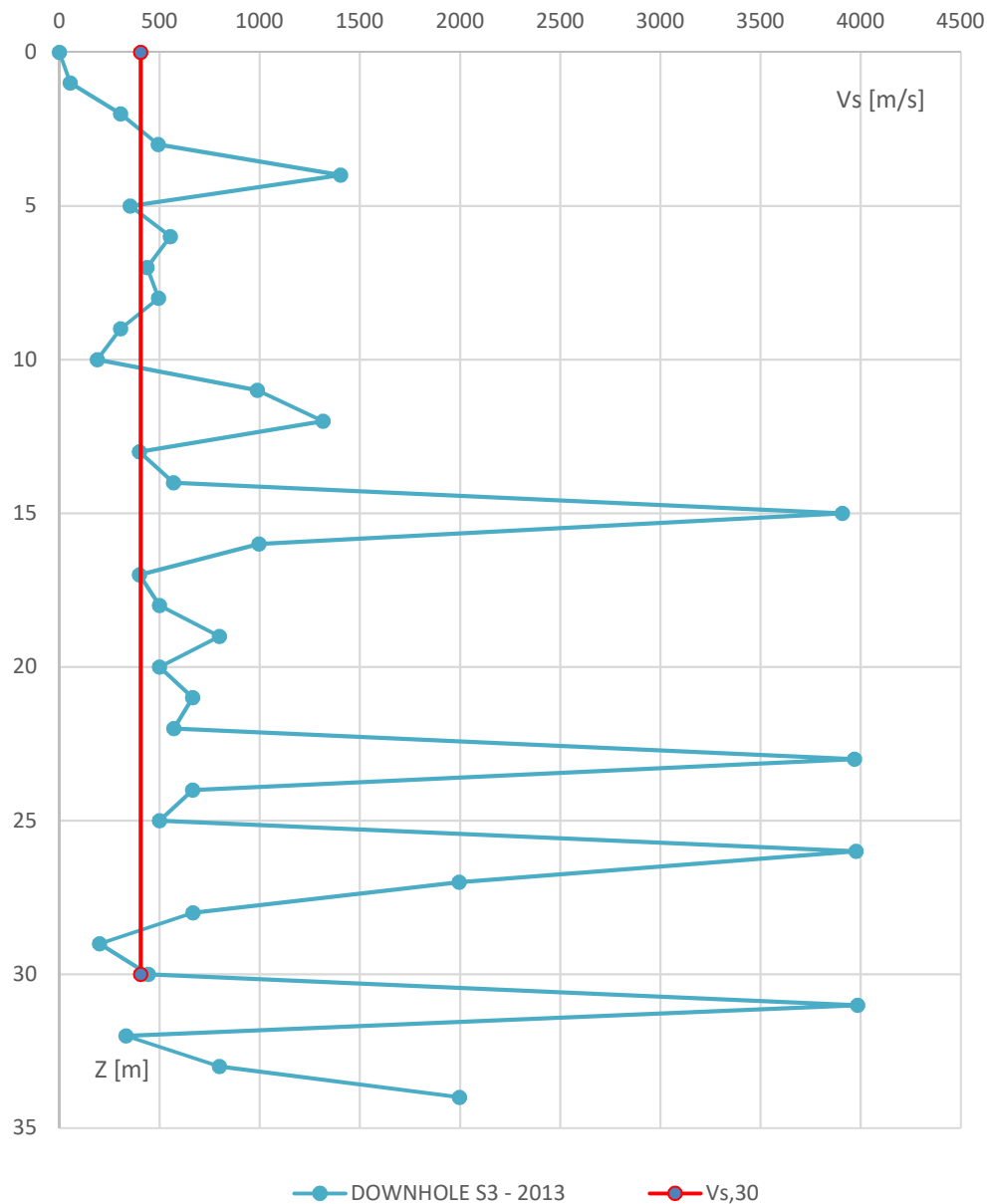


Figura 22 Risultati prova geofisica Down-hole 2013 ($V_{s,30} = 406$ m/s)

PROVE SISMICHE - 2013 (Vs)

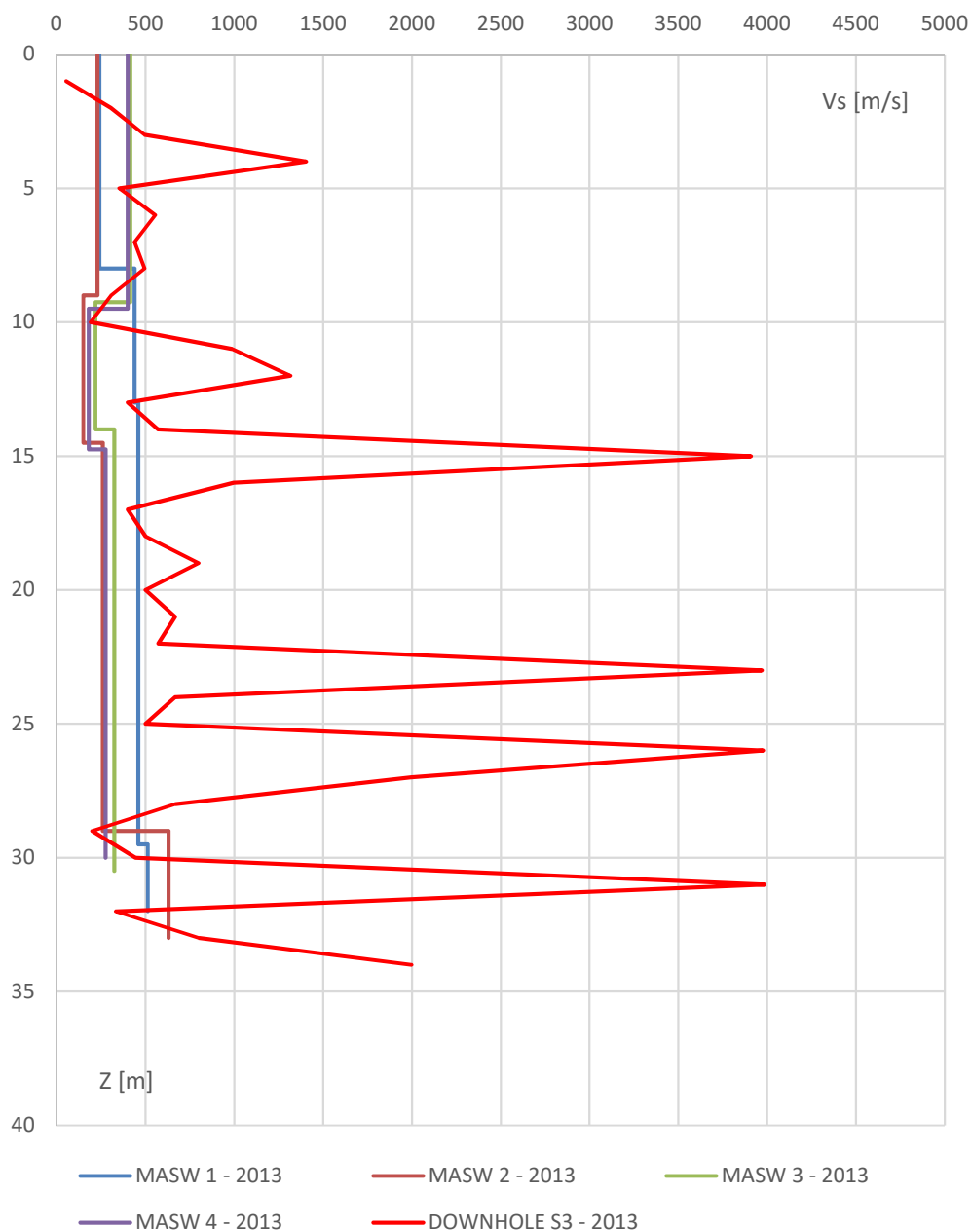


Figura 23 Confronto risultati prove sismiche – 2013

11. UNITA' LITOSTRATIGRAFICHE

Sulla base dei risultati delle indagini geognostiche eseguite nel 2013 – 2014 e sulla base di quanto riportato nella relazione geologica [D4], alla quale si rimanda per maggiori dettagli, si individuano le seguenti unità litostratigrafiche/geotecniche:

Unità R (Unità geotecnica 1) – Unità dei materiali pozzolanici di rimaneggiamento recente; terreni eterogenei, con spessori e caratteristiche fisico-meccaniche variabili sia orizzontalmente che verticalmente. Non sono idonei per essere utilizzati come terreni di fondazione.

Unità Psl (Unità geotecnica 2) – Unità pozzolanica sabbiosa in matrice limosa superiore terreni vulcanici riconducibili a pozzolana rossastra in matrice limosa lapillosa. Discrete caratteristiche geotecniche.

Unità Ps (Unità geotecnica 3a) – Unità pozzolanica sabbiosa a matrice scoricea-cineritica; terreni vulcanici riconducibili a pozzolana scoriacea con granulometria media accostabile ad una sabbia con ghiaia, di colore dal grigio al nero. Discrete caratteristiche geotecniche.

Unità Psl i (Unità geotecnica 3b) – Unità pozzolanica sabbiosa in matrice limosa inferiore; terreni vulcanici riconducibili a pozzolana rossastra in matrice limosa lapillosa. Buone caratteristiche geotecniche.

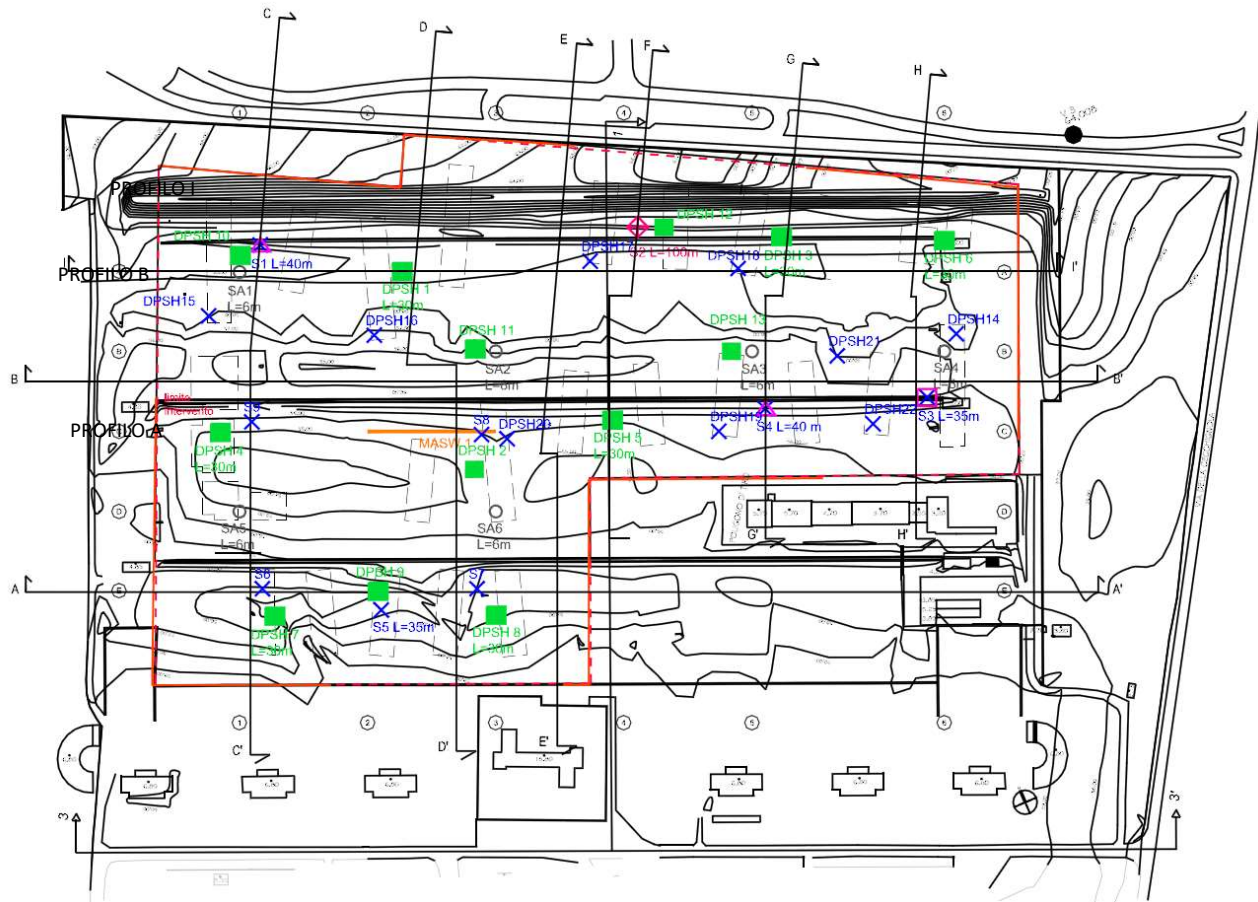
Unità TI – Unità del tufo lionato; terreni vulcanici costituiti da tufo litoide alternato a tufo rimaneggiato. Buone caratteristiche geotecniche

Unità Lt – Unità della lava litoide; sono rocce effusive del Vulcano Albano che mostrano valori di resistenza a rottura elevatissimi. Ottime caratteristiche geotecniche.

I terreni presenti nell'area di intervento sono costituiti prevalentemente da materiali granulari di natura pozzolanica sabbiosa in matrice limosa (Unità R, Psl, Ps, Psl i); più in profondità si riscontra la presenza di terreni vulcanici (Unità TI) e lava litoide (Lt).

Le immagini seguenti riportano i profili geologici longitudinali A-A', B-B' e I-I'.

Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato grafico CMC_DH_3001bis "Sezioni geotecniche".



	UNITA' GEOTECNICA 1	Pozzolane costituite da sabbie sciolte in matrice limosa rimaneggiate
	UNITA' GEOTECNICA 2	Pozzolane costituite da sabbie sciolte in matrice limosa con lapilli e scorie
	UNITA' GEOTECNICA 3	Pozzolane a granulometria sabbiosa grossolana (3a) e pozzolane in matrice limosa (3b) con lapilli e scorie.
	Tufo lionato	
	Lava litoide da molto fratturata a poco fratturata	

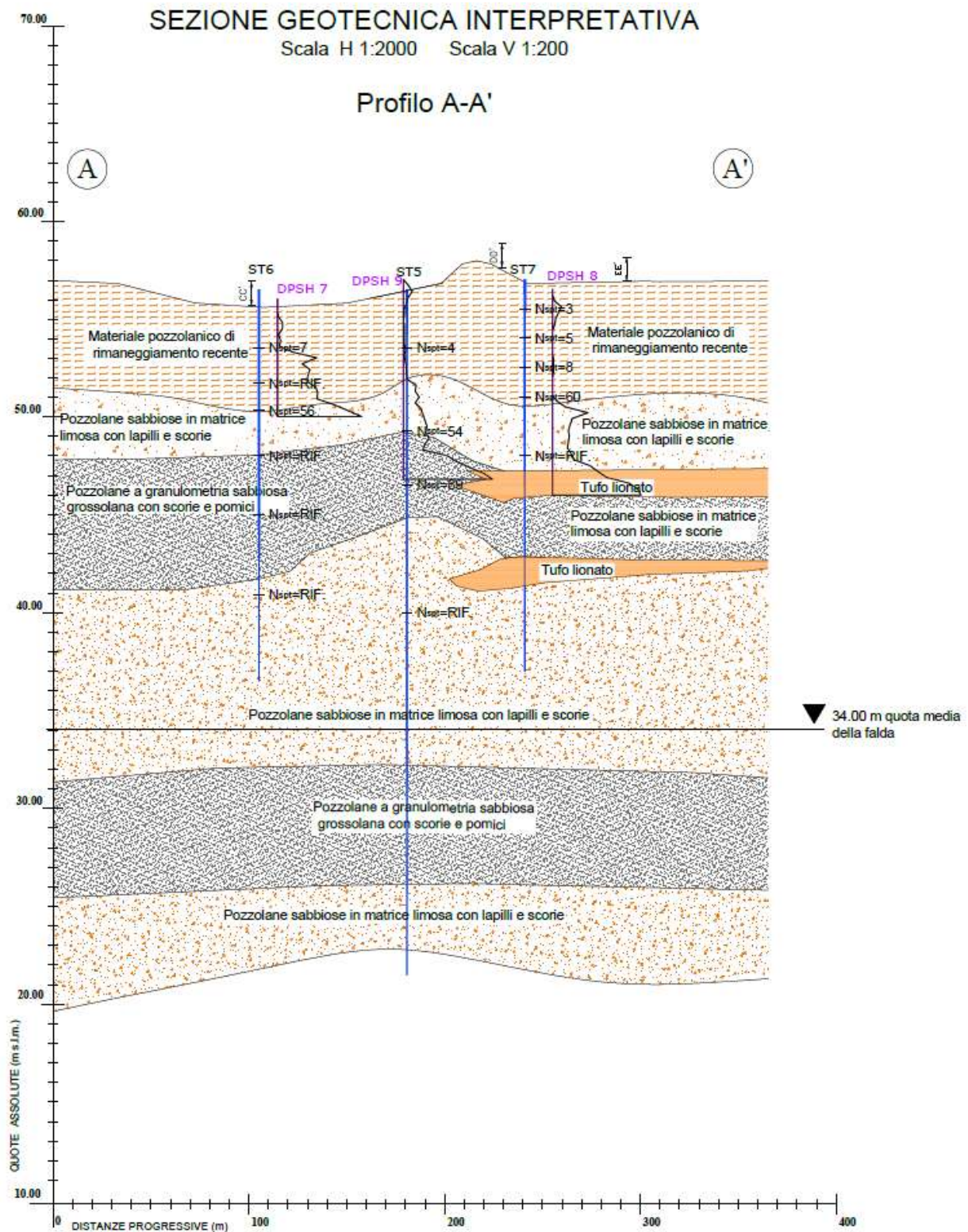
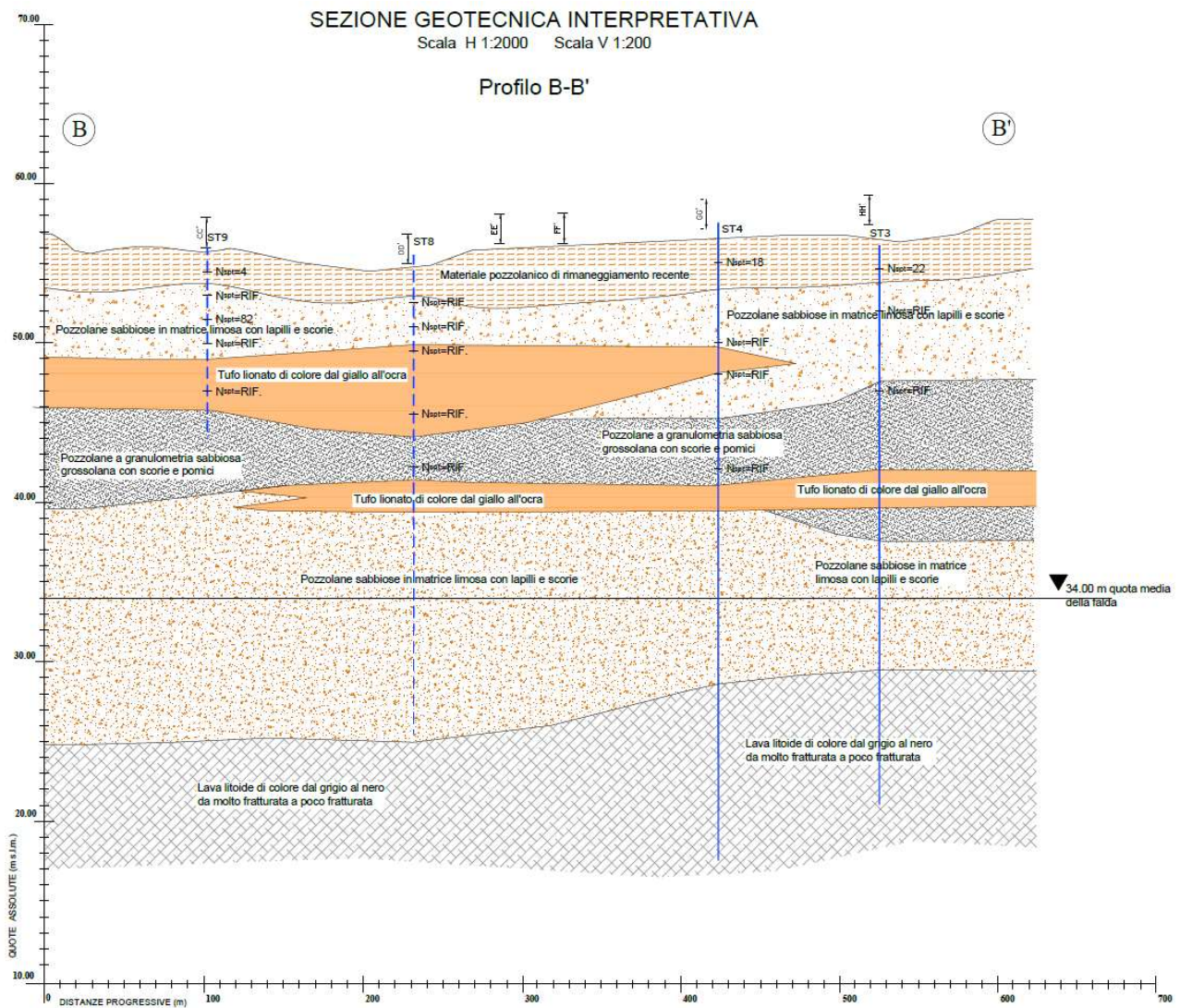
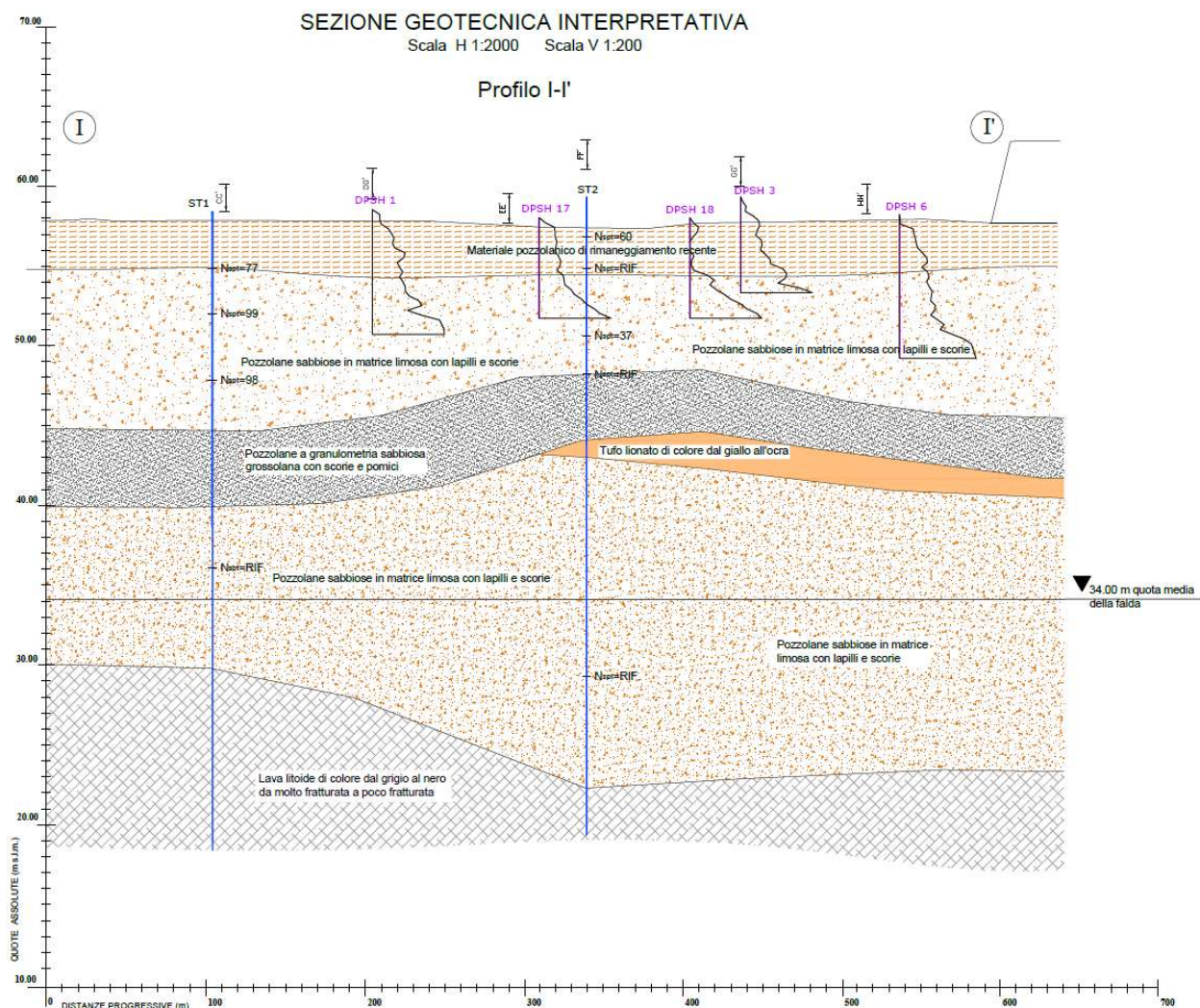


Figura 24 Profilo geotecnico A-A'





Nel sottosuolo dell'area sono presenti varie falde idriche sovrapposte. Durante l'esecuzione della campagna geognostica, i sondaggi ST1 e ST4, sono stati attrezzati con piezometri a tubo aperto, per intera lunghezza: la falda è stata intercettata rispettivamente alla profondità di 24.50 m nel primo e 23.00 m nel secondo piezometro per una quota assoluta di ca. **34,00 m s.l.m.**

Per maggiori dettagli sugli aspetti idrogeologici si rimanda alla relazione geologica.



13. DISOMOGENEITA' DEI RISULTATI DELLE INDAGINI GEOTECNICHE

I risultati delle indagini hanno evidenziato la presenza nell'area di uno strato superficiale di riporto costituito prevalentemente da sabbie in matrice limosa molto sciolte.

Lo spessore dello strato rimaneggiato (Formazione "R") è variabile da circa 1-2m (zona a nord) fino a circa 6-7 m (zona a sud); in corrispondenza del Centro Commerciale (Moduli "M") la prova penetrometrica DPSH 4 del 2013 ha evidenziato valori di resistenza alla penetrazione prossimi all'unità fino a circa 10m dall'attuale piano campagna.

La forte variabilità della potenza e del grado di addensamento della prima formazione hanno richiesto, in fase di progettazione definitiva, un ulteriore approfondimento del quadro conoscitivo geognostico finalizzato a circoscrivere con maggior precisione l'area soggetta a rimaneggiamento antropico.

Le nuove indagini condotte dalla stessa ditta nei mesi di aprile-maggio 2014 sono consistite in:

- n. 4 Sondaggi a carotaggio continuo (S6-S7-S8-S9);
- n. 21 prove penetrometriche SPT in foro di sondaggio;
- n. 8 prove penetrometriche pesanti tipo DPSH (15÷22);
- n. 9 prelievi di campioni di tipo disturbato che sono stati sottoposti a n. 9 analisi granulometriche per setacciatura e sedimentazione

La planimetria delle indagini è riportata nel capitolo 9.1.

Le indagini geotecniche integrative del 2014 hanno fondamentalmente evidenziato la particolare variabilità geologica e geotecnica del sito confermando la presenza su gran parte dell'area di terreni fortemente rimaneggiati caratterizzati da un basso grado di addensamento e per questo non adatti per accogliere fondazioni di tipo diretto in assenza di interventi di consolidamento del terreno.

A dimostrazione di questa evidente eterogeneità si riportano per confronto i risultati contrastanti di alcune prove penetrometriche effettuate sul sedime dei nuovi edifici.

Moduli "E".

Il sondaggio S1(2013) evidenzia un valore di N_{spt} pari a 77 alla profondità di 3.5m (terreno mediamente addensato); la prova DPSH15 (2014) fornisce invece un valore N pari a 4 alla profondità di 3.30m (terreno sciolto).

Moduli "F".

La prova DPSH1(2013) evidenzia un valore di N pari 20 alla profondità di 1.2m; la prova DPSH16(2014) fornisce, invece, alla stessa profondità un valore pari a 1.

Moduli "G".

Il sondaggio S2(2013) evidenzia un valore di N_{spt} pari a 60 alla profondità di 2m; la prova DPSH17 (2014) fornisce alla stessa profondità un valore N pari a 20.

Moduli "H".

La prova DPSH3(2013) evidenzia un valore di N pari 19 alla profondità di 2.4m; la prova DPSH18(2014) fornisce, alla stessa profondità un valore pari a 5.

Moduli "A".

Il sondaggio S8(2014) evidenzia un valore di N_{spt} superiore a 100 alla profondità di 3m; la prova DPSH2 (2013) fornisce valori di N prossimi all'unità fino a circa 6m.

Moduli "D".

Il sondaggio S3 (2013) evidenzia un valore di N_{spt} superiore a 100 alla profondità di 4m; la prova DPSH21 (2014) fornisce valori di N prossimi all'unità fino a circa 6m.

Moduli "R".

Il sondaggio S6 (2014) evidenzia un valore di N_{spt} superiore a 100 (rifiuto) alla profondità di 5m; la prova DPSH8 (2013) fornisce valori di N prossimi all'unità fino a circa 6m, crescenti poi con la profondità fino a raggiungere il rifiuto a circa 10 m.

Moduli "M".

Il sondaggio S9(2014) già alla profondità di 3m evidenzia valori di N_{spt} molto elevati circa 80/90; la prova DPSH4 (2013), effettuata poco distante dalla precedente, fornisce valori di N prossimi all'unità fino a circa 10m.

Le immagini seguenti riportano il confronto dei risultati delle prove DPSH 4 e SPT (sondaggio 9) effettuate in corrispondenza dei moduli M.

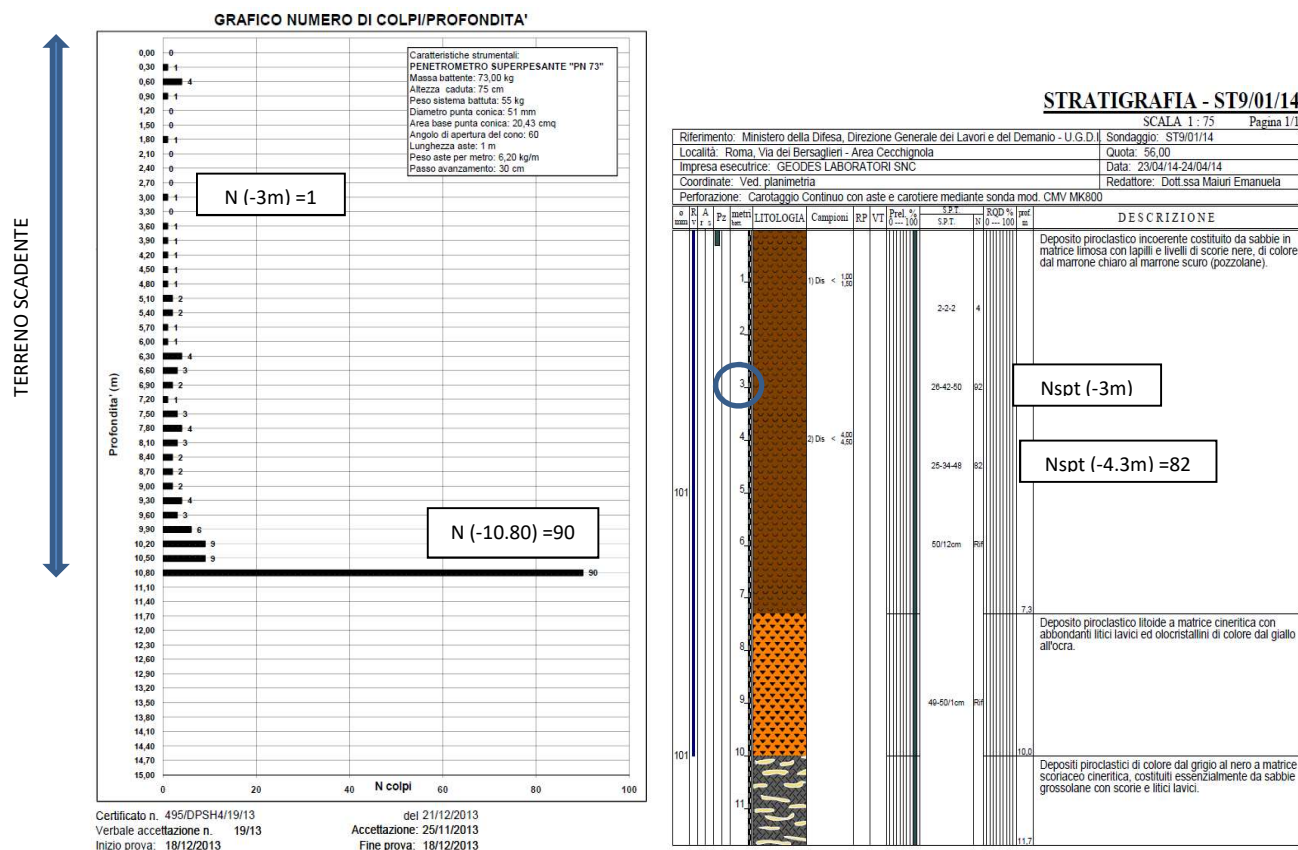
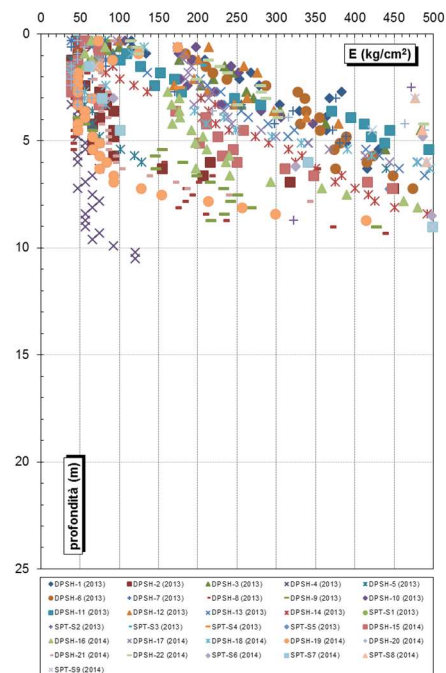
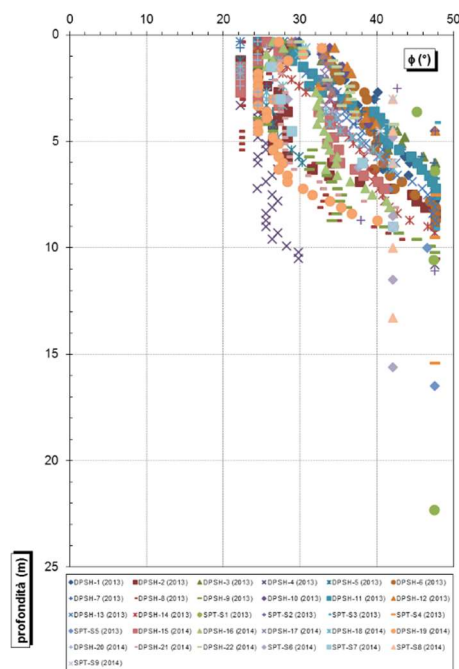
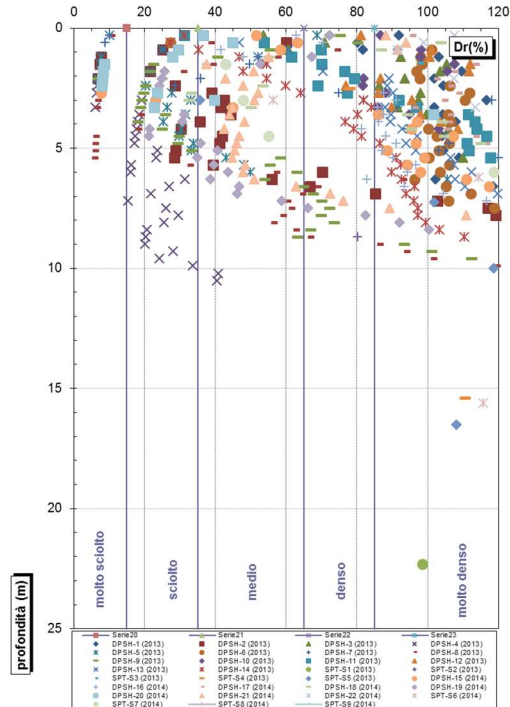
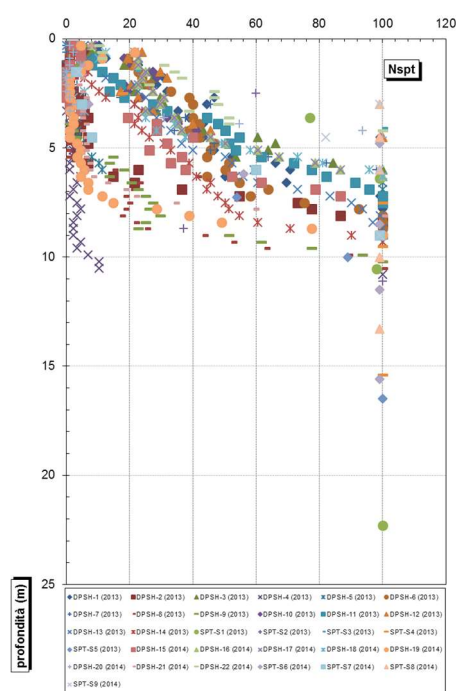


Figura 28 La prova DPSH 4 (2013) evidenzia terreno scadente fino a circa 10m dall'attuale p.c., il sondaggio S9 (2014), contrariamente, evidenzia un terreno molto compatto già a partire da 3 m dal p.c.

Le rielaborazioni dei risultati delle prove geognostiche riportate nei paragrafi seguenti, evidenziano una **forte disomogeneità** dei parametri geotecnici relativi ai primi 10 m di terreno (formazione "R"). In particolare:

- valori di N variabili tra 0 e 100;
- densità relativa compresi tra 5% e il 100%;
- angolo di attrito variabili tra 22° e 45°;
- moduli elastici compresi tra 50 daN/cm² e 500 daN/cm².

Questa forte eterogeneità è senz'altro da attribuirsi al rimaneggiamento del terreno dovuti alla realizzazione di opere interrato e agli scavi recenti effettuati nell'area per la ricerca di beni di interesse archeologico. Di seguito si riportano i grafici relativi ai parametri sopradescritti diagrammati in funzione della profondità.



14. FILOSOFIA DI INTERVENTO: OPERE DI CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO

Considerate le caratteristiche geologiche – geotecniche dei terreni presenti nell'area di intervento, in particolare la presenza di uno strato di riporto costituito da sabbie sciolte con spessore molto variabile da 1m a circa 10 m, caratterizzato da valori di resistenza meccanica e di deformabilità disomogenei, si prevedono fondazioni di tipo diretto a platea su terreno consolidato.

Il consolidamento del terreno è necessario per le seguenti ragioni:

1. Incrementare i parametri di resistenza meccanica del suolo e quindi per il soddisfacimento delle verifiche di portanza e di stabilità della fondazione degli edifici di progetto;
2. Diminuire l'entità dei cedimenti verticali degli edifici al fine di garantire i requisiti prestazionali in condizione di esercizio;
3. Uniformare le caratteristiche del volume del terreno sul sedime della fondazione fino al sottostante strato addensato per ridurre così il rischio di cedimenti differenziali e distorsioni che potrebbero causare danni alle strutture in elevazione.

Il consolidamento del terreno di fondazione è previsto mediante l'esecuzione di rilevati di precarica e la successiva realizzazione di colonne di consolidamento mediante la tecnica del jet-grouting.

I rilevati di precarica avranno un'altezza di circa 4m e dovranno essere mantenuti sul sedime della fondazione per almeno 6 mesi e comunque fino all'esaurimento dei cedimenti verticali. I cedimenti dovranno essere monitorati mediante installazione di assestimetri a piastra e rilievi topografici di precisione.

La funzione principale del rilevato di precarica è quella di preconsolidare il terreno sottostante inducendo i cedimenti verticali per effetto del carico esterno agente:

$$Q_{\text{agente}} = H_{\text{rilevato}} \times \gamma_{\text{peso di volume del terreno}}$$

Il monitoraggio dei cedimenti consentirà di determinare la curva tempo-cedimento utile per avvalorare le ipotesi progettuali assunte e permetterà al tempo stesso di evidenziare eventuali situazioni "anomale" dovute alla rilevante anisotropia del suolo.

Dopo la maturazione dei cedimenti verticali sarà possibile rimuovere il rilevato ed effettuare il consolidamento finale del terreno mediante realizzazione di colonne in jet-grouting.

Si riportano di seguito le caratteristiche delle colonne di consolidamento per ogni edificio.

- A ⇒ colonne d=1000 mm, L=11 m
B ⇒ colonne d=1000 mm, L=11 m
C ⇒ colonne d=1000 mm, L=11 m
D ⇒ colonne d=1000 mm, L=11 m
E ⇒ colonne d=1000 mm, L=12 m
F ⇒ colonne d=1000 mm, L=12 m
G ⇒ colonne d=1000 mm, L=12 m
H ⇒ colonne d=1000 mm, L=12 m
R ⇒ colonne d=1000 mm, L=12 m
S ⇒ colonne d=800 mm, L=10 m
M1-M4 ⇒ colonne d=800 mm, L=12 m
M2-M3 ⇒ colonne d=800 mm, L=14m (12 m in corrispondenza dell'interrato)

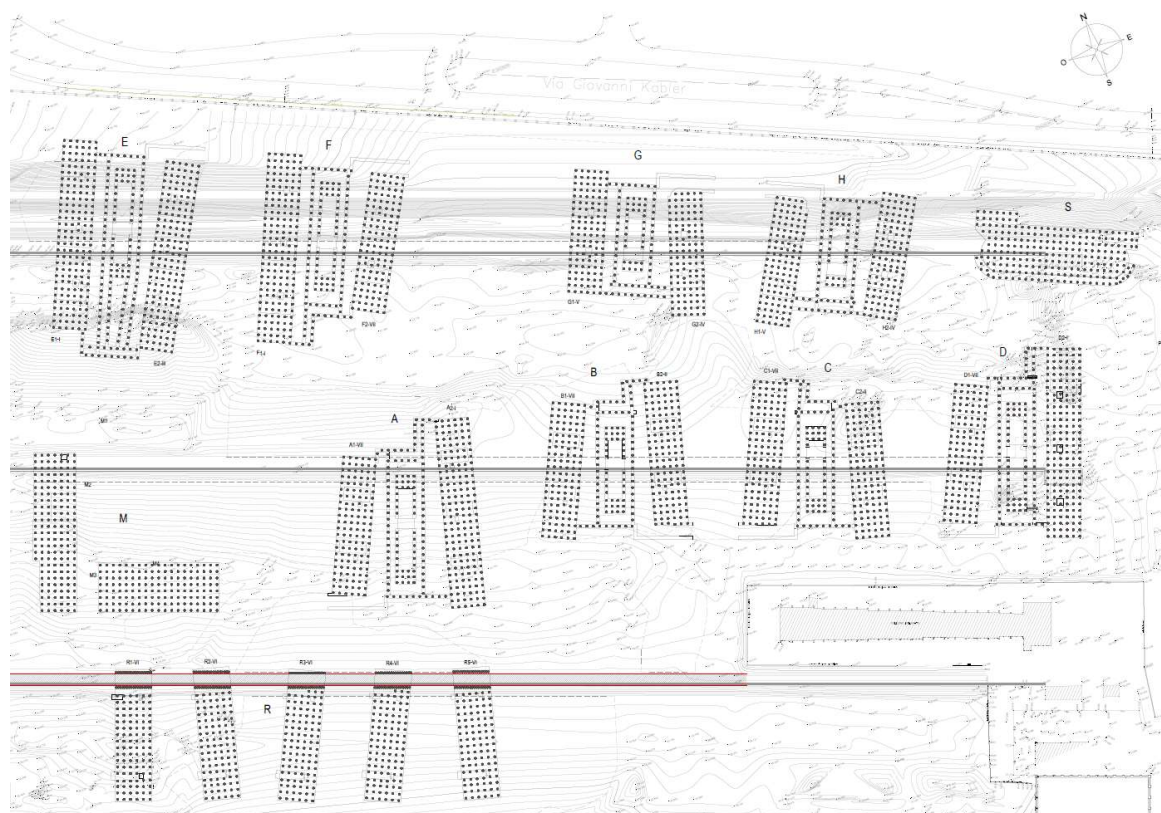


Figura 29 Pianta colonne di jet-grouting

La tecnica del Jet Grouting prevede una prima fase di perforazione seguita da una fase di risalita e rotazione a valori predeterminati con simultanea iniezione ad alta pressione di boiaccia di cemento; non è previsto alcun collegamento strutturale tra platea di fondazione e colonne di consolidamento. Per maggior dettagli si rimanda alle specifiche tecniche allegate al progetto.

Di seguito viene riportato uno schema delle fasi realizzative e una fotografia di trattamento colonnare jet-grouting.

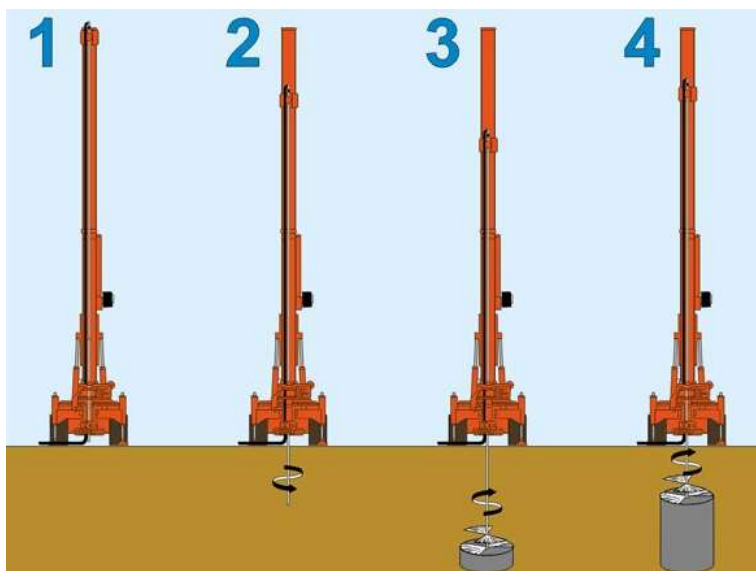
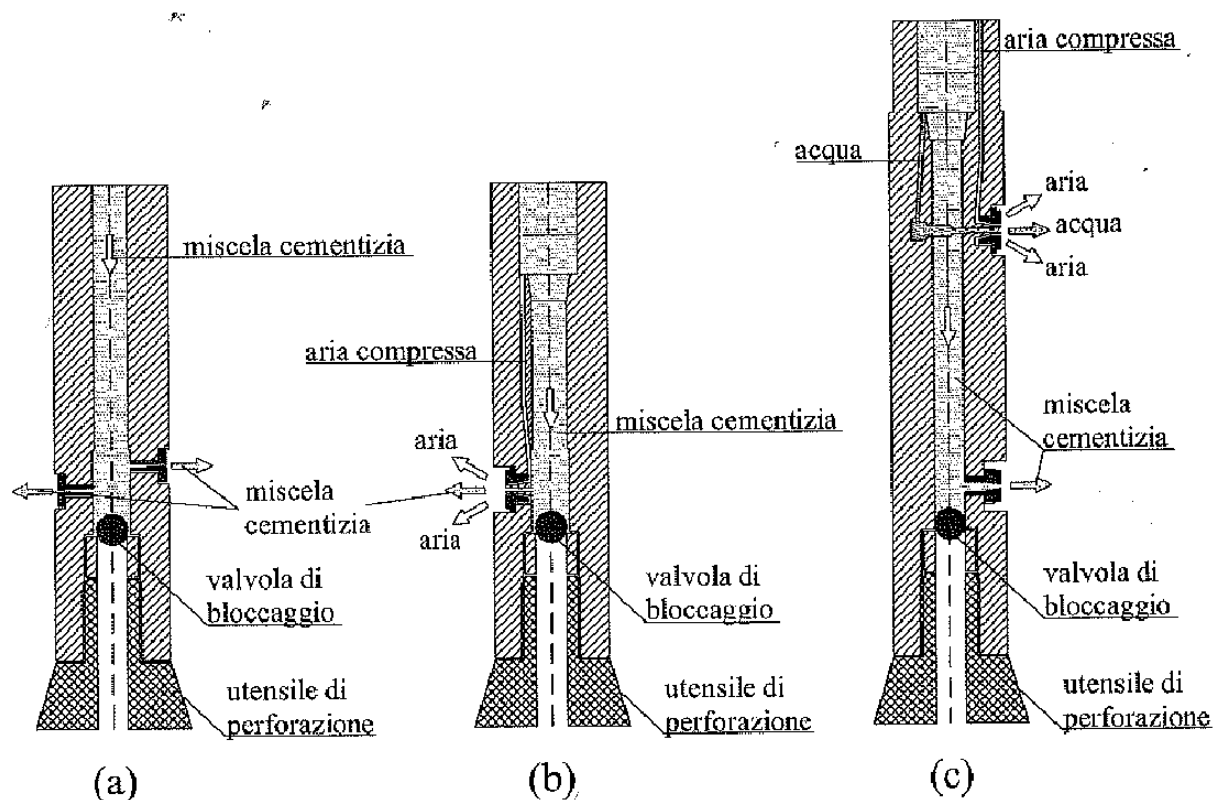


Figura 30 Fasi realizzative colonne di consolidamento jet-grouting



Figura 31 Colonne di consolidamento jet-grouting

Le colonne jet-grouting rappresentano degli elementi di consolidamento verticale del terreno. Il rimesciolamento del terreno, di tipo prevalentemente granulare, con la boiaccia iniettata ad alta pressione consente la formazione di elementi compatti nel sottosuolo che incrementano i parametri di resistenza meccanica e di deformabilità degli strati superficiali meno performanti. L'iniezione può avvenire con il sistema monofluido, bifluido e trifluido. Considerate le caratteristiche del terreno si prevede un sistema bifluido o trifluido. Il sistema di iniezione dovrà essere comunque verificato in sito mediante un adeguato campo prove come da specifiche allegate.



Parametri di Trattamento	Simbolo	Unità di Misura	Sistema		
			monofluido	bifluido	trifluido
Passo di sollevamento	Δs	mm	40 ÷ 50	40 ÷ 80	40 ÷ 100
Velocità media di risalita	v_r	mm/s	4 ÷ 10	1÷8	0.5÷5
Velocità di rotazione	ω	giri/min	5 ÷ 40	3÷30	1÷40
Diametro ugelli	d	mm	2 ÷ 8.0	2 ÷ 8	2 ÷ 8
Numero ugelli	M	-	1 ÷ 2	1 ÷ 2	1 ÷ 2
Pressione miscela cementizia*	p_m	MPa	30 ÷ 55	20 ÷ 40	2 ÷ 10
Pressione aria*	p_a	MPa	NA	0.5 ÷ 2.0	0.5 ÷ 2.0
Pressione acqua*	p_w	MPa	NA	NA	20÷55
Portata miscela cementizia	Q_m	l/s	2 ÷ 10	2 ÷ 10	2.0 ÷ 5
Portata aria	Q_a	l/s	NA	200 ÷ 300	200 ÷ 300
Portata acqua	Q_w	l/s	NA	NA	0.5 ÷ 2.5
Rapporto ponderale acqua/cemento	A/C	-	0.60 ÷ 1.25	0.60 ÷ 1.25	0.40 ÷ 1.0
<p><i>Nota:</i> * Valori misurati alla perforatrice</p> <p><i>Legenda:</i> NA = non applicabile</p>					

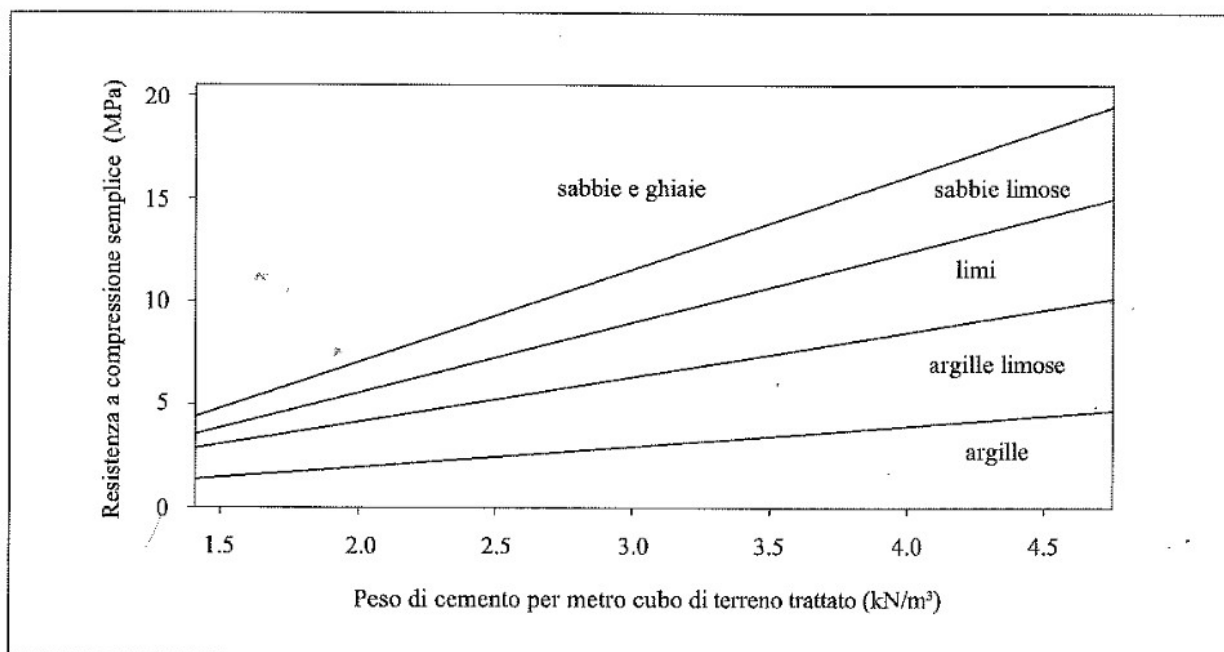
Di seguito si riporta una tabella con indicati i diametri delle colonne ottenibili in funzione del tipo di iniezione e in funzione del tipo di terreno.

SISTEMA DI TRATTAMENTO	Diametro delle colonne (m)			
	Argille mediamente consistenti	Limi e argille poco consistenti	Sabbia limosa	Sabbia e/o Ghiaia
Monofluido	S	0.4 ÷ 0.8	0.6 ÷ 1.0	0.6 ÷ 1.2
Bifluido	0.5 ÷ 1.0	0.6 ÷ 1.3	1.0 ÷ 2.0	1.2 ÷ 2.5
Trifluido	0.8 ÷ 1.5	1.0 ÷ 1.8	1.2 ÷ 2.5	1.5 ÷ 3.0

Legenda:
S = sconsigliato.

Per quanto concerne la resistenza a compressione delle colonne jet-grouting, il grafico seguente riporta il valore ottenibile in funzione del peso di cemento per metro cubo di terreno trattato e in funzione della natura del terreno.

Considerando che le pressioni agenti (q_{es}) sulle colonne in condizioni di esercizio sono mediamente comprese tra 1,5 e 2 MPa si prescrive di raggiungere una resistenza media a compressione delle colonne pari ad almeno 2,5÷3 volte q_{es} .



15. CARATTERIZZAZIONE GENERALE DEI TERRENI

15.1. Caratteristiche fisiche

15.1.1. Densità relativa

La densità relativa delle formazioni granulari si determina a partire dai risultati delle prove penetrometriche SPT mediante le correlazioni riportate di seguito.

Skempton (1986)

Il metodo di Skempton consente di determinare lo stato di addensamento dei terreni incoerenti mediante l'espressione:

$$Dr(\%) = \sqrt{\frac{(N1)_{60}}{A}} \cdot 100$$

dove:

$(N1)_{60} = C_N N_{SPT} \frac{ER}{60}$ valore di N riferito ad un valore unitario della pressione;

$C_N = \sqrt{\frac{p_a}{\sigma'_{vo}}}$ coefficiente di correzione secondo la relazione di Liao e Withman (1986);

ER rendimento energetico del sistema di battitura che secondo Skempton (1986) può, per l'Italia, essere assunto uguale a 60;

N_{SPT} numero di colpi misurati con la prova standard SPT;

p_a pressione atmosferica;

σ'_{vo} tensione efficace alla profondità di riferimento;

A costante che dipende dalla storia tensionale, dalla granulometria e dall'età del deposito e vale 55 per sabbie fini, 60 per sabbie medie e 65 per sabbie grosse.

Gibbs & Holtz (1957)

Il metodo di Gibbs & Holtz è valido per sabbie da fini a grossolane, per qualsiasi valore della pressione efficace, in depositi normalconsolidati. La densità relativa vale:

$$Dr(\%) = 21 \cdot \sqrt{\frac{N_{SPT}}{\sigma'_{vo} + 0.7}}$$

dove:

σ'_{vo} tensione efficace alla profondità di riferimento espressa in kg/cm².

Schultze & Mezembach (1961)

Il metodo di Schultze & Mezembach è valido per sabbie da fini a ghiaiose, per qualunque valore della pressione efficace, in depositi normalconsolidati. La densità relativa vale:

$$\ln [Dr (\%)] = 0.478 \cdot \ln (N_{SPT}) - 0.262 \cdot \ln (\sigma'_{vo}) + 2.84$$

dove:

σ'_{vo} tensione efficace alla profondità di riferimento espressa in kg/cm².

La densità relativa può essere inoltre ricavata a partire dalle prove penetrometriche pesanti DPSH correlando i risultati della prova al valore di N_{SPT} mediante la seguente formula:

$$N_{SPT} = \frac{M^2 \cdot H}{7.83 \cdot A \cdot \delta \cdot M} \cdot N_{DPSH}$$

dove:

$M=73$ kg: peso della massa battente;

$H=75$ cm: H=75 cm: altezza di caduta della massa battente;

$A=20.43$ cm²: area di base della punta;

$\delta=30$ cm: passo di avanzamento.

Nel caso in esame risulta $N_{SPT} = 1.14 N_{DPSH}$

Il grafico seguente riporta i valori di N_{SPT} e la densità relativa diagrammati con la profondità.

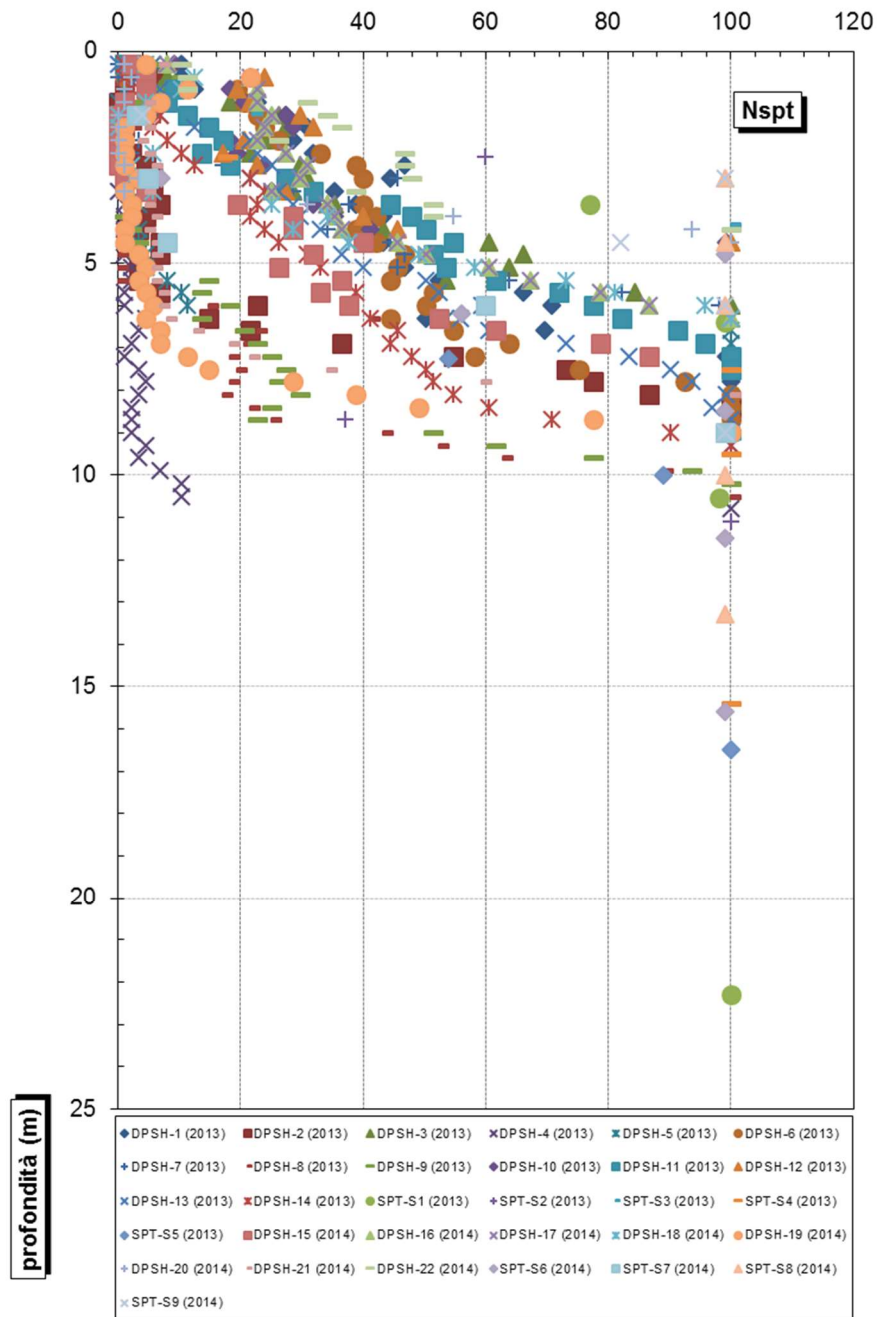


Figura 32 Valori di Nspt diagrammati con la profondità

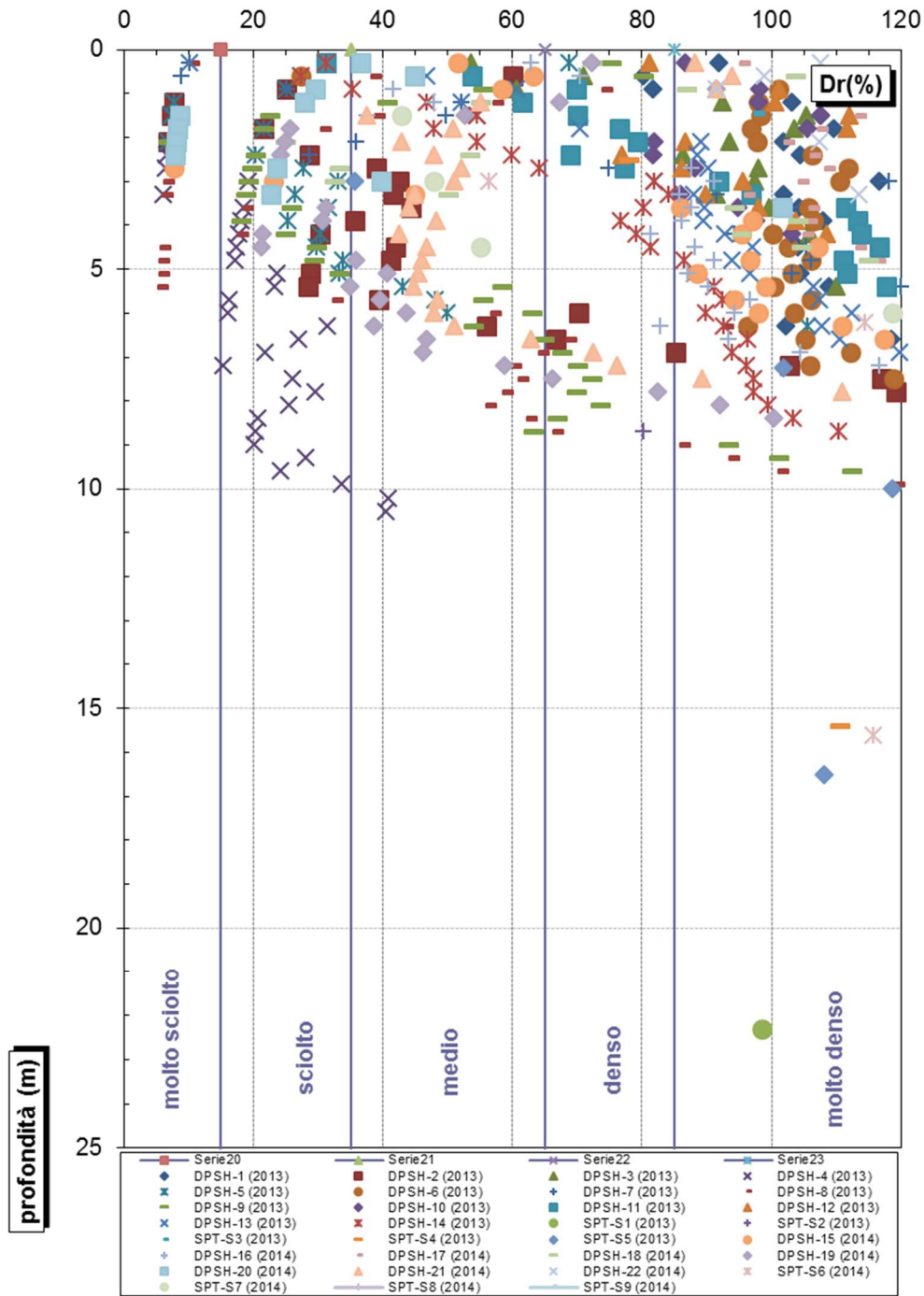


Figura 33 Valori della densità relativa diagrammati con la profondità

15.1.2. Analisi granulometriche

I grafici seguenti riportano rispettivamente i valori delle percentuali di contenuto di ghiaia, sabbia, limo, argilla e G+S / L+A diagrammati con la profondità.

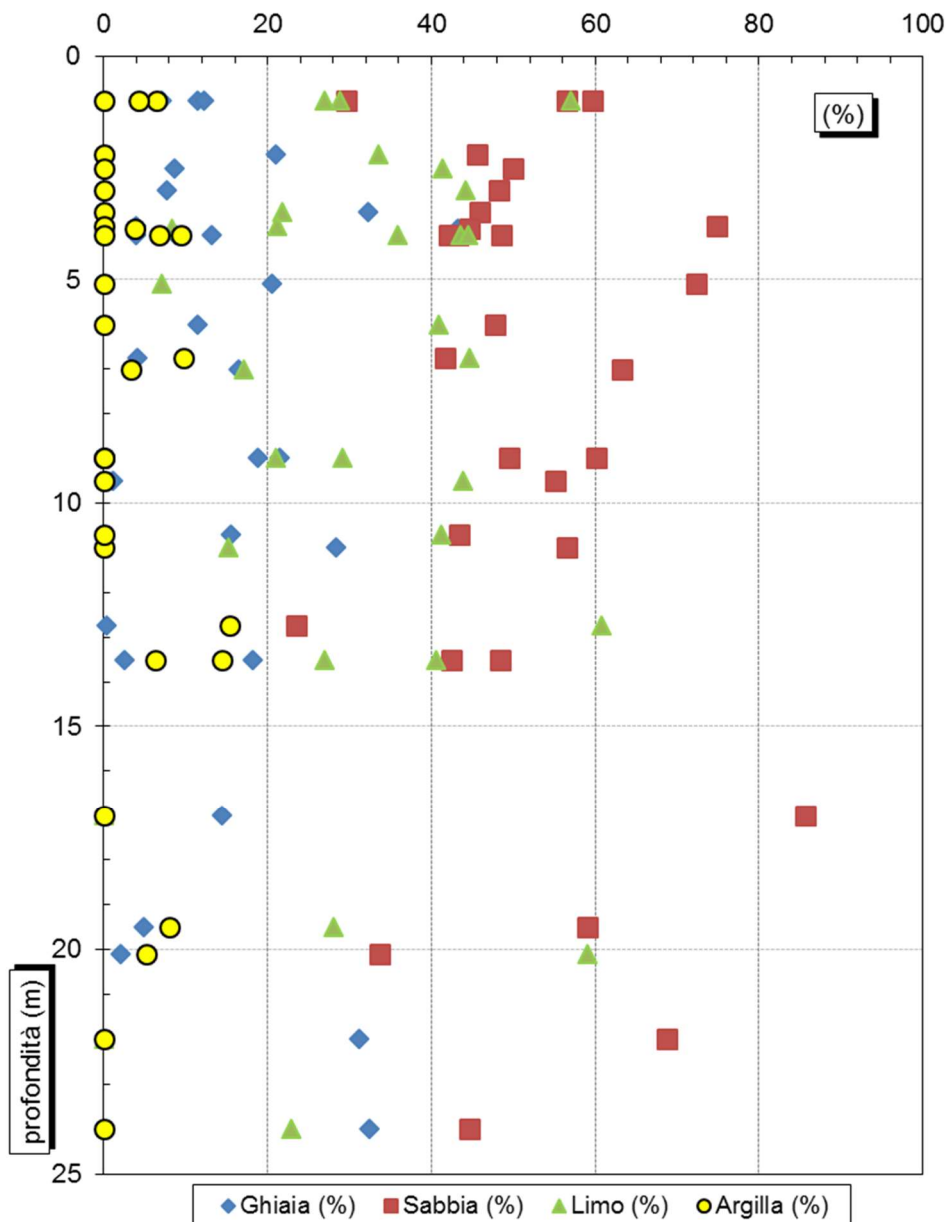


Figura 34 Valori delle percentuali di contenuto Ghiaia, Sabbia, Limo e Argilla

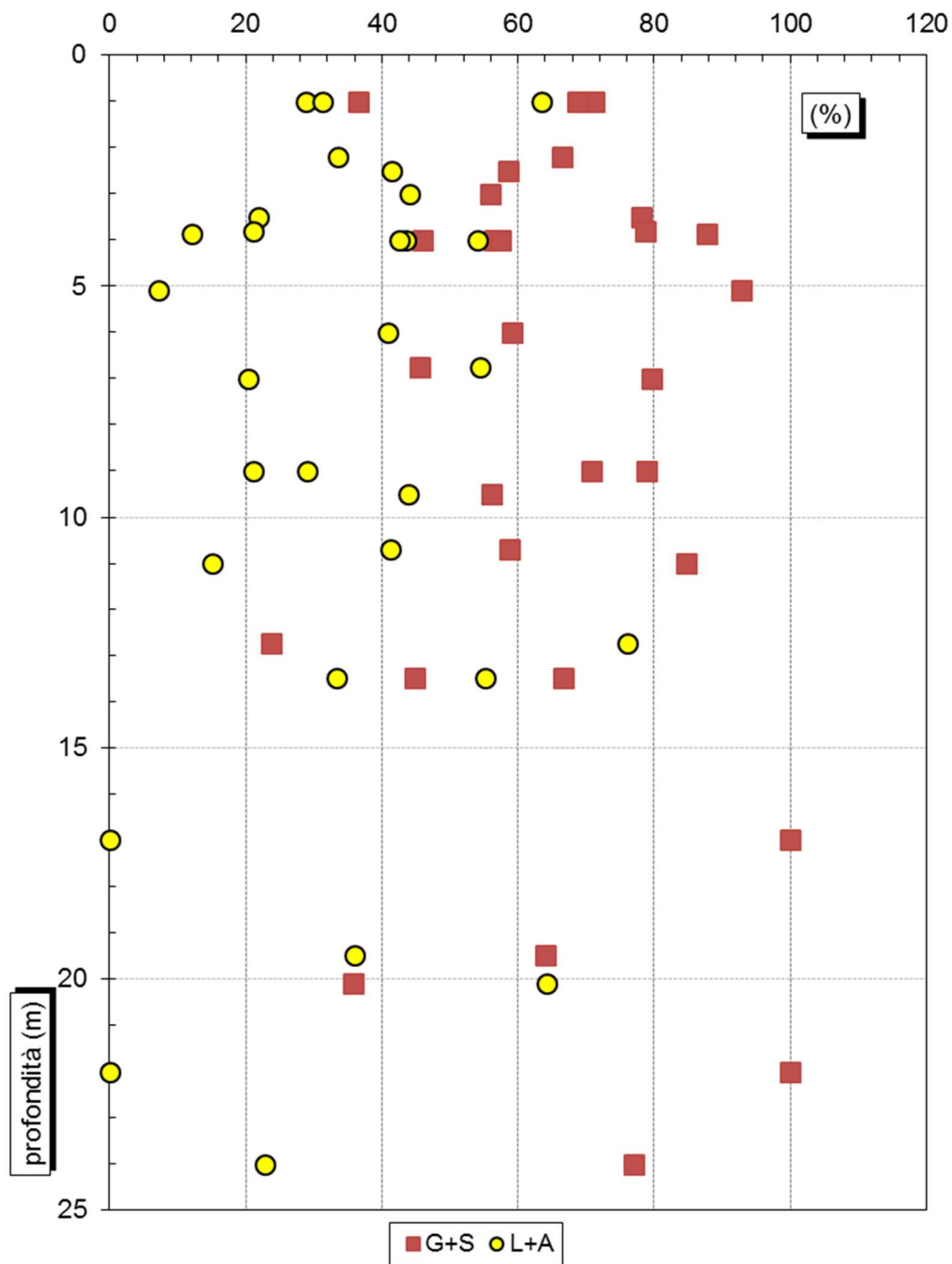


Figura 35 Valori delle percentuali di contenuto G+S, L+A

I valori numerici delle percentuali riportate nei grafici sono i seguenti:

Campione	prof. (m)	Ghiaia (%)	Sabbia (%)	G+S (%)	Limo (%)	Argilla (%)	L+A (%)
S1-CD1	3	8	48	56	44	0	44
S1-CD2	6	11	48	59	41	0	41
S1-CD3	9	19	60	79	21	0	21
S1-CD4	11	28	57	85	15	0	15
S1-CD5	20	2	34	36	59	5	64
S2-CD1	2	21	46	66	34	0	34
S2-CD2	4	32	46	78	22	0	22
S2-CD3	11	15	43	59	41	0	41
S3C1	1	7	30	37	57	6	63
S3CD2	4	4	75	79	21	0	21
S3CD4	14	3	42	45	41	14	55
S3CD6	17	14	86	100	0	0	0
S4CD1	9	21	49	71	29	0	29
S4CD2	14	18	48	67	27	6	33
S4CD4	20	5	59	64	28	8	36
S4CD5	22	31	69	100	0	0	0
S5C1	4	13	43	56	44	0	44
S5C2	7	4	42	46	45	10	54
S5CD3	13	0	24	24	61	15	76
S5CD4	24	32	45	77	23	0	23
S6CD1	3	9	50	59	41	0	41
S6CD2	5	21	72	93	7	0	7
S6CD3	7	16	63	80	17	3	20
S7CD1	1	12	60	71	29	0	29
S7CD2	4	9	49	57	36	7	43
S7CD3	10	1	55	56	44	0	44
S8CD1	4	43	45	88	8	4	12
S9CD1	1	12	57	69	27	4	31
S9CD2	4	4	42	46	45	9	54

15.2. Caratteristiche meccaniche

L'angolo d'attrito delle formazioni granulari si determina mediante le correlazioni riportate di seguito a partire dai risultati delle prove penetrometriche SPT utilizzando le seguenti correlazioni:

Shoi e Fukuni (Road Bridge Specification)

Il metodo è valido per sabbie fini o limose e trova le sue condizioni ottimali di applicazione per profondità di prova superiori a 8-10 m per terreni sopra falda e superiori a 15 m per terreni in falda. Si basa sulla seguente relazione:

$$\varphi = \sqrt{15 \cdot N_{SPT}} + 15$$

Japanese National Railway

Il metodo è valido per sabbie medie-grosse fino a sabbie ghiaiose e trova le sue condizioni ottimali di applicazione per profondità di prova superiori a 8-10 m per terreni sopra falda e superiori a 15 m per terreni in falda. Si basa sulla seguente relazione:

$$\varphi = 0.3 \cdot N_{SPT} + 27$$

De Mello

Il metodo di De Mello è valido per le sabbie in genere e per qualunque profondità (tranne che per i primi 2 m sotto il p.c.). È da considerarsi inattendibile per i valori di φ superiori a 38°.

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$\varphi = 19 - 0.38 \cdot \sigma'_{v0} + 8.73 \cdot \log (N_{SPT})$$

dove:

σ'_{v0} : tensione efficace alla profondità di riferimento espressa in kg/cm².

Owasaki & Iwasaki

Il metodo è valido per sabbie da medie a grossolane fino a debolmente ghiaiose e trova le sue condizioni ottimali di applicazione per profondità di prova superiori a 8-10 m per terreni sopra falda e superiori a 15 m per terreni in falda. Si basa sulla seguente relazione:

$$\varphi = \sqrt{20 \cdot N_{SPT}} + 15$$

Sowers (1961)

Il metodo di Sowers è valido per le sabbie in genere e trova le sue condizioni ottimali di applicazione per profondità di prova inferiori a circa 4 m per terreni sopra falda e inferiori a circa 7 m per terreni in falda. Si basa sulla seguente relazione:

$$\varphi = 28 + 0.28 \cdot N_{SPT}$$

Malcev (1964)

Il metodo di Malcev è valido per le sabbie in genere e per qualunque profondità (tranne che per i primi 2 m sotto il p.c.). È da considerarsi inattendibile per i valori di φ superiori a 38°.

$$\varphi = 20 - 5 \cdot \log (\sigma'_{v0}) + 3.73 \cdot \log (N_{SPT})$$

Peck-Hanson & Thornburn

Il metodo è valido per le sabbie in genere e trova le sue condizioni ottimali di applicazione per profondità di prova inferiori a circa 5 m per terreni sopra falda e inferiori a circa 8 m per terreni in falda. Si basa sulla seguente relazione:

$$\varphi = 27.2 + 0.28 \cdot N_{SPT}$$

Meyerof

Il metodo di Meyerof è valido per le sabbie in genere e trova le sue condizioni ottimali di applicazione per profondità di prova inferiori a 5 m (relazione 1) e 3 m (relazione 2) nel caso di terreni sopra falda e inferiori a 8 m (relazione 1) e 5 m (relazione 2) per terreni in falda.

$$\text{relazione 1: } \varphi = 29.47 + 0.46 \cdot N_{SPT} - 0.004 \cdot N_{SPT}^2 \quad (<5\% \text{ di limo})$$

$$\text{relazione 2: } \varphi = 23.7 + 0.57 \cdot N_{SPT} - 0.006 \cdot N_{SPT}^2 \quad (>5\% \text{ di limo})$$

Hatanaka & Uchida

L'angolo d'attrito viene fornito dalla seguente relazione:

$$\varphi = \sqrt{20 \cdot N1} + 20$$

dove:

$$N1 = N_{SPT} \cdot \left(\frac{1}{\sigma'_{v0}} \right)^{0.5} : \text{resistenza penetrometrica normalizzata rispetto alla pressione efficace di } 1 \text{ kg/cm}^2.$$

Schmertmann

Il metodo è valido per sabbie e ghiaie in genere, ma i valori dell'angolo di attrito vengono quasi sempre sovrastimati.

$$\varphi = 28 + 0.14 \cdot Dr \quad (\text{sabbia fine})$$

$$\varphi = 31.5 + 0.115 \cdot Dr \quad (\text{sabbia media})$$

$$\varphi = 34.5 + 0.1 \cdot Dr \quad (\text{sabbia grossa})$$

$$\varphi = 38 + 0.08 \cdot Dr \quad (\text{ghiaia})$$

Di seguito si riporta il grafico dell'andamento di ϕ con la profondità.

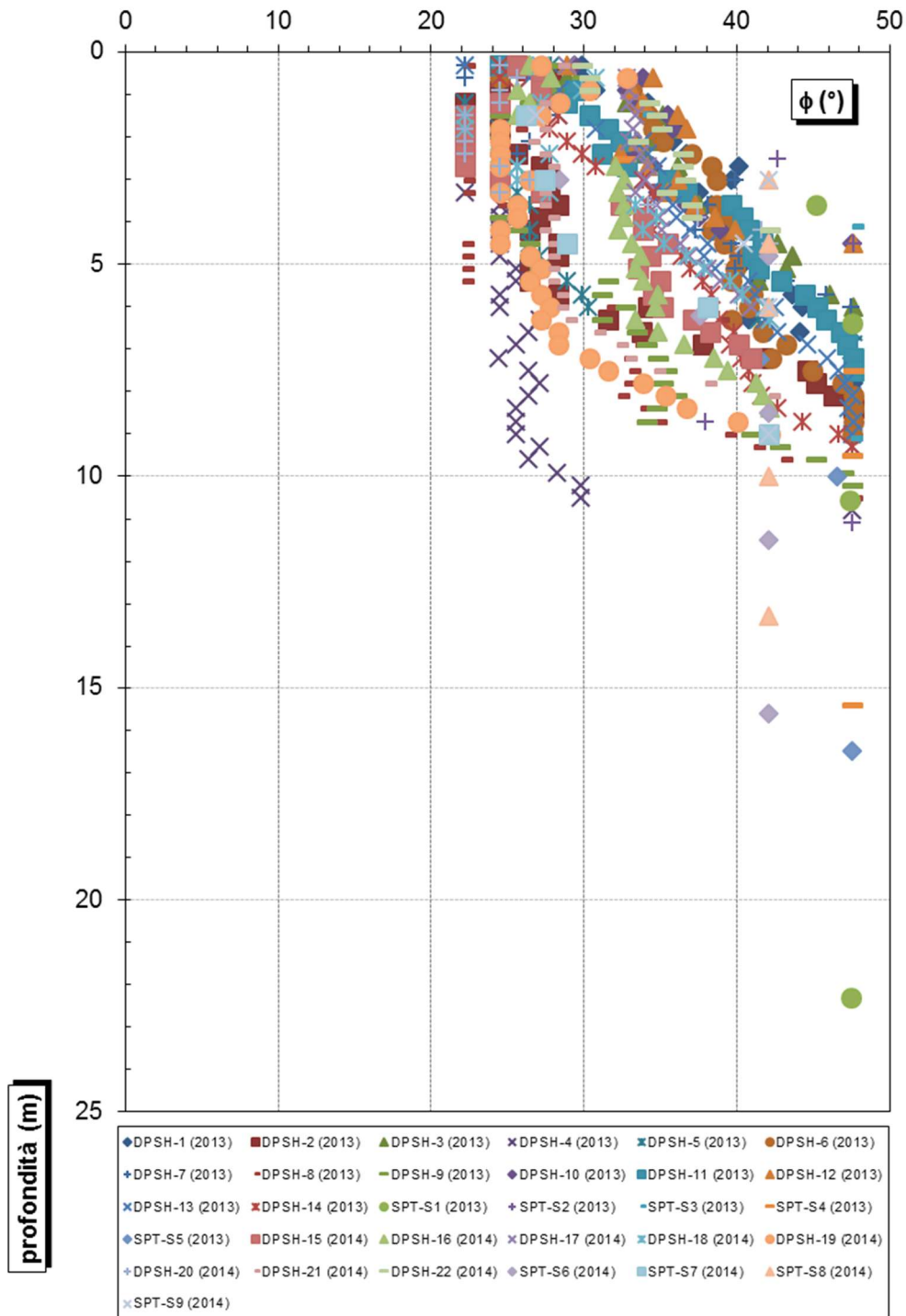


Figura 36 Valori di ϕ diagrammati con la profondità

15.3. Caratteristiche deformative

15.3.1. Elaborazioni prove penetrometriche

Il modulo di elasticità delle formazioni granulari si determina mediante le correlazioni riportate di seguito a partire dai risultati delle prove penetrometriche SPT.

Torrnaghi et al.

Il metodo è valido per sabbia + ghiaia e sabbia pulita. La correlazione non considera l'influenza della pressione efficace, che porta una diminuzione di E con la profondità a parità di N_{spt}. Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$E(MPa) = 7 \cdot \sqrt{N_{SPT}}$$

La correlazione va considerata inattendibile per N_{spt} molto bassi o molto alti, infatti, nel primo caso E viene eccessivamente sovrastimato, nel secondo caso eccessivamente sottostimato.

Schmertmann

Il metodo è valido per le sabbie in genere. La correlazione non considera l'influenza della pressione efficace, che porta una diminuzione di E con la profondità a parità di N_{spt}. Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$E(kg/cm^2) = 2 \cdot B \cdot N_{SPT}$$

dove:

$$B = \begin{cases} 4 & \text{(sabbia fine)} \\ 6 & \text{(sabbia media)} \\ 10 & \text{(sabbia grossolana)} \end{cases}$$

D'Apollonia et alii

Il metodo è valido per sabbia + ghiaia e sabbia sovraconsolidata. La correlazione non considera l'influenza della pressione efficace, che porta una diminuzione di E con la profondità a parità di N_{spt}.

$$E(kg/cm^2) = 7.71 \cdot N_{SPT} + 191 \text{ (ghiaia + sabbia)}$$

$$E(kg/cm^2) = 10.63 \cdot N_{SPT} + 375 \text{ (sabbia sovraconsolidata)}$$

Schultze & Menzebach

Il metodo è valido per sabbie sotto falda. La correlazione non considera l'influenza della pressione efficace, che porta una diminuzione di E con la profondità a parità di N_{spt} .

$$E(kg/cm^2) = 5.27 \cdot N_{SPT} + 76$$

Webb

Il metodo è valido per sabbie sotto falda o sabbie con fine plastico. La correlazione non considera l'influenza della pressione efficace, che porta una diminuzione di E con la profondità a parità di N_{spt} .

$$E(kg/cm^2) = 4.87 \cdot N_{SPT} + 73 \text{ (sabbia satura)}$$

$$E(kg/cm^2) = 3.22 \cdot N_{SPT} + 16 \text{ (sabbia con fine plastico)}$$

Bowles

Il metodo è valido per sabbie in genere e fornisce il valore del modulo elastico in kPa.

$$\text{Sabbia normalconsolidata: } \begin{cases} E = 500 \cdot (N_{SPT} + 15) \\ E = (15000 \div 22000) \cdot \ln(N_{SPT}) \\ E = (35000 \div 50000) \cdot \ln(N_{SPT}) \end{cases}$$

$$\text{Sabbia satura: } E = 250 \cdot (N_{SPT} + 15)$$

$$\text{Sabbia sovraconsolidata: } \begin{cases} E = 18000 + 750 \cdot N_{SPT} \\ E_{OCR} = E_{NC} OCR^{0.5} \end{cases}$$

$$\text{Sabbia ghiaiosa o ghiaia: } \begin{cases} E = 1200(N_{SPT} + 6) \\ E = 600(N_{SPT} + 6) \text{ per } N_{SPT} \leq 15 \\ E = 600(N_{SPT} + 6) + 2000 \text{ per } N_{SPT} > 15 \end{cases}$$

$$\text{Sabbia argillosa: } E = 320 (N_{SPT} + 15)$$

$$\text{Sabbia limosa: } E = 300(N_{SPT} + 6)$$

Il grafico seguente riporta il valore medio del modulo di deformazione calcolato alle varie profondità.

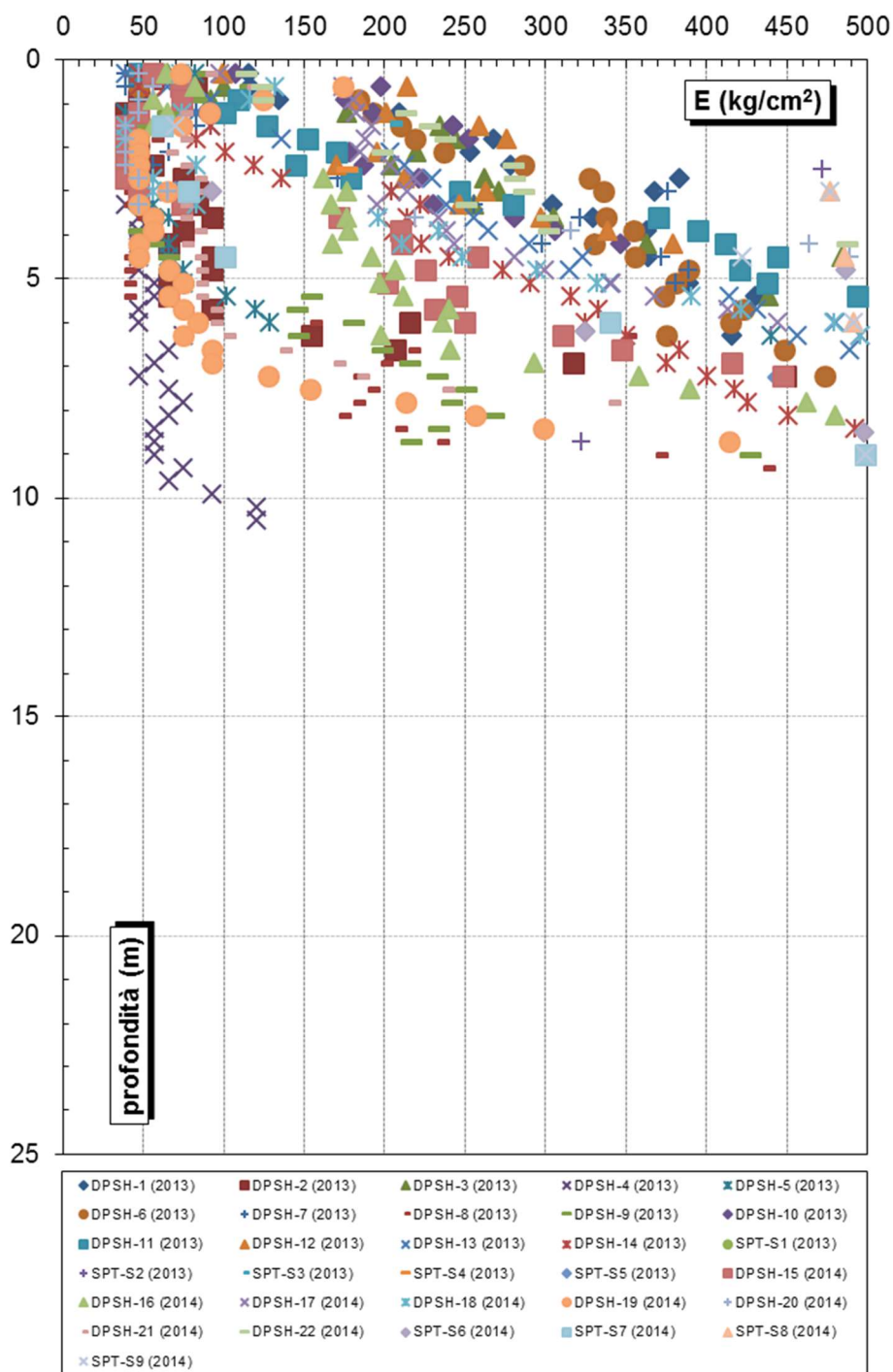


Figura 37 Valori del Modulo elastico E diagrammati con la profondità

15.3.2. Elaborazioni prove geofisiche

Dalle prove geofisiche si ricavano i moduli di deformazione dinamici E_0 , G_0 utilizzabili nel campo delle piccole deformazioni (0.0001%), da questi si ricavano, in funzione dei carichi agenti e delle deformazioni attese, i valori di moduli operativi da adottare nel calcolo dei cedimenti. I grafici seguenti riportano le curve di decadimento del modulo E (vedi studi di Berardi e Bovolenta) e le curve relative al modulo G (vedi studi di Yokota et al.).

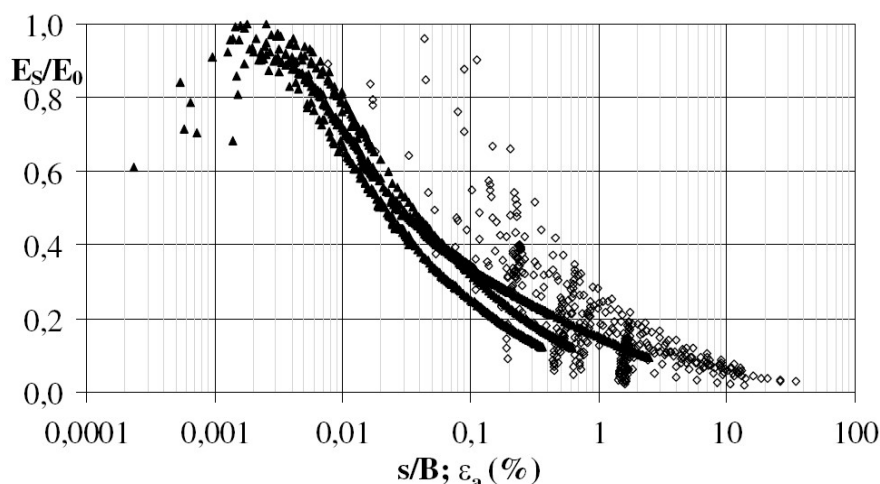


Figura 38 "Stiffness values and deformation behaviour of soil for the settlement analysis of foundation" - R. Berardi & R. Bovolenta

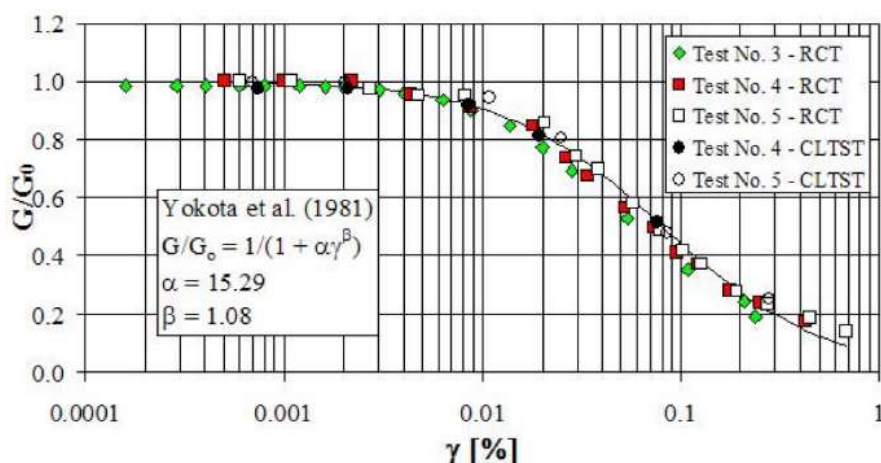


Figura 39 Decadimento del modulo G in funzione del livello deformativo Yokota et al. (1981).

Si riporta per confronto il grafico dei valori dei moduli elastici E calcolati mediante l'interpretazione delle prove penetrometriche DPSH e SPT e quelli ricavati considerando i risultati delle prove geofisiche e un rapporto E/E_0 pari a 0.1.

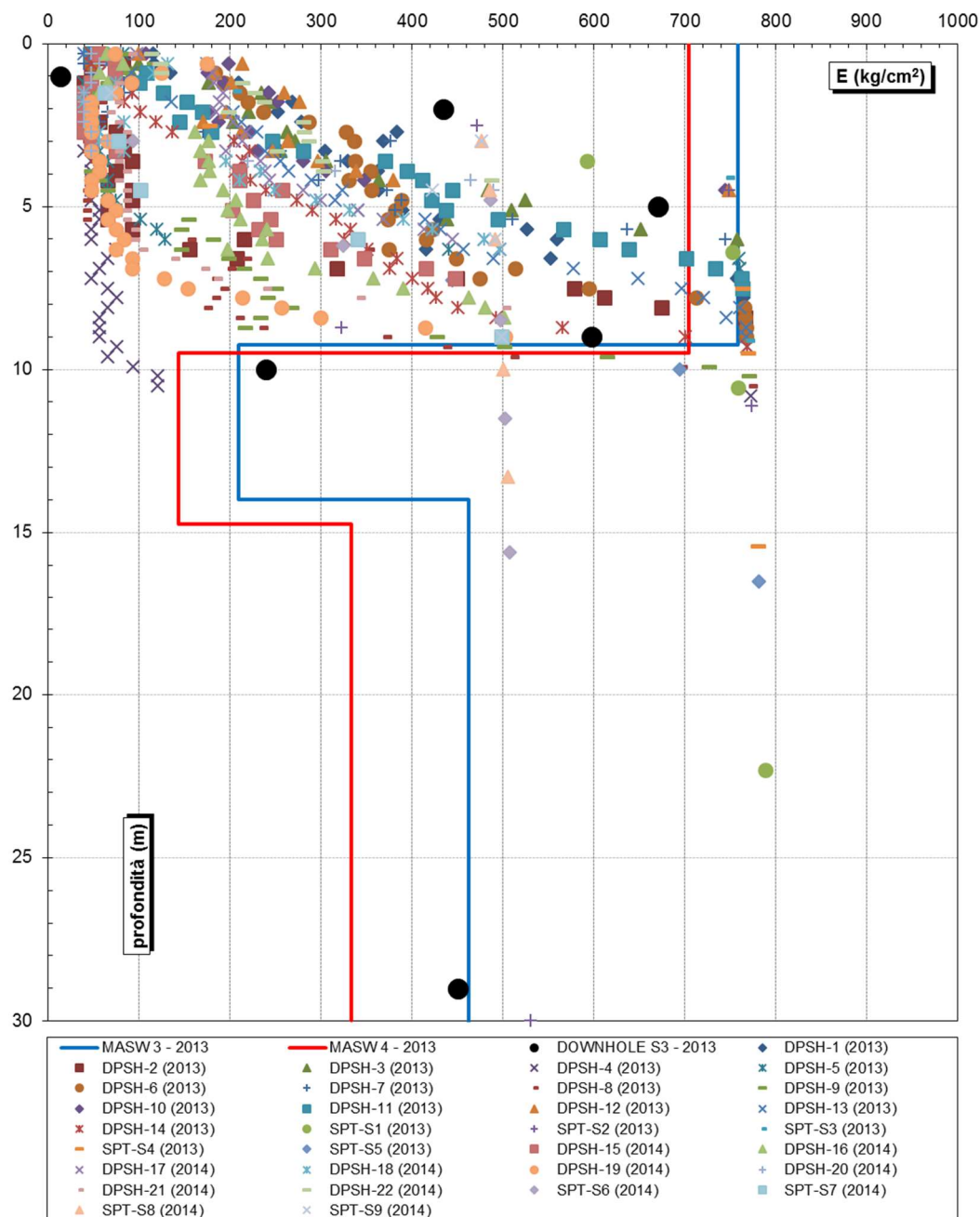


Figura 40 Confronto valori dei moduli E ricavati dalle prove penetrometriche e dalle prove geofisiche considerando un rapporto E_0/E pari a 0.1.

16. MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

16.1. Parametri geotecnici terreno

Sulla base delle risultanze delle indagini geognostiche effettuate nell'area di intervento è stato possibile definire la stratigrafia dei terreni nonché individuare le loro caratteristiche fisico-meccaniche e deformative.

Le indagini hanno messo in evidenza la presenza di orizzonti prevalentemente granulari (vedi sezioni geologiche e geotecniche di riferimento) costituite da pozzolane, sabbie in matrice limosa che si differenziano principalmente per il loro grado di addensamento.

Dal punto di vista geotecnico si possono distinguere, in funzione del grado di addensamento, 3 orizzonti principali: la prima unità "R" costituita da materiali sciolti rimaneggiati per azioni antropiche, cfr. capitoli n.7 e n.8, di spessore variabile da 3m a 9/10m, la seconda "PSL" formazione mediamente addensata fino a circa -14 m da p.c., la terza formazione "PS", PSL i" costituita da materiale addensato che si estende fino alla massima profondità indagata.

Lo spessore della prima unità è molto variabile (cfr. cap. 13 e sezioni geologiche-geotecniche di riferimento). Considerata la rilevante disomogeneità dello stato di addensamento del terreno per effetto dei lavori pregressi eseguiti nel lotto (galleria ipogea, scavi archeologici ecc...), si considera nelle verifiche geotecniche uno spessore della formazione "R" pari a 7 m su tutta l'area tranne per le verifiche dei moduli "M", per le quali si considera uno spessore di 10 m.

Di seguito si riportano i due modelli geotecnici utilizzati.

MODELLO GEOTECNICO GENERALE (NON VALE PER MODULI M)

UNITA' GEOTECNICA	da (m)	a (m)	Descrizione Strato	γ_k [kN/m ³]	ϕ_k [°]	c'_k [kPa]	$E_{k \text{ operativo}}$ [kPa]
1 UNITA' R	0	-7	Pozzolane costituite da sabbie sciolte in matrice limosa rimaneggiate	17-18	22/32	0/8	4000/10000
2 UNITA' PSL	-7	-14	Pozzolane costituite da sabbie in matrice limosa con lapilli e sorie	18	32/35	0/8	15000-50000
3a / 3b UNITA' PS UNITA' PSL i	-14	-35	Pozzolane costituite da sabbie grossolane (3a) e pozzolane in matrice limosa (3b) con lapilli scorie. Sono presenti intercalazioni di tufo lionato a diverse profondità	18	35/40	-	50000-80000

MODELLO GEOTECNICO MODULI M

UNITA' GEOTECNICA	da (m)	a (m)	Descrizione Strato	γ_k [kN/m ³]	ϕ_k [°]	c'_k [kPa]	$E_{k \text{ operativo}}$ [kPa]
1 UNITA' R	0	-10	Pozzolane costituite da sabbie sciolte in matrice limosa rimaneggiate	17-18	22/32	0/8	4000/10000
2 UNITA' PSL	-10	-14	Pozzolane costituite da sabbie in matrice limosa con lapilli e scorie	18	32/35	0/8	15000-50000
3a / 3b UNITA' PS UNITA' PSL i	-14	-35	Pozzolane costituite da sabbie grossolane (3a) e pozzolane in matrice limosa (3b) con lapilli scorie. Sono presenti intercalazioni di tufo lionato a diverse profondità	18	35/40	-	50000-80000

Il livello medio dell'acqua di falda viene assunto a quota 34,00 m s.l.m.m, ovvero a circa -23/-24 m dall'attuale piano campagna.

16.2. Parametri geotecnici colonne di jet-grouting

Per le colonne di jet-grouting si considerano i seguenti parametri geotecnici:

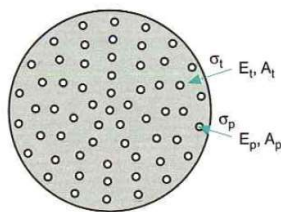
PARAMETRI GEOTECNICI COLONNE DI CONSOLIDAMENTO JET-GROUTING (D=100cm)			
γ_k [kN/m ³]	ϕ_k [°]	c'_k [kPa]	$E_{k \text{ operativo}}$ [kPa]
18	35	100	1000000

16.3. Parametri geotecnici del terreno equivalente

Si determina il valore del modulo elastico del terreno equivalente consolidato facendo la media pesata sulle aree dei valori di riferimento iniziali relativi al terreno non trattato e a quelli delle colonne jet.

Modulo elastico delle colonne di diametro 1 m e interasse 3 x 3 m:

$$E^* = (E_t \times A_t + E_p \times A_p) / A_{tot} = (4000 \times 8.22 + 1000000 \times 0.78) / 9 = 90873 \text{ kPa} \approx 90000 \text{ kPa}$$



Modulo elastico delle colonne di diametro 0.8 m e interasse 3 x 3 m:

$$E^* = (E_t \times A_t + E_p \times A_p) / A_{tot} = (4000 \times 8.5 + 1000000 \times 0.5) / 9 = 59333 \text{ kPa} \approx 59000 \text{ kPa}$$

Per quanto concerne i rimanenti parametri geotecnici si considerano i seguenti valori caratteristici di riferimento:

$$\gamma^* = 18 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi^* = 27^\circ$$

$$c^* = 5 \text{ kPa}$$

17. GEOMETRIA EDIFICI E CARICHI AGENTI

Di seguito di riportano le dimensioni delle fondazioni degli edifici analizzati:

MODULO	EDIFICIO	DIMENSIONI PLATEA			
		L	B	A	H
		(m)	(m)	(mq)	(m)
A-B-C-D-F	corto	63.9	15.8	1010	0.8
A-D-E-F	lungo	87.75	15.8	1386	0.8
G-H	-	59.47	15.8	940	0.8
A-B-C-D-E-F-G-H	travi parking	5.2	1.5	8	0.5
R1-R2-R3-R4-R5	-	61.14	17	1039	0.8
S	-	75.4	26	1960	0.5
M	M1	22.6	20	475	0.5
	M2-M3	74	19.5	1397	0.5
	M4	56	23	1288	0.6
ENERGY CENTER	K1-M5-P1-R	15.9	4.8	76	0.3
	K2-P	18.3	16.5	302	0.6
	R6	22.5	18.3	412	0.6
	Y	10.3	6.1	63	0.5

dove:

L: lato lungo fondazione;

B: lato corto fondazione;

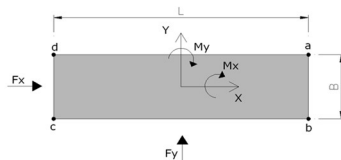
A: area fondazione;

H: spessore fondazione.

La tabella seguente riporta i carichi per ogni modulo analizzato:

MODULO	EDIFICIO	CARICHI SLE (*)					CARICHI SLU (*)					CARICHI SLV (*)				
		N	FX	FY	MX	MY	N	FX	FY	MX	MY	N	FX	FY	MX	MY
		(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)
A-B-C-D-F	corto	99774	344	1961	24249	15292	130969	515	2940	32915	8066	90599	5861	8043	122374	95509
A-D-E-F	lungo	137014	472	2693	33300	21000	179851	707	4038	45200	11077	124414	8048	11045	168049	131157
G-H	-	101686	462	1900	42752	15200	135047	693	2560	62000	22100	92243	5063	7823	155212	98000
A-B-C-D-E-F-G-H	travi parking	713	0	0	0	0	927	0	0	0	0	927	0	0	0	0
R1-R2-R3-R4-R5	-	92121	373	1470	30847	7223	121938	544	2176	43509	10193	85503	7143	7370	114945	104426
S	-	72310	7	10992	38839	88797	97365	10	14939	49184	119308	65616	5177	16566	28506	59118
M	M1	15381	70	79	1960	5100	22456	100	115	3150	7230	15777	1064	1070	8400	12560
	M2-M3	78948	338	770	29082	403967	106185	510	1145	40285	544520	71904	5350	4190	65282	421815
	M4	43023	0	0	10970	41795	57444	0	0	14608	56735	39694	886	2709	6763	44744
ENERGY CENTER	K1-M5-P1-R	3350	0	0	0	0	4661	0	0	0	0	4661	0	0	0	0
	K2-P	13618	0	0	0	0	18911	0	0	0	0	18911	0	0	0	0
	R6	18570	0	0	0	0	25788	0	0	0	0	25788	0	0	0	0
	Y	4329	0	0	0	0	6005	0	0	0	0	6005	0	0	0	0

(*) I carichi sono comprensivi del peso della fondazione



18. CRITERI DI VERIFICA FONDAZIONI SUPERFICIALI

18.1. Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU)

Nelle verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve sia a lungo termine, qualora pertinenti.

Gli stati limite ultimi delle fondazioni superficiali si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa.

Nel caso di fondazioni posizionate su o in prossimità di pendii naturali o artificiali deve essere effettuata la verifica anche con riferimento alle condizioni di stabilità globale del pendio includendo nelle verifiche le azioni trasmesse dalle fondazioni.

Le verifiche devono essere effettuate almeno nei confronti dei seguenti stati limite qualora pertinenti:

- SLU di tipo geotecnico (GEO)
 - collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno
 - collasso per scorrimento sul piano di posa
 - stabilità globale
- SLU di tipo strutturale (STR)
 - raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Le verifiche devono essere effettuate, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I, seguendo almeno uno dei due approcci:

Approccio 1:

- Combinazione 1: (A1+M1+R1)
- Combinazione 2: (A2+M1+R2)

Approccio 2:

- (A1+M1+R3).

Nelle verifiche effettuate con l'approccio 2 che siano finalizzate al dimensionamento strutturale, il coefficiente γ_R non deve essere portato in conto.

Tabella 6.4.I - Coefficienti parziali γ_n per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_n = 1.0$	$\gamma_n = 1.8$	$\gamma_n = 2.3$
Scorrimento	$\gamma_n = 1.0$	$\gamma_n = 1.1$	$\gamma_n = 1.1$

Per il calcolo della capacità portante in condizioni drenate viene utilizzata la formula di Brinch-Hansen:

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \gamma_s B' N_\gamma s_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma d_\gamma + q' N_q s_q i_q b_q g_q d_q + c' N_c s_c i_c b_c g_c d_c$$

dove:

- γ_s : peso di volume del terreno;
- q' : carico agente sul piano di posa della fondazione;
- c' : coesione
- $B' = B - 2e$: larghezza fittizia della fondazione
- B : larghezza della fondazione;
- $e = M / N$: eccentricità del carico;
- M : momento agente sulla fondazione;
- N : sforzo normale agente sulla fondazione;
- N_γ, N_q, N_c : fattori di capacità portante;
- s_γ, s_q, s_c : fattori di forma della fondazione;
- i_γ, i_q, i_c : fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico;
- b_γ, b_q, b_c : fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base della fondazione;
- g_γ, g_q, g_c : fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano campagna;
- d_γ, d_q, d_c : fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa.

Per i fattori N_q e N_c , si può fare riferimento alle espressioni ricavate da Prandtl e Reissner:

$$N_q = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \cdot e^{\pi \tan \varphi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cotan \varphi$$

dove φ è l'angolo d'attrito del terreno.

Per N_γ , si può fare riferimento all'espressione proposta da Brinch Hansen:

$$N_\gamma = 1.5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \varphi$$

Per i fattori s_γ , s_q e s_c si può fare riferimento alle seguenti espressioni:

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B'}{L}$$

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L} \cdot \tan \varphi$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L}$$

dove L è la lunghezza della fondazione.

Per i fattori i_γ , i_q e i_c , si può fare riferimento alle espressioni di Brinch Hansen:

$$i_\gamma = 1 - \left[\frac{(0.7 - \beta_2/450) \cdot H}{N + B' \cdot L \cdot c' \cdot \cotan \varphi} \right]^5$$

$$i_q = 1 - \left[\frac{0.5 \cdot H}{N + B' \cdot L \cdot c' \cdot \cotan \varphi} \right]^5$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tan \varphi}$$

dove β_2 è l'angolo di inclinazione del piano di posa espresso in gradi.

Per quanto riguarda i fattori b_γ , b_q e b_c , si può fare riferimento alle espressioni di Brinch Hansen:

$$b_\gamma = e^{-2.7 \cdot \beta_2 \cdot \tan \varphi}$$

$$b_q = e^{-2 \cdot \beta_2 \cdot \tan \varphi}$$

$$b_c = 1 - \frac{\beta_2}{147^\circ}$$

Per quanto riguarda i fattori g_γ , g_q e g_c , si può fare riferimento alle espressioni di Brinch Hansen:

$$g_\gamma = g_q = (1 - 0.5 \cdot \tan \beta_1)^5$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta_1}{147^\circ}$$

dove β_1 è l'angolo di inclinazione del piano campagna espresso in gradi.

Per quanto riguarda i fattori d_γ , d_q e d_c , si può fare riferimento alle seguenti espressioni:

$$d_\gamma = 1$$

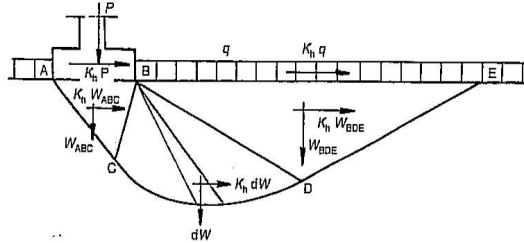
$$d_q = \begin{cases} 1 + 2 \cdot \tan \varphi \cdot (1 - \sin \varphi)^2 \cdot \frac{s}{B'} & \left(\frac{s}{B'} \leq 1 \right) \\ 1 + 2 \cdot \tan \varphi \cdot (1 - \sin \varphi)^2 \cdot \arctan \left(\frac{s}{B'} \right) & \left(\frac{s}{B'} > 1 \right) \end{cases}$$

$$d_c = \begin{cases} 1 + 0.4 \cdot \frac{s}{B'} & \left(\frac{s}{B'} \leq 1 \right) \\ 1 + 0.4 \cdot \arctan \left(\frac{s}{B'} \right) & \left(\frac{s}{B'} > 1 \right) \end{cases}$$

dove S è la profondità della fondazione nel terreno.

Per tener conto della riduzione della capacità portante di una fondazione superficiale in condizioni sismiche vengono inoltre considerati i fattori correttivi proposti da Peck e Paolucci:

**Effetti inerziali dovuti al sisma
(Paolucci & Pecker, 1995)**



Effetti inerziali: fattori correttivi z

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \gamma B N_{\gamma} s_{\gamma} i_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma} z_{\gamma} + c N_c s_c d_c i_c b_c g_c z_c + q N_q s_q d_q i_q b_q g_q z_q$$

$$z_c = 1 - 0,32 k_h$$

$$z_q = z_{\gamma} = \left(1 - \frac{k_h}{\tan \phi} \right)^{0,35}$$

$$k_h = \frac{\gamma_I \cdot S \cdot a_g}{g}$$

Si riporta di seguito il calcolo della capacità portante della platea di fondazione dell'edificio effettuato con foglio di calcolo Excel agli SLU in combinazione A1+M1+R3 (secondo NTC2008) e per confronto agli SLE con il metodo delle tensioni ammissibili.

I carichi esterni inseriti determinati con modello strutturale MIDAS-GEN comprendono già il peso della platea di fondazione.

18.2. Verifiche agli Stati Limite di Esercizio (SLE)

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

Analogamente, forma, dimensioni e rigidezza della struttura di fondazione devono essere stabilite nel rispetto dei summenzionati requisiti prestazionali, tenendo presente che le verifiche agli stati limite di esercizio possono risultare più restrittive di quelle agli stati limite ultimi.

19. MODULI A, B, C, D, E, F

19.1. Edifici dim. 63.9x15.8

19.1.1. Verifiche capacità portante (SLU)

Ultimo aggiornamento 27/06/2013

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONI SUPERFICIALI

PROGETTO Cecchignola
LIVELLO DI PROGETTAZIONE Progetto esecutivo
J.N. 1014
DATA 16.01.2015
DESCRIZIONE Platea di fondazione edificio corto - Moduli A, B, C, D, F

GEOMETRIA FONDAZIONE

TIPO DI FONDAZIONE : **1** **P**
(1) Plinto / Platea
(2) Trave

L (lato maggiore fondazione)	63.9	m
B (lato minore fondazione)	15.8	m
H (altezza fondazione)	0.8	m
I (lato maggiore dado)	0	m
b (lato minore dado)	0	m
h1 (altezza dado)	0	m
D (altezza terreno stabilizzante)	0.8	m
γ_{fem} (peso specifico fondazione)	0	kN/mc
γ_{ter} (peso spec. terreno sopra fond.)	0	kN/mc
α (angolo inclinazione fondazione > 0)	0	°
β (angolo inclinazione pendio > 0)	0	°
a_g/g (accelerazione sismica orizz.)	0.154	
S (coeff. stratigrafico)	1.461	

Punto Applicazione forze esterne **1**
(1) Forze applicate a quota H+h1 - P1
(2) Forze applicate a quota fondo scavo - P2

Braccio Forze esterne	0.8	m
Volume ds fondazione	808	mc
Volume terreno sopra fondazione	0	mc
P.P.1 peso proprio fondazione (k)	0	kN
P.P.2 peso proprio terreno sopra fondazione (k)	0	kN
P.P.1 + P.P.2	0	kN

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DEL TERRENO

QUOTA FALDA DA P.C. **20** m
hw (quota falda da p.c. > 0)

TERRENO TIPO 1

γ_{k1} (peso specifico naturale terreno)	17	kN/mc
-------------------------------------------------	----	-------

TERRENO TIPO 2

d2 (spessore strato)	100	m
ϕ'_{k2} (angolo di attrito)	27	°
c'_{k2} (coesione efficace)	5	kPa
$c_{u,k2}$ (coesione non drenata)	0	kPa
γ_{k2} (peso specifico naturale)	18	kN/mc
G (modulo di elasticità trasversale)	4000	kPa

TERRENO TIPO 3

ϕ'_{k3} (angolo di attrito)	0	°
c'_{k3} (coesione efficace)	0	kPa
$c_{u,k3}$ (coesione non drenata)	0	kPa
γ_{k3} (peso specifico naturale)	0	kN/mc
G (modulo di elasticità trasversale)	0	kPa

SEZIONE FONDAZIONE

TERRENO EQUIVALENTE DA MEDIA PESATA

H_{terreno}	12.9	m
$\phi'_{k,eq}$	27	°
$c'_{k,eq}$	5	kPa
$c_{u,k,eq}$	0	kPa
$\gamma_{k,eq}$	18	kN/mc
G	4000	kPa

TIPO DI VERIFICA

TIPO DI VERIFICA **1** **DRENATA** \Rightarrow
(1) Drenata
(2) Non Drenata

FORMULA PER IL CALCOLO DI N_f **2**
(1) Meyerhof (1963)
(2) Brinch - Hansen (1970)
(3) Vesic (1975)
(4) Spangler - Handy (1982)

FATTORI CORRETTIVI **2**
(1) Meyerhof (1963)
(2) Brinch - Hansen (1970)
(3) Vesic (1970)

FATTORI SISMICI **1**
(1) SI
(2) NO

VERIFICA IN DIREZIONE **1**
(1) Y (Momento Mxx e forza FY // B)
(2) X (Momento Myy e forza FX // L)

VERIFICA DRENATA: PRESSIONE EFFICACE

$\phi'_{k,eq}$	27	°
$c'_{k,eq}$	5	kPa
$c_{u,k,eq}$	0	kPa
D // γ'	13.6	kPa
γ'	18.0	kN/mc

contributo peso stabilizzante
contributo forze di attrito

RIEPILOGO VERIFICHE:

(1) D.M. 14/01/2008

	qd (kPa)	qmax (kPa)	verifica
(1) SLE - RARA	357	109	SI
(4) A1+M1+R3	460	143	SI
(5) SISMA	272	138	SI

N.B. Nelle verifiche non drenate utilizzare i coeff. di Brinch - Hansen

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)																																																																								
PROGETTO		Cecchignola																																																																						
LIVELLO DI PROGETTAZIONE		Progetto esecutivo																																																																						
J.N.		1014																																																																						
DATA		16.01.2015																																																																						
DESCRIZIONE		Platea di fondazione edificio corto - Moduli A, B, C, D, F																																																																						
NORMATIVA		(1) D.M. 14/01/2008																																																																						
COMBINAZIONE		(4) A1+M1+R3 OK																																																																						
COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO																																																																								
NORMATIVA DI RIFERIMENTO		1		D.M.14/01/2008		<ul style="list-style-type: none"> • (1) SLE - RARA • (2) A1+M1+R1 • (3) A2+M2+R2 • X (4) A1+M1+R3 • (5) SISMA 		Metodo TA D.M.11/03/1988																																																																
(1) D.M. 14/01/2008								Approccio 1 comb. 1																																																																
(2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)								Approccio 1 comb. 2																																																																
								Approccio 2																																																																
COMBINAZIONE		4		EC7		<ul style="list-style-type: none"> • (11) A1+M1+R1 • (12) A2+M2+R1 • (13) A1+M1+R2 • (14) A1+M2+R3 • (15) SISMA 		Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 3																																																																
D.M.14/01/2008																																																																								
Tipo di carico	SLE	A1	A2	SISMA	A1	A2	SISMA																																																																	
Pesi propri	1.3	1	1.3	1	1	1.35	1	1																																																																
Permanenti strutturali	1.3	1	1.3	1	1	1.35	1	1																																																																
Permanenti non strutturali	1.5	1	1.5	1.3	1	1.35	1	1																																																																
Variabili	1.5	1	1.5	1.3	1	1.5	1.3	1																																																																
EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)																																																																								
Parametri terreno	SLE	M1	M2	SISMA	M1	M2	SISMA																																																																	
$\tan \phi$ (angolo di attrito)	1	1	1.25	1	1	1.25	1.25	1.25																																																																
c' (coesione apparente)	1	1	1.25	1	1	1.25	1.25	1.25																																																																
C_u (resistenza non drenata)	1	1	1.4	1	1	1.4	1.4	1.4																																																																
Resistenze																																																																								
Capacità portante	SLE	R1	R2	R3	SISMA	R1	R2	R3	SISMA																																																															
Capacità portante	2.3	3	1.8	2.3	2.3	1	1.4	1	1																																																															
Scorrimento	1.1	1.5	1	1.1	1.1	1	1.1	1	1																																																															
CARICHI DI PROGETTO																																																																								
INSERIMENTO CARICHI		2																																																																						
(1) CARICHI CARATTERISTICI																																																																								
(2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO																																																																								
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN] 0</p> <p>p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN] 0</p> <p>N_d [kN] 130'969</p> <p>F_{y_d} [kN] 2'940</p> <p>M_{x_d} [kNm] 32'915</p> <p>F_{x_d} [kN] 515</p> <p>M_{y_d} [kNm] 8'066</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE</p> <p>N_{tot} [kN] 130'969</p> <p>$F_{y_{tot}}$ [kN] 2'940</p> <p>$M_{x_{tot}}$ [kNm] 32'915</p> <p>$F_{x_{tot}}$ [kN] 515</p> <p>$M_{y_{tot}}$ [kNm] 8'066</p> <p>$e_x = M_x / N_{tot}$ (lungo lato B) 0.27</p> <p>REAGENTE $e_y = M_y / N_{tot}$ (lungo lato L) 2.63</p> <p>REAGENTE 0.06</p> <p>REAGENTE 10.65</p> </div> </div>																																																																						
		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>CARICHI CARATTERISTICI</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th>Gk</th><th>Qk</th></tr> <tr><td>N [kN]</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fy [kN]</td><td>0</td></tr> <tr><td>Mx [kNm]</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fx [kNm]</td><td>0</td></tr> <tr><td>My [kNm]</td><td>0</td></tr> </table> </div> <div style="width: 45%;"> <p>CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd)</p> <p>INSERIRE CARICHI!!!</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th>Gd + Qd</th></tr> <tr><td>N [kN]</td><td>130'969</td></tr> <tr><td>Fy [kN]</td><td>2'940</td></tr> <tr><td>Mx [kNm]</td><td>32'915</td></tr> <tr><td>Fx [kNm]</td><td>515</td></tr> <tr><td>My [kNm]</td><td>8'066</td></tr> </table> </div> </div>								Gk	Qk	N [kN]	0	Fy [kN]	0	Mx [kNm]	0	Fx [kNm]	0	My [kNm]	0	Gd + Qd	N [kN]	130'969	Fy [kN]	2'940	Mx [kNm]	32'915	Fx [kNm]	515	My [kNm]	8'066																																								
Gk	Qk																																																																							
N [kN]	0																																																																							
Fy [kN]	0																																																																							
Mx [kNm]	0																																																																							
Fx [kNm]	0																																																																							
My [kNm]	0																																																																							
Gd + Qd																																																																								
N [kN]	130'969																																																																							
Fy [kN]	2'940																																																																							
Mx [kNm]	32'915																																																																							
Fx [kNm]	515																																																																							
My [kNm]	8'066																																																																							
		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>TENSIONE VERT. LUNGO LATO "B" [m]</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>TENSIONE VERT. LUNGO LATO "L" [m]</p> </div> </div>																																																																						
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE																																																																								
PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>$\phi_{k_{eq}}$ (angolo di attrito) [°]</td><td>27</td></tr> <tr><td>$c'_{k_{eq}}$ (coesione apparente) [kPa]</td><td>5</td></tr> <tr><td>$C_{u_{k_{eq}}}$ (coesione non drenata) [kPa]</td><td>0</td></tr> </table>								$\phi_{k_{eq}}$ (angolo di attrito) [°]	27	$c'_{k_{eq}}$ (coesione apparente) [kPa]	5	$C_{u_{k_{eq}}}$ (coesione non drenata) [kPa]	0																																																									
$\phi_{k_{eq}}$ (angolo di attrito) [°]	27																																																																							
$c'_{k_{eq}}$ (coesione apparente) [kPa]	5																																																																							
$C_{u_{k_{eq}}}$ (coesione non drenata) [kPa]	0																																																																							
PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>ϕ_d (angolo di attrito) [°]</td><td>27</td></tr> <tr><td>c'_d (coesione apparente) [kPa]</td><td>5</td></tr> <tr><td>$C_{u,d}$ (coesione non drenata) [kPa]</td><td>0</td></tr> </table>								ϕ_d (angolo di attrito) [°]	27	c'_d (coesione apparente) [kPa]	5	$C_{u,d}$ (coesione non drenata) [kPa]	0																																																									
ϕ_d (angolo di attrito) [°]	27																																																																							
c'_d (coesione apparente) [kPa]	5																																																																							
$C_{u,d}$ (coesione non drenata) [kPa]	0																																																																							
FATTORI CAPACITA' PORTANTE		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>N_c PRANDTL (1921)</td><td>23.96</td></tr> <tr><td>N_q PRANDTL (1921)</td><td>13.21</td></tr> <tr><td>N_γ</td><td>9.34</td></tr> </table>								N_c PRANDTL (1921)	23.96	N_q PRANDTL (1921)	13.21	N_γ	9.34																																																									
N_c PRANDTL (1921)	23.96																																																																							
N_q PRANDTL (1921)	13.21																																																																							
N_γ	9.34																																																																							
FATTORI CORRETTIVI		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Fattori di forma</td><td>BRINCH - HANSEN</td><td>⇒</td><td>S_c</td><td>1.13</td><td>S_q</td><td>1.12</td><td>S_γ</td><td>0.90</td></tr> <tr><td>Fattori inclinazione carico</td><td>BRINCH - HANSEN</td><td>⇒</td><td>I_c</td><td>0.94</td><td>I_q</td><td>0.95</td><td>I_γ</td><td>0.92</td></tr> <tr><td>Fattori di approfondimento</td><td>BRINCH - HANSEN</td><td>⇒</td><td>D_c</td><td>1.02</td><td>D_q</td><td>1.03</td><td>D_γ</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>Fattori inclinazione fondazione</td><td>BRINCH - HANSEN</td><td>⇒</td><td>B_c</td><td>1.00</td><td>B_q</td><td>1.00</td><td>B_γ</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>Fattori inclinazione p.c.</td><td>BRINCH - HANSEN</td><td>⇒</td><td>G_c</td><td>1.00</td><td>G_q</td><td>1.00</td><td>G_γ</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>Fattori sismici</td><td>PAOLUCCI E PECKER</td><td>⇒</td><td>Z_c</td><td>1.00</td><td>Z_q</td><td>1.00</td><td>Z_γ</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>Fattori di punzonamento</td><td>VESIC</td><td>⇒</td><td>Ψ_c</td><td>0.72</td><td>Ψ_q</td><td>0.76</td><td>Ψ_γ</td><td>0.76</td></tr> </table>								Fattori di forma	BRINCH - HANSEN	⇒	S_c	1.13	S_q	1.12	S_γ	0.90	Fattori inclinazione carico	BRINCH - HANSEN	⇒	I_c	0.94	I_q	0.95	I_γ	0.92	Fattori di approfondimento	BRINCH - HANSEN	⇒	D_c	1.02	D_q	1.03	D_γ	1.00	Fattori inclinazione fondazione	BRINCH - HANSEN	⇒	B_c	1.00	B_q	1.00	B_γ	1.00	Fattori inclinazione p.c.	BRINCH - HANSEN	⇒	G_c	1.00	G_q	1.00	G_γ	1.00	Fattori sismici	PAOLUCCI E PECKER	⇒	Z_c	1.00	Z_q	1.00	Z_γ	1.00	Fattori di punzonamento	VESIC	⇒	Ψ_c	0.72	Ψ_q	0.76	Ψ_γ	0.76
Fattori di forma	BRINCH - HANSEN	⇒	S_c	1.13	S_q	1.12	S_γ	0.90																																																																
Fattori inclinazione carico	BRINCH - HANSEN	⇒	I_c	0.94	I_q	0.95	I_γ	0.92																																																																
Fattori di approfondimento	BRINCH - HANSEN	⇒	D_c	1.02	D_q	1.03	D_γ	1.00																																																																
Fattori inclinazione fondazione	BRINCH - HANSEN	⇒	B_c	1.00	B_q	1.00	B_γ	1.00																																																																
Fattori inclinazione p.c.	BRINCH - HANSEN	⇒	G_c	1.00	G_q	1.00	G_γ	1.00																																																																
Fattori sismici	PAOLUCCI E PECKER	⇒	Z_c	1.00	Z_q	1.00	Z_γ	1.00																																																																
Fattori di punzonamento	VESIC	⇒	Ψ_c	0.72	Ψ_q	0.76	Ψ_γ	0.76																																																																
TIPO DI FONDAZIONE		1 P																																																																						
TIPO DI VERIFICA		1 DRENATA																																																																						
CALCOLO DI N_γ		2 BRINCH - HANSEN																																																																						
FATTORI CORRETTIVI		2 BRINCH - HANSEN																																																																						
DIREZIONE DI CALCOLO		1 B																																																																						
FATTORI SISMICI		1 SI																																																																						
PUNZONAMENTO		I_r (indice di rigidità) 47 ⇒ Fattori punzonamento < 1 I_{cr} (indice critico) 91																																																																						
FORMULA GENERALE:		$q_{ult} = c N_{c,i} d_c b_c g_c z_c \Psi_c + q N_{q,i} d_q b_q g_q z_q \Psi_q + \frac{1}{2} B \gamma N_{\gamma,i} d_\gamma b_\gamma g_\gamma z_\gamma \Psi_\gamma$																																																																						
(A) Componente per coesione - N_c [kPa]		94																																																																						
(B) Componente per sovracc. - N_q [kPa]		149																																																																						
(C) Componente per attrito - N_γ [kPa]		816																																																																						
$q_{ult} (A+B+C)$		1'059 kPa																																																																						
$q_d (q_{ult}/FS)$		460 kPa																																																																						
$Q_{ult} (q_{ult} \times B' \times L')$		1'030'752 kN																																																																						
$Q_d (Q_{ult}/FS)$		448'153 kN																																																																						
$q_d (q_{ult}/FS)$		=		460 kPa		>		$q_{max} = 143 kPa$																																																																
$t_d (t_{ult}/FS)$		=		60 kPa		>		$t_{max} = 3 kPa$																																																																
VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA																																																																								
VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA																																																																								

Per confronto si riportano anche le verifiche eseguite allo SLE e allo SLV.

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)
(1) SLE - RARA

PROGETTO
LIVELLO DI PROGETTAZIONE
J.N.
DATA
DESCRIZIONE
NORMATIVA
COMBINAZIONE

Cecchinola
Progetto esecutivo
1014
16.01.2015
Platea di fondazione edificio corto - Moduli A, B, C, D, F
(1) D.M. 14/01/2008
(1) SLE - RARA

OK

COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO

NORMATIVA DI RIFERIMENTO
(1) D.M. 14/01/2008
(2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)

COMBINAZIONE

D.M.14/01/2008				EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)			
	SLE	A1	A2	SISMA	A1	A2	SISMA
pesi propri	1	1	1	1	1	1	1
Permanenti strutturali	1	1	1	1	1	1	1
Permanenti non strutturali	1	1	1	1	1	1	1
Variabili	1	1	1	1	1	1	1

	SLE	M1	M2	SISMA	M1	M2	SISMA
tan δ (angolo di attrito)	1	1	1	1	1	1	1
c' (coesione apparente)	1	1	1	1	1	1	1
Cu (resistenza non drenata)	1	1	1	1	1	1	1

	SLE	R1	R2	R3	SISMA	R1	R2	R3	SISMA
Capacità portante	3	3	1	1.8	2.3	1	1.4	1	1
Scorrimento	1.5	1.5	1	1.1	1.1	1	1.1	1	1

INSEMENTO CARICHI

(1) CARICHI CARATTERISTICI
(2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN] 0
p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN] 0
N_d [kN] 99'774
Fy_d [kN] 1'961
Mx_d [kNm] 24'249
Fx_d [kN] 344
My_d [kNm] 15'292

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE

N_{tot} [kN] 99'774
Fy_{tot} [kN] 1961
Mx_{tot} [kNm] 25817.8
Fx_{tot} [kN] 344
My_{tot} [kNm] 15567.2
ex = Mx / N_{tot} (lungo lato B) 0.26
REAGENTE 2.63
ey = My / N_{tot} (lungo lato L) 0.16
REAGENTE 10.65

CARICHI CARATTERISTICI

	Gk	Qk
N [kN]	0	0
Fy [kN]	0	0
Mx [kNm]	0	0
Fx [kN]	0	0
My [kNm]	0	0

CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd)
INSERIRE CARICHI!!!

	Gd + Qd
N [kN]	99'774
Fy [kN]	1'961
Mx [kNm]	24'249
Fx [kN]	344
My [kNm]	15'292

TENSIONE VERT. LUNGO LATO "B"

TENSIONE VERT. LUNGO LATO "L"

VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE

PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI

φ_{k,eq} (angolo di attrito) [°] 27
c'_{k,eq} (coesione apparente) [kPa] 5
Cu_{k,eq} (coesione non drenata) [kPa] 0

PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO

φ_d (angolo di attrito) [°] 27
c'_d (coesione apparente) [kPa] 5
Cu_d (coesione non drenata) [kPa] 0

FATTORI CAPACITA' PORTANTE

N_γ PRANDTL (1921) 23.96
N_q PRANDTL (1921) 13.21
N_γ 9.34

FATTORI CORRETTIVI

Fattori di forma ⇒ Sc 1.13
Fattori inclinazione carico ⇒ Ic 0.95
Fattori di approfondimento ⇒ Dc 1.02
Fattori inclinazione fondazione ⇒ Bc 1.00
Fattori inclinazione p.c. ⇒ Gc 1.00
Fattori sismici ⇒ Zc 1.00
Fattori di punzonamento ⇒ Ψc 0.72

TIPO DI FONDAZIONE
TIPO DI VERIFICA
CALCOLO DI N_q
FATTORI CORRETTIVI
DIREZIONE DI CALCOLO
FATTORI SISMICI
PUNZONAMENTO
Ir (Indice di rigidità) 47 ⇒ Fattori punzonamento < 1
Icr (Indice critico) 91

FORMULA GENERALE :

$$q_{ult} = c N_{s,i,d} b_g z_c \Psi_c + q N_{s,i,d} b_g z_q \Psi_q + \frac{1}{2} B \gamma N_{s,i,d} b_g z_r \Psi_r$$

VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA

VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA

(A) Componente per coesione - Nc [kPa] 95
(B) Componente per sovracc. - Nq [kPa] 150
(C) Componente per attrito - Nγ [kPa] 825

q_{ult} (A+B+C) 1'070 kPa
q_d (q_{ult}/FS) 357 kPa
q_{ult} (q_{ult} x B' x L') 1'039'868 kN
Q_d (q_d/FS) 346'623 kN

q_d (q_{ult}/FS) = 357 kPa
τ_d (τ_{ult}/FS) = 34 kPa

q_{max} = 109 kPa
τ_{max} = 2 kPa

VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA
VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)																																																																																												
PROGETTO		Cecchignola			(5) SISMA																																																																																							
LIVELLO DI PROGETTAZIONE		Progetto esecutivo																																																																																										
J.N.		1014																																																																																										
DATA		16.01.2015																																																																																										
DESCRIZIONE		Platea di fondazione edificio corto - Moduli A, B, C, D, F																																																																																										
NORMATIVA		(1) D.M. 14/01/2008																																																																																										
COMBINAZIONE		(5) SISMA OK																																																																																										
COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO																																																																																												
NORMATIVA DI RIFERIMENTO		1			<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> D.M.14/01/2008 EC7 </div> <div> <ul style="list-style-type: none"> • (1) SLE - RARA • (2) A1+M1+R1 • (3) A2+M2+R2 • (4) A1+M1+R3 • (5) SISMA • (11) A1+M1+R1 • (12) A2+M2+R1 • (13) A1+M1+R2 • (14) A1+M2+R3 • (15) SISMA </div> <div> Metodo TA D.M.11/03/1988 Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 3 </div> </div>																																																																																							
COMBINAZIONE		5																																																																																										
(1) D.M. 14/01/2008																																																																																												
(2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)																																																																																												
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr style="background-color: #00FFFF;"> <th colspan="2"></th> <th colspan="5">D.M.14/01/2008</th> <th colspan="4">EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)</th> </tr> <tr style="background-color: #00FFFF;"> <th colspan="2"></th> <th>SLE</th> <th>A1</th> <th>A2</th> <th></th> <th>SISMA</th> <th></th> <th>A1</th> <th>A2</th> <th></th> <th>SISMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tipo di carico</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pesi propri</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1.3</td> <td>1</td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td>1.35</td> <td>1</td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Permanenti strutturali</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1.3</td> <td>1</td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td>1.35</td> <td>1</td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Permanenti non strutturali</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1.5</td> <td>1.3</td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td>1.35</td> <td>1</td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Variabili</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1.5</td> <td>1.3</td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td>1.5</td> <td>1.3</td> <td></td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>												D.M.14/01/2008					EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)						SLE	A1	A2		SISMA		A1	A2		SISMA	Tipo di carico												Pesi propri	1	1	1.3	1		1		1.35	1		1	Permanenti strutturali	1	1	1.3	1		1		1.35	1		1	Permanenti non strutturali	1	1	1.5	1.3		1		1.35	1		1	Variabili	1	1	1.5	1.3		1		1.5	1.3		1
		D.M.14/01/2008					EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)																																																																																					
		SLE	A1	A2		SISMA		A1	A2		SISMA																																																																																	
Tipo di carico																																																																																												
Pesi propri	1	1	1.3	1		1		1.35	1		1																																																																																	
Permanenti strutturali	1	1	1.3	1		1		1.35	1		1																																																																																	
Permanenti non strutturali	1	1	1.5	1.3		1		1.35	1		1																																																																																	
Variabili	1	1	1.5	1.3		1		1.5	1.3		1																																																																																	
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr style="background-color: #00FFFF;"> <th colspan="2"></th> <th>SLE</th> <th>M1</th> <th>M2</th> <th></th> <th>SISMA</th> <th></th> <th>M1</th> <th>M2</th> <th></th> <th>SISMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Parametri terreno</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>tan φ (angolo di attrito)</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1.25</td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td>1</td> <td>1.25</td> <td></td> <td>1.25</td> </tr> <tr> <td>c' (coesione apparente)</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1.25</td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td>1</td> <td>1.25</td> <td></td> <td>1.25</td> </tr> <tr> <td>Cu (resistenza non drenata)</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1.4</td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td>1</td> <td>1.4</td> <td></td> <td>1.4</td> </tr> </tbody> </table>												SLE	M1	M2		SISMA		M1	M2		SISMA	Parametri terreno												tan φ (angolo di attrito)	1	1	1	1.25		1		1	1.25		1.25	c' (coesione apparente)	1	1	1	1.25		1		1	1.25		1.25	Cu (resistenza non drenata)	1	1	1	1.4		1		1	1.4		1.4																							
		SLE	M1	M2		SISMA		M1	M2		SISMA																																																																																	
Parametri terreno																																																																																												
tan φ (angolo di attrito)	1	1	1	1.25		1		1	1.25		1.25																																																																																	
c' (coesione apparente)	1	1	1	1.25		1		1	1.25		1.25																																																																																	
Cu (resistenza non drenata)	1	1	1	1.4		1		1	1.4		1.4																																																																																	
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr style="background-color: #00FFFF;"> <th colspan="2"></th> <th>SLE</th> <th>R1</th> <th>R2</th> <th>R3</th> <th>SISMA</th> <th></th> <th>R1</th> <th>R2</th> <th>R3</th> <th>SISMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Resistenze</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Capacità portante</td> <td>2.3</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>1.8</td> <td>2.3</td> <td>2.3</td> <td></td> <td>1</td> <td>1.4</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Scorrimento</td> <td>1.1</td> <td>1.5</td> <td>1</td> <td>1.1</td> <td>1.1</td> <td>1.1</td> <td></td> <td>1</td> <td>1.1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>												SLE	R1	R2	R3	SISMA		R1	R2	R3	SISMA	Resistenze												Capacità portante	2.3	3	1	1.8	2.3	2.3		1	1.4	1	1	Scorrimento	1.1	1.5	1	1.1	1.1	1.1		1	1.1	1	1																																			
		SLE	R1	R2	R3	SISMA		R1	R2	R3	SISMA																																																																																	
Resistenze																																																																																												
Capacità portante	2.3	3	1	1.8	2.3	2.3		1	1.4	1	1																																																																																	
Scorrimento	1.1	1.5	1	1.1	1.1	1.1		1	1.1	1	1																																																																																	
CARICHI DI PROGETTO																																																																																												
INSERIMENTO CARICHI		2																																																																																										
(1) CARICHI CARATTERISTICI																																																																																												
(2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO																																																																																												
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO		<table style="width:100%; font-size: 0.8em;"> <tr> <td>p.p.fond. + p.p.ter. (k)</td> <td>[kN]</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>p.p.fond. + p.p.ter. (d)</td> <td>[kN]</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>N_{tot}</td> <td>[kN]</td> <td>90'599</td> </tr> <tr> <td>Fy_{tot}</td> <td>[kN]</td> <td>8'043</td> </tr> <tr> <td>Mx_{tot}</td> <td>[kNm]</td> <td>122'374</td> </tr> <tr> <td>Fx_{tot}</td> <td>[kN]</td> <td>8'043</td> </tr> <tr> <td>My_{tot}</td> <td>[kNm]</td> <td>95'509</td> </tr> </table>								p.p.fond. + p.p.ter. (k)	[kN]	0	p.p.fond. + p.p.ter. (d)	[kN]	0	N _{tot}	[kN]	90'599	Fy _{tot}	[kN]	8'043	Mx _{tot}	[kNm]	122'374	Fx _{tot}	[kN]	8'043	My _{tot}	[kNm]	95'509																																																														
p.p.fond. + p.p.ter. (k)	[kN]	0																																																																																										
p.p.fond. + p.p.ter. (d)	[kN]	0																																																																																										
N _{tot}	[kN]	90'599																																																																																										
Fy _{tot}	[kN]	8'043																																																																																										
Mx _{tot}	[kNm]	122'374																																																																																										
Fx _{tot}	[kN]	8'043																																																																																										
My _{tot}	[kNm]	95'509																																																																																										
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE		<table style="width:100%; font-size: 0.8em;"> <tr> <td>N_{tot}</td> <td>[kN]</td> <td>90'599</td> </tr> <tr> <td>Fy_{tot}</td> <td>[kN]</td> <td>8'043</td> </tr> <tr> <td>Mx_{tot}</td> <td>[kNm]</td> <td>128808.4</td> </tr> <tr> <td>Fx_{tot}</td> <td>[kN]</td> <td>8'043</td> </tr> <tr> <td>My_{tot}</td> <td>[kNm]</td> <td>101943.4</td> </tr> <tr> <td>ex = Mx / N_{tot} (lungo lato B)</td> <td></td> <td>1.42</td> </tr> <tr> <td>REAGENTE</td> <td></td> <td>2.63</td> </tr> <tr> <td>ey = My / N_{tot} (lungo lato L)</td> <td></td> <td>1.13</td> </tr> <tr> <td>REAGENTE</td> <td></td> <td>10.65</td> </tr> </table>								N _{tot}	[kN]	90'599	Fy _{tot}	[kN]	8'043	Mx _{tot}	[kNm]	128808.4	Fx _{tot}	[kN]	8'043	My _{tot}	[kNm]	101943.4	ex = Mx / N _{tot} (lungo lato B)		1.42	REAGENTE		2.63	ey = My / N _{tot} (lungo lato L)		1.13	REAGENTE		10.65																																																								
N _{tot}	[kN]	90'599																																																																																										
Fy _{tot}	[kN]	8'043																																																																																										
Mx _{tot}	[kNm]	128808.4																																																																																										
Fx _{tot}	[kN]	8'043																																																																																										
My _{tot}	[kNm]	101943.4																																																																																										
ex = Mx / N _{tot} (lungo lato B)		1.42																																																																																										
REAGENTE		2.63																																																																																										
ey = My / N _{tot} (lungo lato L)		1.13																																																																																										
REAGENTE		10.65																																																																																										
		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>CARICHI CARATTERISTICI</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.7em;"> <thead> <tr style="background-color: #FFFF00;"> <th></th> <th>Gk</th> <th>Qk</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>N [kN]</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fy [kN]</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>Mx [kNm]</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fx [kN]</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>My [kNm]</td><td>0</td><td>0</td></tr> </tbody> </table> </div> <div style="width: 45%;"> <p>CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd) INSERIRE CARICHI!!!</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.7em;"> <thead> <tr style="background-color: #FFFF00;"> <th></th> <th>Gd + Qd</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>N [kN]</td><td>90'599</td></tr> <tr><td>Fy [kN]</td><td>8'043</td></tr> <tr><td>Mx [kNm]</td><td>122'374</td></tr> <tr><td>Fx [kN]</td><td>8'043</td></tr> <tr><td>My [kNm]</td><td>95'509</td></tr> </tbody> </table> </div> </div>									Gk	Qk	N [kN]	0	0	Fy [kN]	0	0	Mx [kNm]	0	0	Fx [kN]	0	0	My [kNm]	0	0		Gd + Qd	N [kN]	90'599	Fy [kN]	8'043	Mx [kNm]	122'374	Fx [kN]	8'043	My [kNm]	95'509																																																					
	Gk	Qk																																																																																										
N [kN]	0	0																																																																																										
Fy [kN]	0	0																																																																																										
Mx [kNm]	0	0																																																																																										
Fx [kN]	0	0																																																																																										
My [kNm]	0	0																																																																																										
	Gd + Qd																																																																																											
N [kN]	90'599																																																																																											
Fy [kN]	8'043																																																																																											
Mx [kNm]	122'374																																																																																											
Fx [kN]	8'043																																																																																											
My [kNm]	95'509																																																																																											
		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>TENSIONE VERT. LUNGO LATO "B"</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>TENSIONE VERT. LUNGO LATO "L"</p> </div> </div>																																																																																										
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE																																																																																												
PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI		<table style="width:100%; font-size: 0.8em;"> <tr><td>φ_{req} (angolo di attrito)</td><td>[°]</td><td>27</td></tr> <tr><td>c'_{req} (coesione apparente)</td><td>[kPa]</td><td>5</td></tr> <tr><td>Cu_{req} (coesione non drenata)</td><td>[kPa]</td><td>0</td></tr> </table>								φ _{req} (angolo di attrito)	[°]	27	c' _{req} (coesione apparente)	[kPa]	5	Cu _{req} (coesione non drenata)	[kPa]	0																																																																										
φ _{req} (angolo di attrito)	[°]	27																																																																																										
c' _{req} (coesione apparente)	[kPa]	5																																																																																										
Cu _{req} (coesione non drenata)	[kPa]	0																																																																																										
PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO		<table style="width:100%; font-size: 0.8em;"> <tr><td>φ_d (angolo di attrito)</td><td>[°]</td><td>27</td></tr> <tr><td>c'_d (coesione apparente)</td><td>[kPa]</td><td>5</td></tr> <tr><td>Cu_d (coesione non drenata)</td><td>[kPa]</td><td>0</td></tr> </table>								φ _d (angolo di attrito)	[°]	27	c' _d (coesione apparente)	[kPa]	5	Cu _d (coesione non drenata)	[kPa]	0																																																																										
φ _d (angolo di attrito)	[°]	27																																																																																										
c' _d (coesione apparente)	[kPa]	5																																																																																										
Cu _d (coesione non drenata)	[kPa]	0																																																																																										
FATTORI CAPACITA' PORTANTE		<table style="width:100%; font-size: 0.8em;"> <tr><td>Nc PRANDTL (1921)</td><td></td><td>23.96</td></tr> <tr><td>Nq PRANDTL (1921)</td><td></td><td>13.21</td></tr> <tr><td>Nγ</td><td></td><td>9.34</td></tr> </table>								Nc PRANDTL (1921)		23.96	Nq PRANDTL (1921)		13.21	Nγ		9.34																																																																										
Nc PRANDTL (1921)		23.96																																																																																										
Nq PRANDTL (1921)		13.21																																																																																										
Nγ		9.34																																																																																										
FATTORI CORRETTIVI		<table style="width:100%; font-size: 0.8em;"> <tr> <td>Fattori di forma</td> <td>BRINCH - HANSEN</td> <td>⇒</td> <td>Sc</td> <td>1.12</td> <td>Sq</td> <td>1.11</td> <td>Sy</td> <td>0.92</td> </tr> <tr> <td>Fattori inclinazione carico</td> <td>BRINCH - HANSEN</td> <td>⇒</td> <td>Ic</td> <td>0.78</td> <td>Iq</td> <td>0.80</td> <td>Iy</td> <td>0.73</td> </tr> <tr> <td>Fattori di approfondimento</td> <td>BRINCH - HANSEN</td> <td>⇒</td> <td>Dc</td> <td>1.02</td> <td>Dq</td> <td>1.03</td> <td>Dy</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>Fattori inclinazione fondazione</td> <td>BRINCH - HANSEN</td> <td>⇒</td> <td>Bc</td> <td>1.00</td> <td>Bq</td> <td>1.00</td> <td>By</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>Fattori inclinazione p.c.</td> <td>BRINCH - HANSEN</td> <td>⇒</td> <td>Gc</td> <td>1.00</td> <td>Gq</td> <td>1.00</td> <td>Gy</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>Fattori sismici</td> <td>PAOLUCCI E PECKER</td> <td>⇒</td> <td>Zc</td> <td>0.93</td> <td>Zq</td> <td>0.82</td> <td>Zy</td> <td>0.82</td> </tr> <tr> <td>Fattori di punzonamento</td> <td>VESIC</td> <td>⇒</td> <td>ψc</td> <td>0.72</td> <td>ψq</td> <td>0.76</td> <td>ψy</td> <td>0.76</td> </tr> </table>								Fattori di forma	BRINCH - HANSEN	⇒	Sc	1.12	Sq	1.11	Sy	0.92	Fattori inclinazione carico	BRINCH - HANSEN	⇒	Ic	0.78	Iq	0.80	Iy	0.73	Fattori di approfondimento	BRINCH - HANSEN	⇒	Dc	1.02	Dq	1.03	Dy	1.00	Fattori inclinazione fondazione	BRINCH - HANSEN	⇒	Bc	1.00	Bq	1.00	By	1.00	Fattori inclinazione p.c.	BRINCH - HANSEN	⇒	Gc	1.00	Gq	1.00	Gy	1.00	Fattori sismici	PAOLUCCI E PECKER	⇒	Zc	0.93	Zq	0.82	Zy	0.82	Fattori di punzonamento	VESIC	⇒	ψc	0.72	ψq	0.76	ψy	0.76																				
Fattori di forma	BRINCH - HANSEN	⇒	Sc	1.12	Sq	1.11	Sy	0.92																																																																																				
Fattori inclinazione carico	BRINCH - HANSEN	⇒	Ic	0.78	Iq	0.80	Iy	0.73																																																																																				
Fattori di approfondimento	BRINCH - HANSEN	⇒	Dc	1.02	Dq	1.03	Dy	1.00																																																																																				
Fattori inclinazione fondazione	BRINCH - HANSEN	⇒	Bc	1.00	Bq	1.00	By	1.00																																																																																				
Fattori inclinazione p.c.	BRINCH - HANSEN	⇒	Gc	1.00	Gq	1.00	Gy	1.00																																																																																				
Fattori sismici	PAOLUCCI E PECKER	⇒	Zc	0.93	Zq	0.82	Zy	0.82																																																																																				
Fattori di punzonamento	VESIC	⇒	ψc	0.72	ψq	0.76	ψy	0.76																																																																																				
TIPO DI FONDAZIONE		1 P																																																																																										
TIPO DI VERIFICA		1 DRENATA																																																																																										
CALCOLO DI N_γ		2 BRINCH - HANSEN																																																																																										
FATTORI CORRETTIVI		2 BRINCH - HANSEN																																																																																										
DIREZIONE DI CALCOLO		1 B																																																																																										
FATTORI SISMICI		1 SI																																																																																										
PUNZONAMENTO																																																																																												
Ir (indice di rigidità)		47 ⇒ Fattori punzonamento < 1																																																																																										
Icr (indice critico)		91																																																																																										
FORMULA GENERALE:		$q_{ult} = c N_{sc} i_c d_c b_c g_c z_c \psi_c + q N_{sq} i_q d_q b_q g_q z_q \psi_q + \frac{1}{2} B \gamma N_{s\gamma} i_\gamma d_\gamma b_\gamma g_\gamma z_\gamma \psi_\gamma$																																																																																										
(A) Componente per coesione - Nc [kPa]		72		q_{ult} (A+B+C)		625 kPa																																																																																						
(B) Componente per sovracc. - Nq [kPa]		101		q_d (q_{ult}/FS)		272 kPa																																																																																						
(C) Componente per attrito - Nγ [kPa]		451		q_{ult} (q_{ult} x B' x L')		498'971 kN																																																																																						
				q_d (q_{ult}/FS)		216'944 kN																																																																																						
q_d (q_{ult}/FS)		= 272 kPa		> q_{lmax} = 138 kPa		VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA																																																																																						
τ_d (τ_{ult}/FS)		= 42 kPa		> τ_{lmax} = 11 kPa		VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA																																																																																						

19.1.2. Calcolo cedimenti (SLE)

Al fine di verificare la compatibilità dei cedimenti con i requisiti prestazionali della struttura in elevazione si è implementato un modello di calcolo con il software Groupile. Di seguito si riportano i parametri utilizzati e i risultati di calcolo.

Layer	Soil Type	Depth for Top of Soil Layer (m)	Depth for Bottom of Soil Layer (m)	Properties of Layer
1	Sand (Reese)	0	7	1: Sand (Reese, et al.)
2	Sand (Reese)	7	14	2: Sand (Reese, et al.)
3	Sand (Reese)	14	35	3: Sand (Reese, et al.)

Buttons: Add Row, Insert Row, Delete Row

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m³)	Friction Angle (DEG.)	p-y Modulus, k (kN/m³)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m²)
1	17	22	1100	0	0
2	17	22	1100	0	0

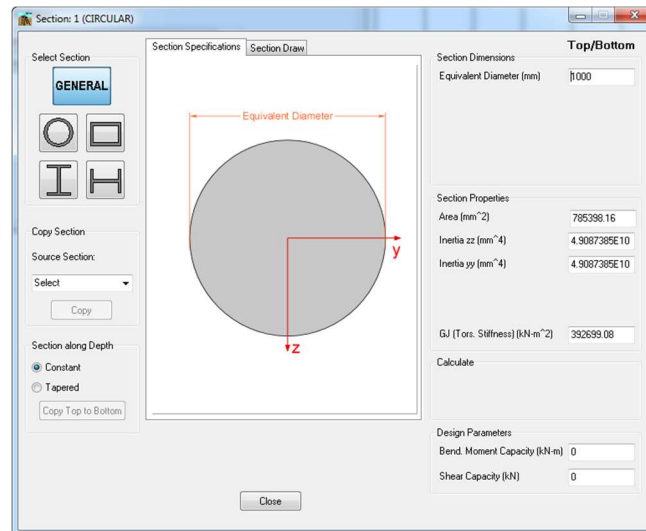
A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.
p-y Modulus, k:
- Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate value for p-y Modulus, k, if zero input value is entered.
Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:
- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m³)	Friction Angle (DEG.)	p-y Modulus, k (kN/m³)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m²)
1	18	32	5000	0	0
2	18	32	5000	0	0

A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.
p-y Modulus, k:
- Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate value for p-y Modulus, k, if zero input value is entered.
Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:
- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.

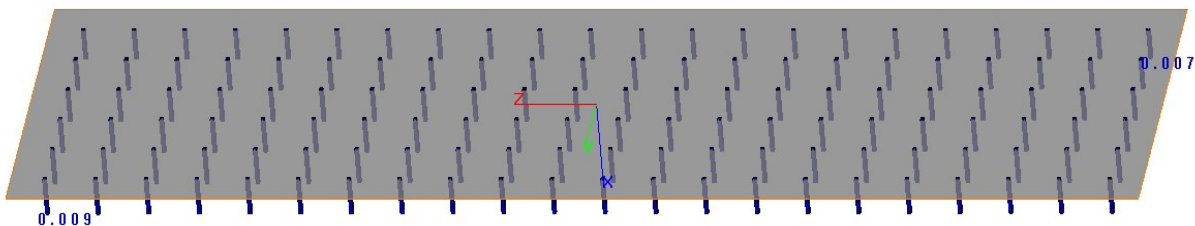
1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m³)	Friction Angle (DEG.)	p-y Modulus, k (kN/m³)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m²)
1	18	35	18000	0	0
2	18	35	18000	0	0

A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.
p-y Modulus, k:
- Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate value for p-y Modulus, k, if zero input value is entered.
Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:
- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.



Dalle analisi effettuate, considerando i carichi in combinazione SLE (rara), si ottiene un cedimento verticale di circa **7-9 mm**.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti.



La stima della costante elastica K da assumere nella modellazione strutturale viene effettuata considerando i risultati del modello Group Pile e "l'effetto gruppo" che il programma non tiene in conto.

Applicando le formule di Mandolini et al. (1997), che hanno analizzato i dati relativi a 43 palificate in vera grandezza comprendenti terreni e colonne di varia natura, si determina per un carico medio di circa 99 kPa un cedimento medio atteso della palificata di circa **3.4 cm** nel caso si considerassero n.132 colonne disposte secondo una maglia quadrata di lato 3x3m.

$$W_{\text{totale}} = 0.3 \times n \times W_{\text{colonna}} \times R^{-1.2}$$

dove:

W_{totale} = cedimento medio atteso complessivo

n = numero di colonne

$W_{colonna}$ = cedimento singola colonna

$R = (nxs/L)^{0.5}$

s = interasse colonne

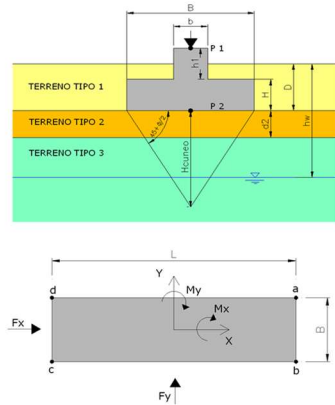
L = lunghezza colonne

Il valore del modulo K vale pertanto:

$k = 0.99 \text{ [kg/cm}^2\text{]} / 3.4\text{[cm]} = 0.29 \text{ kg/cm}^3$

19.2. Edifici dim. 87.75x15.8

19.2.1. Verifiche capacità portante (SLU)

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONI SUPERFICIALI			
PROGETTO		Cecchignola	
LIVELLO DI PROGETTAZIONE		Progetto esecutivo	
J.N.		1014	
DATA		16.01.2015	
DESCRIZIONE		Platea di fondazione edificio lungo - Moduli A, D, E, F	
GEOMETRIA FONDAZIONE			
TIPO DI FONDAZIONE :		1 P	
(1) Plinto / Platea			
(2) Trave			
L (lato maggiore fondazione)	87.75	m	
B (lato minore fondazione)	15.8	m	
H (altezza fondazione)	0.8	m	
I (lato maggiore dado)	0	m	
b (lato minore dado)	0	m	
h1 (altezza dado)	0	m	
D (altezza terreno stabilizzante)	0.8	m	
γ_{tot} (peso specifico fondazione)	0	kN/mc	
γ_{terr} (peso spec. terreno sopra fond.)	0	kN/mc	
α (angolo inclinazione fondazione>0)	0	°	
β (angolo inclinazione pendio>0)	0	°	
a_g/g (accelerazione sismica orizz.)	0.154		
S (coeff. stratigrafico)	1.461		
Punto Applicazione forze esterne		1	
(1) Forze applicate a quota H+h1 - P1			
(2) Forze applicate a quota fondo scavo - P2			
Braccio Forze esterne	0.8	m	
Volume cls fondazione	1109	mc	
P.P.1. peso proprio fondazione (k)	0	kN	
P.P.2. peso proprio terreno sopra fondazione (k)	0	kN	
P.P.1 + P.P.2	0	kN	
PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DEL TERRENO			
QUOTA FALDA DA P.C.		20 m	
hw (quota falda da p.c. >0)			
TERRENO TIPO 1			
γ_{k1} (peso specifico naturale terreno)	17	kN/mc	
TERRENO TIPO 2			
d_2 (spessore strato)	100	m	
ϕ'_{k2} (angolo di attrito)	27	°	
c'_{k2} (coesione efficace)	5	kPa	
$c_{u,k2}$ (coesione non drenata)	0	kPa	
γ_{k2} (peso specifico naturale)	118	kN/mc	
G (modulo di elasticità trasversale)	4000	kPa	
TERRENO TIPO 3			
ϕ'_{k3} (angolo di attrito)	0	°	
c'_{k3} (coesione efficace)	0	kPa	
$c_{u,k3}$ (coesione non drenata)	0	kPa	
γ_{k3} (peso specifico naturale)	0	kN/mc	
G (modulo di elasticità trasversale)	0	kPa	
SEZIONE FONDAZIONE			
			
TERRENO EQUIVALENTE DA MEDIA PESATA			
H_{uniso}	12.9	m	
$\phi'_{k,eq}$	27	°	
$c'_{k,eq}$	5	kPa	
$c_{u,k,eq}$	0	kPa	
$\gamma_{k,eq}$	118	kN/mc	
G	4000	kPa	
TIPO DI VERIFICA			
TIPO DI VERIFICA		1 DRENATA	
(1) Drenata			
(2) Non Drenata			
FORMULA PER IL CALCOLO DI N_{γ}		2 BRINCH - HANSEN	
(1) Meyerhof (1963)			
(2) Brinch - Hansen (1970)			
(3) Vesic (1975)			
(4) Spangler - Handy (1982)			
FATTORI CORRETTIVI		2 BRINCH - HANSEN	
(1) Meyerhof (1963)			
(2) Brinch - Hansen (1970)			
(3) Vesic (1970)			
FATTORI SISMICI		1 SI	
(1) SI			
(2) NO			
VERIFICA IN DIREZIONE		1 B	
(1) Y (Momento Mxx e forza FY // B)			
(2) X (Momento Myy e forza FX // L)			
VERIFICA DRENATA: PRESSIONE EFFICACE			
$\phi'_{k,eq}$	27	°	
$c'_{k,eq}$	5	kPa	
$c_{u,k,eq}$	0	kPa	
$D \cdot \gamma$	13.6	kPa	contributo peso stabilizzante
γ	118.0	kN/mc	contributo forze di attrito
RIEPILOGO VERIFICHE:			
(1) D.M. 14/01/2008			
	qd (kPa)	qmax (kPa)	verifica
(1) SLE - RARA	881	109	SI
(4) A1+M1+R3	1136	143	SI
(5) SISMA	634	138	SI
N.B. Nelle verifiche non drenate utilizzare i coeff. di Brinch - Hansen			

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)																																
PROGETTO		Cecchignola																														
LIVELLO DI PROGETTAZIONE		Progetto esecutivo																														
J.N.		1014																														
DATA		16.01.2015																														
DESCRIZIONE		Platea di fondazione edificio lungo - Moduli A, D, E, F																														
NORMATIVA		(1) D.M. 14/01/2008																														
COMBINAZIONE		(4) A1+M1+R3 OK																														
COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO																																
NORMATIVA DI RIFERIMENTO		1		D.M.14/01/2008		<ul style="list-style-type: none"> • (1) SLE - RARA • (2) A1+M1+R1 • (3) A2+M2+R2 • X (4) A1+M1+R3 • (5) SISMA 		Metodo TA D.M.11/03/1988																								
(1) D.M. 14/01/2008								Approccio 1 comb. 1																								
(2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)								Approccio 1 comb. 2																								
								Approccio 2																								
COMBINAZIONE		4		EC7		<ul style="list-style-type: none"> • (11) A1+M1+R1 • (12) A2+M2+R1 • (13) A1+M1+R2 • (14) A1+M2+R3 • (15) SISMA 		Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 3																								
D.M.14/01/2008																																
Tipo di carico	SLE	A1	A2	SISMA	EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)																											
Pesi propri	1.3	1	1.3	1	1	A1	A2	SISMA																								
Permanenti strutturali	1.3	1	1.3	1	1	1	1	1	1																							
Permanenti non strutturali	1.5	1	1.5	1.3	1	1	1	1	1																							
Variabili	1.5	1	1.5	1.3	1	1	1.5	1.3	1																							
Parametri terreno																																
$\tan \phi$ (angolo di attrito)	1	SLE	M1	M2	SISMA	M1	M2	SISMA																								
c' (coesione apparente)	1	1	1	1.25	1	1	1.25	1.25	1.25																							
c_u (resistenza non drenata)	1	1	1	1.4	1	1	1.4	1.4	1.4																							
Resistenze																																
Capacità portante	2.3	SLE	R1	R2	R3	SISMA	R1	R2	R3																							
Scorrimento	1.1	1.5	1	1.1	1.1	1.1	1	1.1	1																							
CARICHI DI PROGETTO																																
INSERIMENTO CARICHI		2		CARICHI CARATTERISTICI			CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd)																									
(1) CARICHI CARATTERISTICI				1			2																									
(2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO							INSERIRE CARICHI!!!																									
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO				<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr><th>Gk</th><th>Qk</th></tr> <tr><td>N [kN]</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fy [kN]</td><td>0</td></tr> <tr><td>Mx [kNm]</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fx [kNm]</td><td>0</td></tr> <tr><td>My [kNm]</td><td>0</td></tr> </table>			Gk	Qk	N [kN]	0	Fy [kN]	0	Mx [kNm]	0	Fx [kNm]	0	My [kNm]	0	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr><th>Gd + Qd</th></tr> <tr><td>N [kN]</td><td>179'851</td></tr> <tr><td>Fy [kN]</td><td>4'038</td></tr> <tr><td>Mx [kNm]</td><td>45'200</td></tr> <tr><td>Fx [kNm]</td><td>707</td></tr> <tr><td>My [kNm]</td><td>11'077</td></tr> </table>			Gd + Qd	N [kN]	179'851	Fy [kN]	4'038	Mx [kNm]	45'200	Fx [kNm]	707	My [kNm]	11'077
Gk	Qk																															
N [kN]	0																															
Fy [kN]	0																															
Mx [kNm]	0																															
Fx [kNm]	0																															
My [kNm]	0																															
Gd + Qd																																
N [kN]	179'851																															
Fy [kN]	4'038																															
Mx [kNm]	45'200																															
Fx [kNm]	707																															
My [kNm]	11'077																															
p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN]		0																														
p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN]		0																														
N_d [kN]		179'851																														
$F_{y,d}$ [kN]		4'038																														
$M_{x,d}$ [kNm]		45'200																														
$F_{x,d}$ [kN]		707																														
$M_{y,d}$ [kNm]		11'077																														
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE																																
N_{tot} [kN]		179'851																														
$F_{y,tot}$ [kN]		4'038																														
$M_{x,tot}$ [kNm]		48430.4																														
$F_{x,tot}$ [kN]		707																														
$M_{y,tot}$ [kNm]		11642.6																														
$ex = M_x / N_{tot}$ (lungo lato B)		0.27																														
$ey = M_y / N_{tot}$ (lungo lato L)		0.06																														
REAGENTE		2.63																														
REAGENTE		14.63																														
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE																																
PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI				TIPO DI FONDAZIONE			1 P																									
$\phi_{k,eq}$ (angolo di attrito) [°]		27		TIPO DI VERIFICA			1 DRENATA																									
$c'_{k,eq}$ (coesione apparente) [kPa]		5		CALCOLO DI N_f			2 BRINCH - HANSEN																									
$c_{u,k,eq}$ (coesione non drenata) [kPa]		0		FATTORI CORRETTIVI			2 BRINCH - HANSEN																									
				DIREZIONE DI CALCOLO			1 B																									
				FATTORI SISMICI			1 SI																									
PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO				PUNZONAMENTO																												
ϕ_d (angolo di attrito) [°]		27		I_r (indice di rigidità)			8																									
c'_d (coesione apparente) [kPa]		5		I_{cr} (indice critico)			96																									
$c_{u,d}$ (coesione non drenata) [kPa]		0		FORMULA GENERALE:			Fattori punzonamento < 1																									
FATTORI CAPACITA' PORTANTE				$q_{ult} = c N_{s,i,c,d,b,g,z_c} \Psi_c + q N_{s,i,q,d,b,g,z_q} \Psi_q + \frac{1}{2} B \gamma N_{s,i,d,b,g,z_\gamma} \Psi_\gamma$																												
N_c PRANDTL (1921)		23.96																														
N_q PRANDTL (1921)		13.21																														
N_γ		9.34																														
FATTORI CORRETTIVI																																
Fattori di forma		BRINCH - HANSEN		\Rightarrow		S_c		1.10																								
Fattori inclinazione carico		BRINCH - HANSEN		\Rightarrow		I_c		0.94																								
Fattori di approfondimento		BRINCH - HANSEN		\Rightarrow		D_c		1.02																								
Fattori inclinazione fondazione		BRINCH - HANSEN		\Rightarrow		B_c		1.00																								
Fattori inclinazione p.c.		BRINCH - HANSEN		\Rightarrow		G_c		1.00																								
Fattori sismici		PAOLUCCI E PECKER		\Rightarrow		Z_c		1.00																								
Fattori di punzonamento		VESIC		\Rightarrow		Ψ_c		0.25																								
				\Rightarrow		Ψ_q		0.35																								
				\Rightarrow		Ψ_γ		0.35																								
(A) Componente per coesione - N_c [kPa]		32		$q_{ult} (A+B+C)$		2'614		kPa																								
(B) Componente per sovracc. - N_q [kPa]		66		$q_d (q_{ult}/FS)$		1'136		kPa																								
(C) Componente per attrito - N_γ [kPa]		2'516		$Q_{ult} (q_{ult} \times B' \times L')$		3'495'340		kN																								
				$Q_d (Q_{ult}/FS)$		1'519'713		kN																								
$q_d (q_{ult}/FS)$		=		1'136		kPa		> $q_{max} = 143$ kPa																								
$\tau_d (\tau_{ult}/FS)$		=		60		kPa		> $\tau_{max} = 3$ kPa																								
VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA																																
VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA																																

Per confronto si riportano anche le verifiche eseguite allo SLE e allo SLV.

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)									
PROGETTO		Cecchignola		(1) SLE - RARA					
LIVELLO DI PROGETTAZIONE		Progetto esecutivo							
J.N.		1014							
DATA		16.01.2015							
DESCRIZIONE		Platea di fondazione edificio lungo - Moduli A, D, E, F							
NORMATIVA		(1) D.M. 14/01/2008							
COMBINAZIONE		(1) SLE - RARA		OK					
COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO									
NORMATIVA DI RIFERIMENTO		1		D.M.14/01/2008		X		(1) SLE - RARA	
(1) D.M. 14/01/2008						.		(2) A1+M1+R1	
(2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)						.		(3) A2+M2+R2	
						.		(4) A1+M1+R3	
						.		(5) SISMA	
COMBINAZIONE		1		EC7		.		(11) A1+M1+R1	
						.		(12) A2+M2+R1	
						.		(13) A1+M1+R2	
						.		(14) A1+M2+R3	
						.		(15) SISMA	
D.M.14/01/2008									
EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)									
Tipo di carico		SLE		A1		A2		SISMA	
Pesi propri		1		1.3		1		1	
Permanenti strutturali		1		1.3		1		1	
Permanenti non strutturali		1		1.5		1.3		1	
Variabili		1		1.5		1.3		1	
Parametri terreno		SLE		M1		M2		SISMA	
tan ϕ (angolo di attrito)		1		1		1.25		1	
c' (coesione apparente)		1		1		1.25		1	
Cu (resistenza non drenata)		1		1		1.4		1	
Resistenze		SLE		R1		R2		R3	
Capacità portante		3		1		1.8		2.3	
Scorrimento		1.5		1		1.1		1.1	
CARICHI DI PROGETTO									
INSERIMENTO CARICHI		2		CARICHI CARATTERISTICI		CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd)			
(1) CARICHI CARATTERISTICI				1		2			
(2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO									
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO									
p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN]		0							
p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN]		0							
N _d [kN]		137'014							
F _{y,d} [kN]		2'693							
M _{x,d} [kNm]		33'300							
F _{x,d} [kN]		472							
M _{y,d} [kNm]		21'000							
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE									
N _{tot} [kN]		137'014							
F _{y,tot} [kN]		2'693							
M _{x,tot} [kNm]		35454.4							
F _{x,tot} [kN]		472							
M _{y,tot} [kNm]		21377.6							
ex = M _x / N _{tot} (lungo lato B)		0.26							
REAGENTE		2.63							
ey = M _y / N _{tot} (lungo lato L)		0.16							
REAGENTE		14.63							
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE									
PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI									
$\phi_{k,eq}$ (angolo di attrito) [°]		27							
c' k_{eq} (coesione apparente) [kPa]		5							
C _{u, k,eq} (coesione non drenata) [kPa]		0							
PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO									
ϕ_d (angolo di attrito) [°]		27							
c' k_d (coesione apparente) [kPa]		5							
C _{u, d} (coesione non drenata) [kPa]		0							
FATTORI CAPACITA' PORTANTE									
N _c PRANDTL (1921)		23.96							
N _q PRANDTL (1921)		13.21							
N _{\gamma}		9.34							
FATTORI CORRETTIVI									
Fattori di forma		BRINCH - HANSEN		⇒		Sc		1.10	
Fattori inclinazione carico		BRINCH - HANSEN		⇒		Ic		0.95	
Fattori di approfondimento		BRINCH - HANSEN		⇒		Dc		1.02	
Fattori inclinazione fondazione		BRINCH - HANSEN		⇒		Bc		1.00	
Fattori inclinazione p.c.		BRINCH - HANSEN		⇒		Gc		1.00	
Fattori sismici		PAOLUCCI E PECKER		⇒		Zc		1.00	
Fattori di punzonamento		VESIC		⇒		Yc		0.25	
						Sq		1.09	
						Iq		0.95	
						Dq		1.03	
						Bq		1.00	
						Gq		1.00	
						Zq		1.00	
						Yq		0.35	
(A) Componente per coesione - N _c [kPa]		32				q _{ult} (A+B+C)		2'643 kPa	
(B) Componente per sovracc. - N _q [kPa]		67				q _d (q _{ult} /FS)		881 kPa	
(C) Componente per attrito - N _{\gamma} [kPa]		2'544				Q _{ult} (q _{ult} x B' x L')		3'531'789 kN	
						Q _d (Q _{ult} /FS)		1'177'263 kN	
Q_d (q_{ult}/FS)		=		881 kPa		>		Q_{max} = 109 kPa	
τ_d (τ_{ult}/FS)		=		34 kPa		>		τ_{max} = 2 kPa	
VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA									
VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA									

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)

PROGETTO
LIVELLO DI PROGETTAZIONE
J.N.
DATA
DESCRIZIONE
NORMATIVA
COMBINAZIONE

Cecchignola
Progetto esecutivo
1014
16.01.2015
Platea di fondazione edificio lungo - Moduli A, D, E, F
(1) D.M. 14/01/2008
(5) SISMA

(5) SISMA

1

}

D.M.14/01/2008

{

• (1) SLE - RARA

• (2) A1+M1+R1

• (3) A2+M2+R2

• (4) A1+M1+R3

• (5) SISMA

}

Metodo TA D.M.11/03/1988

5

}

EC7

{

• (11) A1+M1+R1

• (12) A2+M2+R1

• (13) A1+M1+R2

• (14) A1+M2+R3

• (15) SISMA

}

Approccio 1 comb. 1

Approccio 1 comb. 2

Approccio 2

Approccio 3

COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO

NORMATIVA DI RIFERIMENTO
(1) D.M. 14/01/2008
(2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)

COMBINAZIONE

Tipo di carico

	SLE	A1	A2	SISMA
Resi propri	1	1	1	1
Permanenti strutturali	1	1	1	1
Permanenti non strutturali	1	1	1	1
Variabili	1	1	1	1

EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)

	A1	A2	SISMA
Resi propri	1	1	1
Permanenti strutturali	1	1	1
Permanenti non strutturali	1	1	1
Variabili	1	1	1

Parametri terreno

	SLE	M1	M2	SISMA
tan δ (angolo di attrito)	1	1	1	1
c' (coesione apparente)	1	1	1	1
Cu (resistenza non drenata)	1	1	1	1

EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)

	M1	M2	SISMA
tan δ (angolo di attrito)	1	1	1
c' (coesione apparente)	1	1	1
Cu (resistenza non drenata)	1	1	1

Resistenze

	SLE	R1	R2	R3	SISMA
Capacità portante	2.3	3	1.8	2.3	2.3
Scorrimento	1.1	1.5	1	1.1	1.1

EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)

	R1	R2	R3	SISMA
Capacità portante	1	1.4	1	1
Scorrimento	1	1.1	1	1

CARICHI DI PROGETTO

INSERIMENTO CARICHI
(1) CARICHI CARATTERISTICI
(2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO

1 CARICHI CARATTERISTICI

	Gk	Qk
N [kN]	0	0
Fy [kN]	0	0
Mx [kNm]	0	0
Fx [kNm]	0	0
My [kNm]	0	0

2 CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd)

INSERIRE CARICHI!!!

	Gd + Qd
N [kN]	124'414
Fy [kN]	11'045
Mx [kNm]	168'049
Fx [kNm]	8'048
My [kNm]	131'157

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

p.p.fond. + p.p.ter. (kN)	0
p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN]	0
N _d [kN]	124'414
Fy _d [kN]	11'045
Mx _d [kNm]	168'049
Fx _d [kN]	8'048
My _d [kNm]	131'157

TENSIONE VERT. LUNGO LATO "B"

TENSIONE VERT. LUNGO LATO "L"

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE

N _{tot} [kN]	124'414
Fy _{tot</}	

19.2.2. Calcolo cedimenti (SLE)

Al fine di verificare la compatibilità dei cedimenti con i requisiti prestazionali della struttura in elevazione si è implementato un modello di calcolo con il software Groupile. Di seguito si riportano i parametri utilizzati e i risultati di calcolo.

Layer	Soil Type	Depth for Top of Soil Layer (m)	Depth for Bottom of Soil Layer (m)	Properties of Layer
1	Sand (Reese)	0	7	1: Sand (Reese, et al.)
2	Sand (Reese)	7	14	2: Sand (Reese, et al.)
3	Sand (Reese)	14	35	3: Sand (Reese, et al.)

Buttons: Add Row, Insert Row, Delete Row

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m ³)	Friction Angle (DEG.)	p-y Modulus, k (kN/m ³)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m ²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m ²)
1	17	22	1100	0	0
2	17	22	1100	0	0

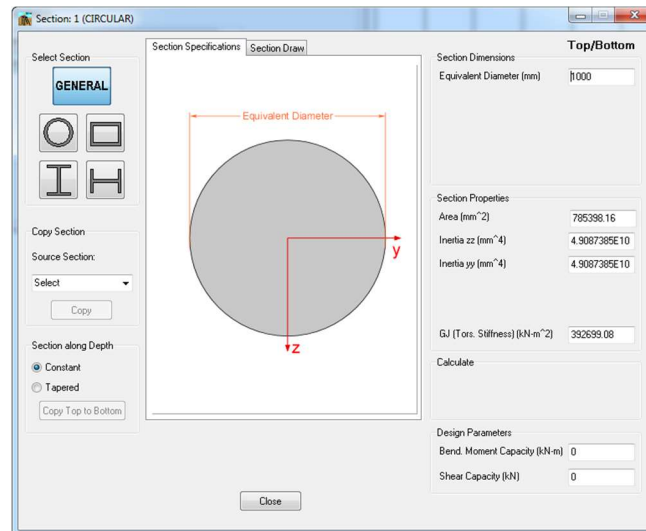
A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.
p-y Modulus, k:
- Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate value for p-y Modulus, k, if zero input value is entered.
Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:
- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m ³)	Friction Angle (DEG.)	p-y Modulus, k (kN/m ³)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m ²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m ²)
1	18	32	5000	0	0
2	18	32	5000	0	0

A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.
p-y Modulus, k:
- Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate value for p-y Modulus, k, if zero input value is entered.
Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:
- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.

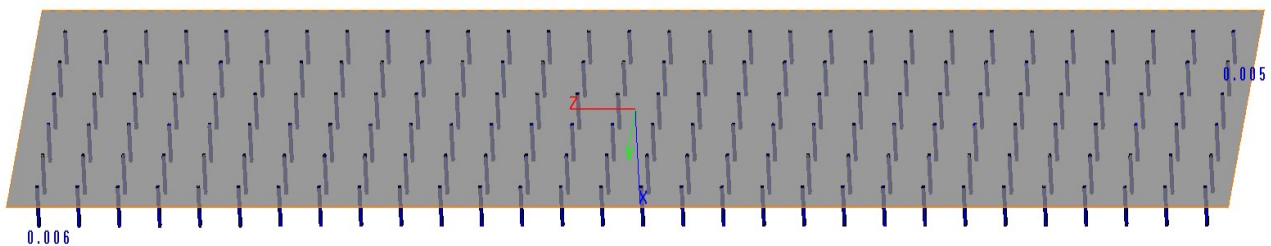
1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m ³)	Friction Angle (DEG.)	p-y Modulus, k (kN/m ³)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m ²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m ²)
1	18	35	18000	0	0
2	18	35	18000	0	0

A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.
p-y Modulus, k:
- Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate value for p-y Modulus, k, if zero input value is entered.
Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:
- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.



Dalle analisi effettuate, considerando i carichi in combinazione SLE (rara), si ottiene un cedimento verticale di circa **5-6 mm**.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti.



La stima della costante elastica K da assumere nella modellazione strutturale viene effettuata considerando i risultati del modello Group Pile e "l'effetto gruppo" che il programma non in tiene conto.

Applicando le formule di Mandolini et al. (1997), che hanno analizzato i dati relativi a 43 palificate in vera grandezza comprendenti terreni e colonne di varia natura, si determina per un carico medio di circa 99 kPa un cedimento medio atteso della palificata di circa **2.7 cm** nel caso si considerassero n.132 colonne disposte secondo una maglia quadrata di lato 3x3m.

$$W_{totale} = 0.3 \times n \times W_{colonna} \times R^{-1.2}$$

dove:

W_{totale} = cedimento medio atteso complessivo

n = numero di colonne

$W_{colonna}$ = cedimento singola colonna

$$R = (nxs/L)^{0.5}$$

s = interasse colonne

L = lunghezza colonne

Il valore del modulo K vale pertanto:

$$k = 0.99 \text{ [kg/cm}^2\text{]} / 2.7\text{[cm]} = 0.365 \text{ kg/cm}^3$$

20. MODULI G, H

20.1. Verifiche capacità portante (SLU)

Ultimo aggiornamento 27/06/2013

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONI SUPERFICIALI

PROGETTO Cecchignola
LIVELLO DI PROGETTAZIONE Progetto esecutivo
J.N. 1014
DATA 16.01.2015
DESCRIZIONE Platea di fondazione Moduli G, H

GEOMETRIA FONDAZIONE

TIPO DI FONDAZIONE : 1 **P**
(1) Plinto / Platea
(2) Trave

L (lato maggiore fondazione) 59.47 m
B (lato minore fondazione) 15.8 m
H (altezza fondazione) 0.8 m
I (lato maggiore dado) 0 m
b (lato minore dado) 0 m
h1 (altezza dado) 0 m
D (altezza terreno stabilizzante) 0.8 m
 γ_{ton} (peso specifico fondazione) 0 kN/mc
 γ_{ter} (peso spec. terreno sopra fond.) 0 kN/mc
 α (angolo inclinazione fondazione > 0) 0 °
 β (angolo inclinazione pendio > 0) 0 °
 a_v/g (accelerazione sismica orizz.) 0.154
S (coeff. stratigrafico) 1.461

Punto Applicazione forze esterne 1
(1) Forze applicate a quota H+h1 - P1
(2) Forze applicate a quota fondo scavo - P2

Braccio Forze esterne 0.8 m
Volume ds fondazione 752 mc
Volume terreno sopra fondazione 0 mc
P.P.1 peso proprio fondazione (k) 0 kN
P.P.2 peso proprio terreno sopra fondazione (k) 0 kN
P.P.1 + P.P.2 0 kN

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DEL TERRENO

QUOTA FALDA DA P.C. 20 m
hw (quota falda da p.c. > 0)

TERRENO TIPO 1
 γ_{k1} (peso specifico naturale terreno) 17 kN/mc

TERRENO TIPO 2
 d_2 (spessore strato) 100 m
 ϕ^0_{k2} (angolo di attrito) 27 °
 c^0_{k2} (coesione efficace) 5 kPa
 $c_{u,k2}$ (coesione non drenata) 0 kPa
 γ_{k2} (peso specifico naturale) 18 kN/mc
G (modulo di elasticità trasversale) 4000 kPa

TERRENO TIPO 3
 ϕ^0_{k3} (angolo di attrito) 0 °
 c^0_{k3} (coesione efficace) 0 kPa
 $c_{u,k3}$ (coesione non drenata) 0 kPa
 γ_{k3} (peso specifico naturale) 0 kN/mc
G (modulo di elasticità trasversale) 0 kPa

SEZIONE FONDAZIONE

TERRENO EQUIVALENTE DA MEDIA PESATA

H_{cuneo}	12.9	m
$\phi^0_{k,eq}$	27	°
$c^0_{k,eq}$	5	kPa
$c_{u,k,eq}$	0	kPa
$\gamma_{k,eq}$	18	kN/mc
G	4000	kPa

TIPO DI VERIFICA

TIPO DI VERIFICA 1 **DRENATA**
(1) Drenata
(2) Non Drenata

FORMULA PER IL CALCOLO DI N_y 2 **BRINCH - HANSEN**
(1) Meyerhof (1963)
(2) Brinch - Hansen (1970)
(3) Vesic (1975)
(4) Spangler - Handy (1982)

FATTORI CORRETTIVI 2 **BRINCH - HANSEN**
(1) Meyerhof (1963)
(2) Brinch - Hansen (1970)
(3) Vesic (1970)

FATTORI SISMICI 1 **SI**
(1) SI
(2) NO

VERIFICA IN DIREZIONE 1 **B**
(1) Y (Momento Mxx e forza FY // B)
(2) X (Momento Myy e forza FX // L)

VERIFICA DRENATA: PRESSIONE EFFICACE

$\phi^0_{k,eq}$	27	°
$c^0_{k,eq}$	5	kPa
$c_{u,k,eq}$	0	kPa
$D \cdot \gamma$	13.6	kPa
γ	18.0	kN/mc

contributo peso stabilizzante
contributo forze di attrito

RIEPILOGO VERIFICHE:

(1) D.M. 14/01/2008

	qd (kPa)	qmax (kPa)	verifica
(1) SLE - RARA	352	126	SI
(4) A1+M1+R3	457	170	SI
(5) SISMA	266	163	SI

N.B. Nelle verifiche non drenate utilizzare i coeff. di Brinch - Hansen

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)									
PROGETTO		Cecchignola							
LIVELLO DI PROGETTAZIONE		Progetto esecutivo							
J.N.		1014							
DATA		16.01.2015							
DESCRIZIONE		Platea di fondazione Moduli G, H							
NORMATIVA		(1) D.M. 14/01/2008							
COMBINAZIONE		(4) A1+M1+R3 OK							
COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO									
NORMATIVA DI RIFERIMENTO		1		D.M.14/01/2008		<ul style="list-style-type: none"> • (1) SLE - RARA • (2) A1+M1+R1 • (3) A2+M2+R2 • (4) A1+M1+R3 • (5) SISMA 		Metodo TA D.M.11/03/1988	
(1) D.M. 14/01/2008								Approccio 1 comb. 1	
(2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)								Approccio 1 comb. 2	
								Approccio 2	
COMBINAZIONE		4		EC7		<ul style="list-style-type: none"> • (11) A1+M1+R1 • (12) A2+M2+R1 • (13) A1+M1+R2 • (14) A1+M2+R3 • (15) SISMA 		Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 3	
D.M.14/01/2008									
Tipo di carico	SLE	A1	A2	SISMA	A1	A2	SISMA		
Pesi propri	1.3	1	1	1	1.35	1	1		
Permanenti strutturali	1.3	1	1	1	1.35	1	1		
Permanenti non strutturali	1.5	1	1	1	1.35	1	1		
Variabili	1.5	1	1	1	1.5	1	1		
EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)									
Tipo di carico	SLE	M1	M2	SISMA	M1	M2	SISMA		
tan φ (angolo di attrito)	1	1	1.25	1	1	1.25	1		
c' (coesione apparente)	1	1	1.25	1	1	1.25	1		
Cu (resistenza non drenata)	1	1	1.4	1	1	1.4	1		
Resistenze									
Capacità portante	SLE	R1	R2	R3	SISMA	R1	R2	R3	SISMA
Capacità portante	2.3	3	1.8	2.3	2.3	3	1.4	1	1
Scorrimento	1.1	1.5	1	1.1	1.1	1	1.1	1	1
CARICHI DI PROGETTO									
INSERIMENTO CARICHI		2		CARICHI CARATTERISTICI		CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd)			
(1) CARICHI CARATTERISTICI				1		INSERIRE CARICHI!!!			
(2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO						2			
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO									
p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN]		0							
p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN]		0							
N _d [kN]		135'047							
F _{yd} [kN]		2'560							
M _{xd} [kNm]		62'000							
F _{xd} [kN]		693							
M _{yd} [kNm]		22'100							
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE									
N _{tot} [kN]		135'047							
F _{y tot} [kN]		2'560							
M _{x tot} [kNm]		64048							
F _{x tot} [kN]		693							
M _{y tot} [kNm]		22654.4							
ex = M _x / N _{tot} (lungo lato B)		0.47							
REAGENTE		2.63							
ey = M _y / N _{tot} (lungo lato L)		0.17							
REAGENTE		9.91							
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE									
PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI									
φ _{req} (angolo di attrito) [°]		27							
c' _{req} (coesione apparente) [kPa]		5							
Cu _{req} (coesione non drenata) [kPa]		0							
PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO									
φ _d (angolo di attrito) [°]		27							
c' _d (coesione apparente) [kPa]		5							
Cu _d (coesione non drenata) [kPa]		0							
FATTORI CAPACITA' PORTANTE									
Nc PRANDTL (1921)		23.96							
Nq PRANDTL (1921)		13.21							
Nγ		9.34							
FATTORI CORRETTIVI									
Fattori di forma	BRINCH - HANSEN	⇒	S _c	1.14	S _q	1.13	S _y	0.90	
Fattori inclinazione carico	BRINCH - HANSEN	⇒	I _c	0.95	I _q	0.95	I _y	0.94	
Fattori di approfondimento	BRINCH - HANSEN	⇒	D _c	1.02	D _q	1.03	D _y	1.00	
Fattori inclinazione fondazione	BRINCH - HANSEN	⇒	B _c	1.00	B _q	1.00	B _y	1.00	
Fattori inclinazione p.c.	BRINCH - HANSEN	⇒	G _c	1.00	G _q	1.00	G _y	1.00	
Fattori sismici	PAOLUCCI E PECKER	⇒	Z _c	1.00	Z _q	1.00	Z _y	1.00	
Fattori di punzonamento	VESIC	⇒	ψ _c	0.73	ψ _q	0.76	ψ _y	0.76	
TIPO DI FONDAZIONE		1		P					
TIPO DI VERIFICA		1		DRENATA					
CALCOLO DI N_γ		2		BRINCH - HANSEN					
FATTORI CORRETTIVI		2		BRINCH - HANSEN					
DIREZIONE DI CALCOLO		1		B					
FATTORI SISMICI		1		SI					
PUNZONAMENTO									
I _r (indice di rigidezza)	47	⇒		Fattori punzonamento < 1					
I _{cr} (indice critico)	90								
FORMULA GENERALE:									
$q_{ult} = c N_{c,i,c,d,b,g,z_c} \Psi_c + q N_{q,i,q,d,b,g,z_q} \Psi_q + \frac{1}{2} B \gamma N_{\gamma,i,d,b,g,z_\gamma} \Psi_\gamma$									
(A) Componente per coesione - N _c [kPa]		96		q _{ult} (A+B+C)		1'052 kPa			
(B) Componente per sovracc. - N _q [kPa]		152		q _d (q _{ult} /FS)		457 kPa			
(C) Componente per attrito - N _γ [kPa]		804		Q _{ult} (q _{ult} x B' x L')		924'084 kN			
				Q _d (Q _{ult} /FS)		401'776 kN			
q_d (q_{ult}/FS)		= 457 kPa		> q_{max} = 170 kPa		VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA			
τ_d (τ_{ult}/FS)		= 67 kPa		> τ_{max} = 3 kPa		VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA			

Per confronto si riportano anche le verifiche eseguite allo SLE e allo SLV.

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)																																
PROGETTO		Cecchignola			(1) SLE - RARA																											
LIVELLO DI PROGETTAZIONE		Progetto esecutivo																														
J.N.		1014																														
DATA		16.01.2015																														
DESCRIZIONE		Platea di fondazione Moduli G, H																														
NORMATIVA		(1) D.M. 14/01/2008																														
COMBINAZIONE		(1) SLE - RARA OK																														
COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO																																
NORMATIVA DI RIFERIMENTO		1			D.M.14/01/2008		X		(1) SLE - RARA (2) A1+M1+R1 (3) A2+M2+R2 (4) A1+M1+R3 (5) SISMA		Metodo TA D.M.11/03/1988 Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2																					
(1) D.M. 14/01/2008 (2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)																																
COMBINAZIONE		1			EC7				(11) A1+M1+R1 (12) A2+M2+R1 (13) A1+M1+R2 (14) A1+M2+R3 (15) SISMA		Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 3																					
D.M.14/01/2008																																
Tipo di carico	SLE	A1	A2	SISMA	EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)																											
Pesi propri	1	1.3	1	1	A1	A2	SISMA																									
Permanenti strutturali	1	1.3	1	1	1	1	1	1	1																							
Permanenti non strutturali	1	1	1.3	1	1	1	1	1	1																							
Variabili	1	1.5	1.3	1	1	1.5	1.3	1	1																							
Parametri terreno																																
tan φ (angolo di attrito)	1	1	1	1.25	SISMA	M1	M2	SISMA																								
c' (coesione apparente)	1	1	1	1.25	1	1	1.25	1	1.25																							
Cu (resistenza non drenata)	1	1	1	1.4	1	1	1.4	1	1.4																							
Resistenze																																
Capacità portante	3	R1	R2	R3	SISMA	R1	R2	R3	SISMA																							
Scorrimento	1.5	1.5	1	1.1	1.1	1	1.4	1	1																							
CARICHI DI PROGETTO																																
INSERIMENTO CARICHI		2			CARICHI CARATTERISTICI		CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd)																									
(1) CARICHI CARATTERISTICI					1		2																									
(2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO							INSERIRE CARICHI!!!																									
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO					<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr><th>Gk</th><th>Qk</th></tr> <tr><td>N [kN]</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fy [kN]</td><td>0</td></tr> <tr><td>Mx [kNm]</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fx [kNm]</td><td>0</td></tr> <tr><td>My [kNm]</td><td>0</td></tr> </table>		Gk	Qk	N [kN]	0	Fy [kN]	0	Mx [kNm]	0	Fx [kNm]	0	My [kNm]	0	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr><th>Gd + Qd</th></tr> <tr><td>N [kN]</td><td>101'686</td></tr> <tr><td>Fy [kN]</td><td>1'900</td></tr> <tr><td>Mx [kNm]</td><td>42'752</td></tr> <tr><td>Fx [kNm]</td><td>462</td></tr> <tr><td>My [kNm]</td><td>15'200</td></tr> </table>			Gd + Qd	N [kN]	101'686	Fy [kN]	1'900	Mx [kNm]	42'752	Fx [kNm]	462	My [kNm]	15'200
Gk	Qk																															
N [kN]	0																															
Fy [kN]	0																															
Mx [kNm]	0																															
Fx [kNm]	0																															
My [kNm]	0																															
Gd + Qd																																
N [kN]	101'686																															
Fy [kN]	1'900																															
Mx [kNm]	42'752																															
Fx [kNm]	462																															
My [kNm]	15'200																															
p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN]	0																															
p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN]	0																															
N _d [kN]	101'686																															
Fy _d [kN]	1'900																															
Mx _d [kNm]	42'752																															
Fx _d [kN]	462																															
My _d [kNm]	15'200																															
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE																																
N _{tot} [kN]	101'686																															
Fy _{tot} [kN]	1'900																															
Mx _{tot} [kNm]	42'752																															
Fx _{tot} [kN]	462																															
My _{tot} [kNm]	15'200																															
ex = Mx / N _{tot} (lungo lato B)	0.44																															
REAGENTE	2.63																															
ey = My / N _{tot} (lungo lato L)	0.15																															
REAGENTE	9.91																															
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE																																
PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI					TIPO DI FONDAZIONE		1 P																									
φ _{req} (angolo di attrito) [°]	27				TIPO DI VERIFICA		1 DRENATA																									
c' _{req} (coesione apparente) [kPa]	5				CALCOLO DI N_y		2 BRINCH - HANSEN																									
c _{u, req} (coesione non drenata) [kPa]	0				FATTORI CORRETTIVI		2 BRINCH - HANSEN																									
PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO					DIREZIONE DI CALCOLO		1 B																									
φ _d (angolo di attrito) [°]	27				FATTORI SISMICI		1 SI																									
c' _d (coesione apparente) [kPa]	5				PUNZONAMENTO																											
c _{u, d} (coesione non drenata) [kPa]	0				Ir (indice di rigidità)		47 ⇒ Fattori punzonamento < 1																									
FATTORI CAPACITA' PORTANTE					Icr (indice critico)		90																									
Nc PRANDTL (1921)	23.96				FORMULA GENERALE:																											
Nq PRANDTL (1921)	13.21				$q_{ult} = c N_{c,i} d_c b_c g_c z_c \Psi_c + q N_{q,i} d_q b_q g_q z_q \Psi_q + \frac{1}{2} B \gamma N_{\gamma,i} d_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma} z_{\gamma} \Psi_{\gamma}$																											
N _y	9.34																															
FATTORI CORRETTIVI																																
Fattori di forma	BRINCH - HANSEN	⇒	S _c	1.14	S _q	1.13	S _γ	0.90																								
Fattori inclinazione carico	BRINCH - HANSEN	⇒	I _c	0.95	I _q	0.95	I _γ	0.94																								
Fattori di approfondimento	BRINCH - HANSEN	⇒	D _c	1.02	D _q	1.03	D _γ	1.00																								
Fattori inclinazione fondazione	BRINCH - HANSEN	⇒	B _c	1.00	B _q	1.00	B _γ	1.00																								
Fattori inclinazione p.c.	BRINCH - HANSEN	⇒	G _c	1.00	G _q	1.00	G _γ	1.00																								
Fattori sismici	PAOLUCCI E PECKER	⇒	Z _c	1.00	Z _q	1.00	Z _γ	1.00																								
Fattori di punzonamento	VESIC	⇒	ψ _c	0.73	ψ _q	0.76	ψ _γ	0.76																								
(A) Componente per coesione - Nc [kPa]		97			q _{ult} (A+B+C)		1'057 kPa																									
(B) Componente per sovracc. - Nq [kPa]		152			q _d (q _{ult} /FS)		352 kPa																									
(C) Componente per attrito - N _y [kPa]		809			Q _{ult} (q _{ult} x B' x L')		933'917 kN																									
					Q _d (Q _{ult} /FS)		311'306 kN																									
q _d (q _{ult} /FS)	=	352	kPa	>	q _{lmax}	=	126	kPa	VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA																							
τ _d (τ _{ult} /FS)	=	37	kPa	>	τ _{lmax}	=	2	kPa	VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA																							

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)

PROGETTO
LIVELLO DI PROGETTAZIONE
J.N.
DATA
DESCRIZIONE
NORMATIVA
COMBINAZIONE

Cecchinola
 Progetto esecutivo
 1014
 16.01.2015
 Platea di fondazione Moduli G, H
 (1) D.M. 14/01/2008
 (5) SISMA

(5) SISMA

COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO

NORMATIVA DI RIFERIMENTO
 (1) D.M. 14/01/2008
 (2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)

COMBINAZIONE

D.M.14/01/2008

EC7

Tipologia di carico

Pesi propri

Permanenti strutturali

Permanenti non strutturali

Variabili

Parametri terreno

tan ϕ (angolo di attrito)

c' (coesione apparente)

Cu (resistenza non drenata)

D.M.14/01/2008				EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)				
	SLE	A1	A2	SISMA		A1	A2	SISMA
Pesi propri	1	1.3	1	1		1.35	1	1
Permanenti strutturali	1	1.3	1	1		1.35	1	1
Permanenti non strutturali	1	1.5	1.3	1		1.35	1	1
Variabili	1	1.5	1.3	1		1.5	1.3	1

D.M.14/01/2008				EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)				
	SLE	M1	M2	SISMA		M1	M2	SISMA
tan ϕ (angolo di attrito)	1	1	1.25	1		1	1.25	1.25
c' (coesione apparente)	1	1	1.25	1		1	1.25	1.25
Cu (resistenza non drenata)	1	1	1.4	1		1	1.4	1.4

D.M.14/01/2008				EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)						
	SLE	R1	R2	R3	SISMA		R1	R2	R3	SISMA
Capacità portante	2.3	3	1.8	2.3	2.3		1	1.4	1	1
Scorrimento	1.1	1.5	1	1.1	1.1		1	1.1	1	1

CARICHI DI PROGETTO

INSERIMENTO CARICHI
 (1) CARICHI CARATTERISTICI
 (2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO
 p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN]
 p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN]
 N_d [kN]
 Fy_{tot} [kN]
 Mx_{tot} [kNm]
 Fx_{tot} [kN]
 My_{tot} [kNm]

CARICHI CARATTERISTICI

	Gk	Qk
N [kN]	0	0
Fy [kN]	0	0
Mx [kNm]	0	0
Fx [kN]	0	0
My [kNm]	0	0

CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd)
INSERIRE CARICHI!!!

	Gd + Qd
N [kN]	92'243
Fy [kN]	7'823
Mx [kNm]	155'212
Fx [kN]	5'063
My [kNm]	98'000

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE

N_{tot} [kN]
 Fy_{tot} [kN]
 Mx_{tot} [kNm]
 Fx_{tot} [kN]
 My_{tot} [kNm]
 ex = Mx / N_{tot} (lungo lato B)
 REAGENTE
 ey = My / N_{tot} (lungo lato L)
 REAGENTE

TENSIONE VERT. LUNGO LATO "B"

TENSIONE VERT. LUNGO LATO "L"

VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE

PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI

$\phi_{k,eq}$ (angolo di attrito) [°]
 c' $\phi_{k,eq}$ (coesione apparente) [kPa]
 Cu $\phi_{k,eq}$ (coesione non drenata) [kPa]

PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO

ϕ_d (angolo di attrito) [°]
 c' ϕ_d (coesione apparente) [kPa]
 Cu ϕ_d (coesione non drenata) [kPa]

FATTORI CAPACITA' PORTANTE

N_q PRANDTL (1921)
 N_q PRANDTL (1921)
 N_y

TIPO DI FONDAZIONE
 TIPO DI VERIFICA
 CALCOLO DI N_y
 FATTORI CORRETTIVI
 DIREZIONE DI CALCOLO
 FATTORI SISMICI
 PUNZONAMENTO
 Ir (Indice di rigidità)
 Icr (Indice critico)

1 P
 1 DRENATA
 2 BRINCH - HANSEN
 2 BRINCH - HANSEN
 1 B
 1 S1

47 ⇒ Fattori punzonamento < 1
 90

FORMULA GENERALE :

$$q_{ult} = c N_{\phi} s_{\phi} i_{\phi} d_{\phi} b_{\phi} g_{\phi} z_{\phi} \psi_{\phi} + q N_{q} s_{q} i_{q} d_{q} b_{q} g_{q} z_{q} \psi_{q} + \frac{1}{2} B' \gamma N_{\gamma} s_{\gamma} i_{\gamma} d_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma} z_{\gamma} \psi_{\gamma}$$

FATTORI CORRETTIVI

Fattori di forma
 Fattori inclinazione carico
 Fattori di approfondimento
 Fattori inclinazione fondazione
 Fattori inclinazione p.c.
 Fattori sismici
 Fattori di punzonamento

20.2. Calcolo cedimenti (SLE)

Al fine di verificare la compatibilità dei cedimenti con i requisiti prestazionali della struttura in elevazione si è implementato un modello di calcolo con il software Groupile. Di seguito si riportano i parametri utilizzati e i risultati di calcolo.

Layer	Soil Type	Depth for Top of Soil Layer (m)	Depth for Bottom of Soil Layer (m)	Properties of Layer
1	Sand (Reese)	0	7	1: Sand (Reese, et al.)
2	Sand (Reese)	7	14	2: Sand (Reese, et al.)
3	Sand (Reese)	14	35	3: Sand (Reese, et al.)

Buttons: Add Row, Insert Row, Delete Row

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m³)	Friction Angle (DEG.)	p-y Modulus, k (kN/m³)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m²)
1	17	22	1100	0	0
2	17	22	1100	0	0

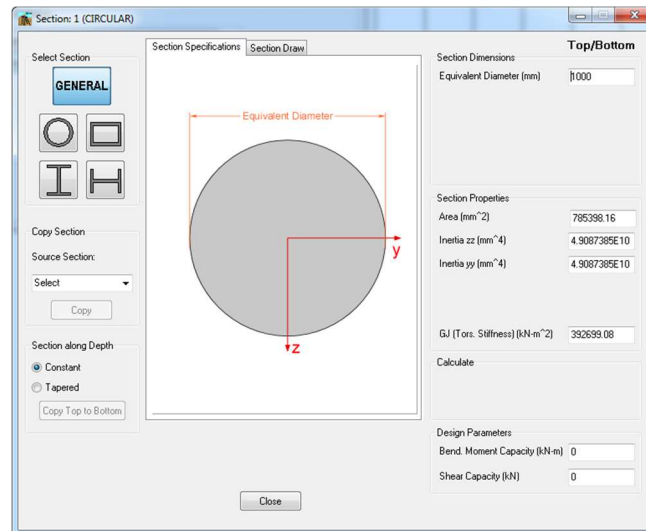
A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.
p-y Modulus, k:
- Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate value for p-y Modulus, k, if zero input value is entered.
Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:
- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m³)	Friction Angle (DEG.)	p-y Modulus, k (kN/m³)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m²)
1	18	32	5000	0	0
2	18	32	5000	0	0

A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.
p-y Modulus, k:
- Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate value for p-y Modulus, k, if zero input value is entered.
Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:
- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.

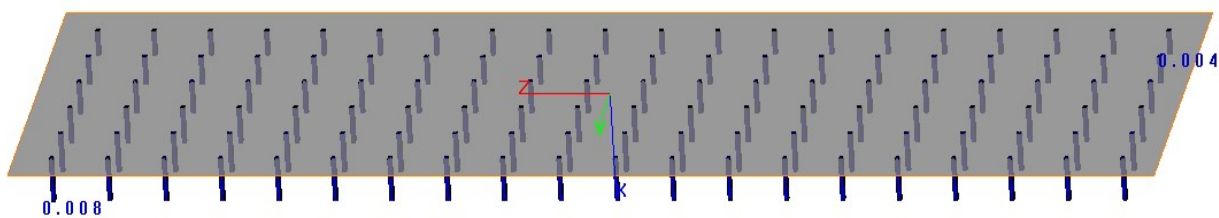
1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m³)	Friction Angle (DEG.)	p-y Modulus, k (kN/m³)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m²)
1	18	35	18000	0	0
2	18	35	18000	0	0

A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.
p-y Modulus, k:
- Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate value for p-y Modulus, k, if zero input value is entered.
Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:
- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.



Dalle analisi effettuate, considerando i carichi in combinazione SLE (rara), si ottiene un cedimento verticale di circa **4-8 mm**.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti.



La stima della costante elastica K da assumere nella modellazione strutturale viene effettuata considerando i risultati del modello Group Pile e "l'effetto gruppo" che il programma non in tiene conto.

Applicando le formule di Mandolini et al. (1997), che hanno analizzato i dati relativi a 43 palificate in vera grandezza comprendenti terreni e colonne di varia natura, si determina per un carico medio di circa 99 kPa un cedimento medio atteso della palificata di circa **2.5 cm** nel caso si considerassero n.120 colonne disposte secondo una maglia quadrata di lato 3x3m.

$$W_{\text{totale}} = 0.3 \times n \times W_{\text{colonna}} \times R^{-1.2}$$

dove:

W_{totale} = cedimento medio atteso complessivo

n = numero di colonne

$W_{colonna}$ = cedimento singola colonna

$R = (nxs/L)^{0.5}$

s = interasse colonne

L = lunghezza colonne

Il valore del modulo K vale pertanto:

$k = 1.08 \text{ [kg/cm}^2\text{]} / 2.5\text{[cm]} = 0.43 \text{ kg/cm}^3$

21. MODULI R1, R2, R3, R4, R5

21.1. Verifiche capacità portante (SLU)

Ultimo aggiornamento 27/06/2013

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONI SUPERFICIALI

PROGETTO Cecchignola
LIVELLO DI PROGETTAZIONE Progetto esecutivo
J.N. 1014
DATA 16.01.2015
DESCRIZIONE Platea di fondazione Moduli R1, R2, R3, R4, R5

GEOMETRIA FONDAZIONE

TIPO DI FONDAZIONE : **1** **P**
(1) Plinto / Platea
(2) Trave

L (lato maggiore fondazione) **61.14** m
B (lato minore fondazione) **17** m
H (altezza fondazione) **0.8** m
I (lato maggiore dado) **0** m
b (lato minore dado) **0** m
h1 (altezza dado) **0** m
D (altezza terreno stabilizzante) **0.8** m
 γ_{ton} (peso specifico fondazione) **0** kN/mc
 γ_{ter} (peso spec. terreno sopra fond.) **0** kN/mc
 α (angolo inclinazione fondazione > 0) **0** °
 β (angolo inclinazione pendio > 0) **0** °
 a_y/g (accelerazione sismica orizz.) **0.154**
S (coeff. stratigrafico) **1.461**

Punto Applicazione forze esterne **1**
(1) Forze applicate a quota H+h1 - P1
(2) Forze applicate a quota fondo scavo - P2

Braccio Forze esterne **0.8** m
Volume ds fondazione **832** mc
Volume terreno sopra fondazione **0** mc
P.P.1 peso proprio fondazione (k) **0** kN
P.P.2 peso proprio terreno sopra fondazione (k) **0** kN
P.P.1 + P.P.2 **0** kN

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DEL TERRENO

QUOTA FALDA DA P.C. **20** m
hw (quota falda da p.c. > 0)

TERRENO TIPO 1
 γ_{k1} (peso specifico naturale terreno) **17** kN/mc

TERRENO TIPO 2
 d_2 (spessore strato) **100** m
 ϕ^0_{k2} (angolo di attrito) **27** °
 c^0_{k2} (coesione efficace) **5** kPa
 $c_{u,k2}$ (coesione non drenata) **0** kPa
 γ_{k2} (peso specifico naturale) **18** kN/mc
G (modulo di elasticità trasversale) **4000** kPa

TERRENO TIPO 3
 ϕ^0_{k3} (angolo di attrito) **0** °
 c^0_{k3} (coesione efficace) **0** kPa
 $c_{u,k3}$ (coesione non drenata) **0** kPa
 γ_{k3} (peso specifico naturale) **0** kN/mc
G (modulo di elasticità trasversale) **0** kPa

SEZIONE FONDAZIONE

TERRENO EQUIVALENTE DA MEDIA PESATA

H_{cuneo}	13.9	m
$\phi^0_{k,eq}$	27	°
$c^0_{k,eq}$	5	kPa
$c_{u,k,eq}$	0	kPa
$\gamma_{k,eq}$	18	kN/mc
G	4000	kPa

TIPO DI VERIFICA

TIPO DI VERIFICA **1** **DRENATA**
(1) Drenata
(2) Non Drenata

FORMULA PER IL CALCOLO DI N_y **2** **BRINCH - HANSEN**
(1) Meyerhof (1963)
(2) Brinch - Hansen (1970)
(3) Vesic (1975)
(4) Spangler - Handy (1982)

FATTORI CORRETTIVI **2** **BRINCH - HANSEN**
(1) Meyerhof (1963)
(2) Brinch - Hansen (1970)
(3) Vesic (1970)

FATTORI SISMICI **1** **SI**
(1) SI
(2) NO

VERIFICA IN DIREZIONE **1** **B**
(1) Y (Momento Mxx e forza FY // B)
(2) X (Momento Myy e forza FX // L)

VERIFICA DRENATA: PRESSIONE EFFICACE

$\phi^0_{k,eq}$	27	°
$c^0_{k,eq}$	5	kPa
$c_{u,k,eq}$	0	kPa
$D \cdot \gamma$	13.6	kPa
γ	18.0	kN/mc

contributo peso stabilizzante
contributo forze di attrito

RIEPILOGO VERIFICHE:

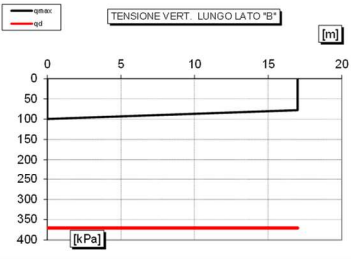
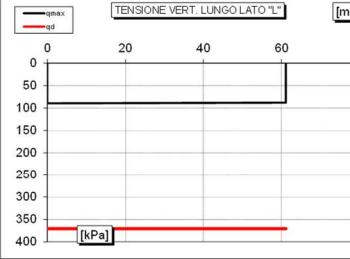
(1) D.M. 14/01/2008

	qd (kPa)	qmax (kPa)	verifica
(1) SLE - RARA	371	100	SI
(4) A1+M1+R3	479	133	SI
(5) SISMA	286	123	SI

N.B. Nelle verifiche non drenate utilizzare i coeff. di Brinch - Hansen

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)																																																																								
PROGETTO		Cecchignola																																																																						
LIVELLO DI PROGETTAZIONE		Progetto esecutivo																																																																						
J.N.		1014																																																																						
DATA		16.01.2015																																																																						
DESCRIZIONE		Platea di fondazione Moduli R1, R2, R3, R4, R5																																																																						
NORMATIVA		(1) D.M. 14/01/2008																																																																						
COMBINAZIONE		(4) A1+M1+R3 OK																																																																						
COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO																																																																								
NORMATIVA DI RIFERIMENTO		1		D.M.14/01/2008		<ul style="list-style-type: none"> • (1) SLE - RARA • (2) A1+M1+R1 • (3) A2+M2+R2 • X (4) A1+M1+R3 • (5) SISMA 		Metodo TA D.M.11/03/1988																																																																
(1) D.M. 14/01/2008								Approccio 1 comb. 1																																																																
(2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)								Approccio 1 comb. 2																																																																
								Approccio 2																																																																
COMBINAZIONE		4		EC7		<ul style="list-style-type: none"> • (11) A1+M1+R1 • (12) A2+M2+R1 • (13) A1+M1+R2 • (14) A1+M2+R3 • (15) SISMA 		Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 3																																																																
D.M.14/01/2008																																																																								
Tipo di carico	SLE	A1	A2	SISMA	EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)																																																																			
Pesi propri	1.3	1.3	1	1	A1	A2	SISMA																																																																	
Permanenti strutturali	1.3	1.3	1	1	1.35	1	1																																																																	
Permanenti non strutturali	1.5	1.5	1.3	1	1.35	1	1																																																																	
Variabili	1.5	1.5	1.3	1	1.5	1.3	1																																																																	
Parametri terreno																																																																								
$\tan \phi$ (angolo di attrito)	1	M1	M2	SISMA	M1	M2	SISMA																																																																	
c' (coesione apparente)	1	1	1.25	1	1	1.25	1.25																																																																	
c_u (resistenza non drenata)	1	1	1.4	1	1	1.4	1.4																																																																	
Resistenze																																																																								
Capacità portante	2.3	R1	R2	R3	SISMA	R1	R2	R3	SISMA																																																															
Scorrimento	1.1	1.5	1.1	1.1	1.1	1	1.1	1	1																																																															
CARICHI DI PROGETTO																																																																								
INSERIMENTO CARICHI		2																																																																						
(1) CARICHI CARATTERISTICI																																																																								
(2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO																																																																								
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN] 0</p> <p>p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN] 0</p> <p>N_d [kN] 121'938</p> <p>$F_{y,d}$ [kN] 2'176</p> <p>$M_{x,d}$ [kNm] 43'509</p> <p>$F_{x,d}$ [kN] 544</p> <p>$M_{y,d}$ [kNm] 10'193</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE</p> <p>N_{tot} [kN] 121'938</p> <p>$F_{y,tot}$ [kN] 2'176</p> <p>$M_{x,tot}$ [kNm] 45249.8</p> <p>$F_{x,tot}$ [kN] 544</p> <p>$M_{y,tot}$ [kNm] 10628.2</p> <p>$ex = M_x / N_{tot}$ (lungo lato B) 0.37</p> <p>REAGENTE</p> <p>$ey = M_y / N_{tot}$ (lungo lato L) 0.09</p> <p>REAGENTE</p> </div> </div>																																																																						
		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>CARICHI CARATTERISTICI</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Gk</th> <th>Qk</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>N [kN]</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fy [kN]</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>Mx [kNm]</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fx [kN]</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>My [kNm]</td><td>0</td><td>0</td></tr> </tbody> </table> </div> <div style="width: 45%;"> <p>CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd)</p> <p>INSERIRE CARICHI!!!</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Gd + Qd</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>N [kN]</td><td>121'938</td></tr> <tr><td>Fy [kN]</td><td>2'176</td></tr> <tr><td>Mx [kNm]</td><td>43'509</td></tr> <tr><td>Fx [kN]</td><td>544</td></tr> <tr><td>My [kNm]</td><td>10'193</td></tr> </tbody> </table> </div> </div>									Gk	Qk	N [kN]	0	0	Fy [kN]	0	0	Mx [kNm]	0	0	Fx [kN]	0	0	My [kNm]	0	0		Gd + Qd	N [kN]	121'938	Fy [kN]	2'176	Mx [kNm]	43'509	Fx [kN]	544	My [kNm]	10'193																																	
	Gk	Qk																																																																						
N [kN]	0	0																																																																						
Fy [kN]	0	0																																																																						
Mx [kNm]	0	0																																																																						
Fx [kN]	0	0																																																																						
My [kNm]	0	0																																																																						
	Gd + Qd																																																																							
N [kN]	121'938																																																																							
Fy [kN]	2'176																																																																							
Mx [kNm]	43'509																																																																							
Fx [kN]	544																																																																							
My [kNm]	10'193																																																																							
		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>TENSIONE VERT. LUNGO LATO "B" [m]</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>TENSIONE VERT. LUNGO LATO "L" [m]</p> </div> </div>																																																																						
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE																																																																								
PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>$\phi_{k,eq}$ (angolo di attrito) [°]</td><td>27</td></tr> <tr><td>$c'_{k,eq}$ (coesione apparente) [kPa]</td><td>5</td></tr> <tr><td>$c_{u,k,eq}$ (coesione non drenata) [kPa]</td><td>0</td></tr> </table>								$\phi_{k,eq}$ (angolo di attrito) [°]	27	$c'_{k,eq}$ (coesione apparente) [kPa]	5	$c_{u,k,eq}$ (coesione non drenata) [kPa]	0																																																									
$\phi_{k,eq}$ (angolo di attrito) [°]	27																																																																							
$c'_{k,eq}$ (coesione apparente) [kPa]	5																																																																							
$c_{u,k,eq}$ (coesione non drenata) [kPa]	0																																																																							
PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>ϕ_d (angolo di attrito) [°]</td><td>27</td></tr> <tr><td>c'_d (coesione apparente) [kPa]</td><td>5</td></tr> <tr><td>$c_{u,d}$ (coesione non drenata) [kPa]</td><td>0</td></tr> </table>								ϕ_d (angolo di attrito) [°]	27	c'_d (coesione apparente) [kPa]	5	$c_{u,d}$ (coesione non drenata) [kPa]	0																																																									
ϕ_d (angolo di attrito) [°]	27																																																																							
c'_d (coesione apparente) [kPa]	5																																																																							
$c_{u,d}$ (coesione non drenata) [kPa]	0																																																																							
FATTORI CAPACITA' PORTANTE		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>N_c PRANDTL (1921)</td><td>23.96</td></tr> <tr><td>N_q PRANDTL (1921)</td><td>13.21</td></tr> <tr><td>N_γ</td><td>9.34</td></tr> </table>								N_c PRANDTL (1921)	23.96	N_q PRANDTL (1921)	13.21	N_γ	9.34																																																									
N_c PRANDTL (1921)	23.96																																																																							
N_q PRANDTL (1921)	13.21																																																																							
N_γ	9.34																																																																							
FATTORI CORRETTIVI		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Fattori di forma</td><td>BRINCH - HANSEN</td><td>\Rightarrow</td><td>S_c</td><td>1.15</td><td>S_q</td><td>1.14</td><td>S_γ</td><td>0.89</td></tr> <tr><td>Fattori inclinazione carico</td><td>BRINCH - HANSEN</td><td>\Rightarrow</td><td>I_c</td><td>0.95</td><td>I_q</td><td>0.96</td><td>I_γ</td><td>0.94</td></tr> <tr><td>Fattori di approfondimento</td><td>BRINCH - HANSEN</td><td>\Rightarrow</td><td>D_c</td><td>1.02</td><td>D_q</td><td>1.03</td><td>D_γ</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>Fattori inclinazione fondazione</td><td>BRINCH - HANSEN</td><td>\Rightarrow</td><td>B_c</td><td>1.00</td><td>B_q</td><td>1.00</td><td>B_γ</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>Fattori inclinazione p.c.</td><td>BRINCH - HANSEN</td><td>\Rightarrow</td><td>G_c</td><td>1.00</td><td>G_q</td><td>1.00</td><td>G_γ</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>Fattori sismici</td><td>PAOLUCCI E PECKER</td><td>\Rightarrow</td><td>Z_c</td><td>1.00</td><td>Z_q</td><td>1.00</td><td>Z_γ</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>Fattori di punzonamento</td><td>VESIC</td><td>\Rightarrow</td><td>Ψ_c</td><td>0.71</td><td>Ψ_q</td><td>0.75</td><td>Ψ_γ</td><td>0.75</td></tr> </table>								Fattori di forma	BRINCH - HANSEN	\Rightarrow	S_c	1.15	S_q	1.14	S_γ	0.89	Fattori inclinazione carico	BRINCH - HANSEN	\Rightarrow	I_c	0.95	I_q	0.96	I_γ	0.94	Fattori di approfondimento	BRINCH - HANSEN	\Rightarrow	D_c	1.02	D_q	1.03	D_γ	1.00	Fattori inclinazione fondazione	BRINCH - HANSEN	\Rightarrow	B_c	1.00	B_q	1.00	B_γ	1.00	Fattori inclinazione p.c.	BRINCH - HANSEN	\Rightarrow	G_c	1.00	G_q	1.00	G_γ	1.00	Fattori sismici	PAOLUCCI E PECKER	\Rightarrow	Z_c	1.00	Z_q	1.00	Z_γ	1.00	Fattori di punzonamento	VESIC	\Rightarrow	Ψ_c	0.71	Ψ_q	0.75	Ψ_γ	0.75
Fattori di forma	BRINCH - HANSEN	\Rightarrow	S_c	1.15	S_q	1.14	S_γ	0.89																																																																
Fattori inclinazione carico	BRINCH - HANSEN	\Rightarrow	I_c	0.95	I_q	0.96	I_γ	0.94																																																																
Fattori di approfondimento	BRINCH - HANSEN	\Rightarrow	D_c	1.02	D_q	1.03	D_γ	1.00																																																																
Fattori inclinazione fondazione	BRINCH - HANSEN	\Rightarrow	B_c	1.00	B_q	1.00	B_γ	1.00																																																																
Fattori inclinazione p.c.	BRINCH - HANSEN	\Rightarrow	G_c	1.00	G_q	1.00	G_γ	1.00																																																																
Fattori sismici	PAOLUCCI E PECKER	\Rightarrow	Z_c	1.00	Z_q	1.00	Z_γ	1.00																																																																
Fattori di punzonamento	VESIC	\Rightarrow	Ψ_c	0.71	Ψ_q	0.75	Ψ_γ	0.75																																																																
TIPO DI FONDAZIONE		1 P																																																																						
TIPO DI VERIFICA		1 DRENATA																																																																						
CALCOLO DI N_γ		2 BRINCH - HANSEN																																																																						
FATTORI CORRETTIVI		2 BRINCH - HANSEN																																																																						
DIREZIONE DI CALCOLO		1 B																																																																						
FATTORI SISMICI		1 SI																																																																						
PUNZONAMENTO		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>I_r (indice di rigidezza)</td><td>44</td><td>\Rightarrow</td><td colspan="6">Fattori punzonamento < 1</td></tr> <tr><td>I_{cr} (indice critico)</td><td>89</td><td></td><td colspan="6"></td></tr> </table>								I_r (indice di rigidezza)	44	\Rightarrow	Fattori punzonamento < 1						I_{cr} (indice critico)	89																																																				
I_r (indice di rigidezza)	44	\Rightarrow	Fattori punzonamento < 1																																																																					
I_{cr} (indice critico)	89																																																																							
FORMULA GENERALE:		$q_{ult} = c N_{c,i} d_c b_c g_c z_c \Psi_c + q N_{q,i} d_q b_q g_q z_q \Psi_q + \frac{1}{2} B \gamma N_{\gamma,i} d_\gamma b_\gamma g_\gamma z_\gamma \Psi_\gamma$																																																																						
(A) Componente per coesione - N_c [kPa]		95		$q_{ult} (A+B+C)$		1'103 kPa																																																																		
(B) Componente per sovracc. - N_q [kPa]		150		$q_d (q_{ult}/FS)$		479 kPa																																																																		
(C) Componente per attrito - N_γ [kPa]		858		$Q_{ult} (q_{ult} \times B' \times L')$		1'092'769 kN																																																																		
				$Q_d (Q_{ult}/FS)$		475'117 kN																																																																		
$q_d (q_{ult}/FS)$		= 479 kPa		> $q_{max} = 133 kPa$		VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA																																																																		
$t_d (t_{ult}/FS)$		= 54 kPa		> $t_{max} = 2 kPa$		VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA																																																																		

Per confronto si riportano anche le verifiche eseguite allo SLE e allo SLV.

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)																																																					
PROGETTO LIVELLO DI PROGETTAZIONE J.N. DATA DESCRIZIONE NORMATIVA COMBINAZIONE		Cecchignola Progetto esecutivo 1014 16.01.2015 Platea di fondazione Moduli R1, R2, R3, R4, R5 (1) D.M. 14/01/2008 (1) SLE - RARA OK																																																			
(1) SLE - RARA																																																					
COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO																																																					
NORMATIVA DI RIFERIMENTO (1) D.M. 14/01/2008 (2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)		1		D.M.14/01/2008		X		(1) SLE - RARA (2) A1+M1+R1 (3) A2+M2+R2 (4) A1+M1+R3 (5) SISMA Metodo TA D.M.11/03/1988 Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2																																													
COMBINAZIONE		1		EC7		.		(11) A1+M1+R1 (12) A2+M2+R1 (13) A1+M1+R2 (14) A1+M2+R3 (15) SISMA Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 3																																													
D.M.14/01/2008																																																					
EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)																																																					
<table border="1"><thead><tr><th>Tipo di carico</th><th>SLE</th><th>A1</th><th>A2</th><th>SISMA</th><th>A1</th><th>A2</th><th>SISMA</th></tr></thead><tbody><tr><td>Pesi propri</td><td>1</td><td>1</td><td>1.3</td><td>1</td><td>1</td><td>1.35</td><td>1</td></tr><tr><td>Permanenti strutturali</td><td>1</td><td>1</td><td>1.3</td><td>1</td><td>1</td><td>1.35</td><td>1</td></tr><tr><td>Permanenti non strutturali</td><td>1</td><td>1</td><td>1.5</td><td>1.3</td><td>1</td><td>1.35</td><td>1</td></tr><tr><td>Variabili</td><td>1</td><td>1</td><td>1.5</td><td>1.3</td><td>1</td><td>1.5</td><td>1.3</td></tr></tbody></table>										Tipo di carico	SLE	A1	A2	SISMA	A1	A2	SISMA	Pesi propri	1	1	1.3	1	1	1.35	1	Permanenti strutturali	1	1	1.3	1	1	1.35	1	Permanenti non strutturali	1	1	1.5	1.3	1	1.35	1	Variabili	1	1	1.5	1.3	1	1.5	1.3				
Tipo di carico	SLE	A1	A2	SISMA	A1	A2	SISMA																																														
Pesi propri	1	1	1.3	1	1	1.35	1																																														
Permanenti strutturali	1	1	1.3	1	1	1.35	1																																														
Permanenti non strutturali	1	1	1.5	1.3	1	1.35	1																																														
Variabili	1	1	1.5	1.3	1	1.5	1.3																																														
<table border="1"><thead><tr><th>Parametri terreno</th><th>SLE</th><th>M1</th><th>M2</th><th>SISMA</th><th>M1</th><th>M2</th><th>SISMA</th></tr></thead><tbody><tr><td>$\tan \phi$ (angolo di attrito)</td><td>1</td><td>1</td><td>1.25</td><td>1</td><td>1</td><td>1.25</td><td>1.25</td></tr><tr><td>c' (coesione apparente)</td><td>1</td><td>1</td><td>1.25</td><td>1</td><td>1</td><td>1.25</td><td>1.25</td></tr><tr><td>C_u (resistenza non drenata)</td><td>1</td><td>1</td><td>1.4</td><td>1</td><td>1</td><td>1.4</td><td>1.4</td></tr></tbody></table>										Parametri terreno	SLE	M1	M2	SISMA	M1	M2	SISMA	$\tan \phi$ (angolo di attrito)	1	1	1.25	1	1	1.25	1.25	c' (coesione apparente)	1	1	1.25	1	1	1.25	1.25	C_u (resistenza non drenata)	1	1	1.4	1	1	1.4	1.4												
Parametri terreno	SLE	M1	M2	SISMA	M1	M2	SISMA																																														
$\tan \phi$ (angolo di attrito)	1	1	1.25	1	1	1.25	1.25																																														
c' (coesione apparente)	1	1	1.25	1	1	1.25	1.25																																														
C_u (resistenza non drenata)	1	1	1.4	1	1	1.4	1.4																																														
<table border="1"><thead><tr><th>Resistenze</th><th>SLE</th><th>R1</th><th>R2</th><th>R3</th><th>SISMA</th><th>R1</th><th>R2</th><th>R3</th><th>SISMA</th></tr></thead><tbody><tr><td>Capacità portante</td><td>3</td><td>1</td><td>1.8</td><td>2.3</td><td>2.3</td><td>1</td><td>1.4</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>Scorrimento</td><td>1.5</td><td>1.5</td><td>1</td><td>1.1</td><td>1.1</td><td>1</td><td>1.1</td><td>1</td><td>1</td></tr></tbody></table>										Resistenze	SLE	R1	R2	R3	SISMA	R1	R2	R3	SISMA	Capacità portante	3	1	1.8	2.3	2.3	1	1.4	1	1	Scorrimento	1.5	1.5	1	1.1	1.1	1	1.1	1	1														
Resistenze	SLE	R1	R2	R3	SISMA	R1	R2	R3	SISMA																																												
Capacità portante	3	1	1.8	2.3	2.3	1	1.4	1	1																																												
Scorrimento	1.5	1.5	1	1.1	1.1	1	1.1	1	1																																												
CARICHI DI PROGETTO																																																					
INSERIMENTO CARICHI (1) CARICHI CARATTERISTICI (2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO		2		CARICHI CARATTERISTICI		CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd) INSERIRE CARICHI!!!																																															
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN] p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN] N_d [kN] F_{yd} [kN] M_{xd} [kNm] F_{xd} [kN] M_{yd} [kNm]		0 0 92'121 1'470 30'847 373 7'223		<table border="1"><thead><tr><th></th><th>Gk</th><th>Qk</th></tr></thead><tbody><tr><td>N [kN]</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Fy [kN]</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Mx [kNm]</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>Fx [kN]</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>My [kNm]</td><td>0</td><td>0</td></tr></tbody></table>			Gk	Qk	N [kN]	0	0	Fy [kN]	0	0	Mx [kNm]	0	0	Fx [kN]	0	0	My [kNm]	0	0	<table border="1"><thead><tr><th></th><th>Gd + Qd</th></tr></thead><tbody><tr><td>N [kN]</td><td>92'121</td></tr><tr><td>Fy [kN]</td><td>1'470</td></tr><tr><td>Mx [kNm]</td><td>30'847</td></tr><tr><td>Fx [kN]</td><td>373</td></tr><tr><td>My [kNm]</td><td>7'223</td></tr></tbody></table>					Gd + Qd	N [kN]	92'121	Fy [kN]	1'470	Mx [kNm]	30'847	Fx [kN]	373	My [kNm]	7'223														
	Gk	Qk																																																			
N [kN]	0	0																																																			
Fy [kN]	0	0																																																			
Mx [kNm]	0	0																																																			
Fx [kN]	0	0																																																			
My [kNm]	0	0																																																			
	Gd + Qd																																																				
N [kN]	92'121																																																				
Fy [kN]	1'470																																																				
Mx [kNm]	30'847																																																				
Fx [kN]	373																																																				
My [kNm]	7'223																																																				
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE N_{tot} [kN] $F_{y,tot}$ [kN] $M_{x,tot}$ [kNm] $F_{x,tot}$ [kN] $M_{y,tot}$ [kNm] $ex = M_x / N_{tot}$ (lungo lato B) $ey = M_y / N_{tot}$ (lungo lato L)		92'121 1470 32023 373 7521.4 0.35 2.83 0.08 10.19																																																			
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE																																																					
PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI $\phi_{k,eq}$ (angolo di attrito) [°] $c'_{k,eq}$ (coesione apparente) [kPa] $c_{u,k,eq}$ (coesione non drenata) [kPa]		27 5 0		TIPO DI FONDAZIONE TIPO DI VERIFICA CALCOLO DI N_f FATTORI CORRETTIVI DIREZIONE DI CALCOLO FATTORI SISMICI PUNZONAMENTO I_r (indice di rigidità) I_{cr} (indice critico)		1 1 2 2 1 1 1 44 89 \Rightarrow Fattori punzonamento < 1																																															
PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO ϕ_d (angolo di attrito) [°] c'_d (coesione apparente) [kPa] $c_{u,d}$ (coesione non drenata) [kPa]		27 5 0		FORMULA GENERALE: $q_{ult} = c N_{c,i} d_c b_c g_c z_c \Psi_c + q N_{q,s,i} d_q b_q g_q z_q \Psi_q + \frac{1}{2} B \gamma N_{\gamma,i} d_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma} z_{\gamma} \Psi_{\gamma}$																																																	
FATTORI CAPACITA' PORTANTE N_c PRANDTL (1921) N_q PRANDTL (1921) N_{γ}		23.96 13.21 9.34		FATTORI CORRETTIVI Fattori di forma Fattori inclinazione carico Fattori di approfondimento Fattori inclinazione fondazione Fattori inclinazione p.c. Fattori sismici Fattori di punzonamento		\Rightarrow BRINCH - HANSEN BRINCH - HANSEN BRINCH - HANSEN BRINCH - HANSEN BRINCH - HANSEN PAOLUCCI E PECKER VESIC <table border="1"><thead><tr><th></th><th>S_c</th><th>I_c</th><th>D_c</th><th>B_c</th><th>G_c</th><th>Z_c</th><th>Y_c</th><th>S_q</th><th>I_q</th><th>D_q</th><th>B_q</th><th>G_q</th><th>Z_q</th><th>Y_q</th><th>S_{\gamma}</th><th>I_{\gamma}</th><th>D_{\gamma}</th><th>B_{\gamma}</th><th>G_{\gamma}</th><th>Z_{\gamma}</th><th>Y_{\gamma}</th></tr></thead><tbody><tr><td>\Rightarrow</td><td>1.15</td><td>0.96</td><td>1.02</td><td>1.00</td><td>1.00</td><td>1.00</td><td>0.71</td><td>1.14</td><td>0.96</td><td>1.03</td><td>1.00</td><td>1.00</td><td>1.00</td><td>0.75</td><td>0.89</td><td>0.95</td><td>1.00</td><td>1.00</td><td>1.00</td><td>1.00</td><td>0.75</td></tr></tbody></table>					S _c	I _c	D _c	B _c	G _c	Z _c	Y _c	S _q	I _q	D _q	B _q	G _q	Z _q	Y _q	S _{\gamma}	I _{\gamma}	D _{\gamma}	B _{\gamma}	G _{\gamma}	Z _{\gamma}	Y _{\gamma}	\Rightarrow	1.15	0.96	1.02	1.00	1.00	1.00	0.71	1.14	0.96	1.03	1.00	1.00	1.00	0.75	0.89	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75
	S _c	I _c	D _c	B _c	G _c	Z _c	Y _c	S _q	I _q	D _q	B _q	G _q	Z _q	Y _q	S _{\gamma}	I _{\gamma}	D _{\gamma}	B _{\gamma}	G _{\gamma}	Z _{\gamma}	Y _{\gamma}																																
\Rightarrow	1.15	0.96	1.02	1.00	1.00	1.00	0.71	1.14	0.96	1.03	1.00	1.00	1.00	0.75	0.89	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75																																
(A) Componente per coesione - N_c [kPa] (B) Componente per sovracc. - N_q [kPa] (C) Componente per attrito - N_{γ} [kPa]		95 151 866		$q_{ult} (A+B+C)$ $q_d (q_{ult}/FS)$ $Q_{ult} (q_{ult} \times B' \times L')$ $Q_d (Q_{ult}/FS)$		1'112 kPa 371 kPa 1'105'511 kN 368'504 kN																																															
$q_d (q_{ult}/FS)$		= 371 kPa		> $q_{max} = 100$ kPa		VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA																																															
$t_d (t_{ult}/FS)$		= 30 kPa		> $t_{max} = 1$ kPa		VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA																																															

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)

PROGETTO	Cecchignola
LIVELLO DI PROGETTAZIONE	Progetto esecutivo
J.N.	1014
DATA	16.01.2015
DESCRIZIONE	Platea di fondazione Moduli R1, R2, R3, R4, R5
NORMATIVA	(1) D.M. 14/01/2008
COMBINAZIONE	(5) SISMA OK

(5) SISMA

COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO

NORMATIVA DI RIFERIMENTO
(1) D.M. 14/01/2008
(2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)

COMBINAZIONE

D.M.14/01/2008

- (1) SLE - RARA Metodo TA D.M.11/03/1988
- (2) A1+M1+R1 Approccio 1 comb. 1
- (3) A2+M2+R2 Approccio 1 comb. 2
- (4) A1+M1+R3 Approccio 2

- . (11) A1+M1+R1 Approccio 1 comb. 1
- . (12) A2+M2+R1 Approccio 1 comb. 2
- . (13) A1+M1+R2 Approccio 2
- . (14) A1+M2+R3 Approccio 3
- . (15) SISMA

Tipo di carico	D.M.14/01/2008					EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)			
	SLE	A1	A2		SISMA	A1	A2		SISMA
Pesi propri	1	1	1,3	1	1	1,35	1,2		1
Permanenti strutturali	1	1	1,3	1	1	1,35	1,1		1
Permanenti non strutturali	1	1	1,5	1,3	1	1,35	1,1		1
Variabili	1	1	1,5	1,3	1	1,5	1,3		1
Parametri terreno		SLE	M1	M2		SISMA	M1	M2	SISMA
tan ϕ (angolo di attrito)	1	1	1	1,25	1	1	1,25	1	1,25
c (coesione apparente)	1	1	1	1,25	1	1	1,25	1	1,25
Cu (resistenza non drenata)	1	1	1	1,4	1	1	1,4	1	1,4
Resistenze		SLE	R1	R2	R3	SISMA	R1	R2	R3
Capacità portante	2,3	3	1	1,8	2,3	2,3	1	1,4	1
Scorrimento	1,5	1,5	1	1,1	1,1	1,1	1	1,1	1,1

CARICHI DI PROGETTO

INSERIMENTO CARICHI
(1) CARICHI CARATTERISTICI
(2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

p.p.fond. + p.p.ter. (k)	[kN]	0
p.p.fond. + p.p.ter. (d)	[kN]	0
N _d	[kN]	85'503
F _{Yd}	[kN]	7'370
M _{Xd}	[kNm]	114'945
F _{Xd}	[kN]	7'143
M _{Vd}	[kNm]	104'426

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE

N_{tot}	[kN]	85'503
F_y	[kN]	7370
M_x	[kNm]	120841
F_x	[kN]	7143
M_y	[kNm]	110140.4
$ex = M_x / N_{tot}$ (lungo lato B)		1.41
REAGENTE		2.83
$ey = M_y / N_{tot}$ (lungo lato L)		1.29
REAGENTE		10.19

VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE

PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI		
$\phi_{k,eq}$ (angolo di attrito)	[°]	27
$c_{k,eq}$ (coesione apparente)	[kPa]	5
$c_{d,eq}$ (coesione non drenata)	[kPa]	0
PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO		
ϕ_d (angolo di attrito)	[°]	27
c_d (coesione apparente)	[kPa]	5
$c_{u,d}$ (coesione non drenata)	[kPa]	0
FATTORI CAPACITA' PORTANTE		
N_c PRANDTL (1921)		23.96
N_q PRANDTL (1921)		13.21

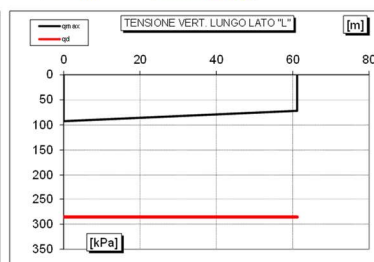
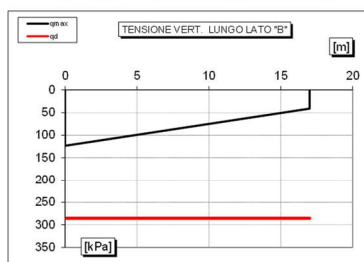
CARICHI CARATTERISTICI

	Gk	Qk
N [kN]	0	0
Fy [kN]	0	0
Mx [kNm]	0	0
Fx [kNm]	0	0
My [kNm]	0	0

CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd)

INSERIRE CARICHI!!!

	Gd + Qd
N [kN]	85'503
Fy [kN]	7'370
Mx [kNm]	114'945
Fx [kNm]	7'143
Mv [kNm]	104'426



FATTORI CORRETTIVI	
1	2
3	4
5	6
7	8
9	10
11	12
13	14
15	16
17	18
19	20
21	22
23	24
25	26
27	28
29	30
31	32
33	34
35	36
37	38
39	40
41	42
43	44
45	46
47	48
49	50
51	52
53	54
55	56
57	58
59	60
61	62
63	64
65	66
67	68
69	70
71	72
73	74
75	76
77	78
79	80
81	82
83	84
85	86
87	88
89	90
91	92
93	94
95	96
97	98
99	100

Fattori di forma	BRINCH - HANSEN	⇒	Sc	1.13	Sq	1.12	Sr	0.90
Fattori inclinazione carico	BRINCH - HANSEN		lc	0.79	lq	0.81	ly	0.74
Fattori di approfondimento	BRINCH - HANSEN	⇒	Dc	1.02	Dq	1.03	Dy	1.00
Fattori inclinazione fondazione	BRINCH - HANSEN		Bc	1.00	Bq	1.00	By	1.00
Fattori inclinazione p.c.	BRINCH - HANSEN		Gc	1.00	Gq	1.00	Gy	1.00
Fattori sismici	PAOLUCCI E PECKER	⇒	Zc	0.93	Zq	0.82	Zy	0.82
Fattori di adeguamento	YESIC	⇒	Yc	0.71	Yq	0.75	Yy	0.75

(A) Componente per coesione - Nc [kPa]	72	\Rightarrow	$q_{ult} (A+B+C)$	657 kPa	
(B) Componente per sovracc. - Nq [kPa]	102		$q_s (q_{ult}/FS)$	286 kPa	
(C) Componente per attrito - N _r [kPa]	484		$q_{ult} (q_{ult} \times B' \times L')$	545'611 kN	
			$Q_s (Q_{ult}/FS)$	237'222 kN	

$q_d (q_{ult}/FS)$	=	286	kPa	>	$q_{max} =$	123	kPa	VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA
$\tau_d (\tau_{ult}/FS)$	=	38	kPa	>	$\tau_{max} =$	10	kPa	VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA

21.2. Calcolo cedimenti (SLE)

Al fine di verificare la compatibilità dei cedimenti con i requisiti prestazionali della struttura in elevazione si è implementato un modello di calcolo con il software Groupile. Di seguito si riportano i parametri utilizzati e i risultati di calcolo.

Layer	Soil Type	Depth for Top of Soil Layer (m)	Depth for Bottom of Soil Layer (m)	Properties of Layer
1	Sand (Reese)	0	7	1: Sand (Reese, et al.)
2	Sand (Reese)	7	14	2: Sand (Reese, et al.)
3	Sand (Reese)	14	35	3: Sand (Reese, et al.)

Buttons: Add Row, Insert Row, Delete Row

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m³)	Friction Angle (DEG.)	p-y Modulus, k (kN/m³)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m²)
1	17	22	1100	0	0
2	17	22	1100	0	0

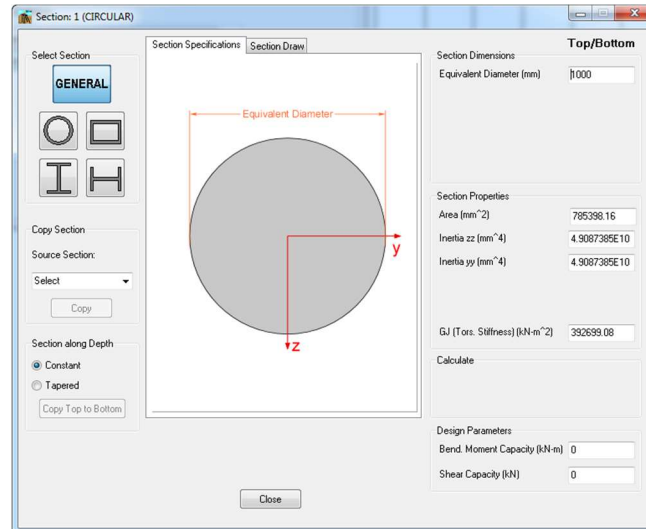
A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.
p-y Modulus, k:
- Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate value for p-y Modulus, k, if zero input value is entered.
Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:
- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m³)	Friction Angle (DEG.)	p-y Modulus, k (kN/m³)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m²)
1	18	32	5000	0	0
2	18	32	5000	0	0

A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.
p-y Modulus, k:
- Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate value for p-y Modulus, k, if zero input value is entered.
Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:
- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.

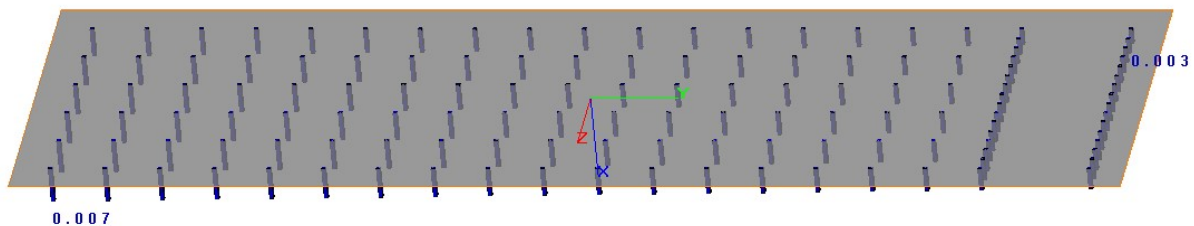
1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m³)	Friction Angle (DEG.)	p-y Modulus, k (kN/m³)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m²)
1	18	35	18000	0	0
2	18	35	18000	0	0

A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.
p-y Modulus, k:
- Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate value for p-y Modulus, k, if zero input value is entered.
Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:
- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.



Dalle analisi effettuate, considerando i carichi in combinazione SLE (rara), si ottiene un cedimento verticale di circa **4-8 mm**.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti.



La stima della costante elastica K da assumere nella modellazione strutturale viene effettuata considerando i risultati del modello Group Pile e "l'effetto gruppo" che il programma non in tiene conto.

Applicando le formule di Mandolini et al. (1997), che hanno analizzato i dati relativi a 43 palificate in vera grandezza comprendenti terreni e colonne di varia natura, si determina per un carico medio di circa 90 kPa un cedimento medio atteso della palificata di circa **2.6 cm** nel caso si considerassero n.132 colonne disposte secondo una maglia quadrata di lato 3x3m.

$$W_{totale} = 0.3 \times n \times W_{colonna} \times R^{-1.2}$$

dove:

W_{totale} = cedimento medio atteso complessivo

n = numero di colonne

$W_{colonna}$ = cedimento singola colonna

$R = (nxs/L)^{0.5}$

s = interasse colonne

L = lunghezza colonne

Il valore del modulo K vale pertanto:

$k = 0.90[\text{kg}/\text{cm}^2] / 2.6[\text{cm}] = 0.34 \text{ kg}/\text{cm}^3$

22. MODULO S (ASILO)

22.1. Verifiche capacità portante (SLU)

Ultimo aggiornamento 27/06/2013

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONI SUPERFICIALI

PROGETTO Cecchignola
LIVELLO DI PROGETTAZIONE Progetto esecutivo
J.N. 1014
DATA 21.01.2015
DESCRIZIONE Platea di fondazione Modulo S

GEOMETRIA FONDAZIONE

TIPO DI FONDAZIONE : **1** **P**
(1) Plinto / Platea
(2) Trave

L (lato maggiore fondazione) **75.4** m
B (lato minore fondazione) **26** m
H (altezza fondazione) **0.5** m
I (lato maggiore dado) **0** m
b (lato minore dado) **0** m
h1 (altezza dado) **0** m
D (altezza terreno stabilizzante) **0.5** m
 γ_{ton} (peso specifico fondazione) **0** kN/mc
 γ_{ter} (peso spec. terreno sopra fond.) **0** kN/mc
 α (angolo inclinazione fondazione>0) **0** °
 β (angolo inclinazione pendio>0) **0** °
 a_v/g (accelerazione sismica orizz.) **0.154**
S (coeff. stratigrafico) **1.461**

Punto Applicazione forze esterne **1**
(1) Forze applicate a quota H+h1 - P1
(2) Forze applicate a quota fondo scavo - P2

Braccio Forze esterne **0.5** m
Volume ds fondazione **980** mc
Volume terreno sopra fondazione **0** mc
P.P.1 peso proprio fondazione (k) **0** kN
P.P.2 peso proprio terreno sopra fondazione (k) **0** kN
P.P.1 + P.P.2 **0** kN

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DEL TERRENO

QUOTA FALDA DA P.C. **20** m
hw (quota falda da p.c. >0)

TERRENO TIPO 1
 γ_{k1} (peso specifico naturale terreno) **17** kN/mc

TERRENO TIPO 2
 d_2 (spessore strato) **100** m
 ϕ'_{k2} (angolo di attrito) **27** °
 c'_{k2} (coesione efficace) **5** kPa
 $c_{u,k2}$ (coesione non drenata) **0** kPa
 γ_{k2} (peso specifico naturale) **18** kN/mc
G (modulo di elasticità trasversale) **4000** kPa

TERRENO TIPO 3
 ϕ'_{k3} (angolo di attrito) **0** °
 c'_{k3} (coesione efficace) **0** kPa
 $c_{u,k3}$ (coesione non drenata) **0** kPa
 γ_{k3} (peso specifico naturale) **0** kN/mc
G (modulo di elasticità trasversale) **0** kPa

SEZIONE FONDAZIONE

TERRENO EQUIVALENTE DA MEDIA PESATA

H_{cuneo}	21.2	m
$\phi'_{k,eq}$	27	°
$c'_{k,eq}$	5	kPa
$c_{u,k,eq}$	0	kPa
$\gamma_{k,eq}$	18	kN/mc
G	4000	kPa

TIPO DI VERIFICA

TIPO DI VERIFICA **1** **DRENATA**
(1) Drenata
(2) Non Drenata

FORMULA PER IL CALCOLO DI N_y **2** **BRINCH - HANSEN**
(1) Meyerhof (1963)
(2) Brinch - Hansen (1970)
(3) Vesic (1975)
(4) Spangler - Handy (1982)

FATTORI CORRETTIVI **2** **BRINCH - HANSEN**
(1) Meyerhof (1963)
(2) Brinch - Hansen (1970)
(3) Vesic (1970)

FATTORI SISMICI **1** **SI**
(1) SI
(2) NO

VERIFICA IN DIREZIONE **1** **B**
(1) Y (Momento Mxx e forza FY // B)
(2) X (Momento Myy e forza FX // L)

VERIFICA DRENATA: PRESSIONE EFFICACE

$\phi'_{k,eq}$	27	°
$c'_{k,eq}$	5	kPa
$c_{u,k,eq}$	0	kPa
$D \cdot \gamma$	8.5	kPa
γ	17.2	kN/mc

contributo peso stabilizzante
contributo forze di attrito

RIEPILOGO VERIFICHE:

(1) D.M. 14/01/2008

	qd (kPa)	qmax (kPa)	verifica
(1) SLE - RARA	265	42	SI
(4) A1+M1+R3	342	56	SI
(5) SISMA	198	38	SI

N.B. Nelle verifiche non drenate utilizzare i coeff. di Brinch - Hansen

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)									
PROGETTO		Cecchignola			(4) A1+M1+R3				
LIVELLO DI PROGETTAZIONE		Progetto esecutivo							
J.N.		1014							
DATA		21.01.2015							
DESCRIZIONE		Platea di fondazione Modulo S							
NORMATIVA		(1) D.M. 14/01/2008							
COMBINAZIONE		(4) A1+M1+R3 OK							
COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO									
NORMATIVA DI RIFERIMENTO		1			<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> D.M.14/01/2008 EC7 </div> <div> <ul style="list-style-type: none"> • (1) SLE - RARA • (2) A1+M1+R1 • (3) A2+M2+R2 • X (4) A1+M1+R3 • (5) SISMA • (11) A1+M1+R1 • (12) A2+M2+R1 • (13) A1+M1+R2 • (14) A1+M2+R3 • (15) SISMA </div> <div> Metodo TA D.M.11/03/1988 Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 3 </div> </div>				
COMBINAZIONE		4							
Tipo di carico		D.M.14/01/2008				EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)			
		SLE	A1	A2	SISMA	A1	A2	SISMA	
Pesi propri	1.3	1	1.3	1	1	1.35	1	1	
Permanenti strutturali	1.3	1	1.3	1	1	1.35	1	1	
Permanenti non strutturali	1.5	1	1.5	1.3	1	1.35	1	1	
Variabili	1.5	1	1.5	1.3	1	1.5	1.3	1	
Parametri terreno		SLE	M1	M2	SISMA	M1	M2	SISMA	
$\tan \phi$ (angolo di attrito)	1	1	1	1.25	1	1	1.25	1.25	
c' (coesione apparente)	1	1	1	1.25	1	1	1.25	1.25	
C_u (resistenza non drenata)	1	1	1	1.4	1	1	1.4	1.4	
Resistenze		SLE	R1	R2	R3	SISMA	R1	R2	R3
Capacità portante	2.3	3	1	1.8	2.3	2.3	1	1.4	1
Scorrimento	1.1	1.5	1	1.1	1.1	1.1	1	1.1	1
CARICHI DI PROGETTO									
INSERIMENTO CARICHI		2							
(1) CARICHI CARATTERISTICI									
(2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO									
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO									
p.p.fond. + p.p.ter. (k)	[kN]	0							
p.p.fond. + p.p.ter. (d)	[kN]	0							
N_d	[kN]	97'365							
F_{y_d}	[kN]	14'939							
M_{x_d}	[kNm]	49'184							
F_{x_d}	[kN]	10							
M_{y_d}	[kNm]	119'308							
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE									
N_{tot}	[kN]	97'365							
$F_{y_{tot}}$	[kN]	14939							
$M_{x_{tot}}$	[kNm]	56653.5							
$F_{x_{tot}}$	[kN]	10							
$M_{y_{tot}}$	[kNm]	119313							
$e_x = M_x / N_{tot}$ (lungo lato B)		0.58							
$e_y = M_y / N_{tot}$ (lungo lato L)		4.33							
REAGENTE		1.23							
REAGENTE		12.57							
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE									
PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI									
$\phi_{k_{eq}}$ (angolo di attrito)	[°]	27							
$c'_{k_{eq}}$ (coesione apparente)	[kPa]	5							
$C_{u_{k_{eq}}}$ (coesione non drenata)	[kPa]	0							
PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO									
ϕ_d (angolo di attrito)	[°]	27							
c'_d (coesione apparente)	[kPa]	5							
$C_{u,d}$ (coesione non drenata)	[kPa]	0							
FATTORI CAPACITA' PORTANTE									
N_c PRANDTL (1921)		23.96							
N_q PRANDTL (1921)		13.21							
N_γ		9.34							
FATTORI CORRETTIVI									
Fattori di forma	BRINCH - HANSEN	⇒	S_c	1.19	S_q	1.17	S_y	0.86	
Fattori inclinazione carico	BRINCH - HANSEN	⇒	I_c	0.65	I_q	0.68	I_y	0.58	
Fattori di approfondimento	BRINCH - HANSEN	⇒	D_c	1.01	D_q	1.01	D_y	1.00	
Fattori inclinazione fondazione	BRINCH - HANSEN	⇒	B_c	1.00	B_q	1.00	B_y	1.00	
Fattori inclinazione p.c.	BRINCH - HANSEN	⇒	G_c	1.00	G_q	1.00	G_y	1.00	
Fattori sismici	PAOLUCCI E PECKER	⇒	Z_c	1.00	Z_q	1.00	Z_y	1.00	
Fattori di punzonamento	VESIC	⇒	ψ_c	0.62	ψ_q	0.67	ψ_y	0.67	
TIPO DI FONDAZIONE		1 P							
TIPO DI VERIFICA		1 DRENATA							
CALCOLO DI N_γ		2 BRINCH - HANSEN							
FATTORI CORRETTIVI		2 BRINCH - HANSEN							
DIREZIONE DI CALCOLO		1 B							
FATTORI SISMICI		1 SI							
PUNZONAMENTO									
I_r (indice di rigidità)		32	⇒						Fattori punzonamento < 1
I_{cr} (indice critico)		85							
FORMULA GENERALE:									
$q_{ult} = c N_{s,c,i,d,b,g,z_c} \Psi_c + q N_{s,q,i,d,b,g,z_q} \Psi_q + \frac{1}{2} B \gamma N_{s,y,i,d,b,g,z_y} \Psi_y$									
(A) Componente per coesione - N_c [kPa]		58		$q_{ult} (A+B+C)$		787 kPa			
(B) Componente per sovracc. - N_q [kPa]		61		$q_d (q_{ult}/FS)$		342 kPa			
(C) Componente per attrito - N_γ [kPa]		668		$Q_{ult} (q_{ult} \times B' \times L')$		1'426'230 kN			
				$Q_d (Q_{ult}/FS)$		620'100 kN			
$q_d (q_{ult}/FS)$	=	342 kPa	>	q_{max}	=	56 kPa	VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA		
$t_d (t_{ult}/FS)$	=	23 kPa	>	t_{max}	=	8 kPa	VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA		

Per confronto si riportano anche le verifiche eseguite allo SLE e allo SLV.

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)									
PROGETTO		Cecchignola		(1) SLE - RARA					
LIVELLO DI PROGETTAZIONE		Progetto esecutivo							
J.N.		1014							
DATA		21.01.2015							
DESCRIZIONE		Platea di fondazione Modulo S							
NORMATIVA		(1) D.M. 14/01/2008							
COMBINAZIONE		(1) SLE - RARA OK							
COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO									
NORMATIVA DI RIFERIMENTO		1		D.M.14/01/2008		X		(1) SLE - RARA	
(1) D.M. 14/01/2008								Metodo TA D.M.11/03/1988	
(2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)								Approccio 1 comb. 1	
								Approccio 1 comb. 2	
								Approccio 2	
								(5) SISMA	
								(11) A1+M1+R1	
								Approccio 1 comb. 1	
								(12) A2+M2+R1	
								Approccio 1 comb. 2	
								(13) A1+M1+R2	
								Approccio 2	
								(14) A1+M2+R3	
								Approccio 3	
								(15) SISMA	
COMBINAZIONE									
1				EC7					
D.M.14/01/2008									
EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)									
Tipo di carico									
SLE									
A1									
A2									
SISMA									
A1									
A2									
SISMA									
Pesi propri									
1									
Permanenti strutturali									
1									
Permanenti non strutturali									
1									
Variabili									
1									
Parametri terreno									
SLE									
M1									
M2									
SISMA									
M1									
M2									
SISMA									
tan φ (angolo di attrito)									
1									
c' (coesione apparente)									
1									
Cu (resistenza non drenata)									
1									
Resistenze									
SLE									
R1									
R2									
R3									
SISMA									
R1									
R2									
R3									
SISMA									
Capacità portante									
3									
Scorrimento									
1.5									
CARICHI DI PROGETTO									
INSERIMENTO CARICHI									
(1) CARICHI CARATTERISTICI									
(2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO									
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO									
p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN]									
0									
p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN]									
0									
N_{tot} [kN]									
72'310									
F_y [kN]									
10'992									
M_x [kNm]									
38'839									
F_x [kN]									
7									
M_y [kNm]									
88'797									
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE									
N_{tot} [kN]									
72'310									
F_y [kN]									
10992									
M_x [kNm]									
44335									
F_x [kN]									
7									
M_y [kNm]									
88800.5									
ex = M_x / N_{tot} (lungo lato B)									
0.61									
REAGENTE									
ey = M_y / N_{tot} (lungo lato L)									
1.23									
REAGENTE									
12.57									
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE									
PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI									
φ_{k,eq} (angolo di attrito) [°]									
27									
c'_{k,eq} (coesione apparente) [kPa]									
5									
Cu_{k,eq} (coesione non drenata) [kPa]									
0									
PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO									
φ_d (angolo di attrito) [°]									
27									
c'_d (coesione apparente) [kPa]									
5									
Cu_d (coesione non drenata) [kPa]									
0									
FATTORI CAPACITA' PORTANTE									
N_c PRANDTL (1921)									
23.96									
N_q PRANDTL (1921)									
13.21									
N_γ									
9.34									
FATTORI CORRETTIVI									
Fattori di forma									
BRINCH - HANSEN									
⇒									
S_c									
1.19									
S_q									
1.17									
S_y									
0.86									
Fattori inclinazione carico									
BRINCH - HANSEN									
⇒									
I_c									
0.66									
I_q									
0.69									
I_y									
0.59									
Fattori di approfondimento									
BRINCH - HANSEN									
⇒									
D_c									
1.01									
D_q									
1.01									
D_y									
1.00									
Fattori inclinazione fondazione									
BRINCH - HANSEN									
⇒									
B_c									
1.00									
B_q									
1.00									
B_y									
1.00									
Fattori inclinazione p.c.									
BRINCH - HANSEN									
⇒									
G_c									
1.00									
G_q									
1.00									
G_y									
1.00									
Fattori sismici									
PAOLUCCI E PECKER									
⇒									
Z_c									
1.00									
Z_q									
1.00									
Z_y									
1.00									
Fattori di punzonamento									
VESIC									
⇒									
ψ_c									
0.62									
ψ_q									
0.67									
ψ_y									
0.67									
(A) Componente per coesione - N_c [kPa]									
59									
(B) Componente per sovracc. - N_q [kPa]									
61									
(C) Componente per attrito - N_γ [kPa]									
675									
q_{ult} (A+B+C)									
795 kPa									
q_d (q_{ult}/FS)									
265 kPa									
Q_{ult} (q_{ult} x B' x L')									
1'436'566 kN									
Q_d (Q_{ult}/FS)									
478'855 kN									
q_d (q_{ult}/FS)									
= 265 kPa									
> q_{max} = 42 kPa									
VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA									
τ_d (τ_{ult}/FS)									
= 13 kPa									
> τ_{max} = 6 kPa									
VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA									

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)

PROGETTO
LIVELLO DI PROGETTAZIONE
J.N.
DATA
DESCRIZIONE
NORMATIVA
COMBINAZIONE

Cecchignola
 Progetto esecutivo
 1014
 21.01.2015
 Platea di fondazione Modulo S
 (1) D.M. 14/01/2008
 (5) SISMA

(5) SISMA

COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO

NORMATIVA DI RIFERIMENTO
 (1) D.M. 14/01/2008
 (2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)

COMBINAZIONE

D.M.14/01/2008					EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)				
	SLE	A1	A2	SISMA		A1	A2	SISMA	
pesi propri	1	1	1	1		1	1	1	
Permanenti strutturali	1	1	1	1		1	1	1	
Permanenti non strutturali	1	1	1	1		1	1	1	
Variabili	1	1	1	1		1	1	1	

D.M.14/01/2008					EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)				
	SLE	M1	M2	SISMA		M1	M2	SISMA	
tan δ (angolo di attrito)	1	1	1	1		1	1	1	
c' (coesione apparente)	1	1	1	1		1	1	1	
Cu (resistenza non drenata)	1	1	1	1		1	1	1	

D.M.14/01/2008					EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)					
	SLE	R1	R2	R3	SISMA		R1	R2	R3	SISMA
Capacità portante	2.3	3	1	1.8	2.3		1	1.4	1	1
Scorrimento	1.1	1.5	1	1.1	1.1		1	1.1	1	1

INSEMENTO CARICHI

(1) CARICHI CARATTERISTICI
 (2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN] 0
 p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN] 0

N_d [kN] 65'616
 Fy_d [kN] 16'566
 Mx_d [kNm] 28'506
 Fx_d [kN] 5'177
 My_d [kNm] 59'118

1 CARICHI CARATTERISTICI

	Gk	Qk
N [kN]	0	0
Fy [kN]	0	0
Mx [kNm]	0	0
Fx [kN]	0	0
My [kNm]	0	0

2 CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd)

INSERIRE CARICHI!!!

	Gd + Qd
N [kN]	65'616
Fy [kN]	16'566
Mx [kNm]	28'506
Fx [kN]	5'177
My [kNm]	59'118

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE

N_{tot} [kN] 65'616
 Fy_{tot} [kN] 16566
 Mx_{tot} [kNm] 36789
 Fx_{tot} [kN] 5177
 My_{tot} [kNm] 61706.5
 ex = Mx / N_{tot} (lungo lato B) 0.56
 REAGENTE 4.33
 ey = My / N_{tot} (lungo lato L) 0.94
 REAGENTE 12.57

TIPO DI FONDAZIONE

TIPO DI VERIFICA

FATTORI CORRETTIVI

DIREZIONE DI CALCOLO

FATTORI SISMICI

PUNZONAMENTO

Ir (Indice di rigidità) 32 ⇒ Fattori punzonamento < 1
 Icr (Indice critico) 85

FORMULA GENERALE :

$$q_{ult} = c N_{s,c} i_d b g_z z_c \Psi_c + q N_{s,q} i_d b g_z z_q \Psi_q + \frac{1}{2} B' \gamma N_{s,i} i_d b g_z z_\gamma \Psi_\gamma$$

1 P
 1 DRENATA
 2 BRINCH - HANSEN
 2 BRINCH - HANSEN
 1 B
 1 SI

VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE

PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI

φ_{k,eq} (angolo di attrito) [°] 27
 c'_{k,eq} (coesione apparente) [kPa] 5
 Cu_{k,eq} (coesione non drenata) [kPa] 0

PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO

φ_d (angolo di attrito) [°] 27
 c'_d (coesione apparente) [kPa] 5
 Cu_d (coesione non drenata) [kPa] 0

FATTORI CAPACITA' PORTANTE

Nq PRANDTL (1921) 23.96
 Nq PRANDTL (1921) 13.21
 Nγ 9.34

FATTORI CORRETTIVI	
Fattori di forma	BRINCH - HANSEN ⇒ Sc 1.19
Fattori inclinazione carico	BRINCH - HANSEN ⇒ Ic 0.49
Fattori di approfondimento	BRINCH - HANSEN ⇒ Dc 1.01
Fattori inclinazione fondazione	BRINCH - HANSEN ⇒ Bc 1.00
Fattori inclinazione p.c.	BRINCH - HANSEN ⇒ Gc 1.00
Fattori sismici	PAOLUCCI E PECKER ⇒ Zc 0.93
Fattori di punzonamento	VESIC ⇒ Ψc 0.62

FATTORI CORRETTIVI	
Sq 1.17	Sγ 0.86
Iq 0.53	Iγ 0.40
Dq 1.01	Dγ 1.00
Bq 1.00	Bγ 1.00
Gq 1.00	Gγ 1.00
Zq 0.82	Zγ 0.82
Ψq 0.67	Ψγ 0.67

22.2. Calcolo cedimenti (SLE)

Al fine di verificare la compatibilità dei cedimenti con i requisiti prestazionali della struttura in elevazione si è implementato un modello di calcolo con il software Groupile. Di seguito si riportano i parametri utilizzati e i risultati di calcolo.

Layer	Soil Type	Depth for Top of Soil Layer (m)	Depth for Bottom of Soil Layer (m)	Properties of Layer
1	Sand (Reese)	0	7	1: Sand (Reese, et al.)
2	Sand (Reese)	7	14	2: Sand (Reese, et al.)
3	Sand (Reese)	14	35	3: Sand (Reese, et al.)

Buttons: Add Row, Insert Row, Delete Row

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m ³)	Friction Angle (DEG.)	p-y Modulus, k (kN/m ³)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m ²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m ²)
1	17	22	1100	0	0
2	17	22	1100	0	0

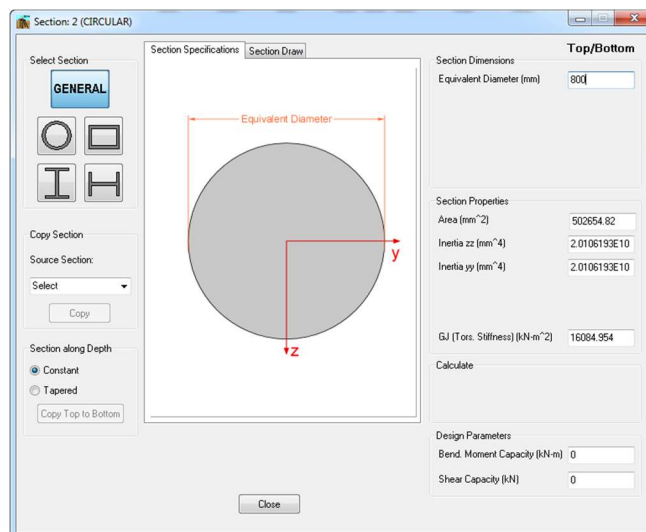
A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.
p-y Modulus, k:
- Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate value for p-y Modulus, k, if zero input value is entered.
Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:
- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m ³)	Friction Angle (DEG.)	p-y Modulus, k (kN/m ³)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m ²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m ²)
1	18	32	5000	0	0
2	18	32	5000	0	0

A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.
p-y Modulus, k:
- Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate value for p-y Modulus, k, if zero input value is entered.
Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:
- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.

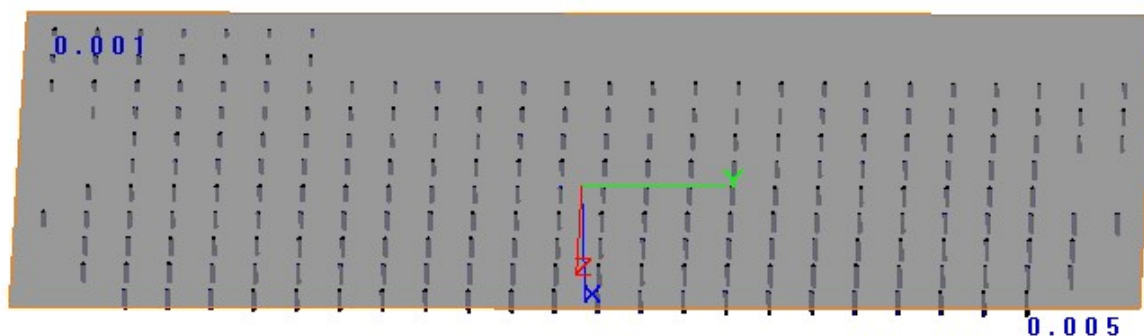
1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m ³)	Friction Angle (DEG.)	p-y Modulus, k (kN/m ³)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m ²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m ²)
1	18	35	18000	0	0
2	18	35	18000	0	0

A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.
p-y Modulus, k:
- Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate value for p-y Modulus, k, if zero input value is entered.
Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:
- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.



Dalle analisi effettuate, considerando i carichi in combinazione SLE (rara), si ottiene un cedimento verticale di circa **1-5 mm**.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti.



La stima della costante elastica K da assumere nella modellazione strutturale viene effettuata considerando i risultati del modello Group Pile e "l'effetto gruppo" che il programma non in tiene conto.

Applicando le formule di Mandolini et al. (1997), che hanno analizzato i dati relativi a 43 palificate in vera grandezza comprendenti terreni e colonne di varia natura, si determina per un carico medio di circa 37 kPa un cedimento medio atteso della palificata di circa **1.6 cm** nel caso si considerassero n.230 colonne disposte secondo una maglia quadrata di lato 3x3m.

$$W_{\text{totale}} = 0.3 \times n \times W_{\text{colonna}} \times R^{-1.2}$$

dove:

W_{totale} = cedimento medio atteso complessivo

n = numero di colonne

$W_{colonna}$ = cedimento singola colonna

$R = (nxs/L)^{0.5}$

s = interasse colonne

L = lunghezza colonne

Il valore del modulo K vale pertanto:

$k = 0.37[\text{kg}/\text{cm}^2] / 3.4[\text{cm}] = 0.23 \text{ kg}/\text{cm}^3$

23. MODULO M

23.1. Edificio M1

23.1.1. Verifiche capacità portante (SLU)

Ultimo aggiornamento 27/06/2013

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONI SUPERFICIALI

PROGETTO Cecchignola
LIVELLO DI PROGETTAZIONE Progetto esecutivo
J.N. 1014
DATA 21.01.2015
DESCRIZIONE Platea di fondazione Edificio M1

GEOMETRIA FONDAZIONE

TIPO DI FONDAZIONE : **1** **P**
(1) Plinto / Platea
(2) Trave

L (lato maggiore fondazione)	22.6	m
B (lato minore fondazione)	2.0	m
H (altezza fondazione)	0.5	m
I (lato maggiore dado)	0	m
b (lato minore dado)	0	m
h1 (altezza dado)	0	m
D (altezza terreno stabilizzante)	0.5	m
γ_{fon} (peso specifico fondazione)	0	kN/mc
γ_{ter} (peso spec. terreno sopra fond.)	0	kN/mc
α (angolo inclinazione fondazione > 0)	0	°
β (angolo inclinazione pendio > 0)	0	°
a_g/g (accelerazione sismica orizz.)	0.154	
S (coeff. stratigrafico)	1.461	

Punto Applicazione forze esterne **1**
(1) Forze applicate a quota H+h1 - P1
(2) Forze applicate a quota fondo scavo - P2

Braccio Forze esterne	0.5	m
Volume ds fondazione	226	mc
Volume terreno sopra fondazione	0	mc
P.P.1 peso proprio fondazione (k)	0	kN
P.P.2 peso proprio terreno sopra fondazione (k)	0	kN
P.P.1 + P.P.2	0	kN

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DEL TERRENO

QUOTA FALDA DA P.C. **20** m
hw (quota falda da p.c. > 0)

TERRENO TIPO 1

γ_{k1} (peso specifico naturale terreno)	17	kN/mc
-------------------------------------------------	----	-------

TERRENO TIPO 2

d2 (spessore strato)	100	m
ϕ'_{k2} (angolo di attrito)	27	°
c'_{k2} (coesione efficace)	5	kPa
$c_{u,k2}$ (coesione non drenata)	0	kPa
γ_{k2} (peso specifico naturale)	18	kN/mc
G (modulo di elasticità trasversale)	4000	kPa

TERRENO TIPO 3

ϕ'_{k3} (angolo di attrito)	0	°
c'_{k3} (coesione efficace)	0	kPa
$c_{u,k3}$ (coesione non drenata)	0	kPa
γ_{k3} (peso specifico naturale)	0	kN/mc
G (modulo di elasticità trasversale)	0	kPa

SEZIONE FONDAZIONE

TERRENO EQUIVALENTE DA MEDIA PESATA

$H_{terreno}$	16.3	m
$\phi'_{k,eq}$	27	°
$c'_{k,eq}$	5	kPa
$c_{u,k,eq}$	0	kPa
$\gamma'_{k,eq}$	18	kN/mc
G	4000	kPa

TIPO DI VERIFICA

TIPO DI VERIFICA **1** **DRENATA** \Rightarrow
(1) Drenata
(2) Non Drenata

FORMULA PER IL CALCOLO DI N_f **2**
(1) Meyerhof (1963)
(2) Brinch - Hansen (1970)
(3) Vesic (1975)
(4) Spangler - Handy (1982)

FATTORI CORRETTIVI **2**
(1) Meyerhof (1963)
(2) Brinch - Hansen (1970)
(3) Vesic (1970)

FATTORI SISMICI **1**
(1) SI
(2) NO

VERIFICA IN DIREZIONE **1**
(1) Y (Momento Mxx e forza FY // B)
(2) X (Momento Myy e forza FX // L)

VERIFICA DRENATA: PRESSIONE EFFICACE

$\phi'_{k,eq}$	27	°
$c'_{k,eq}$	5	kPa
$c_{u,k,eq}$	0	kPa
D // γ'	8.5	kPa
γ'	18.0	kN/mc

contributo peso stabilizzante
contributo forze di attrito

RIEPILOGO VERIFICHE:
(1) D.M. 14/01/2008

	qd (kPa)	qmax (kPa)	verifica
(1) SLE - RARA	395	37	SI
(4) A1+M1+R3	515	54	SI
(5) SISMA	339	43	SI

N.B. Nelle verifiche non drenate utilizzare i coeff. di Brinch - Hansen

Per confronto si riportano anche le verifiche eseguite allo SLE e allo SLV.

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)																																																					
PROGETTO LIVELLO DI PROGETTAZIONE J.N. DATA DESCRIZIONE NORMATIVA COMBINAZIONE		Cecchignola Progetto esecutivo 1014 21.01.2015 Platea di fondazione Edificio M1 (1) D.M. 14/01/2008 (1) SLE - RARA		(1) SLE - RARA																																																	
COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO																																																					
NORMATIVA DI RIFERIMENTO (1) D.M. 14/01/2008 (2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)		1		D.M.14/01/2008		X		(1) SLE - RARA (2) A1+M1+R1 (3) A2+M2+R2 (4) A1+M1+R3 (5) SISMA Metodo TA D.M.11/03/1988 Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2																																													
COMBINAZIONE		1		EC7		.		(11) A1+M1+R1 (12) A2+M2+R1 (13) A1+M1+R2 (14) A1+M2+R3 (15) SISMA Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 3																																													
D.M.14/01/2008																																																					
EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)																																																					
<table border="1"><thead><tr><th>Tipo di carico</th><th>SLE</th><th>A1</th><th>A2</th><th>SISMA</th><th>A1</th><th>A2</th><th>SISMA</th></tr></thead><tbody><tr><td>Pesi propri</td><td>1</td><td>1.3</td><td>1</td><td>1</td><td>1.35</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>Permanenti strutturali</td><td>1</td><td>1.3</td><td>1</td><td>1</td><td>1.35</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>Permanenti non strutturali</td><td>1</td><td>1.5</td><td>1.3</td><td>1</td><td>1.35</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>Variabili</td><td>1</td><td>1.5</td><td>1.3</td><td>1</td><td>1.5</td><td>1.3</td><td>1</td></tr></tbody></table>										Tipo di carico	SLE	A1	A2	SISMA	A1	A2	SISMA	Pesi propri	1	1.3	1	1	1.35	1	1	Permanenti strutturali	1	1.3	1	1	1.35	1	1	Permanenti non strutturali	1	1.5	1.3	1	1.35	1	1	Variabili	1	1.5	1.3	1	1.5	1.3	1				
Tipo di carico	SLE	A1	A2	SISMA	A1	A2	SISMA																																														
Pesi propri	1	1.3	1	1	1.35	1	1																																														
Permanenti strutturali	1	1.3	1	1	1.35	1	1																																														
Permanenti non strutturali	1	1.5	1.3	1	1.35	1	1																																														
Variabili	1	1.5	1.3	1	1.5	1.3	1																																														
<table border="1"><thead><tr><th>Parametri terreno</th><th>SLE</th><th>M1</th><th>M2</th><th>SISMA</th><th>M1</th><th>M2</th><th>SISMA</th></tr></thead><tbody><tr><td>$\tan \phi$ (angolo di attrito)</td><td>1</td><td>1</td><td>1.25</td><td>1</td><td>1</td><td>1.25</td><td>1.25</td></tr><tr><td>c' (coesione apparente)</td><td>1</td><td>1</td><td>1.25</td><td>1</td><td>1</td><td>1.25</td><td>1.25</td></tr><tr><td>C_u (resistenza non drenata)</td><td>1</td><td>1</td><td>1.4</td><td>1</td><td>1</td><td>1.4</td><td>1.4</td></tr></tbody></table>										Parametri terreno	SLE	M1	M2	SISMA	M1	M2	SISMA	$\tan \phi$ (angolo di attrito)	1	1	1.25	1	1	1.25	1.25	c' (coesione apparente)	1	1	1.25	1	1	1.25	1.25	C_u (resistenza non drenata)	1	1	1.4	1	1	1.4	1.4												
Parametri terreno	SLE	M1	M2	SISMA	M1	M2	SISMA																																														
$\tan \phi$ (angolo di attrito)	1	1	1.25	1	1	1.25	1.25																																														
c' (coesione apparente)	1	1	1.25	1	1	1.25	1.25																																														
C_u (resistenza non drenata)	1	1	1.4	1	1	1.4	1.4																																														
<table border="1"><thead><tr><th>Resistenze</th><th>SLE</th><th>R1</th><th>R2</th><th>R3</th><th>SISMA</th><th>R1</th><th>R2</th><th>R3</th><th>SISMA</th></tr></thead><tbody><tr><td>Capacità portante</td><td>3</td><td>1</td><td>1.8</td><td>2.3</td><td>2.3</td><td>1</td><td>1.4</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>Scorrimento</td><td>1.5</td><td>1.5</td><td>1</td><td>1.1</td><td>1.1</td><td>1</td><td>1.1</td><td>1</td><td>1</td></tr></tbody></table>										Resistenze	SLE	R1	R2	R3	SISMA	R1	R2	R3	SISMA	Capacità portante	3	1	1.8	2.3	2.3	1	1.4	1	1	Scorrimento	1.5	1.5	1	1.1	1.1	1	1.1	1	1														
Resistenze	SLE	R1	R2	R3	SISMA	R1	R2	R3	SISMA																																												
Capacità portante	3	1	1.8	2.3	2.3	1	1.4	1	1																																												
Scorrimento	1.5	1.5	1	1.1	1.1	1	1.1	1	1																																												
CARICHI DI PROGETTO																																																					
INSERIMENTO CARICHI (1) CARICHI CARATTERISTICI (2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO		2		CARICHI CARATTERISTICI		CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd) INSERIRE CARICHI!!!																																															
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN] p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN] N_d [kN] F_{y_d} [kN] M_{x_d} [kNm] F_{x_d} [kN] M_{y_d} [kNm]		0 0 15'381 79 1'960 70 5'100		<table border="1"><thead><tr><th>Gk</th><th>Qk</th></tr></thead><tbody><tr><td>N [kN]</td><td>0</td></tr><tr><td>Fy [kN]</td><td>0</td></tr><tr><td>Mx [kNm]</td><td>0</td></tr><tr><td>Fx [kN]</td><td>0</td></tr><tr><td>My [kNm]</td><td>0</td></tr></tbody></table>		Gk	Qk	N [kN]	0	Fy [kN]	0	Mx [kNm]	0	Fx [kN]	0	My [kNm]	0	<table border="1"><thead><tr><th>Gd + Qd</th></tr></thead><tbody><tr><td>N [kN]</td><td>15'381</td></tr><tr><td>Fy [kN]</td><td>79</td></tr><tr><td>Mx [kNm]</td><td>1'960</td></tr><tr><td>Fx [kN]</td><td>70</td></tr><tr><td>My [kNm]</td><td>5'100</td></tr></tbody></table>				Gd + Qd	N [kN]	15'381	Fy [kN]	79	Mx [kNm]	1'960	Fx [kN]	70	My [kNm]	5'100																					
Gk	Qk																																																				
N [kN]	0																																																				
Fy [kN]	0																																																				
Mx [kNm]	0																																																				
Fx [kN]	0																																																				
My [kNm]	0																																																				
Gd + Qd																																																					
N [kN]	15'381																																																				
Fy [kN]	79																																																				
Mx [kNm]	1'960																																																				
Fx [kN]	70																																																				
My [kNm]	5'100																																																				
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE N_{tot} [kN] $F_{y_{tot}}$ [kN] $M_{x_{tot}}$ [kNm] $F_{x_{tot}}$ [kN] $M_{y_{tot}}$ [kNm] $ex = M_x / N_{tot}$ (lungo lato B) $ey = M_y / N_{tot}$ (lungo lato L) REAGENTE REAGENTE		15'381 79 1999.5 70 5135 0.13 3.33 0.33 3.77																																																			
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE																																																					
PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI $\phi_{k_{eq}}$ (angolo di attrito) [°] $c'_{k_{eq}}$ (coesione apparente) [kPa] $C_{u_{k_{eq}}}$ (coesione non drenata) [kPa]		27 5 0		TIPO DI FONDAZIONE TIPO DI VERIFICA CALCOLO DI N_f FATTORI CORRETTIVI DIREZIONE DI CALCOLO FATTORI SISMICI PUNZONAMENTO I_r (indice di rigidità) I_{cr} (indice critico) FORMULA GENERALE:		1 1 2 2 1 1 1 39 57 \Rightarrow Fattori punzonamento < 1 $q_{ult} = c N_{c_i} d_c b_c g_c z_c \Psi_c + q N_{q_i} d_q b_q g_q z_q \Psi_q + \frac{1}{2} B \gamma N_{\gamma_i} d_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma} z_{\gamma} \Psi_{\gamma}$																																															
PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO ϕ_d (angolo di attrito) [°] c'_d (coesione apparente) [kPa] $C_{u,d}$ (coesione non drenata) [kPa]		27 5 0		FATTORI CORRETTIVI Fattori di forma Fattori inclinazione carico Fattori di approfondimento Fattori inclinazione fondazione Fattori inclinazione p.c. Fattori sismici Fattori di punzonamento		\Rightarrow BRINCH - HANSEN BRINCH - HANSEN BRINCH - HANSEN BRINCH - HANSEN BRINCH - HANSEN PAOLUCCI E PECKER VESIC <table border="1"><thead><tr><th></th><th>S_c</th><th>I_c</th><th>D_c</th><th>B_c</th><th>G_c</th><th>Z_c</th><th>V_c</th><th>S_q</th><th>I_q</th><th>D_q</th><th>B_q</th><th>G_q</th><th>Z_q</th><th>V_q</th><th>S_y</th><th>I_y</th><th>D_y</th><th>B_y</th><th>G_y</th><th>Z_y</th><th>V_y</th></tr></thead><tbody><tr><td></td><td>1.50</td><td>0.99</td><td>1.01</td><td>1.00</td><td>1.00</td><td>1.00</td><td>0.84</td><td>1.46</td><td>0.99</td><td>1.01</td><td>1.00</td><td>1.00</td><td>1.00</td><td>0.86</td><td>0.64</td><td>0.98</td><td>1.00</td><td>1.00</td><td>1.00</td><td>1.00</td><td>0.86</td></tr></tbody></table>					S _c	I _c	D _c	B _c	G _c	Z _c	V _c	S _q	I _q	D _q	B _q	G _q	Z _q	V _q	S _y	I _y	D _y	B _y	G _y	Z _y	V _y		1.50	0.99	1.01	1.00	1.00	1.00	0.84	1.46	0.99	1.01	1.00	1.00	1.00	0.86	0.64	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86
	S _c	I _c	D _c	B _c	G _c	Z _c	V _c	S _q	I _q	D _q	B _q	G _q	Z _q	V _q	S _y	I _y	D _y	B _y	G _y	Z _y	V _y																																
	1.50	0.99	1.01	1.00	1.00	1.00	0.84	1.46	0.99	1.01	1.00	1.00	1.00	0.86	0.64	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	0.86																																
FATTORI CAPACITA' PORTANTE N_c PRANDTL (1921) N_q PRANDTL (1921) N_{γ}		23.96 13.21 9.34		<table border="1"><thead><tr><th>(A) Componente per coesione - N_c [kPa]</th><th>(B) Componente per sovracc. - N_q [kPa]</th><th>(C) Componente per attrito - N_{γ} [kPa]</th></tr></thead><tbody><tr><td>150</td><td>141</td><td>896</td></tr></tbody></table>		(A) Componente per coesione - N_c [kPa]	(B) Componente per sovracc. - N_q [kPa]	(C) Componente per attrito - N_{γ} [kPa]	150	141	896	$q_{ult} (A+B+C)$ $q_d (q_{ult}/FS)$ $Q_{ult} (q_{ult} \times B' \times L')$ $Q_d (Q_{ult}/FS)$				1'186 kPa 395 kPa 513'477 kN 171'159 kN																																					
(A) Componente per coesione - N_c [kPa]	(B) Componente per sovracc. - N_q [kPa]	(C) Componente per attrito - N_{γ} [kPa]																																																			
150	141	896																																																			
q_d (q_{ult}/FS)		= 395 kPa		q_{max}		= 37 kPa		VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA																																													
τ_d (τ_{ult}/FS)		= 12 kPa		τ_{max}		= 0 kPa		VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA																																													

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)									
PROGETTO		Cecchinola							
LIVELLO DI PROGETTAZIONE		Progetto esecutivo							
J.N.		1014							
DATA		21.01.2015							
DESCRIZIONE		Platea di fondazione Edificio M1							
NORMATIVA		(1) D.M. 14/01/2008							
COMBINAZIONE		(5) SISMA OK							
(5) SISMA									
COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO									
NORMATIVA DI RIFERIMENTO		1	D.M.14/01/2008		• (1) SLE - RARA • (2) A1+M1+R1 • (3) A2+M2+R2 • (4) A1+M1+R3 • (5) SISMA		Metodo TA D.M.11/03/1988 Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2		
(1) D.M. 14/01/2008									
(2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)									
COMBINAZIONE		5	EC7		• (11) A1+M1+R1 • (12) A2+M2+R1 • (13) A1+M1+R2 • (14) A1+M2+R3 • (15) SISMA		Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 3		
RESISTENZE									
Tipo di carico			SLE	A1	A2	SISMA	A1	A2	SISMA
Pesi propri	1	1	1	1.3	1	1	1.35	1	1
Permanenti strutturali	1	1	1	1.3	1	1	1.35	1	1
Permanenti non strutturali	1	1	1	1.5	1.3	1	1.35	1	1
Variabili	1	1	1	1.5	1.3	1	1.5	1.3	1
Parametri terreno			SLE	M1	M2	SISMA	M1	M2	SISMA
tan φ (angolo di attrito)	1	1	1	1.25		1	1	1.25	1.25
c' (coesione apparente)	1	1	1	1.25		1	1	1.25	1.25
Cu (resistenza non drenata)	1	1	1	1.4		1	1	1.4	1.4
Capacità portante		2.3	3	1	1.8	2.3	3	1	1
Scorrimento		1.1	1.5	1	1.1	1.1	1	1.1	1
CARICHI DI PROGETTO									
INSERIMENTO CARICHI		2	CARICHI CARATTERISTICI				CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd)		
(1) CARICHI CARATTERISTICI			Gk Qk N [kN] 0 0 Fy [kN] 0 0 Mx [kNm] 0 0 Fx [kNm] 0 0 My [kNm] 0 0				Gd + Qd N [kN] 15'777 Fy [kN] 1'070 Mx [kNm] 8'400 Fx [kNm] 1'064 My [kNm] 12'560		
(2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO									
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO									
p.p. fond. + p.p. ter. (k)	[kN]	0							
p.p. fond. + p.p. ter. (d)	[kN]	0							
N _d	[kN]	15'777							
Fy _d	[kN]	1'070							
Mx _d	[kNm]	8'400							
Fx _d	[kN]	1'064							
My _d	[kNm]	12'560							
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE									
N _{tot}	[kN]	15'777							
Fy _{tot}	[kN]	1070							
Mx _{tot}	[kNm]	8935							
Fx _{tot}	[kN]	1064							
My _{tot}	[kNm]	13092							
ex = Mx / N _{tot}	(lungo lato B)	0.57							
REAGENTE ey = My / N _{tot}	(lungo lato L)	0.83							
REAGENTE		3.77							
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE									
PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI			TIPO DI FONDAZIONE						
φ _{k,eq} (angolo di attrito)	[°]	27	1 P						
c' _{k,eq} (coesione apparente)	[kPa]	5	1 DRENATA						
c _{k,eq} (coesione non drenata)	[kPa]	0	2 BRINCH - HANSEN						
PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO			FATTORI CORRETTIVI						
φ _d (angolo di attrito)	[°]	27	2 BRINCH - HANSEN						
c' _d (coesione apparente)	[kPa]	5	1 B						
c _d (coesione non drenata)	[kPa]	0	1 SI						
FATTORI CAPACITA' PORTANTE			PUNZONAMENTO						
Nc PRANDTL (1921)		23.96	Ir (indice di rigidezza)						
Nq PRANDTL (1921)		13.21	Icr (indice critico)						
Nγ		9.34	⇒ Fattori punzonamento < 1						
			FORMULA GENERALE :						

23.1.2. Calcolo cedimenti (SLE)

Al fine di verificare la compatibilità dei cedimenti con i requisiti prestazionali della struttura in elevazione si è implementato un modello di calcolo con il software Groupile. Di seguito si riportano i parametri utilizzati e i risultati di calcolo.

Layer	Soil Type	Depth for Top of Soil Layer (m)	Depth for Bottom of Soil Layer (m)	Properties of Layer
1	Sand (Reese)	0	10	1: Sand (Reese, et al.)
2	Sand (Reese)	10	14	2: Sand (Reese, et al.)
3	Sand (Reese)	14	35	3: Sand (Reese, et al.)

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m ³)	Friction Angle, (DEG.)	p-y Modulus, k (kN/m ³)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m ²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m ²)
1	17	22	1100	0	0
2	17	22	1100	0	0

A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.

p-y Modulus, k:

- Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate value for p-y Modulus, k, if zero input value is entered.

Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:

- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m ³)	Friction Angle, (DEG.)	p-y Modulus, k (kN/m ³)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m ²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m ²)
1	18	32	5000	0	0
2	18	32	5000	0	0

A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.

p-y Modulus, k:

- Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate value for p-y Modulus, k, if zero input value is entered.

Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:

- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m ³)	Friction Angle, (DEG.)	p-y Modulus, k (kN/m ³)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m ²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m ²)
1	18	35	18000	0	0
2	18	35	18000	0	0

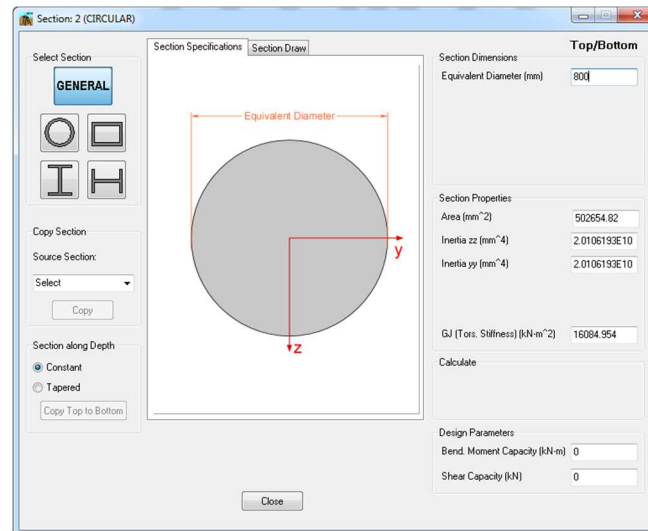
A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.

p-y Modulus, k:

- Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate value for p-y Modulus, k, if zero input value is entered.

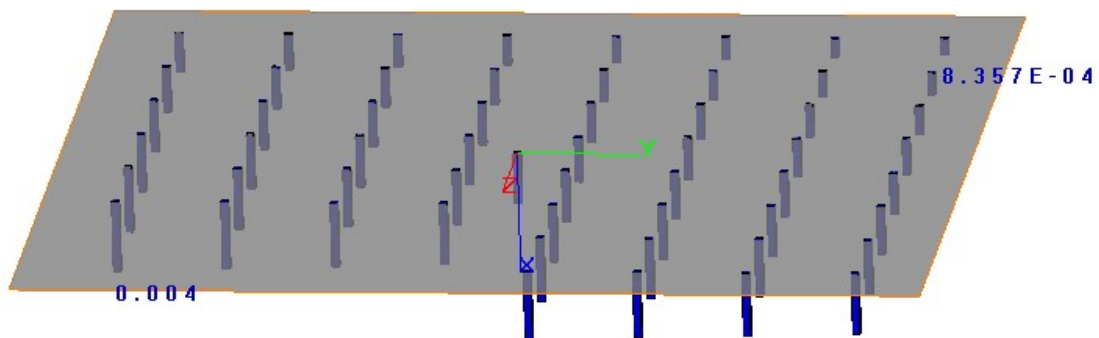
Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:

- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.



Dalle analisi effettuate, considerando i carichi in combinazione SLE (rara), si ottiene un cedimento verticale di circa **1-4 mm**.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti.



La stima della costante elastica K da assumere nella modellazione strutturale viene effettuata considerando i risultati del modello Group Pile e "l'effetto gruppo" che il programma non in tiene conto.

Applicando le formule di Mandolini et al. (1997), che hanno analizzato i dati relativi a 43 palificate in vera grandezza comprendenti terreni e colonne di varia natura, si determina per un carico medio di circa 34 kPa un cedimento medio atteso della palificata di circa **1.0 cm** nel caso si considerassero n.56 colonne disposte secondo una maglia quadrata di lato 3x3m.

$$W_{\text{totale}} = 0.3 \times n \times W_{\text{colonna}} \times R^{-1.2}$$

dove:

W_{totale} = cedimento medio atteso complessivo

n = numero di colonne

W_{colonna} = cedimento singola colonna

$R = (nxs/L)^{0.5}$

s = interasse colonne

L = lunghezza colonne

Il valore del modulo K vale pertanto:

$$k = 0.34[\text{kg}/\text{cm}^2] / 1.0[\text{cm}] = 0.34 \text{ kg}/\text{cm}^3$$

23.2. Edifici M2-M3

23.2.1. Verifiche capacità portante (SLU)

Ultimo aggiornamento 27/06/2013

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONI SUPERFICIALI

PROGETTO Cecchignola
LIVELLO DI PROGETTAZIONE Progetto esecutivo
J.N. 1014
DATA 19.01.2015
DESCRIZIONE Platea di fondazione Edifici M2-M3

GEOMETRIA FONDAZIONE

TIPO DI FONDAZIONE : **1** **P**
(1) Plinto / Platea
(2) Trave

L (lato maggiore fondazione) **71.7** m
B (lato minore fondazione) **19.5** m
H (altezza fondazione) **0.5** m
I (lato maggiore dado) **0** m
b (lato minore dado) **0** m
h1 (altezza dado) **0** m
D (altezza terreno stabilizzante) **0.5** m
 γ_{fon} (peso specifico fondazione) **0** kN/mc
 γ_{terr} (peso spec. terreno sopra fond.) **0** kN/mc
 α (angolo inclinazione fondazione > 0) **0** °
 β (angolo inclinazione pendio > 0) **0** °
 a_0/g (accelerazione sismica orizz.) **0.154**
S (coeff. stratigrafico) **1.461**

Punto Applicazione forze esterne **1**
(1) Forze applicate a quota H+h1 - P1
(2) Forze applicate a quota fondo scavo - P2

Braccio Forze esterne **0.5** m
Volume ds fondazione **699** mc
Volume terreno sopra fondazione **0** mc
P.P.1 peso proprio fondazione (k) **0** kN
P.P.2 peso proprio terreno sopra fondazione (k) **0** kN
P.P.1 + P.P.2 **0** kN

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DEL TERRENO

QUOTA FALDA DA P.C. **20** m
hw (quota falda da p.c. > 0)

TERRENO TIPO 1
 γ_{k1} (peso specifico naturale terreno) **17** kN/mc

TERRENO TIPO 2
d₂ (spessore strato) **100** m
 ϕ'_{k2} (angolo di attrito) **27** °
c'_{k2} (coesione efficace) **5** kPa
C_{u,k2} (coesione non drenata) **0** kPa
 γ_{k2} (peso specifico naturale) **18** kN/mc
G (modulo di elasticità trasversale) **4000** kPa

TERRENO TIPO 3
 ϕ'_{k3} (angolo di attrito) **0** °
c'_{k3} (coesione efficace) **0** kPa
C_{u,k3} (coesione non drenata) **0** kPa
 γ_{k3} (peso specifico naturale) **0** kN/mc
G (modulo di elasticità trasversale) **0** kPa

SEZIONE FONDAZIONE

TERRENO EQUIVALENTE DA MEDIA PESATA

H _{unico}	15.9	m
$\phi'_{k,eq}$	27	°
c' _{k,eq}	5	kPa
C _{u,k,eq}	0	kPa
$\gamma_{k,eq}$	18	kN/mc
G	4000	kPa

TIPO DI VERIFICA

TIPO DI VERIFICA **1** **DRENATA**
(1) Drenata
(2) Non Drenata

FORMULA PER IL CALCOLO DI N_y **2** **BRINCH - HANSEN**
(1) Meyerhof (1963)
(2) Brinch - Hansen (1970)
(3) Vesic (1975)
(4) Spangler - Handy (1982)

FATTORI CORRETTIVI **2** **BRINCH - HANSEN**
(1) Meyerhof (1963)
(2) Brinch - Hansen (1970)
(3) Vesic (1970)

FATTORI SISMICI **1** **SI**
(1) SI
(2) NO

VERIFICA IN DIREZIONE **1** **B**
(1) Y (Momento Mxx e forza FY // B)
(2) X (Momento Myy e forza FX // L)

VERIFICA DRENATA: PRESSIONE EFFICACE

$\phi'_{k,eq}$	27	°
c' _{k,eq}	5	kPa
C _{u,k,eq}	0	kPa
D · γ	8.5	kPa
γ	18.0	kN/mc

contributo peso stabilizzante
contributo forze di attrito

RIEPILOGO VERIFICHE:

(1) D.M. 14/01/2008

	qd (kPa)	qmax (kPa)	verifica
(1) SLE - RARA	382	81	SI
(4) A1+M1+R3	496	109	SI
(5) SISMA	334	77	SI

N.B. Nelle verifiche non drenate utilizzare i coeff. di Brinch - Hansen

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)																																																																																												
PROGETTO		Cecchignola			(4) A1+M1+R3																																																																																							
LIVELLO DI PROGETTAZIONE		Progetto esecutivo																																																																																										
J.N.		1014																																																																																										
DATA		19.01.2015																																																																																										
DESCRIZIONE		Platea di fondazione Edifici M2-M3																																																																																										
NORMATIVA		(1) D.M. 14/01/2008																																																																																										
COMBINAZIONE		(4) A1+M1+R3 OK																																																																																										
COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO																																																																																												
NORMATIVA DI RIFERIMENTO		1			<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> D.M.14/01/2008 EC7 </div> <div> <ul style="list-style-type: none"> • (1) SLE - RARA • (2) A1+M1+R1 • (3) A2+M2+R2 • X (4) A1+M1+R3 • (5) SISMA </div> <div> Metodo TA D.M.11/03/1988 Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 </div> </div>																																																																																							
(1) D.M. 14/01/2008																																																																																												
(2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)																																																																																												
COMBINAZIONE		4																																																																																										
					<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> (11) A1+M1+R1 (12) A2+M2+R1 (13) A1+M1+R2 (14) A1+M2+R3 (15) SISMA </div> <div> Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 3 </div> </div>																																																																																							
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #00FFFF;"> <th colspan="2"></th> <th colspan="5">D.M.14/01/2008</th> <th colspan="4">EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)</th> </tr> <tr style="background-color: #00FFFF;"> <th colspan="2"></th> <th>SLE</th> <th>A1</th> <th>A2</th> <th></th> <th>SISMA</th> <th></th> <th>A1</th> <th>A2</th> <th></th> <th>SISMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tipo di carico</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pesi propri</td> <td>1.3</td> <td>1</td> <td>1.3</td> <td>1</td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td>1.35</td> <td>1</td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Permanenti strutturali</td> <td>1.3</td> <td>1</td> <td>1.3</td> <td>1</td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td>1.35</td> <td>1</td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Permanenti non strutturali</td> <td>1.5</td> <td>1</td> <td>1.5</td> <td>1.3</td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td>1.35</td> <td>1</td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Variabili</td> <td>1.5</td> <td>1</td> <td>1.5</td> <td>1.3</td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td>1.5</td> <td>1.3</td> <td></td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>												D.M.14/01/2008					EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)						SLE	A1	A2		SISMA		A1	A2		SISMA	Tipo di carico												Pesi propri	1.3	1	1.3	1		1		1.35	1		1	Permanenti strutturali	1.3	1	1.3	1		1		1.35	1		1	Permanenti non strutturali	1.5	1	1.5	1.3		1		1.35	1		1	Variabili	1.5	1	1.5	1.3		1		1.5	1.3		1
		D.M.14/01/2008					EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)																																																																																					
		SLE	A1	A2		SISMA		A1	A2		SISMA																																																																																	
Tipo di carico																																																																																												
Pesi propri	1.3	1	1.3	1		1		1.35	1		1																																																																																	
Permanenti strutturali	1.3	1	1.3	1		1		1.35	1		1																																																																																	
Permanenti non strutturali	1.5	1	1.5	1.3		1		1.35	1		1																																																																																	
Variabili	1.5	1	1.5	1.3		1		1.5	1.3		1																																																																																	
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #00FFFF;"> <th colspan="2"></th> <th>SLE</th> <th>M1</th> <th>M2</th> <th></th> <th>SISMA</th> <th></th> <th>M1</th> <th>M2</th> <th></th> <th>SISMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Parametri terreno</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>tan φ (angolo di attrito)</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1.25</td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td>1</td> <td>1.25</td> <td></td> <td>1.25</td> </tr> <tr> <td>c' (coesione apparente)</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1.25</td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td>1</td> <td>1.25</td> <td></td> <td>1.25</td> </tr> <tr> <td>Cu (resistenza non drenata)</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1.4</td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td>1</td> <td>1.4</td> <td></td> <td>1.4</td> </tr> </tbody> </table>												SLE	M1	M2		SISMA		M1	M2		SISMA	Parametri terreno												tan φ (angolo di attrito)	1	1	1	1.25		1		1	1.25		1.25	c' (coesione apparente)	1	1	1	1.25		1		1	1.25		1.25	Cu (resistenza non drenata)	1	1	1	1.4		1		1	1.4		1.4																							
		SLE	M1	M2		SISMA		M1	M2		SISMA																																																																																	
Parametri terreno																																																																																												
tan φ (angolo di attrito)	1	1	1	1.25		1		1	1.25		1.25																																																																																	
c' (coesione apparente)	1	1	1	1.25		1		1	1.25		1.25																																																																																	
Cu (resistenza non drenata)	1	1	1	1.4		1		1	1.4		1.4																																																																																	
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #00FFFF;"> <th colspan="2"></th> <th>SLE</th> <th>R1</th> <th>R2</th> <th>R3</th> <th>SISMA</th> <th></th> <th>R1</th> <th>R2</th> <th>R3</th> <th>SISMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Resistenze</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Capacità portante</td> <td>2.3</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>1.8</td> <td>2.3</td> <td>2.3</td> <td></td> <td>1</td> <td>1.4</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Scorrimento</td> <td>1.1</td> <td>1.5</td> <td>1</td> <td>1.1</td> <td>1.1</td> <td>1.1</td> <td></td> <td>1</td> <td>1.1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>												SLE	R1	R2	R3	SISMA		R1	R2	R3	SISMA	Resistenze												Capacità portante	2.3	3	1	1.8	2.3	2.3		1	1.4	1	1	Scorrimento	1.1	1.5	1	1.1	1.1	1.1		1	1.1	1	1																																			
		SLE	R1	R2	R3	SISMA		R1	R2	R3	SISMA																																																																																	
Resistenze																																																																																												
Capacità portante	2.3	3	1	1.8	2.3	2.3		1	1.4	1	1																																																																																	
Scorrimento	1.1	1.5	1	1.1	1.1	1.1		1	1.1	1	1																																																																																	
CARICHI DI PROGETTO																																																																																												
INSERIMENTO CARICHI		2			<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> CARICHI CARATTERISTICI <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><th colspan="2"></th><th>Gk</th><th>Qk</th></tr> <tr><td>N [kN]</td><td></td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fy [kN]</td><td></td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>Mx [kNm]</td><td></td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fx [kNm]</td><td></td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>My [kNm]</td><td></td><td>0</td><td>0</td></tr> </table> </div> <div> CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd) INSERIRE CARICHI!!! <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><th colspan="2"></th><th>Gd + Qd</th></tr> <tr><td>N [kN]</td><td></td><td>106'185</td></tr> <tr><td>Fy [kN]</td><td></td><td>1'145</td></tr> <tr><td>Mx [kNm]</td><td></td><td>40'285</td></tr> <tr><td>Fx [kNm]</td><td></td><td>510</td></tr> <tr><td>My [kNm]</td><td></td><td>544'520</td></tr> </table> </div> </div>							Gk	Qk	N [kN]		0	0	Fy [kN]		0	0	Mx [kNm]		0	0	Fx [kNm]		0	0	My [kNm]		0	0			Gd + Qd	N [kN]		106'185	Fy [kN]		1'145	Mx [kNm]		40'285	Fx [kNm]		510	My [kNm]		544'520																																									
		Gk	Qk																																																																																									
N [kN]		0	0																																																																																									
Fy [kN]		0	0																																																																																									
Mx [kNm]		0	0																																																																																									
Fx [kNm]		0	0																																																																																									
My [kNm]		0	0																																																																																									
		Gd + Qd																																																																																										
N [kN]		106'185																																																																																										
Fy [kN]		1'145																																																																																										
Mx [kNm]		40'285																																																																																										
Fx [kNm]		510																																																																																										
My [kNm]		544'520																																																																																										
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO		p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN] 0 p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN] 0 N _d [kN] 106'185 Fy _d [kN] 1'145 Mx _d [kNm] 40'285 Fx _d [kNm] 510 My _d [kNm] 544'520																																																																																										
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE		N _{tot} [kN] 106'185 Fy _{tot} [kN] 1'145 Mx _{tot} [kNm] 40857.5 Fx _{tot} [kNm] 510 My _{tot} [kNm] 544775 ex = Mx / N _{tot} (lungo lato B) 0.38 REAGENTE ey = My / N _{tot} (lungo lato L) 5.13 REAGENTE 11.95																																																																																										
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> </div> <div style="width: 48%;"> </div> </div>																																																																																												
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE																																																																																												
PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI φ _{req} (angolo di attrito) [°] 27 c' _{req} (coesione apparente) [kPa] 5 c _{u, req} (coesione non drenata) [kPa] 0					PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO φ _d (angolo di attrito) [°] 27 c' _d (coesione apparente) [kPa] 5 c _{u, d} (coesione non drenata) [kPa] 0																																																																																							
FATTORI CAPACITA' PORTANTE Nc PRANDTL (1921) 23.96 Nq PRANDTL (1921) 13.21 Nγ 9.34					TIPO DI FONDAZIONE 1 P TIPO DI VERIFICA 1 DRENATA CALCOLO DI N_γ 2 BRINCH - HANSEN FATTORI CORRETTIVI 2 BRINCH - HANSEN DIREZIONE DI CALCOLO 1 B FATTORI SISMICI 1 SI PUNZONAMENTO Ir (indice di rigidità) 40 ⇒ Fattori punzonamento < 1 Icr (indice critico) 89 FORMULA GENERALE: $q_{ult} = c N_{c,i,c} d_b g_c z_c \Psi_c + q N_{q,i,q} d_q g_q z_q \Psi_q + \frac{1}{2} B \gamma N_{\gamma,i,\gamma} d_\gamma g_\gamma z_\gamma \Psi_\gamma$																																																																																							
FATTORI CORRETTIVI Fattori di forma ⇒ Sc 1.17 Sq 1.16 Sy 0.88 Fattori inclinazione carico ⇒ Ic 0.97 Iq 0.97 Iy 0.96 Fattori di approfondimento ⇒ Dc 1.01 Dq 1.01 Dy 1.00 Fattori inclinazione fondazione ⇒ Bc 1.00 Bq 1.00 By 1.00 Fattori inclinazione p.c. ⇒ Gc 1.00 Gq 1.00 Gy 1.00 Fattori sismici ⇒ Zc 1.00 Zq 1.00 Zy 1.00 Fattori di punzonamento ⇒ Vc 0.68 Vq 0.72 Vy 0.72																																																																																												
(A) Componente per coesione - Nc [kPa] 93 (B) Componente per sovracc. - Nq [kPa] 92 (C) Componente per attrito - Nγ [kPa] 957					q _{ult} (A+B+C) 1'142 kPa q _d (q _{ult} /FS) 496 kPa Q _{ult} (q _{ult} x B' x L') 1'313'636 kN Q _d (Q _{ult} /FS) 571'146 kN																																																																																							
q_d (q_{ult}/FS) = 496 kPa τ_d (τ_{ult}/FS) = 35 kPa					q_{max} = 109 kPa τ_{max} = 1 kPa VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA																																																																																							

Per confronto si riportano anche le verifiche eseguite allo SLE e allo SLV.

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)																																																																										
PROGETTO		Cecchignola																																																																								
LIVELLO DI PROGETTAZIONE		Progetto esecutivo																																																																								
J.N.		1014																																																																								
DATA		19.01.2015																																																																								
DESCRIZIONE		Platea di fondazione Edifici M2-M3																																																																								
NORMATIVA		(1) D.M. 14/01/2008																																																																								
COMBINAZIONE		(1) SLE - RARA OK																																																																								
COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO																																																																										
NORMATIVA DI RIFERIMENTO		1		D.M.14/01/2008		X		(1) SLE - RARA (2) A1+M1+R1 (3) A2+M2+R2 (4) A1+M1+R3 (5) SISMA		Metodo TA D.M.11/03/1988 Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2																																																																
(1) D.M. 14/01/2008 (2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)																																																																										
COMBINAZIONE		1		EC7				(11) A1+M1+R1 (12) A2+M2+R1 (13) A1+M1+R2 (14) A1+M2+R3 (15) SISMA		Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 3																																																																
D.M.14/01/2008																																																																										
Tipo di carico	SLE	A1	A2	SISMA	EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)																																																																					
Pesi propri	1	1.3	1	1	A1	A2	SISMA																																																																			
Permanenti strutturali	1	1.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1																																																															
Permanenti non strutturali	1	1.5	1.3	1	1	1	1	1	1	1	1																																																															
Variabili	1	1.5	1.3	1	1	1.5	1.3	1	1.3	1	1																																																															
Parametri terreno																																																																										
tan φ (angolo di attrito)	1	1	1.25	1	1	1	1.25	1	1.25	1	1.25																																																															
c' (coesione apparente)	1	1	1.25	1	1	1	1.25	1	1.25	1	1.25																																																															
Cu (resistenza non drenata)	1	1	1.4	1	1	1	1.4	1	1.4	1	1.4																																																															
Resistenze																																																																										
Capacità portante	3	1	1.8	2.3	1	1	1.4	1	1	1	1																																																															
Scorrimento	1.5	1.5	1.1	1.1	1.1	1	1.1	1	1.1	1	1																																																															
CARICHI DI PROGETTO																																																																										
INSERIMENTO CARICHI		2																																																																								
(1) CARICHI CARATTERISTICI																																																																										
(2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO																																																																										
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN] 0</p> <p>p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN] 0</p> <p>N_{tot} [kN] 78'948</p> <p>F_y [kN] 770</p> <p>M_x [kNm] 29'082</p> <p>F_x [kN] 338</p> <p>M_y [kNm] 403'967</p> </div> <div> <p>SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE</p> <p>N_{tot} [kN] 78'948</p> <p>F_y [kN] 770</p> <p>M_x [kNm] 29467</p> <p>F_x [kN] 338</p> <p>M_y [kNm] 404136</p> <p>ex = M_x / N_{tot} (lungo lato B) 0.37</p> <p>REAGENTE 3.25</p> <p>ey = M_y / N_{tot} (lungo lato L) 5.12</p> <p>REAGENTE 11.95</p> </div> </div>																																																																								
		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div> <p>CARICHI CARATTERISTICI</p> <table border="1" style="margin: 5px;"> <tr><th>Gk</th><th>Qk</th></tr> <tr><td>N [kN]</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fy [kN]</td><td>0</td></tr> <tr><td>Mx [kNm]</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fx [kN]</td><td>0</td></tr> <tr><td>My [kNm]</td><td>0</td></tr> </table> </div> <div> <p>CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd)</p> <p>INSERIRE CARICHI!!!</p> <table border="1" style="margin: 5px;"> <tr><th>Gd + Qd</th></tr> <tr><td>N [kN]</td><td>78'948</td></tr> <tr><td>Fy [kN]</td><td>770</td></tr> <tr><td>Mx [kNm]</td><td>29'082</td></tr> <tr><td>Fx [kN]</td><td>338</td></tr> <tr><td>My [kNm]</td><td>403'967</td></tr> </table> </div> </div>										Gk	Qk	N [kN]	0	Fy [kN]	0	Mx [kNm]	0	Fx [kN]	0	My [kNm]	0	Gd + Qd	N [kN]	78'948	Fy [kN]	770	Mx [kNm]	29'082	Fx [kN]	338	My [kNm]	403'967																																								
Gk	Qk																																																																									
N [kN]	0																																																																									
Fy [kN]	0																																																																									
Mx [kNm]	0																																																																									
Fx [kN]	0																																																																									
My [kNm]	0																																																																									
Gd + Qd																																																																										
N [kN]	78'948																																																																									
Fy [kN]	770																																																																									
Mx [kNm]	29'082																																																																									
Fx [kN]	338																																																																									
My [kNm]	403'967																																																																									
		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div> <p>TENSIONE VERT. LUNGO LATO "B"</p> </div> <div> <p>TENSIONE VERT. LUNGO LATO "L"</p> </div> </div>																																																																								
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE																																																																										
PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI		<table border="1" style="width:100%;"> <tr><td>φ_{req} (angolo di attrito) [°]</td><td>27</td></tr> <tr><td>c'_{req} (coesione apparente) [kPa]</td><td>5</td></tr> <tr><td>Cu_{req} (coesione non drenata) [kPa]</td><td>0</td></tr> </table>										φ _{req} (angolo di attrito) [°]	27	c' _{req} (coesione apparente) [kPa]	5	Cu _{req} (coesione non drenata) [kPa]	0																																																									
φ _{req} (angolo di attrito) [°]	27																																																																									
c' _{req} (coesione apparente) [kPa]	5																																																																									
Cu _{req} (coesione non drenata) [kPa]	0																																																																									
PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO		<table border="1" style="width:100%;"> <tr><td>φ_d (angolo di attrito) [°]</td><td>27</td></tr> <tr><td>c'_d (coesione apparente) [kPa]</td><td>5</td></tr> <tr><td>Cu_d (coesione non drenata) [kPa]</td><td>0</td></tr> </table>										φ _d (angolo di attrito) [°]	27	c' _d (coesione apparente) [kPa]	5	Cu _d (coesione non drenata) [kPa]	0																																																									
φ _d (angolo di attrito) [°]	27																																																																									
c' _d (coesione apparente) [kPa]	5																																																																									
Cu _d (coesione non drenata) [kPa]	0																																																																									
FATTORI CAPACITA' PORTANTE		<table border="1" style="width:100%;"> <tr><td>Nc PRANDTL (1921)</td><td>23.96</td></tr> <tr><td>Nq PRANDTL (1921)</td><td>13.21</td></tr> <tr><td>Nγ</td><td>9.34</td></tr> </table>										Nc PRANDTL (1921)	23.96	Nq PRANDTL (1921)	13.21	Nγ	9.34																																																									
Nc PRANDTL (1921)	23.96																																																																									
Nq PRANDTL (1921)	13.21																																																																									
Nγ	9.34																																																																									
FATTORI CORRETTIVI		<table border="1" style="width:100%;"> <tr><td>Fattori di forma</td><td>BRINCH - HANSEN</td><td>⇒</td><td>S_c</td><td>1.17</td><td>S_q</td><td>1.16</td><td>S_y</td><td>0.88</td></tr> <tr><td>Fattori inclinazione carico</td><td>BRINCH - HANSEN</td><td>⇒</td><td>I_c</td><td>0.97</td><td>I_q</td><td>0.98</td><td>I_y</td><td>0.97</td></tr> <tr><td>Fattori di approfondimento</td><td>BRINCH - HANSEN</td><td>⇒</td><td>D_c</td><td>1.01</td><td>D_q</td><td>1.01</td><td>D_y</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>Fattori inclinazione fondazione</td><td>BRINCH - HANSEN</td><td>⇒</td><td>B_c</td><td>1.00</td><td>B_q</td><td>1.00</td><td>B_y</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>Fattori inclinazione p.c.</td><td>BRINCH - HANSEN</td><td>⇒</td><td>G_c</td><td>1.00</td><td>G_q</td><td>1.00</td><td>G_y</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>Fattori sismici</td><td>PAOLUCCI E PECKER</td><td>⇒</td><td>Z_c</td><td>1.00</td><td>Z_q</td><td>1.00</td><td>Z_y</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>Fattori di punzonamento</td><td>VESIC</td><td>⇒</td><td>ψ_c</td><td>0.68</td><td>ψ_q</td><td>0.72</td><td>ψ_y</td><td>0.72</td></tr> </table>										Fattori di forma	BRINCH - HANSEN	⇒	S _c	1.17	S _q	1.16	S _y	0.88	Fattori inclinazione carico	BRINCH - HANSEN	⇒	I _c	0.97	I _q	0.98	I _y	0.97	Fattori di approfondimento	BRINCH - HANSEN	⇒	D _c	1.01	D _q	1.01	D _y	1.00	Fattori inclinazione fondazione	BRINCH - HANSEN	⇒	B _c	1.00	B _q	1.00	B _y	1.00	Fattori inclinazione p.c.	BRINCH - HANSEN	⇒	G _c	1.00	G _q	1.00	G _y	1.00	Fattori sismici	PAOLUCCI E PECKER	⇒	Z _c	1.00	Z _q	1.00	Z _y	1.00	Fattori di punzonamento	VESIC	⇒	ψ _c	0.68	ψ _q	0.72	ψ _y	0.72
Fattori di forma	BRINCH - HANSEN	⇒	S _c	1.17	S _q	1.16	S _y	0.88																																																																		
Fattori inclinazione carico	BRINCH - HANSEN	⇒	I _c	0.97	I _q	0.98	I _y	0.97																																																																		
Fattori di approfondimento	BRINCH - HANSEN	⇒	D _c	1.01	D _q	1.01	D _y	1.00																																																																		
Fattori inclinazione fondazione	BRINCH - HANSEN	⇒	B _c	1.00	B _q	1.00	B _y	1.00																																																																		
Fattori inclinazione p.c.	BRINCH - HANSEN	⇒	G _c	1.00	G _q	1.00	G _y	1.00																																																																		
Fattori sismici	PAOLUCCI E PECKER	⇒	Z _c	1.00	Z _q	1.00	Z _y	1.00																																																																		
Fattori di punzonamento	VESIC	⇒	ψ _c	0.68	ψ _q	0.72	ψ _y	0.72																																																																		
FORMULA GENERALE:		$q_{ult} = c N_{c,i} d_c b_c g_c z_c \Psi_c + q N_{q,i} d_q b_q g_q z_q \Psi_q + \frac{1}{2} B \gamma N_{\gamma,i} d_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma} z_{\gamma} \Psi_{\gamma}$																																																																								
TIPO DI FONDAZIONE		1 P																																																																								
TIPO DI VERIFICA		1 DRENATA																																																																								
CALCOLO DI N_γ		2 BRINCH - HANSEN																																																																								
FATTORI CORRETTIVI		2 BRINCH - HANSEN																																																																								
DIREZIONE DI CALCOLO		1 B																																																																								
FATTORI SISMICI		1 SI																																																																								
PUNZONAMENTO		I _r (indice di rigidità) 40 ⇒ Fattori punzonamento < 1																																																																								
I_r (indice critico)		89																																																																								
COMPOSIZIONE DEI CARICHI		<table border="1" style="width:100%;"> <tr><td>(A) Componente per coesione - Nc [kPa]</td><td>93</td></tr> <tr><td>(B) Componente per sovracc. - Nq [kPa]</td><td>92</td></tr> <tr><td>(C) Componente per attrito - Nγ [kPa]</td><td>961</td></tr> </table>										(A) Componente per coesione - Nc [kPa]	93	(B) Componente per sovracc. - Nq [kPa]	92	(C) Componente per attrito - Nγ [kPa]	961																																																									
(A) Componente per coesione - Nc [kPa]	93																																																																									
(B) Componente per sovracc. - Nq [kPa]	92																																																																									
(C) Componente per attrito - Nγ [kPa]	961																																																																									
Q_{ult} (A+B+C)		1'147 kPa																																																																								
Q_d (Q_{ult}/FS)		382 kPa																																																																								
Q_{ult} (Q_{ult} x B' x L')		1'321'794 kN																																																																								
Q_d (Q_{ult}/FS)		440'598 kN																																																																								
Q_d (Q_{ult}/FS)	=	382 kPa	>	Q_{limax}	=	81 kPa	VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA																																																																			
τ_d (τ_{ult}/FS)	=	19 kPa	>	τ_{limax}	=	1 kPa	VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA																																																																			

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)

PROGETTO	Cecchignola
LIVELLO DI PROGETTAZIONE	Progetto esecutivo
J.N.	1014
DATA	19.01.2015
DESCRIZIONE	Platea di fondazione Edifici M2-M3
NORMATIVA	(1) D.M. 14/01/2008
COMBINAZIONE	(5) SISMA OK

(5) SISMA

COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO

NORMATIVA DI RIFERIMENTO
(1) D.M. 14/01/2008
(2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)

COMBINAZIONE

D.M.14/01/2008

EC7

- (1) SLE - RARA Metodo TA D.M.11/03/1988
- (2) A1+M1+R1 Approccio 1 comb. 1
- (3) A2+M2+R2 Approccio 1 comb. 2
- (4) A1+M1+R3 Approccio 2

- (11) A1+M1+R1 Approccio 1 comb. 1
- (12) A2+M2+R1 Approccio 1 comb. 2
- (13) A1+M1+R2 Approccio 2
- (14) A1+M2+R3 Approccio 3
- (15) SISMA

Tipo di carico	D.M.14/01/2008					EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)			
	SLE	A1	A2		SISMA	A1	A2		SISMA
Pesi propri	1	1	1,3	1	1	1,35	1,2		1
Permanenti strutturali	1	1	1,3	1	1	1,35	1,1		1
Permanenti non strutturali	1	1	1,5	1,3	1	1,35	1,1		1
Variabili	1	1	1,5	1,3	1	1,5	1,3		1
Parametri terreno		SLE	M1	M2		SISMA	M1	M2	SISMA
tan ϕ (angolo di attrito)	1	1	1	1,25	1	1	1,25	1	1,25
c (coesione apparente)	1	1	1	1,25	1	1	1,25	1	1,25
Cu (resistenza non drenata)	1	1	1	1,4	1	1	1,4	1	1,4
Resistenze		SLE	R1	R2	R3	SISMA	R1	R2	R3
Capacità portante	2,3	3	1	1,8	2,3	2,3	1	1,4	1
Scorrimento	1	1,5	1	1	1	1	1	1	1

CARICHI DI PROGETTO

INSERIMENTO CARICHI
(1) CARICHI CARATTERISTICI
(2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

p.p fond. + p.p ter. (k)	[kN]	0
p.p fond. + p.p ter. (d)	[kN]	0
N _d	[kN]	71'904
F _{Yd}	[kN]	4'190
M _{Xd}	[kNm]	65'282
F _{Xd}	[kN]	5'350
M _{Vd}	[kNm]	421'815

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE

N _{tot}	[kN]	71904
Fy _{tot}	[kN]	4190
Mx _{tot}	[kNm]	67377
Fx _{tot}	[kN]	5350
My _{tot}	[kNm]	424490
ex = Mx / N _{tot}	(lungo lato B)	0.94
REAGENTE		3.25
ey = My / N _{tot}	(lungo lato L)	5.90
REAGENTE		11.95

VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE

PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI		
$\phi_{k,eq}$ (angolo di attrito)	[°]	27
$c_{k,eq}$ (coesione apparente)	[kPa]	5
$c_{u,eq}$ (coesione non drenata)	[kPa]	0
PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO		
ϕ_d (angolo di attrito)	[°]	27
$c_{d,eq}$ (coesione apparente)	[kPa]	5
$c_{u,d}$ (coesione non drenata)	[kPa]	0
FATTORI CAPACITA' PORTANTE		
N_c PRANDTL (1921)		23.96
N_q PRANDTL (1921)		13.21

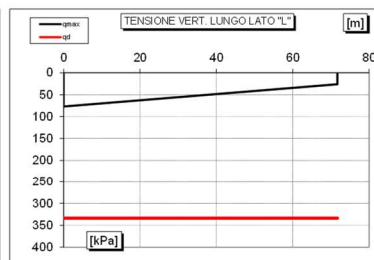
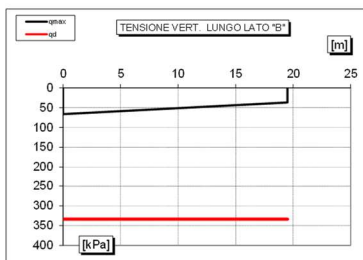
CARICHI CARATTERISTICI

1	N [kN]	Gk	Qk
	Fy [kN]	0	0
	Mx [kNm]	0	0
	Fx [kNm]	0	0
	My [kNm]	0	0
		0	0

CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd)

INSERIRE CARICHI!!!

N [kN]	71'904
Fy [kN]	4'190
Mx [kNm]	65'282
Fx [kNm]	5'350
My [kNm]	421'815



Fattori di forma	BRINCH - HANSEN
Fattori inclinazione carico	BRINCH - HANSEN
Fattori di approfondimento	BRINCH - HANSEN
Fattori inclinazione fondazione	BRINCH - HANSEN
Fattori inclinazione p.c.	BRINCH - HANSEN
Fattori sismici	PAOLUCCI E PECKER
Fattori di punzonamento	VESIC

TIPO DI FONDAZIONE	1	P
TIPO DI VERIFICA	1	DRENATA
CALCOLO DI N_y	2	BRINCH - HANSEN
FATTORI CORRETTIVI	2	BRINCH - HANSEN
DIREZIONE DI CALCOLO	1	B
FATTORI SISMICI	1	SI

FATTORI SISMICI	1	31
PUNZONAMENTO		
Ir (indice di rigidezza)	40	\Rightarrow Fattori punzonamento < 1

Formula generale:

$$q_{\text{ult}} = c N_{c,i} d_c b_c g_c z_c \Psi_c + q N_{q,i} q_d b_q g_q z_q \Psi_q + \frac{1}{2} B \gamma N_{\gamma,i} d b_g z_g \Psi_g$$
[illegible]

\Rightarrow	Sc	1.16	Sq	1.15	Sr	0.88
\Rightarrow	Ic	0.86	Iq	0.87	Ir	0.82
\Rightarrow	Dc	1.01	Dq	1.01	Dr	1.00
\Rightarrow	Bc	1.00	Bq	1.00	Br	1.00
\Rightarrow	Gc	1.00	Gq	1.00	Gr	1.00
\Rightarrow	Zc	0.93	Zq	0.82	Zr	0.82
\Rightarrow	Ψc	0.68	Ψq	0.72	Ψr	0.72

(A) Componente per coesione - N_c [kPa]	75	\Rightarrow	$q_{ult} (A+B+C)$	767 kPa
(B) Componente per sovracc. - N_q [kPa]	66		$q_s (q_{ult}/FS)$	334 kPa
(C) Componente per attrito - N_f [kPa]	625		$Q_{ult} (q_{ult} \times B' \times L')$	810'102 kN
			$Q_s (Q_{ult}/FS)$	352'218 kN

$q_d (q_{ult}/Fs)$	=	334	kPa	>	q_{max}	=	77	kPa	VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA
$\tau_d (\tau_{ult}/Fs)$	=	24	kPa	>	τ_{max}	=	5	kPa	VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA

23.2.2. Calcolo cedimenti (SLE)

Al fine di verificare la compatibilità dei cedimenti con i requisiti prestazionali della struttura in elevazione si è implementato un modello di calcolo con il software Groupile. Di seguito si riportano i parametri utilizzati e i risultati di calcolo.

Soil Layers

Layer	Soil Type	Depth for Top of Soil Layer (m)	Depth for Bottom of Soil Layer (m)	Properties of Layer
1	Sand (Reese)	0	10	1: Sand (Reese, et al.)
2	Sand (Reese)	10	14	2: Sand (Reese, et al.)
3	Sand (Reese)	14	35	3: Sand (Reese, et al.)

Add Row

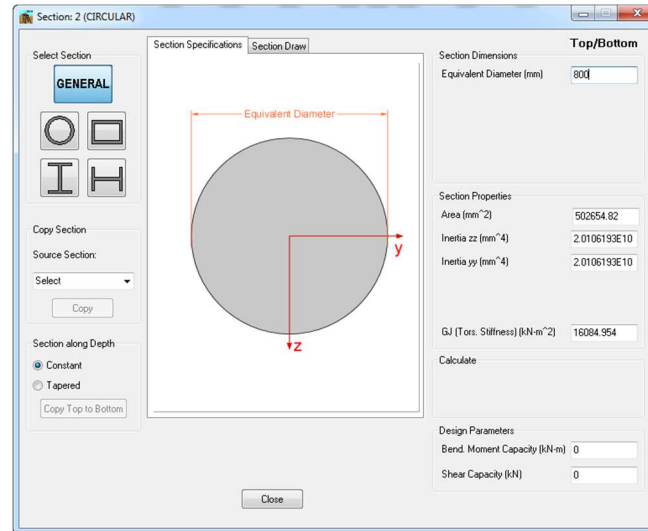
Insert Row

Delete Row

Sand (Reese, et al.) 1					
1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight	Friction Angle	p-y Modulus, k	Ultimate Unit Side Friction	Ultimate Unit Tip Resistance
	(kN/m ³)	(DEG.)	(kN/m ³)	(kN/m ²)	(kN/m ²)
1	17	22	1100	0	0
2	17	22	1100	0	0
A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer. p-y Modulus, k: - Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports. - Program will help to estimate value for p-y Modulus, k, if zero input value is entered. Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance: - The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves. - The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves. - Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports. - Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.					

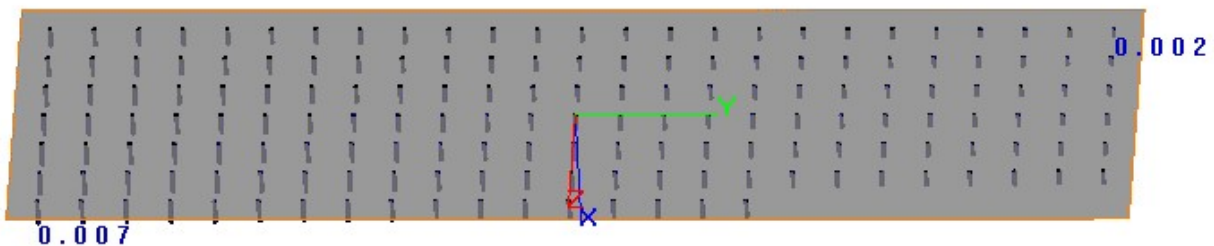
Sand (Reese, et al.) 2					
1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight	Friction Angle	p-y Modulus, k	Ultimate Unit Side Friction	Ultimate Unit Tip Resistance
	(kN/m ³)	(DEG.)	(kN/m ³)	(kN/m ²)	(kN/m ²)
1	18	32	5000	0	0
2	18	32	5000	0	0
A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer. p-y Modulus, k: - Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports. - Program will help to estimate value for p-y Modulus, k, if zero input value is entered. Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance: - The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves. - The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves. - Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports. - Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.					

Sand (Reese, et al.) 3					
1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight	Friction Angle	p-y Modulus, k	Ultimate Unit Side Friction	Ultimate Unit Tip Resistance
	(kN/m ³)	(DEG.)	(kN/m ³)	(kN/m ²)	(kN/m ²)
1	18	35	18000	0	0
2	18	35	18000	0	0
A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer. p-y Modulus, k: - Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports. - Program will help to estimate value for p-y Modulus, k, if zero input value is entered. Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance: - The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves. - The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves. - Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports. - Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.					



Dalle analisi effettuate, considerando i carichi in combinazione SLE (rara), si ottiene un cedimento verticale di circa **2-7 mm**.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti.



La stima della costante elastica K da assumere nella modellazione strutturale viene effettuata considerando i risultati del modello Group Pile e "l'effetto gruppo" che il programma non in tiene conto.

Applicando le formule di Mandolini et al. (1997), che hanno analizzato i dati relativi a 43 palificate in vera grandezza comprendenti terreni e colonne di varia natura, si determina per un carico medio di circa 57 kPa un cedimento medio atteso della palificata di circa **2.4 cm** nel caso si considerassero n.167 colonne disposte secondo una maglia quadrata di lato 3x3m.

$$W_{\text{totale}} = 0.3 \times n \times W_{\text{colonna}} \times R^{-1.2}$$

dove:

W_{totale} = cedimento medio atteso complessivo

n = numero di colonne

$W_{colonna}$ = cedimento singola colonna

$R = (nxs/L)^{0.5}$

s = interasse colonne

L = lunghezza colonne

Il valore del modulo K vale pertanto:

$k = 0.57[\text{kg}/\text{cm}^2] / 2.4[\text{cm}] = 0.24 \text{ kg}/\text{cm}^3$

23.3. Edificio M4

23.3.1. Verifiche capacità portante (SLU)

Ultimo aggiornamento 27/06/2013

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONI SUPERFICIALI

PROGETTO Cecchignola
LIVELLO DI PROGETTAZIONE Progetto esecutivo
J.N. 1014
DATA 19.01.2015
DESCRIZIONE Platea di fondazione Edificio M4

GEOMETRIA FONDAZIONE

TIPO DI FONDAZIONE : **1** **P**
(1) Plinto / Platea
(2) Trave

L (lato maggiore fondazione) **56** m
B (lato minore fondazione) **23** m
H (altezza fondazione) **0,6** m
I (lato maggiore dado) **0** m
b (lato minore dado) **0** m
h1 (altezza dado) **0** m
D (altezza terreno stabilizzante) **0,6** m
 γ_{fon} (peso specifico fondazione) **0** kN/mc
 γ_{terr} (peso spec. terreno sopra fond.) **0** kN/mc
 α (angolo inclinazione fondazione > 0) **0** °
 β (angolo inclinazione pendio > 0) **0** °
 a_0/g (accelerazione sismica orizz.) **0,154**
S (coeff. stratigrafico) **1,461**

Punto Applicazione forze esterne **1**
(1) Forze applicate a quota H+h1 - P1
(2) Forze applicate a quota fondo scavo - P2

Braccio Forze esterne **0,6** m
Volume ds fondazione **773** mc
Volume terreno sopra fondazione **0** mc
P.P.1 peso proprio fondazione (k) **0** kN
P.P.2 peso proprio terreno sopra fondazione (k) **0** kN
P.P.1 + P.P.2 **0** kN

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DEL TERRENO

QUOTA FALDA DA P.C. **20** m
hw (quota falda da p.c. > 0)

TERRENO TIPO 1
 γ_{k1} (peso specifico naturale terreno) **17** kN/mc

TERRENO TIPO 2
d_z (spessore strato) **100** m
 ϕ'_{k2} (angolo di attrito) **27** °
c'_{k2} (coesione efficace) **5** kPa
c_{u,k2} (coesione non drenata) **0** kPa
 γ_{k2} (peso specifico naturale) **18** kN/mc
G (modulo di elasticità trasversale) **4000** kPa

TERRENO TIPO 3
 ϕ'_{k3} (angolo di attrito) **0** °
c'_{k3} (coesione efficace) **0** kPa
c_{u,k3} (coesione non drenata) **0** kPa
 γ_{k3} (peso specifico naturale) **0** kN/mc
G (modulo di elasticità trasversale) **0** kPa

SEZIONE FONDAZIONE

TERRENO EQUIVALENTE DA MEDIA PESATA

H _{unico}	18,8	m
$\phi'_{k,eq}$	27	°
c' _{k,eq}	5	kPa
c _{u,k,eq}	0	kPa
$\gamma_{k,eq}$	18	kN/mc
G	4000	kPa

TIPO DI VERIFICA

TIPO DI VERIFICA **1** **DRENATA**
(1) Drenata
(2) Non Drenata

FORMULA PER IL CALCOLO DI N_y **2** **BRINCH - HANSEN**
(1) Meyerhof (1963)
(2) Brinch - Hansen (1970)
(3) Vesic (1975)
(4) Spangler - Handy (1982)

FATTORI CORRETTIVI **2** **BRINCH - HANSEN**
(1) Meyerhof (1963)
(2) Brinch - Hansen (1970)
(3) Vesic (1970)

FATTORI SISMICI **1** **SI**
(1) SI
(2) NO

VERIFICA IN DIREZIONE **1** **B**
(1) Y (Momento Mxx e forza FY // B)
(2) X (Momento Myy e forza FX // L)

VERIFICA DRENATA: PRESSIONE EFFICACE

$\phi'_{k,eq}$	27	°
c' _{k,eq}	5	kPa
c _{u,k,eq}	0	kPa
D · γ	10,2	kPa
γ	18,0	kN/mc

contributo peso stabilizzante
contributo forze di attrito

RIEPILOGO VERIFICHE:

(1) D.M. 14/01/2008

	qd (kPa)	qmax (kPa)	verifica
(1) SLE - RARA	440	37	SI
(4) A1+M1+R3	574	49	SI
(5) SISMA	380	35	SI

N.B. Nelle verifiche non drenate utilizzare i coeff. di Brinch - Hansen

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)

PROGETTO
LIVELLO DI PROGETTAZIONE
J.N.
DATA
DESCRIZIONE
NORMATIVA
COMBINAZIONE

Cecchignola
 Progetto esecutivo
 1014
 19.01.2015
 Platea di fondazione Edificio M4
 (1) D.M. 14/01/2008
 (4) A1+M1+R3 OK

(4) A1+M1+R3

COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO

NORMATIVA DI RIFERIMENTO
 (1) D.M. 14/01/2008
 (2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)

COMBINAZIONE

1

D.M.14/01/2008

{

• (1) SLE - RARA
• (2) A1+M1+R1
• (3) A2+M2+R2
• (4) A1+M1+R3
• (5) SISMA

• (11) A1+M1+R1
• (12) A2+M2+R1
• (13) A1+M1+R2
• (14) A1+M2+R3
• (15) SISMA

Metodo TA D.M.11/03/1988
 Approccio 1 comb. 1
 Approccio 1 comb. 2
 Approccio 2

 Approccio 1 comb. 1
 Approccio 1 comb. 2
 Approccio 2
 Approccio 3

D.M.14/01/2008					EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)			
Tipo di carico	SLE	A1	A2	SISMA	A1	A2	SISMA	
Resi propri	1.3	1.3	1	1	1.35	1	1	
Permanenti strutturali	1.3	1.3	1	1	1.35	1	1	
Permanenti non strutturali	1.5	1.5	1.3	1	1.35	1	1	
Variabili	1.5	1.5	1.3	1	1.5	1.3	1	

Parametri terreno	SLE	M1	M2	SISMA	M1	M2	SISMA
tan δ (angolo di attrito)	1	1	1.25	1	1	1.25	1.25
c' (coesione apparente)	1	1	1.25	1	1	1.25	1.25
Cu (resistenza non drenata)	1	1	1.4	1	1	1.4	1.4

Resistenze	SLE	R1	R2	R3	SISMA	R1	R2	R3	SISMA
Capacità portante	2.3	3	1.8	2.3	2.3	1	1.4	1	1
Scorrimento	1.1	1.5	1	1.1	1.1	1	1.1	1	1

CARICHI DI PROGETTO

INSERIMENTO CARICHI
 (1) CARICHI CARATTERISTICI
 (2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO
 p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN]
 p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN]
 N_d [kN]
 Fy_d [kN]
 Mx_d [kNm]
 Fx_d [kN]
 My_d [kNm]

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE
 N_{tot} [kN]
 Fy_{tot} [kN]
 Mx_{tot} [kNm]
 Fx_{tot} [kN]
 My_{tot} [kNm]
 ex = Mx / N_{tot} (lungo lato B)
 REAGENTE
 ey = My / N_{tot} (lungo lato L)
 REAGENTE

CARICHI CARATTERISTICI

	Gk	Qk
N [kN]	0	0
Fy [kN]	0	0
Mx [kNm]	0	0
Fx [kNm]	0	0
My [kNm]	0	0

CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd)
INSERIRE CARICHI!!!

	Gd + Qd
N [kN]	57'444
Fy [kN]	0
Mx [kNm]	14'608
Fx [kNm]	0
My [kNm]	56'735

TENSIONE VERT. LUNGO LATO "B"

TENSIONE VERT. LUNGO LATO "L"

VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE

PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI
 φ_{k,eq} (angolo di attrito) [°]
 c'_{k,eq} (coesione apparente) [kPa]
 C_{u,k,eq} (coesione non drenata) [kPa]

PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO
 φ_d (angolo di attrito) [°]
 c'_d (coesione apparente) [kPa]
 C_{u,d} (coesione non drenata) [kPa]

FATTORI CAPACITA' PORTANTE
 Nq PRANDTL (1921)
 Nq PRANDTL (1921)
 N_γ

TIPO DI FONDAZIONE
 TIPO DI VERIFICA
 FATTORI CORRETTIVI
 DIREZIONE DI CALCOLO
 FATTORI SISMICI
 PUNZONAMENTO
 Ir (indice di rigidità)
 Icr (indice critico)

FORMULA GENERALE:

$$q_{ult} = c N_{s,c} i d b g_s z_c \Psi_c + q N_{s,q} i d b g_q z_q \Psi_q + \frac{1}{2} B \gamma N_{s,\gamma} i d b g_\gamma z_\gamma \Psi_\gamma$$

FATTORI CORRETTIVI	BRINCH - HANSEN	BRINCH - HANSEN	BRINCH - HANSEN	BRINCH - HANSEN	BRINCH - HANSEN	PAOLUCCI E PECKER	VESIC
Fattori di forma	⇒	S _c	1.23	S _q	1.21	S _γ	0.83
Fattori di inclinazione	⇒	I _c	1.00	I _q	1.00	I _γ	

Per confronto si riportano anche le verifiche eseguite allo SLE e allo SLV.

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)											
PROGETTO		Cecchignola		(1) SLE - RARA							
LIVELLO DI PROGETTAZIONE		Progetto esecutivo									
J.N.		1014									
DATA		19.01.2015									
DESCRIZIONE		Platea di fondazione Edificio M4									
NORMATIVA		D.M. 14/01/2008									
COMBINAZIONE		(1) SLE - RARA		OK							
COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO											
NORMATIVA DI RIFERIMENTO		1		D.M.14/01/2008		X		(1) SLE - RARA (2) A1+M1+R1 (3) A2+M2+R2 (4) A1+M1+R3 (5) SISMA		Metodo TA D.M.11/03/1988 Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2	
(1) D.M. 14/01/2008 (2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)											
COMBINAZIONE		1		EC7		.		(11) A1+M1+R1 (12) A2+M2+R1 (13) A1+M1+R2 (14) A1+M2+R3 (15) SISMA		Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 3	
D.M.14/01/2008											
Tipo di carico	SLE	A1	A2	SISMA	EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)						
Pesi propri	1	1.3	1	1	A1	A2	SISMA				
Permanenti strutturali	1	1.3	1	1	1	1	1	1	1		
Permanenti non strutturali	1	1.5	1.3	1	1	1	1	1	1		
Variabili	1	1.5	1.3	1	1	1.5	1.3	1	1		
Parametri terreno											
$\tan \phi$ (angolo di attrito)	1	1	M2	SISMA	M1	M2	SISMA				
c' (coesione apparente)	1	1	1.25	1	1	1.25	1	1.25	1.25		
C_u (resistenza non drenata)	1	1	1.4	1	1	1.4	1	1.4	1.4		
Resistenze											
Capacità portante	3	R1	R2	R3	SISMA	R1	R2	R3	SISMA		
Scorrimento	1.5	1.5	1	1.1	1.1	1	1.4	1	1		
CARICHI DI PROGETTO											
INSERIMENTO CARICHI		2		1		CARICHI CARATTERISTICI		2		CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd) INSERIRE CARICHI!!!	
(1) CARICHI CARATTERISTICI (2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO											
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO		p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN] 0 p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN] 0 N_d [kN] 43'023 F_{y_d} [kN] 0 M_{x_d} [kNm] 10'970 F_{x_d} [kN] 0 M_{y_d} [kNm] 41'795		G_k [kN] 0 Q_k [kN] 0 M_x [kNm] 0 F_x [kN] 0 M_y [kNm] 0		$G_d + Q_d$ [kN] 43'023 F_y [kN] 0 M_x [kNm] 10'970 F_x [kN] 0 M_y [kNm] 41'795					
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE		N_{tot} [kN] 43'023 $F_{y_{tot}}$ [kN] 0 $M_{x_{tot}}$ [kNm] 10969.9555 $F_{x_{tot}}$ [kN] 0 $M_{y_{tot}}$ [kNm] 41795.1648 $ex = M_x / N_{tot}$ (lungo lato B) 0.25 $ey = M_y / N_{tot}$ (lungo lato L) 0.97 REAGENTE 3.83 REAGENTE 9.33									
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE											
PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI		$\phi_{k_{eq}}$ (angolo di attrito) [°] 27 $c'_{k_{eq}}$ (coesione apparente) [kPa] 5 $C_{u_{k_{eq}}}$ (coesione non drenata) [kPa] 0		TIPO DI FONDAZIONE 1 P		TIPO DI VERIFICA 1 DRENATA					
PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO		ϕ_d (angolo di attrito) [°] 27 c'_d (coesione apparente) [kPa] 5 C_{u_d} (coesione non drenata) [kPa] 0		CALCOLO DI N_f 2 BRINCH - HANSEN		FATTORI CORRETTIVI 2 BRINCH - HANSEN					
FATTORI CAPACITA' PORTANTE		N_c PRANDTL (1921) 23.96 N_q PRANDTL (1921) 13.21 N_γ 9.34		DIREZIONE DI CALCOLO 1 B		FATTORI SISMICI 1 SI					
FATTORI CORRETTIVI		Fattori di forma BRINCH - HANSEN \Rightarrow S_c 1.23 Fattori inclinazione carico BRINCH - HANSEN \Rightarrow I_c 1.00 Fattori di approfondimento BRINCH - HANSEN \Rightarrow D_c 1.01 Fattori inclinazione fondazione BRINCH - HANSEN \Rightarrow B_c 1.00 Fattori inclinazione p.c. BRINCH - HANSEN \Rightarrow G_c 1.00 Fattori sismici PAOLUCCI E PECKER \Rightarrow Z_c 1.00 Fattori di punzonamento VESIC \Rightarrow Ψ_c 0.66		S_q 1.21 I_q 1.00 D_q 1.01 B_q 1.00 G_q 1.00 Z_q 1.00 Ψ_q 0.70		S_y 0.83 I_y 1.00 D_y 1.00 B_y 1.00 G_y 1.00 Z_y 1.00 Ψ_y 0.70					
FORMULA GENERALE:		$q_{ult} = c N_{c_i} i_{d_i} b_i g_{c_i} z_{c_i} \Psi_{c_i} + q N_{q_i} i_{d_i} d_i b_i g_{q_i} z_{q_i} \Psi_{q_i} + \frac{1}{2} B \gamma N_{\gamma_i} i_{d_i} d_i b_i g_{\gamma_i} z_{\gamma_i} \Psi_{\gamma_i}$		I_r (indice di rigidità) 34 \Rightarrow Fattori punzonamento < 1 I_{cr} (indice critico) 81							
VERIFICA CAPACITA' PORTANTE		(A) Componente per coesione - N_c [kPa] 98 (B) Componente per sovracc. - N_q [kPa] 116 (C) Componente per attrito - N_γ [kPa] 1'105		$q_{ult} (A+B+C)$ 1'319 kPa $q_d (q_{ult}/FS)$ 440 kPa $Q_{ult} (q_{ult} \times B' \times L')$ 1'604'119 kN $Q_d (Q_{ult}/FS)$ 534'706 kN							
$q_d (q_{ult}/FS)$	=	440	kPa	>	q_{max}	=	37	kPa	VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA		
$\tau_d (\tau_{ult}/FS)$	=	11	kPa	>	τ_{max}	=	0	kPa	VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA		

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)

PROGETTO
LIVELLO DI PROGETTAZIONE
J.N.
DATA
DESCRIZIONE
NORMATIVA
COMBINAZIONE

Cecchignola
 Progetto esecutivo
 1014
 19.01.2015
 Platea di fondazione Edificio M4
 (1) D.M. 14/01/2008
 (5) SISMA OK

(5) SISMA

COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO

NORMATIVA DI RIFERIMENTO
 (1) D.M. 14/01/2008
 (2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)

1		D.M.14/01/2008			EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)					
		SLE	A1	A2	SISMA	A1	A2	SISMA		
COMBINAZIONE	5	Permanenti strutturali	1	1.3	1	1	1.35	1	1	
		Permanenti non strutturali	1	1	1.5	1.3	1	1.35	1	1
		Variabili	1	1	1.5	1.3	1	1.5	1.3	1

Parametri terreno

	SLE	M1	M2	SISMA	M1	M2	SISMA
tan δ (angolo di attrito)	1	1	1.25	1	1	1.25	1.25
c' (coesione apparente)	1	1	1.25	1	1	1.25	1.25
Cu (resistenza non drenata)	1	1	1.4	1	1	1.4	1.4

Resistenze

	SLE	R1	R2	R3	SISMA	R1	R2	R3	SISMA
Capacità portante	2.3	3	1	1.8	2.3	3	1	1.8	2.3
Scorrimento	1.1	1.5	1	1.1	1.1	1	1.1	1	1

CARICHI DI PROGETTO

INSERIMENTO CARICHI
 (1) CARICHI CARATTERISTICI
 (2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO

2

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN] 0

p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN] 0

N_d [kN] 39'694

Fy_d [kN] 2'709

Mx_d [kNm] 6'763

Fx_d [kN] 886

My_d [kNm] 44'744

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE

N_{tot} [kN] 39'694

Fy_{tot} [kN] 2'709.41

Mx_{tot} [kNm] 8388.8025

Fx_{tot} [kN] 886.1

My_{tot} [kNm] 45275.4309

ex = Mx / N_{tot} (lungo lato B) 0.21

REAGENTE 3.83

ey = My / N_{tot} (lungo lato L) 1.14

REAGENTE 9.33

CARICHI CARATTERISTICI

	Gk	Qk
N [kN]	0	0
Fy [kN]	0	0
Mx [kNm]	0	0
Fx [kN]	0	0
My [kNm]	0	0

CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd)

INSERIRE CARICHI!!!

	Gd + Qd
N [kN]	39'694
Fy [kN]	2'709
Mx [kNm]	6'763
Fx [kN]	886
My [kNm]	44'744

TENSIONE VERT. LUNGO LATO "B"

TENSIONE VERT. LUNGO LATO "L"

VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE

PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI

φ_{k,eq} (angolo di attrito) [°] 27

c'_{k,eq} (coesione apparente) [kPa] 5

c_{k,eq} (coesione non drenata) [kPa] 0

PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO

φ_d (angolo di attrito) [°] 27

c'_d (coesione apparente) [kPa] 5

c_d (coesione non drenata) [kPa] 0

FATTORI CAPACITA' PORTANTE

N_{PRANDTL} (1921) 23.96

N_{PRANDTL} (1921) 13.21

N_γ 9.34

TIPO DI FONDAZIONE 1 P

TIPO DI VERIFICA 1 DRENATA

CALCOLO DI N_y 2 BRINCH - HANSEN

FATTORI CORRETTIVI 2 BRINCH - HANSEN

DIREZIONE DI CALCOLO 1 B

FATTORI SISMICI 1 SI

PUNZONAMENTO

Ir (indice di rigidità) 34 ⇒ Fattori punzonamento < 1

Icr (indice critico) 81

FORMULA GENERALE:

$$q_{ult} = c N_{\phi} s_i d b g_c z_c \Psi_c + q N_{\phi} s_i d b g_c z_c \Psi_q + \frac{1}{2} B \gamma N_{\phi} s_i d b g_g z_g \Psi_{\gamma}$$

FATTORI CORRETTIVI

Fattori di forma	BRINCH - HANSEN	⇒	Sc	1.23	Sq	1.21	Sy	0.83
Fattori inclinazione carico	BRINCH - HANSEN	⇒	Ic	0.84	Iq	0.85	Iy	0.79
Fattori di approfondimento	BRINCH - HANSEN	⇒	Dc	1.01	Dq	1.01	Dy	

23.3.2. Calcolo cedimenti (SLE)

Al fine di verificare la compatibilità dei cedimenti con i requisiti prestazionali della struttura in elevazione si è implementato un modello di calcolo con il software Groupile. Di seguito si riportano i parametri utilizzati e i risultati di calcolo.

Layer	Soil Type	Depth for Top of Soil Layer (m)	Depth for Bottom of Soil Layer (m)	Properties of Layer
1	Sand (Reese)	0	10	1: Sand (Reese, et al.)
2	Sand (Reese)	10	14	2: Sand (Reese, et al.)
3	Sand (Reese)	14	35	3: Sand (Reese, et al.)

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m ³)	Friction Angle, (DEG.)	p-y Modulus, k (kN/m ³)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m ²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m ²)
1	17	22	1100	0	0
2	17	22	1100	0	0

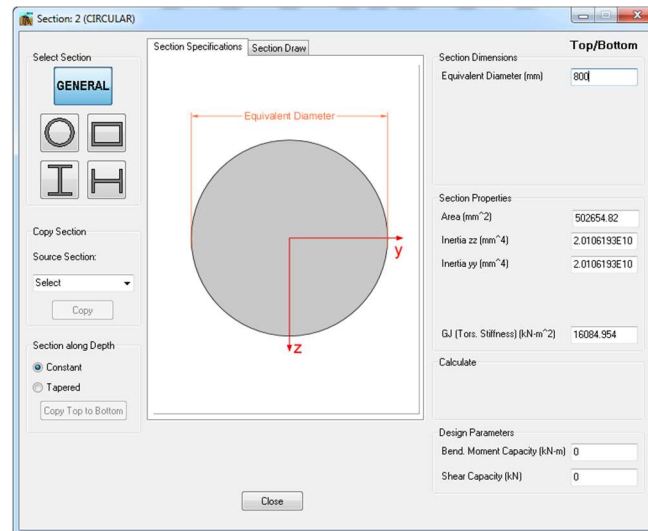
A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.
p-y Modulus, k:
- Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate value for p-y Modulus, k, if zero input value is entered.
Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:
- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m ³)	Friction Angle, (DEG.)	p-y Modulus, k (kN/m ³)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m ²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m ²)
1	18	32	5000	0	0
2	18	32	5000	0	0

A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.
p-y Modulus, k:
- Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate value for p-y Modulus, k, if zero input value is entered.
Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:
- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.

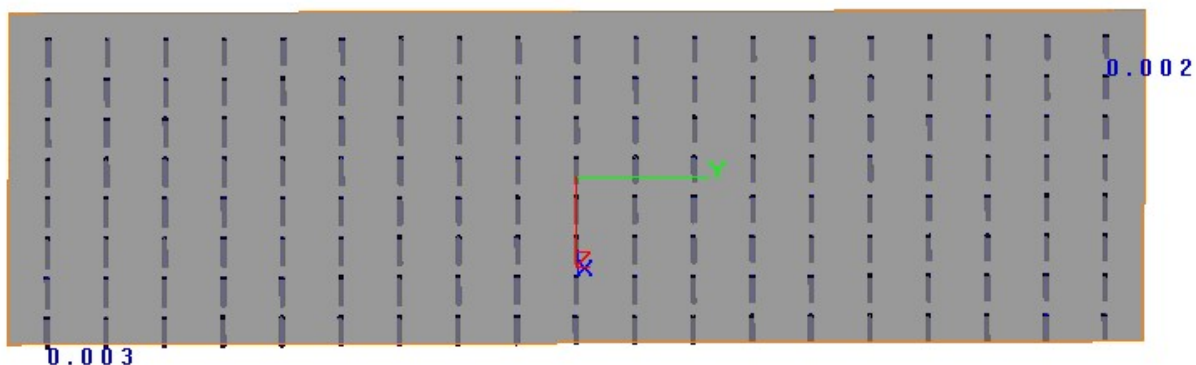
1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m ³)	Friction Angle, (DEG.)	p-y Modulus, k (kN/m ³)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m ²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m ²)
1	18	35	18000	0	0
2	18	35	18000	0	0

A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.
p-y Modulus, k:
- Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate value for p-y Modulus, k, if zero input value is entered.
Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:
- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.



Dalle analisi effettuate, considerando i carichi in combinazione SLE (rara), si ottengono cedimenti verticale di circa **2-3 mm**.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti.



La stima della costante elastica K da assumere nella modellazione strutturale viene effettuata considerando i risultati del modello Group Pile e "l'effetto gruppo" che il programma non in tiene conto.

Applicando le formule di Mandolini et al. (1997), che hanno analizzato i dati relativi a 43 palificate in vera grandezza comprendenti terreni e colonne di varia natura, si determina per un carico medio di circa 33.4 kPa un cedimento medio atteso della palificata di circa **1.1 cm** nel caso si considerassero n.152 colonne disposte secondo una maglia quadrata di lato 3x3m.

$$W_{\text{totale}} = 0.3 \times n \times W_{\text{colonna}} \times R^{-1.2}$$

dove:

W_{totale} = cedimento medio atteso complessivo

n = numero di colonne

W_{colonna} = cedimento singola colonna

$R = (nxs/L)^{0.5}$

s = interasse colonne

L = lunghezza colonne

Il valore del modulo K vale pertanto:

$$k = 0.334[\text{kg/cm}^2] / 1.1[\text{cm}] = 0.29 \text{ kg/cm}^3$$

24. ENERGY CENTER

24.1. Edifici K1-M5-P1-R

24.1.1. Verifiche capacità portante (SLU)

Ultimo aggiornamento 27/06/2013

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONI SUPERFICIALI

PROGETTO Cecchignola
LIVELLO DI PROGETTAZIONE Progetto esecutivo
J.N. 1014
DATA 23.01.2015
DESCRIZIONE Platea di fondazione edifici K1-M5-P1-R

GEOMETRIA FONDAZIONE

TIPO DI FONDAZIONE : **1** **P**
(1) Plinto / Platea
(2) Trave

L (lato maggiore fondazione)	15.9	m
B (lato minore fondazione)	4.8	m
H (altezza fondazione)	3.15	m
I (lato maggiore dado)	0	m
b (lato minore dado)	0	m
h1 (altezza dado)	0	m
D (altezza terreno stabilizzante)	3.15	m
γ_{fon} (peso specifico fondazione)	0	kN/mc
γ_{ter} (peso spec. terreno sopra fond.)	0	kN/mc
α (angolo inclinazione fondazione > 0)	0	°
β (angolo inclinazione pendio > 0)	0	°
a_g/g (accelerazione sismica orizz.)	0.154	
S (coeff. stratigrafico)	1.461	

Punto Applicazione forze esterne **1**
(1) Forze applicate a quota H+h1 - P1
(2) Forze applicate a quota fondo scavo - P2

Braccio Forze esterne	3.2	m
Volume ds fondazione	240	mc
Volume terreno sopra fondazione	0	mc
P.P.1 peso proprio fondazione (k)	0	kN
P.P.2 peso proprio terreno sopra fondazione (k)	0	kN
P.P.1 + P.P.2	0	kN

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DEL TERRENO

QUOTA FALDA DA P.C. **20** m
hw (quota falda da p.c. > 0)

TERRENO TIPO 1

γ_{k1} (peso specifico naturale terreno)	17	kN/mc
-------------------------------------------------	----	-------

TERRENO TIPO 2

d2 (spessore strato)	100	m
ϕ'_{k2} (angolo di attrito)	27	°
c'k2 (coesione efficace)	5	kPa
$c_{u,k2}$ (coesione non drenata)	0	kPa
γ_{k2} (peso specifico naturale)	18	kN/mc
G (modulo di elasticità trasversale)	4000	kPa

TERRENO TIPO 3

ϕ'_{k3} (angolo di attrito)	0	°
c'k3 (coesione efficace)	0	kPa
$c_{u,k3}$ (coesione non drenata)	0	kPa
γ_{k3} (peso specifico naturale)	0	kN/mc
G (modulo di elasticità trasversale)	0	kPa

SEZIONE FONDAZIONE

TERRENO EQUIVALENTE DA MEDIA PESATA

H _{terreno}	3.9	m
$\phi'_{k,eq}$	27	°
c'k,eq	5	kPa
$c_{u,k,eq}$	0	kPa
$\gamma_{k,eq}$	18	kN/mc
G	4000	kPa

TIPO DI VERIFICA

TIPO DI VERIFICA **1** **DRENATA** ⇒
(1) Drenata
(2) Non Drenata

FORMULA PER IL CALCOLO DI N_f **2**
(1) Meyerhof (1963)
(2) Brinch - Hansen (1970)
(3) Vesic (1975)
(4) Spangler - Handy (1982)
BRINCH - HANSEN

FATTORI CORRETTIVI **2**
(1) Meyerhof (1963)
(2) Brinch - Hansen (1970)
(3) Vesic (1975)
BRINCH - HANSEN

FATTORI SISMICI **1**
(1) SI
(2) NO
SI

VERIFICA IN DIREZIONE **1**
(1) Y (Momento Mxx e forza Fy // B)
(2) X (Momento Myy e forza Fx // L)
B

VERIFICA DRENATA: PRESSIONE EFFICACE

$\phi'_{k,eq}$	27	°
c'k,eq	5	kPa
$c_{u,k,eq}$	0	kPa
D // γ'	53.55	kPa
γ'	18.0	kN/mc

contributo peso stabilizzante
contributo forze di attrito

RIEPILOGO VERIFICHE:
(1) D.M. 14/01/2008

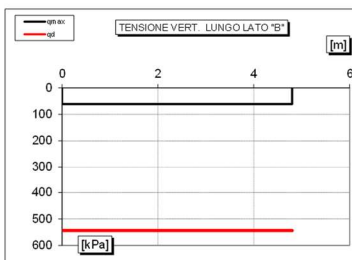
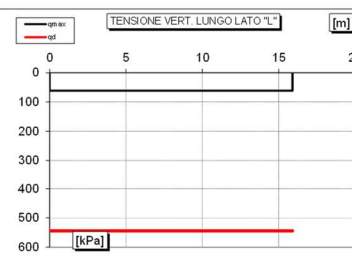
	qd (kPa)	qmax (kPa)	verifica
(1) SLE - RARA	504	44	SI
(4) A1+M1+R3	657	61	SI
(5) SISMA	544	61	SI

N.B. Nelle verifiche non drenate utilizzare i coeff. di Brinch - Hansen

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)									
PROGETTO		Cecchignola							
LIVELLO DI PROGETTAZIONE		Progetto esecutivo							
J.N.		1014							
DATA		23.01.2015							
DESCRIZIONE		Platea di fondazione edifici K1-M5-P1-R							
NORMATIVA		(1) D.M. 14/01/2008							
COMBINAZIONE		(4) A1+M1+R3 OK							
COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO									
NORMATIVA DI RIFERIMENTO		1		D.M.14/01/2008		<ul style="list-style-type: none"> • (1) SLE - RARA • (2) A1+M1+R1 • (3) A2+M2+R2 • X (4) A1+M1+R3 • (5) SISMA 		Metodo TA D.M.11/03/1988	
(1) D.M. 14/01/2008								Approccio 1 comb. 1	
(2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)								Approccio 1 comb. 2	
								Approccio 2	
COMBINAZIONE		4		EC7		<ul style="list-style-type: none"> • (11) A1+M1+R1 • (12) A2+M2+R1 • (13) A1+M1+R2 • (14) A1+M2+R3 • (15) SISMA 		Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 3	
D.M.14/01/2008									
Tipo di carico	SLE	A1	A2	SISMA	EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)				
Pesi propri	1.3	1.3	1.3	1	A1	A2	SISMA		
Permanenti strutturali	1.3	1.3	1.3	1	1.35	1	1		
Permanenti non strutturali	1.5	1.5	1.3	1	1.35	1	1		
Variabili	1.5	1.5	1.3	1	1.5	1.3	1		
Parametri terreno									
$\tan \phi$ (angolo di attrito)	1	M1	M2	SISMA	M1	M2	SISMA		
c' (coesione apparente)	1	1	1.25	1	1	1.25	1.25		
c_u (coesione non drenata)	1	1	1.4	1	1	1.4	1.4		
Resistenze									
Capacità portante	2.3	R1	R2	R3	SISMA	R1	R2	R3	SISMA
Scorrimento	1.1	1.5	1.1	1.1	1.1	1	1.1	1	1
CARICHI DI PROGETTO									
INSERIMENTO CARICHI		2		CARICHI CARATTERISTICI		CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd)			
(1) CARICHI CARATTERISTICI				1		INSERIRE CARICHI!!!			
(2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO						2			
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO									
p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN]	0								
p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN]	0								
N_d [kN]	4'661								
F_{y_d} [kN]	0								
M_{x_d} [kNm]	0								
F_{x_d} [kN]	0								
M_{y_d} [kNm]	0								
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE									
N_{tot} [kN]	4'661								
$F_{y_{tot}}$ [kN]	0								
$M_{x_{tot}}$ [kNm]	0								
$F_{x_{tot}}$ [kN]	0								
$M_{y_{tot}}$ [kNm]	0								
$e_x = M_x / N_{tot}$ (lungo lato B)	0.00								
REAGENTE	0.80								
$e_y = M_y / N_{tot}$ (lungo lato L)	0.00								
REAGENTE	2.65								
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE									
PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI									
$\phi_{k_{eq}}$ (angolo di attrito) [°]	27								
$c'_{k_{eq}}$ (coesione apparente) [kPa]	5								
$c_{u,k_{eq}}$ (coesione non drenata) [kPa]	0								
PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO									
ϕ_d (angolo di attrito) [°]	27								
c'_d (coesione apparente) [kPa]	5								
$c_{u,d}$ (coesione non drenata) [kPa]	0								
FATTORI CAPACITA' PORTANTE									
N_c PRANDTL (1921)	23.96								
N_q PRANDTL (1921)	13.21								
N_γ	9.34								
FATTORI CORRETTIVI									
Fattori di forma	BRINCH - HANSEN	⇒	S_c	1.17	S_q	1.15	S_γ	0.88	
Fattori inclinazione carico	BRINCH - HANSEN	⇒	I_c	1.00	I_q	1.00	I_γ	1.00	
Fattori di approfondimento	BRINCH - HANSEN	⇒	D_c	1.26	D_q	1.37	D_γ	1.00	
Fattori inclinazione fondazione	BRINCH - HANSEN	⇒	B_c	1.00	B_q	1.00	B_γ	1.00	
Fattori inclinazione p.c.	BRINCH - HANSEN	⇒	G_c	1.00	G_q	1.00	G_γ	1.00	
Fattori sismici	PAOLUCCI E PECKER	⇒	Z_c	1.00	Z_q	1.00	Z_γ	1.00	
Fattori di punzonamento	VESIC	⇒	ψ_c	0.91	ψ_q	0.92	ψ_γ	0.92	
TIPO DI FONDAZIONE		1		P					
TIPO DI VERIFICA		1		DRENATA					
CALCOLO DI N_γ		2		BRINCH - HANSEN					
FATTORI CORRETTIVI		2		BRINCH - HANSEN					
DIREZIONE DI CALCOLO		1		B					
FATTORI SISMICI		1		SI					
PUNZONAMENTO									
I_r (indice di rigidezza)	72			⇒		Fattori punzonamento < 1			
I_{cr} (indice critico)	88								
FORMULA GENERALE:									
$q_{ult} = c N_{c,i} d_c b_c g_c z_c \Psi_c + q N_{q,i} d_q b_q g_q z_q \Psi_q + \frac{1}{2} B \gamma N_{\gamma,i} d_\gamma b_\gamma g_\gamma z_\gamma \Psi_\gamma$									
(A) Componente per coesione - N_c [kPa]		160		$q_{ult} (A+B+C)$		1'511 kPa			
(B) Componente per sovracc. - N_q [kPa]		1'025		$q_d (q_{ult}/FS)$		657 kPa			
(C) Componente per attrito - N_γ [kPa]		326		$Q_{ult} (q_{ult} \times B' \times L')$		115'331 kN			
				$Q_d (Q_{ult}/FS)$		50'144 kN			
$q_d (q_{ult}/FS)$	=	657 kPa	>	q_{lmax}	=	61 kPa	VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA		
$\tau_d (\tau_{ult}/FS)$	=	28 kPa	>	τ_{lmax}	=	0 kPa	VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA		

Per confronto si riportano anche le verifiche eseguite allo SLE e allo SLV.

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)											
PROGETTO		Cecchignola									
LIVELLO DI PROGETTAZIONE		Progetto esecutivo									
J.N.		1014									
DATA		23.01.2015									
DESCRIZIONE		Platea di fondazione edifici K1-M5-P1-R									
NORMATIVA		(1) D.M. 14/01/2008									
COMBINAZIONE		(1) SLE - RARA OK									
COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO											
NORMATIVA DI RIFERIMENTO		1		D.M.14/01/2008		X		(1) SLE - RARA (2) A1+M1+R1 (3) A2+M2+R2 (4) A1+M1+R3 (5) SISMA		Metodo TA D.M.11/03/1988 Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2	
(1) D.M. 14/01/2008 (2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)											
COMBINAZIONE		1		EC7		.		(11) A1+M1+R1 (12) A2+M2+R1 (13) A1+M1+R2 (14) A1+M2+R3 (15) SISMA		Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 3	
D.M.14/01/2008											
Tipo di carico	SLE	A1	A2	SISMA	EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)						
Pesi propri	1	1.3	1	1	A1	A2	SISMA				
Permanenti strutturali	1	1.3	1	1	1.35	1	1				
Permanenti non strutturali	1	1.5	1.3	1	1.35	1	1				
Variabili	1	1.5	1.3	1	1.5	1.3	1				
Parametri terreno											
$\tan \phi$ (angolo di attrito)	1	1	M1	M2	SISMA	M1	M2	SISMA			
c' (coesione apparente)	1	1	1	1.25	1	1	1.25	1.25			
c_u (resistenza non drenata)	1	1	1	1.4	1	1	1.4	1.4			
Resistenze											
Capacità portante	3	R1	R2	R3	SISMA	R1	R2	R3	SISMA		
Scorrimento	1.5	1.5	1	1.1	1.1	1	1.4	1	1		
CARICHI DI PROGETTO											
INSERIMENTO CARICHI		2									
(1) CARICHI CARATTERISTICI											
(2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO											
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN] 0</p> <p>p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN] 0</p> <p>N_d [kN] 3'350</p> <p>F_{y_d} [kN] 0</p> <p>M_{x_d} [kNm] 0</p> <p>F_{x_d} [kN] 0</p> <p>M_{y_d} [kNm] 0</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE</p> <p>N_{tot} [kN] 3'350</p> <p>$F_{y_{tot}}$ [kN] 0</p> <p>$M_{x_{tot}}$ [kNm] 0</p> <p>$F_{x_{tot}}$ [kN] 0</p> <p>$M_{y_{tot}}$ [kNm] 0</p> <p>$ex = M_x / N_{tot}$ (lungo lato B) 0.00</p> <p>$ey = M_y / N_{tot}$ (lungo lato L) 0.00</p> <p>REAGENTE 0.80</p> <p>REAGENTE 2.65</p> </div> </div>									
CHARICHI CARATTERISTICI		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>1</p> <p>N [kN] 0</p> <p>F_y [kN] 0</p> <p>M_x [kNm] 0</p> <p>F_x [kN] 0</p> <p>M_y [kNm] 0</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>G_k Q_k</p> <p>G_k 0</p> <p>Q_k 0</p> </div> </div>									
CHARICHI DI PROGETTO (G_d+Q_d)		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>2</p> <p>N [kN] 3'350</p> <p>F_y [kN] 0</p> <p>M_x [kNm] 0</p> <p>F_x [kNm] 0</p> <p>M_y [kNm] 0</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>G_d + Q_d</p> <p>G_d 3'350</p> <p>Q_d 0</p> </div> </div>									
TENSIONE VERT. LUNGO LATO "B"											
TENSIONE VERT. LUNGO LATO "L"											
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE											
PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI		<p>$\phi_{k_{eq}}$ (angolo di attrito) [°] 27</p> <p>$c'_{k_{eq}}$ (coesione apparente) [kPa] 5</p> <p>$c_{u_{k_{eq}}}$ (coesione non drenata) [kPa] 0</p>									
PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO		<p>ϕ_d (angolo di attrito) [°] 27</p> <p>c'_d (coesione apparente) [kPa] 5</p> <p>$c_{u,d}$ (coesione non drenata) [kPa] 0</p>									
FATTORI CAPACITA' PORTANTE		<p>N_c PRANDTL (1921) 23.96</p> <p>N_q PRANDTL (1921) 13.21</p> <p>N_γ 9.34</p>									
TIPO DI FONDAZIONE		1 P									
TIPO DI VERIFICA		1 DRENATA									
CALCOLO DI N_γ		2 BRINCH - HANSEN									
FATTORI CORRETTIVI		2 BRINCH - HANSEN									
DIREZIONE DI CALCOLO		1 B									
FATTORI SISMICI		1 SI									
PUNZONAMENTO		<p>I_r (indice di rigidità) 72</p> <p>I_{cr} (indice critico) 88</p> <p>Fattori punzonamento < 1</p>									
FORMULA GENERALE:		$q_{ult} = c N_{c,i} d_c b_c g_c z_c \Psi_c + q N_{q,i} d_q b_q g_q z_q \Psi_q + \frac{1}{2} B \gamma N_{\gamma,i} d_\gamma b_\gamma g_\gamma z_\gamma \Psi_\gamma$									
FATTORI CORRETTIVI		<p>Fattori di forma BRINCH - HANSEN \Rightarrow S_c 1.17 S_q 1.15 S_γ 0.88</p> <p>Fattori inclinazione carico BRINCH - HANSEN \Rightarrow I_c 1.00 I_q 1.00 I_γ 1.00</p> <p>Fattori di approfondimento BRINCH - HANSEN \Rightarrow D_c 1.26 D_q 1.37 D_γ 1.00</p> <p>Fattori inclinazione fondazione BRINCH - HANSEN \Rightarrow B_c 1.00 B_q 1.00 B_γ 1.00</p> <p>Fattori inclinazione p.c. BRINCH - HANSEN \Rightarrow G_c 1.00 G_q 1.00 G_γ 1.00</p> <p>Fattori sismici PAOLUCCI E PECKER \Rightarrow Z_c 1.00 Z_q 1.00 Z_γ 1.00</p> <p>Fattori di punzonamento VESIC \Rightarrow Ψ_c 0.91 Ψ_q 0.92 Ψ_γ 0.92</p>									
(A) Componente per coesione - N_c [kPa]		160									
(B) Componente per sovracc. - N_q [kPa]		1'025									
(C) Componente per attrito - N_γ [kPa]		326									
q_{ult} (A+B+C)		1'511 kPa									
q_d (q_{ult}/FS)		504 kPa									
Q_{ult} ($q_{ult} \times B' \times L'$)		115'331 kN									
Q_d (Q_{ult}/FS)		38'444 kN									
q_d (q_{ult}/FS)	=	504 kPa	>	q_{max} = 44 kPa	VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA						
t_d (τ_{ult}/FS)	=	15 kPa	>	τ_{max} = 0 kPa	VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA						

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)									
PROGETTO		Cecchignola							
LIVELLO DI PROGETTAZIONE		Progetto esecutivo							
J.N.		1014							
DATA		23.01.2015							
DESCRIZIONE		Platea di fondazione edifici K1-M5-P1-R							
NORMATIVA		(1) D.M. 14/01/2008							
COMBINAZIONE		(5) SISMA OK							
COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO									
NORMATIVA DI RIFERIMENTO		1		D.M.14/01/2008		<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 10px;">{</div> <div> • (1) SLE - RARA • (2) A1+M1+R1 • (3) A2+M2+R2 • (4) A1+M1+R3 • (5) SISMA </div> </div>		Metodo TA D.M.11/03/1988 Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2	
(1) D.M. 14/01/2008									
(2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)									
COMBINAZIONE		5		EC7		<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 10px;">{</div> <div> • (11) A1+M1+R1 • (12) A2+M2+R1 • (13) A1+M1+R2 • (14) A1+M2+R3 • (15) SISMA </div> </div>		Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 3	
CARICHI DI PROGETTO									
INSERIMENTO CARICHI		2		CARICHI CARATTERISTICI <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 10px;">1</div> <div> N [kN] Fy [kN] Mx [kNm] Fx [kNm] My [kNm] </div> </div>			CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd) <div style="color: red;">INSERIRE CARICHI!!!</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 10px;">2</div> <div> N [kN] Fy [kN] Mx [kNm] Fx [kNm] My [kNm] </div> </div>		
(1) CARICHI CARATTERISTICI (2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO									
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN] 0 p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN] 0 N_d [kN] 4'661 Fy_d [kN] 0 Mx_d [kNm] 0 Fx_d [kN] 0 My_d [kNm] 0 </div> <div>  </div> </div>							
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> N_{tot} [kN] 4'661 Fy_{tot} [kN] 0 Mx_{tot} [kNm] 0 Fx_{tot} [kN] 0 My_{tot} [kNm] 0 ex = Mx / N_{tot} (lungo lato B) 0.00 REAGENTE 0.80 ey = My / N_{tot} (lungo lato L) 0.00 REAGENTE 2.65 </div> <div>  </div> </div>							
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE									
PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI		φ _{k,eq} (angolo di attrito) [°] 27 c' _{k,eq} (coesione apparente) [kPa] 5 c _{k,eq} (coesione non drenata) [kPa] 0		TIPO DI FONDAZIONE		1 P			
PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO		φ _d (angolo di attrito) [°] 27 c' _d (coesione apparente) [kPa] 5 c _d (coesione non drenata) [kPa] 0		TIPO DI FONDAZIONE		1 P			
FATTORI CAPACITA' PORTANTE		N _d PRANDTL (1921) 23.96 N _d PRANDTL (1921) 13.21 N _y 9.34		TIPO DI FONDAZIONE		2 DRENATA			
FATTORI CORRETTIVI		Fattori di forma BRINCH - HANSEN ⇒ Sc 1.17 Fattori inclinazione carico BRINCH - HANSEN ⇒ Ic 1.00 Fattori di approfondimento BRINCH - HANSEN ⇒ Dc 1.26 Fattori inclinazione fondazione BRINCH - HANSEN ⇒ Bc 1.00 Fattori inclinazione p.c. BRINCH - HANSEN ⇒ Gc 1.00 Fattori sismici PAOLUCCI E PECKER ⇒ Zc 0.93 Fattori di punzonamento VESIC ⇒ Ψc 0.91		TIPO DI FONDAZIONE		2 BRINCH - HANSEN			
FATTORI CORRETTIVI		Fattori di forma BRINCH - HANSEN ⇒ Sc 1.17 Fattori inclinazione carico BRINCH - HANSEN ⇒ Ic 1.00 Fattori di approfondimento BRINCH - HANSEN ⇒ Dc 1.26 Fattori inclinazione fondazione BRINCH - HANSEN ⇒ Bc 1.00 Fattori inclinazione p.c. BRINCH - HANSEN ⇒ Gc 1.00 Fattori sismici PAOLUCCI E PECKER ⇒ Zc 0.93 Fattori di punzonamento VESIC ⇒ Ψc 0.91		TIPO DI FONDAZIONE		2 BRINCH - HANSEN			
FATTORI CORRETTIVI		Fattori di forma BRINCH - HANSEN ⇒ Sc 1.17 Fattori inclinazione carico BRINCH - HANSEN ⇒ Ic 1.00 Fattori di approfondimento BRINCH - HANSEN ⇒ Dc 1.26 Fattori inclinazione fondazione BRINCH - HANSEN ⇒ Bc 1.00 Fattori inclinazione p.c. BRINCH - HANSEN ⇒ Gc 1.00 Fattori sismici PAOLUCCI E PECKER ⇒ Zc 0.93 Fattori di punzonamento VESIC ⇒ Ψc 0.91		TIPO DI FONDAZIONE		1 SI			
FATTORI CORRETTIVI		Fattori di forma BRINCH - HANSEN ⇒ Sc 1.17 Fattori inclinazione carico BRINCH - HANSEN ⇒ Ic 1.00 Fattori di approfondimento BRINCH - HANSEN ⇒ Dc 1.26 Fattori inclinazione fondazione BRINCH - HANSEN ⇒ Bc 1.00 Fattori inclinazione p.c. BRINCH - HANSEN ⇒ Gc 1.00 Fattori sismici PAOLUCCI E PECKER ⇒ Zc 0.93 Fattori di punzonamento VESIC ⇒ Ψc 0.91		TIPO DI FONDAZIONE		2 SI			
FATTORI CORRETTIVI		Fattori di forma BRINCH - HANSEN ⇒ Sc 1.17 Fattori inclinazione carico BRINCH - HANSEN ⇒ Ic 1.00 Fattori di approfondimento BRINCH - HANSEN ⇒ Dc 1.26 Fattori inclinazione fondazione BRINCH - HANSEN ⇒ Bc 1.00 Fattori inclinazione p.c. BRINCH - HANSEN ⇒ Gc 1.00 Fattori sismici PAOLUCCI E PECKER ⇒ Zc 0.93 Fattori di punzonamento VESIC ⇒ Ψc 0.91		TIPO DI FONDAZIONE		2 SI			
FATTORI CORRETTIVI		Fattori di forma BRINCH - HANSEN ⇒ Sc 1.17 Fattori inclinazione carico BRINCH - HANSEN ⇒ Ic 1.00 Fattori di approfondimento BRINCH - HANSEN ⇒ Dc 1.26 Fattori inclinazione fondazione BRINCH - HANSEN ⇒ Bc 1.00 Fattori inclinazione p.c. BRINCH - HANSEN ⇒ Gc 1.00 Fattori sismici PAOLUCCI E PECKER ⇒ Zc 0.93 Fattori di punzonamento VESIC ⇒ Ψc 0.91		TIPO DI FONDAZIONE		2 SI			
FATTORI CORRETTIVI		Fattori di forma BRINCH - HANSEN ⇒ Sc 1.17 Fattori inclinazione carico BRINCH - HANSEN ⇒ Ic 1.00 Fattori di approfondimento BRINCH - HANSEN ⇒ Dc 1.26 Fattori inclinazione fondazione BRINCH - HANSEN ⇒ Bc 1.00 Fattori inclinazione p.c. BRINCH - HANSEN ⇒ Gc 1.00 Fattori sismici PAOLUCCI E PECKER ⇒ Zc 0.93 Fattori di punzonamento VESIC ⇒ Ψc 0.91							

24.1.2. Calcolo cedimenti (SLE)

Il cedimento verticale della fondazione è stato calcolato con la formula di Burland and Burbridge (1985):

$$S = C_1 C_2 C_3 \left[\left(q_0 - \frac{2}{3} \sigma'_v \right) B^{0.7} I_c \right]$$

dove:

- q : pressione media sul piano di posa;
- σ'_v : tensione verticale efficace ;
- B : larghezza della fondazione;
- C_1 : fattore correttivo di forma;
- C_2 : fattore correttivo della profondità;
- C_3 : fattore correttivo del tempo;
- I_c : indice di compressibilità = $1,706/N^{1,4}_{AV}$
- N_{AV} : valore medio di N_{SPT}

CEDIMENTO FONDAZIONI SUPERFICIALI (Burland & Burbridge)

PROGETTO

Cecchignola

J.N. 1014

LIVELLO DI PROGETTAZIONE

Progetto esecutivo

DATA 23.01.2015

DESCRIZIONE

23.01.2015

Dati di ingresso

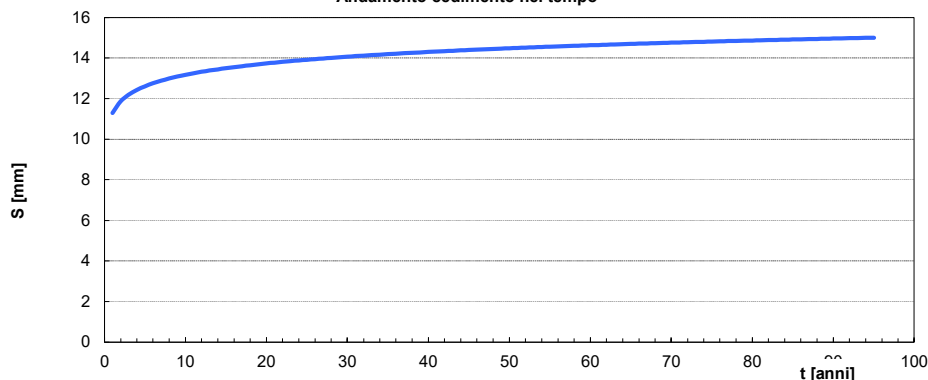
B	4.8	(m)
L	15.9	(m)
q_0	44	(kN/m ²)
g_t	18	(kN/m ³)
d_w	20	(m)
D	3.15	(m)
s'	59	(kN/m ²)

H	4.14	(m)
Z	3.06	(m)
N_{av}	3	(\)
I_C	0.473	(\)
C_1	1.35	(\)
C_2	1.00	(\)
C_3	15.04	(\)

Proprietà meccaniche terreno di fondazione

z da p.c. (m)	z da p.p. (m)	N_{SPT}	terreno	
3.2	1.0	10	SL	3
3.8	1.0	10	SL	3
4.5	1.6	10	SL	3
5.2	2.1	10	SL	3
5.9	2.6	10	SL	3
6.6	3.1	10	SL	3
7.3	4.1	10	SL	3
SL → $N' = 15 + 0,5 \cdot (N_{SPT} - 15)$ sabbie limose				
SG → $N' = 1,25 \cdot N_{SPT}$ sabbie ghiaiose				

Andamento cedimento nel tempo



Analisi dei cedimenti

Spessore banco compressibile	H	4.1	(m)
Cedimento dopo 3 anni	$S_{(t=3)}$	12.2	(mm)
Cedimento dopo 100 anni	$S_{(t=100)}$	15.0	(mm)

24.2. Edifici K2-P

24.2.1. Verifiche capacità portante (SLU)

Ultimo aggiornamento 27/06/2013

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONI SUPERFICIALI

PROGETTO Cecchignola
LIVELLO DI PROGETTAZIONE Progetto esecutivo
J.N. 1014
DATA 23.01.2015
DESCRIZIONE Platea di fondazione edifici K2-P

GEOMETRIA FONDAZIONE

TIPO DI FONDAZIONE : **1** **P**
(1) Plinto / Platea
(2) Trave

L (lato maggiore fondazione)	18.3	m
B (lato minore fondazione)	16.5	m
H (altezza fondazione)	3.45	m
I (lato maggiore dado)	0	m
b (lato minore dado)	0	m
h1 (altezza dado)	0	m
D (altezza terreno stabilizzante)	3.45	m
γ_{fon} (peso specifico fondazione)	0	kN/mc
γ_{terr} (peso spec. terreno sopra fond.)	0	kN/mc
α (angolo inclinazione fondazione > 0)	0	°
β (angolo inclinazione pendio > 0)	0	°
a_0/g (accelerazione sismica orizz.)	0.154	
S (coeff. stratigrafico)	1.461	

Punto Applicazione forze esterne **1**
(1) Forze applicate a quota H+h1 - P1
(2) Forze applicate a quota fondo scavo - P2

Braccio Forze esterne	3.5	m
Volume ds fondazione	1042	mc
Volume terreno sopra fondazione	0	mc
P.P.1 peso proprio fondazione (k)	0	kN
P.P.2 peso proprio terreno sopra fondazione (k)	0	kN
P.P.1 + P.P.2	0	kN

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DEL TERRENO

QUOTA FALDA DA P.C.
hw (quota falda da p.c. > 0) **20** m

TERRENO TIPO 1
 γ_{k1} (peso specifico naturale terreno) **17** kN/mc

TERRENO TIPO 2
d_z (spessore strato) **100** m
 ϕ'_{k2} (angolo di attrito) **27** °
 c'_{k2} (coesione efficace) **5** kPa
 $c_{u,k2}$ (coesione non drenata) **0** kPa
 γ_{k2} (peso specifico naturale) **18** kN/mc
G (modulo di elasticità trasversale) **4000** kPa

TERRENO TIPO 3
 ϕ'_{k3} (angolo di attrito) **0** °
 c'_{k3} (coesione efficace) **0** kPa
 $c_{u,k3}$ (coesione non drenata) **0** kPa
 γ_{k3} (peso specifico naturale) **0** kN/mc
G (modulo di elasticità trasversale) **0** kPa

SEZIONE FONDAZIONE

TERRENO EQUIVALENTE DA MEDIA PESATA

H_{cuneo}	13.5	m
$\phi'_{k,eq}$	27	°
$c'_{k,eq}$	5	kPa
$c_{u,k,eq}$	0	kPa
$\gamma_{k,eq}$	18	kN/mc
G	4000	kPa

TIPO DI VERIFICA

TIPO DI VERIFICA **1** **DRENATA**
(1) Drenata
(2) Non Drenata

FORMULA PER IL CALCOLO DI N_y **2** **BRINCH - HANSEN**
(1) Meyerhof (1963)
(2) Brinch - Hansen (1970)
(3) Vesic (1975)
(4) Spangler - Handy (1982)

FATTORI CORRETTIVI **2** **BRINCH - HANSEN**
(1) Meyerhof (1963)
(2) Brinch - Hansen (1970)
(3) Vesic (1970)

FATTORI SISMICI **1** **SI**
(1) SI
(2) NO

VERIFICA IN DIREZIONE **1** **B**
(1) Y (Momento Mxx e forza FY // B)
(2) X (Momento Myy e forza FX // L)

VERIFICA DRENATA: PRESSIONE EFFICACE

$\phi'_{k,eq}$	27	°
$c'_{k,eq}$	5	kPa
$c_{u,k,eq}$	0	kPa
$D \cdot \gamma$	58.65	kPa
γ	18.0	kN/mc

contributo peso stabilizzante
contributo forze di attrito

RIEPILOGO VERIFICHE:

(1) D.M. 14/01/2008

	qd (kPa)	qmax (kPa)	verifica
(1) SLE - RARA	644	45	SI
(4) A1+M1+R3	840	63	SI
(5) SISMA	692	63	SI

N.B. Nelle verifiche non drenate utilizzare i coeff. di Brinch - Hansen

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)

PROGETTO
LIVELLO DI PROGETTAZIONE
J.N.
DATA
DESCRIZIONE
NORMATIVA
COMBINAZIONE

Cecchignola
 Progetto esecutivo
 1014
 23.01.2015
 Platea di fondazione edifici K2-P
 (1) D.M. 14/01/2008
 (4) A1+M1+R3 OK

(4) A1+M1+R3

COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO

NORMATIVA DI RIFERIMENTO
 (1) D.M. 14/01/2008
 (2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)

1		D.M.14/01/2008	•	(1) SLE - RARA	Metodo TA D.M.11/03/1988
			•	(2) A1+M1+R1	Approccio 1 comb. 1
			•	(3) A2+M2+R2	Approccio 1 comb. 2
			•	(4) A1+M1+R3	Approccio 2
			•	(5) SISMA	

4		EC7	•	(11) A1+M1+R1	Approccio 1 comb. 1
			•	(12) A2+M2+R1	Approccio 1 comb. 2
			•	(13) A1+M1+R2	Approccio 2
			•	(14) A1+M2+R3	Approccio 3
			•	(15) SISMA	

D.M.14/01/2008					EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)			
Tipo di carico	SLE	A1	A2	SISMA	A1	A2		SISMA
Pesi propri	1.3	1	1	1	1.35	1		1
Permanenti strutturali	1.3	1	1	1	1.35	1		1
Permanenti non strutturali	1.5	1	1.5	1.3	1	1.35	1	1
Variabili	1.5	1	1.5	1.3	1	1.5	1.3	1

D.M.14/01/2008				EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)				
Parametri terreno	SLE	M1	M2	SISMA	M1	M2		SISMA
tan δ (angolo di attrito)	1	1	1.25	1	1	1.25		1
c' (coesione apparente)	1	1	1.25	1	1	1.25		1.25
Cu (resistenza non drenata)	1	1	1.4	1	1	1.4		1.4

D.M.14/01/2008					EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)				
Resistenze	SLE	R1	R2	R3	SISMA	R1	R2	R3	SISMA
Capacità portante	2.3	3	1	1.8	2.3	1	1.4	1	1
Scorrimento	1.1	1.5	1	1.1	1.1	1	1.1	1	1

D.M.14/01/2008					EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)				
Resistenze	SLE	R1	R2	R3	SISMA	R1	R2	R3	SISMA
Capacità portante	2.3	3	1	1.8	2.3	1	1.4	1	1
Scorrimento	1.1	1.5	1	1.1	1.1	1	1.1	1	1

CARICHI DI PROGETTO

INSERIMENTO CARICHI
 (1) CARICHI CARATTERISTICI
 (2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO

1 CARICHI CARATTERISTICI

Gk	Qk
N [kN]	0
Fy [kN]	0
Mx [kNm]	0
Fx [kNm]	0
My [kNm]	0

2 CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd)
INSERIRE CARICHI!!!

Gd + Qd
N [kN]
Fy [kN]

Per confronto si riportano anche le verifiche eseguite allo SLE e allo SLV.

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)									
PROGETTO		Cecchignola		(1) SLE - RARA					
LIVELLO DI PROGETTAZIONE		Progetto esecutivo							
J.N.		1014							
DATA		23.01.2015							
DESCRIZIONE		Platea di fondazione edifici K2-P							
NORMATIVA		(1) D.M. 14/01/2008							
COMBINAZIONE		(1) SLE - RARA OK							
COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO									
NORMATIVA DI RIFERIMENTO		1		D.M.14/01/2008		X		(1) SLE - RARA (2) A1+M1+R1 (3) A2+M2+R2 (4) A1+M1+R3 (5) SISMA Metodo TA D.M.11/03/1988 Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2	
COMBINAZIONE		1		EC7		.		(11) A1+M1+R1 (12) A2+M2+R1 (13) A1+M1+R2 (14) A1+M2+R3 (15) SISMA Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 3	
D.M.14/01/2008									
EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)									
Tipo di carico									
Pesi propri 1									
Permanenti strutturali 1									
Permanenti non strutturali 1									
Variabili 1									
Parametri terreno									
tan φ (angolo di attrito) 1									
c' (coesione apparente) 1									
Cu (resistenza non drenata) 1									
Resistenze									
Capacità portante 3									
Scorrimento 1.5									
CARICHI DI PROGETTO									
INSERIMENTO CARICHI									
(1) CARICHI CARATTERISTICI									
(2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO									
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO									
p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN]									
p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN]									
N _d [kN]									
F _{yd} [kN]									
M _{xd} [kNm]									
F _{xd} [kN]									
M _{yd} [kNm]									
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE									
N _{tot} [kN]									
F _{y tot} [kN]									
M _{x tot} [kNm]									
F _{x tot} [kN]									
M _{y tot} [kNm]									
ex = M _x / N _{tot} (lungo lato B)									
REAGENTE 0.00									
ey = M _y / N _{tot} (lungo lato L)									
REAGENTE 0.00									
REAGENTE 3.05									
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE									
PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI									
φ _{k,eq} (angolo di attrito) [°] 27									
c' _{k,eq} (coesione apparente) [kPa] 5									
C _{u,k,eq} (coesione non drenata) [kPa] 0									
PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO									
φ _d (angolo di attrito) [°] 27									
c' _d (coesione apparente) [kPa] 5									
C _{u,d} (coesione non drenata) [kPa] 0									
FATTORI CAPACITA' PORTANTE									
N _c PRANDTL (1921) 23.96									
N _q PRANDTL (1921) 13.21									
N _γ 9.34									
FATTORI CORRETTIVI									
Fattori di forma BRINCH - HANSEN ⇒ Sc 1.50 Sq 1.46 Sy 0.64									
Fattori inclinazione carico BRINCH - HANSEN ⇒ Ic 1.00 Iq 1.00 Iy 1.00									
Fattori di approfondimento BRINCH - HANSEN ⇒ Dc 1.08 Dq 1.12 Dy 1.00									
Fattori inclinazione fondazione BRINCH - HANSEN ⇒ Bc 1.00 Bq 1.00 By 1.00									
Fattori inclinazione p.c. BRINCH - HANSEN ⇒ Gc 1.00 Gq 1.00 Gy 1.00									
Fattori sismici PAOLUCCI E PECKER ⇒ Zc 1.00 Zq 1.00 Zy 1.00									
Fattori di punzonamento VESIC ⇒ Yc 0.80 Yq 0.83 Yy 0.83									
(A) Componente per coesione - N _c [kPa] 156									
(B) Componente per sovracc. - N _q [kPa] 1'043									
(C) Componente per attrito - N _γ [kPa] 733									
TIPO DI FONDAZIONE 1 P									
TIPO DI VERIFICA 1 DRENATA									
CALCOLO DI N_γ 2 BRINCH - HANSEN									
FATTORI CORRETTIVI 2 BRINCH - HANSEN									
DIREZIONE DI CALCOLO 1 B									
FATTORI SISMICI 1 SI									
PUNZONAMENTO									
I _r (indice di rigidità) 36 ⇒ Fattori punzonamento < 1									
I _{cr} (indice critico) 56									
FORMULA GENERALE:									
$q_{ult} = c N_{c,i} d_c b_c g_c z_c \Psi_c + q N_{q,i} d_q b_q g_q z_q \Psi_q + \frac{1}{2} B \gamma N_{\gamma,i} d_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma} z_{\gamma} \Psi_{\gamma}$									
q_{ult} (A+B+C) 1'931 kPa									
q_d (q_{ult}/FS) 644 kPa									
q_{ult} (q_{ult} x B' x L') 583'151 kN									
q_d (q_{ult}/FS) 194'384 kN									
q_d (q_{ult}/FS) = 644 kPa > q _{limax} = 45 kPa VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA									
τ_d (τ_{ult}/FS) = 15 kPa > τ _{limax} = 0 kPa VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA									

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)																																																																																												
PROGETTO		Cecchignola			(5) SISMA																																																																																							
LIVELLO DI PROGETTAZIONE		Progetto esecutivo																																																																																										
J.N.		1014																																																																																										
DATA		23.01.2015																																																																																										
DESCRIZIONE		Platea di fondazione edifici K2-P																																																																																										
NORMATIVA		(1) D.M. 14/01/2008																																																																																										
COMBINAZIONE		(5) SISMA OK																																																																																										
COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO																																																																																												
NORMATIVA DI RIFERIMENTO		1			<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> D.M.14/01/2008 EC7 </div> <div> <ul style="list-style-type: none"> • (1) SLE - RARA • (2) A1+M1+R1 • (3) A2+M2+R2 • (4) A1+M1+R3 • (5) SISMA • (11) A1+M1+R1 • (12) A2+M2+R1 • (13) A1+M1+R2 • (14) A1+M2+R3 • (15) SISMA </div> <div> Metodo TA D.M.11/03/1988 Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 3 </div> </div>																																																																																							
COMBINAZIONE		5																																																																																										
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr style="background-color: #00FFFF;"> <th colspan="2"></th> <th colspan="5">D.M.14/01/2008</th> <th colspan="4">EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)</th> </tr> <tr style="background-color: #00FFFF;"> <th colspan="2"></th> <th>SLE</th> <th>A1</th> <th>A2</th> <th></th> <th>SISMA</th> <th></th> <th>A1</th> <th>A2</th> <th></th> <th>SISMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tipo di carico</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pesi propri</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1.3</td> <td>1</td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td>1.35</td> <td>1</td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Permanenti strutturali</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1.3</td> <td>1</td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td>1.35</td> <td>1</td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Permanenti non strutturali</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1.5</td> <td>1.3</td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td>1.35</td> <td>1</td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Variabili</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1.5</td> <td>1.3</td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td>1.5</td> <td>1.3</td> <td></td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>												D.M.14/01/2008					EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)						SLE	A1	A2		SISMA		A1	A2		SISMA	Tipo di carico												Pesi propri	1	1	1.3	1		1		1.35	1		1	Permanenti strutturali	1	1	1.3	1		1		1.35	1		1	Permanenti non strutturali	1	1	1.5	1.3		1		1.35	1		1	Variabili	1	1	1.5	1.3		1		1.5	1.3		1
		D.M.14/01/2008					EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)																																																																																					
		SLE	A1	A2		SISMA		A1	A2		SISMA																																																																																	
Tipo di carico																																																																																												
Pesi propri	1	1	1.3	1		1		1.35	1		1																																																																																	
Permanenti strutturali	1	1	1.3	1		1		1.35	1		1																																																																																	
Permanenti non strutturali	1	1	1.5	1.3		1		1.35	1		1																																																																																	
Variabili	1	1	1.5	1.3		1		1.5	1.3		1																																																																																	
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr style="background-color: #00FFFF;"> <th colspan="2"></th> <th>SLE</th> <th>M1</th> <th>M2</th> <th></th> <th>SISMA</th> <th></th> <th>M1</th> <th>M2</th> <th></th> <th>SISMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Parametri terreno</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>tan φ (angolo di attrito)</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1.25</td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td>1</td> <td>1.25</td> <td></td> <td>1.25</td> </tr> <tr> <td>c' (coesione apparente)</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1.25</td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td>1</td> <td>1.25</td> <td></td> <td>1.25</td> </tr> <tr> <td>Cu (resistenza non drenata)</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1.4</td> <td></td> <td>1</td> <td></td> <td>1</td> <td>1.4</td> <td></td> <td>1.4</td> </tr> </tbody> </table>												SLE	M1	M2		SISMA		M1	M2		SISMA	Parametri terreno												tan φ (angolo di attrito)	1	1	1	1.25		1		1	1.25		1.25	c' (coesione apparente)	1	1	1	1.25		1		1	1.25		1.25	Cu (resistenza non drenata)	1	1	1	1.4		1		1	1.4		1.4																							
		SLE	M1	M2		SISMA		M1	M2		SISMA																																																																																	
Parametri terreno																																																																																												
tan φ (angolo di attrito)	1	1	1	1.25		1		1	1.25		1.25																																																																																	
c' (coesione apparente)	1	1	1	1.25		1		1	1.25		1.25																																																																																	
Cu (resistenza non drenata)	1	1	1	1.4		1		1	1.4		1.4																																																																																	
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr style="background-color: #00FFFF;"> <th colspan="2"></th> <th>SLE</th> <th>R1</th> <th>R2</th> <th>R3</th> <th>SISMA</th> <th></th> <th>R1</th> <th>R2</th> <th>R3</th> <th>SISMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Resistenze</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Capacità portante</td> <td>2.3</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>1.8</td> <td>2.3</td> <td>2.3</td> <td></td> <td>1</td> <td>1.4</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Scorrimento</td> <td>1.1</td> <td>1.5</td> <td>1</td> <td>1.1</td> <td>1.1</td> <td>1.1</td> <td></td> <td>1</td> <td>1.1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>												SLE	R1	R2	R3	SISMA		R1	R2	R3	SISMA	Resistenze												Capacità portante	2.3	3	1	1.8	2.3	2.3		1	1.4	1	1	Scorrimento	1.1	1.5	1	1.1	1.1	1.1		1	1.1	1	1																																			
		SLE	R1	R2	R3	SISMA		R1	R2	R3	SISMA																																																																																	
Resistenze																																																																																												
Capacità portante	2.3	3	1	1.8	2.3	2.3		1	1.4	1	1																																																																																	
Scorrimento	1.1	1.5	1	1.1	1.1	1.1		1	1.1	1	1																																																																																	
CARICHI DI PROGETTO																																																																																												
INSERIMENTO CARICHI		2			<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> CARICHI CARATTERISTICI 1 <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr style="background-color: #FFFF00;"> <th></th> <th>Gk</th> <th>Qk</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>N [kN]</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fy [kN]</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>Mx [kNm]</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fx [kNm]</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>My [kNm]</td><td>0</td><td>0</td></tr> </tbody> </table> </div> <div style="width: 45%;"> CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd) INSERIRE CARICHI!!! <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr style="background-color: #FFFF00;"> <th></th> <th>Gd + Qd</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>N [kN]</td><td>18'911</td></tr> <tr><td>Fy [kN]</td><td>0</td></tr> <tr><td>Mx [kNm]</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fx [kNm]</td><td>0</td></tr> <tr><td>My [kNm]</td><td>0</td></tr> </tbody> </table> </div> </div>						Gk	Qk	N [kN]	0	0	Fy [kN]	0	0	Mx [kNm]	0	0	Fx [kNm]	0	0	My [kNm]	0	0		Gd + Qd	N [kN]	18'911	Fy [kN]	0	Mx [kNm]	0	Fx [kNm]	0	My [kNm]	0																																																					
	Gk	Qk																																																																																										
N [kN]	0	0																																																																																										
Fy [kN]	0	0																																																																																										
Mx [kNm]	0	0																																																																																										
Fx [kNm]	0	0																																																																																										
My [kNm]	0	0																																																																																										
	Gd + Qd																																																																																											
N [kN]	18'911																																																																																											
Fy [kN]	0																																																																																											
Mx [kNm]	0																																																																																											
Fx [kNm]	0																																																																																											
My [kNm]	0																																																																																											
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO		p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN] 0 p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN] 0 N _d [kN] 18'911 Fy _d [kN] 0 Mx _d [kNm] 0 Fx _d [kNm] 0 My _d [kNm] 0																																																																																										
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE		N _{tot} [kN] 18'911 Fy _{tot} [kN] 0 Mx _{tot} [kNm] 0 Fx _{tot} [kNm] 0 My _{tot} [kNm] 0 ex = Mx / N _{tot} (lungo lato B) 0.00 REAGENTE ey = My / N _{tot} (lungo lato L) 0.00 REAGENTE 3.05																																																																																										
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr style="background-color: #00FFFF;"> <th colspan="2">PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>φ_{tan} (angolo di attrito) [°]</td><td>27</td></tr> <tr><td>c'_{tan} (coesione apparente) [kPa]</td><td>5</td></tr> <tr><td>Cu_{tan} (coesione non drenata) [kPa]</td><td>0</td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr style="background-color: #00FFFF;"> <th colspan="2">PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>φ_d (angolo di attrito) [°]</td><td>27</td></tr> <tr><td>c'_d (coesione apparente) [kPa]</td><td>5</td></tr> <tr><td>Cu_d (coesione non drenata) [kPa]</td><td>0</td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr style="background-color: #00FFFF;"> <th colspan="2">FATTORI CAPACITA' PORTANTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Nc PRANDTL (1921)</td><td>23.96</td></tr> <tr><td>Nq PRANDTL (1921)</td><td>13.21</td></tr> <tr><td>N_γ</td><td>9.34</td></tr> </tbody> </table> </div> <div style="width: 45%;"> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr style="background-color: #00FFFF;"> <th colspan="2">TIPO DI FONDAZIONE</th> <th>1</th> <th>P</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>TIPO DI FONDAZIONE</td><td></td><td>1</td><td>DRENATA</td></tr> <tr><td>CALCOLO DI N_γ</td><td></td><td>2</td><td>BRINCH - HANSEN</td></tr> <tr><td>FATTORI CORRETTIVI</td><td></td><td>2</td><td>BRINCH - HANSEN</td></tr> <tr><td>DIREZIONE DI CALCOLO</td><td></td><td>1</td><td>B</td></tr> <tr><td>FATTORI SISMICI</td><td></td><td>1</td><td>SI</td></tr> </tbody> </table> <p>PUNZONAMENTO I_r (indice di rigidità) 36 ⇒ Fattori punzonamento < 1 I_{cr} (indice critico) 56</p> <p>FORMULA GENERALE:</p> $q_{ult} = c N_{sc} i_c d_c b_c g_c z_c \Psi_c + q N_{sq} i_q d_q b_q g_q z_q \Psi_q + \frac{1}{2} B \gamma N_{s\gamma} i_\gamma d_\gamma b_\gamma g_\gamma z_\gamma \Psi_\gamma$ </div> </div>										PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI		φ _{tan} (angolo di attrito) [°]	27	c' _{tan} (coesione apparente) [kPa]	5	Cu _{tan} (coesione non drenata) [kPa]	0	PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO		φ _d (angolo di attrito) [°]	27	c' _d (coesione apparente) [kPa]	5	Cu _d (coesione non drenata) [kPa]	0	FATTORI CAPACITA' PORTANTE		Nc PRANDTL (1921)	23.96	Nq PRANDTL (1921)	13.21	N _γ	9.34	TIPO DI FONDAZIONE		1	P	TIPO DI FONDAZIONE		1	DRENATA	CALCOLO DI N _γ		2	BRINCH - HANSEN	FATTORI CORRETTIVI		2	BRINCH - HANSEN	DIREZIONE DI CALCOLO		1	B	FATTORI SISMICI		1	SI																																			
PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI																																																																																												
φ _{tan} (angolo di attrito) [°]	27																																																																																											
c' _{tan} (coesione apparente) [kPa]	5																																																																																											
Cu _{tan} (coesione non drenata) [kPa]	0																																																																																											
PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO																																																																																												
φ _d (angolo di attrito) [°]	27																																																																																											
c' _d (coesione apparente) [kPa]	5																																																																																											
Cu _d (coesione non drenata) [kPa]	0																																																																																											
FATTORI CAPACITA' PORTANTE																																																																																												
Nc PRANDTL (1921)	23.96																																																																																											
Nq PRANDTL (1921)	13.21																																																																																											
N _γ	9.34																																																																																											
TIPO DI FONDAZIONE		1	P																																																																																									
TIPO DI FONDAZIONE		1	DRENATA																																																																																									
CALCOLO DI N _γ		2	BRINCH - HANSEN																																																																																									
FATTORI CORRETTIVI		2	BRINCH - HANSEN																																																																																									
DIREZIONE DI CALCOLO		1	B																																																																																									
FATTORI SISMICI		1	SI																																																																																									
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr style="background-color: #00FFFF;"> <th colspan="2">FATTORI CORRETTIVI</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fattori di forma</td> <td>BRINCH - HANSEN</td> <td>⇒</td> <td>S_c</td> <td>1.50</td> <td>S_q</td> <td>1.46</td> <td>S_γ</td> <td>0.64</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fattori inclinazione carico</td> <td>BRINCH - HANSEN</td> <td>⇒</td> <td>I_c</td> <td>1.00</td> <td>I_q</td> <td>1.00</td> <td>I_γ</td> <td>1.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fattori di approfondimento</td> <td>BRINCH - HANSEN</td> <td>⇒</td> <td>D_c</td> <td>1.08</td> <td>D_q</td> <td>1.12</td> <td>D_γ</td> <td>1.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fattori inclinazione fondazione</td> <td>BRINCH - HANSEN</td> <td>⇒</td> <td>B_c</td> <td>1.00</td> <td>B_q</td> <td>1.00</td> <td>B_γ</td> <td>1.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fattori inclinazione p.c.</td> <td>BRINCH - HANSEN</td> <td>⇒</td> <td>G_c</td> <td>1.00</td> <td>G_q</td> <td>1.00</td> <td>G_γ</td> <td>1.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fattori sismici</td> <td>PAOLUCCI E PECKER</td> <td>⇒</td> <td>Z_c</td> <td>0.93</td> <td>Z_q</td> <td>0.92</td> <td>Z_γ</td> <td>0.82</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fattori di punzonamento</td> <td>VESIC</td> <td>⇒</td> <td>ψ_c</td> <td>0.80</td> <td>ψ_q</td> <td>0.83</td> <td>ψ_γ</td> <td>0.83</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										FATTORI CORRETTIVI										Fattori di forma	BRINCH - HANSEN	⇒	S _c	1.50	S _q	1.46	S _γ	0.64		Fattori inclinazione carico	BRINCH - HANSEN	⇒	I _c	1.00	I _q	1.00	I _γ	1.00		Fattori di approfondimento	BRINCH - HANSEN	⇒	D _c	1.08	D _q	1.12	D _γ	1.00		Fattori inclinazione fondazione	BRINCH - HANSEN	⇒	B _c	1.00	B _q	1.00	B _γ	1.00		Fattori inclinazione p.c.	BRINCH - HANSEN	⇒	G _c	1.00	G _q	1.00	G _γ	1.00		Fattori sismici	PAOLUCCI E PECKER	⇒	Z _c	0.93	Z _q	0.92	Z _γ	0.82		Fattori di punzonamento	VESIC	⇒	ψ _c	0.80	ψ _q	0.83	ψ _γ	0.83				
FATTORI CORRETTIVI																																																																																												
Fattori di forma	BRINCH - HANSEN	⇒	S _c	1.50	S _q	1.46	S _γ	0.64																																																																																				
Fattori inclinazione carico	BRINCH - HANSEN	⇒	I _c	1.00	I _q	1.00	I _γ	1.00																																																																																				
Fattori di approfondimento	BRINCH - HANSEN	⇒	D _c	1.08	D _q	1.12	D _γ	1.00																																																																																				
Fattori inclinazione fondazione	BRINCH - HANSEN	⇒	B _c	1.00	B _q	1.00	B _γ	1.00																																																																																				
Fattori inclinazione p.c.	BRINCH - HANSEN	⇒	G _c	1.00	G _q	1.00	G _γ	1.00																																																																																				
Fattori sismici	PAOLUCCI E PECKER	⇒	Z _c	0.93	Z _q	0.92	Z _γ	0.82																																																																																				
Fattori di punzonamento	VESIC	⇒	ψ _c	0.80	ψ _q	0.83	ψ _γ	0.83																																																																																				
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <tbody> <tr> <td>(A) Componente per coesione - Nc [kPa]</td> <td>144</td> <td rowspan="3" style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">⇒</td> <td>q_{ult} (A+B+C)</td> <td>1'593 kPa</td> </tr> <tr> <td>(B) Componente per sovracc. - Nq [kPa]</td> <td>851</td> <td>q_d (q_{ult}/FS)</td> <td>692 kPa</td> </tr> <tr> <td>(C) Componente per attrito - N_γ [kPa]</td> <td>598</td> <td>Q_{ult} (Q_{ult} x B' x L')</td> <td>480'928 kN</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Q_d (Q_{ult}/FS)</td> <td>209'099 kN</td> </tr> </tbody> </table>										(A) Componente per coesione - Nc [kPa]	144	⇒	q _{ult} (A+B+C)	1'593 kPa	(B) Componente per sovracc. - Nq [kPa]	851	q _d (q _{ult} /FS)	692 kPa	(C) Componente per attrito - N _γ [kPa]	598	Q _{ult} (Q _{ult} x B' x L')	480'928 kN				Q _d (Q _{ult} /FS)	209'099 kN																																																																	
(A) Componente per coesione - Nc [kPa]	144	⇒	q _{ult} (A+B+C)	1'593 kPa																																																																																								
(B) Componente per sovracc. - Nq [kPa]	851		q _d (q _{ult} /FS)	692 kPa																																																																																								
(C) Componente per attrito - N _γ [kPa]	598		Q _{ult} (Q _{ult} x B' x L')	480'928 kN																																																																																								
			Q _d (Q _{ult} /FS)	209'099 kN																																																																																								
Q_d (q_{ult}/FS)		= 692 kPa		> Q_{limax} = 63 kPa		VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA																																																																																						
τ_d (τ_{ult}/FS)		= 29 kPa		> τ_{limax} = 0 kPa		VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA																																																																																						

24.2.2. Calcolo cedimenti (SLE)

Il cedimento verticale della fondazione è stato calcolato con la formula di Burland and Burbridge (1985):

$$S=C_1C_2C_3\left[\left(q_0-\frac{2}{3}\sigma'_v\right)B^{0.7}I_C\right]$$

dove:

- q : pressione media sul piano di posa;
- σ'_v : tensione verticale efficace ;
- B : larghezza della fondazione;
- C_1 : fattore correttivo di forma;
- C_2 : fattore correttivo della profondità;
- C_3 : fattore correttivo del tempo;
- I_C : indice di compressibilità = $1,706/N^{1,4}_{AV}$
- N_{AV} : valore medio di N_{SPT}

CEDIMENTO FONDAZIONI SUPERFICIALI (Burland & Burbridge)

PROGETTO

Cecchignola

J.N. 1014

LIVELLO DI PROGETTAZIONE

Progetto esecutivo

DATA 23.01.2015

DESCRIZIONE

23.01.2015

Dati di ingresso

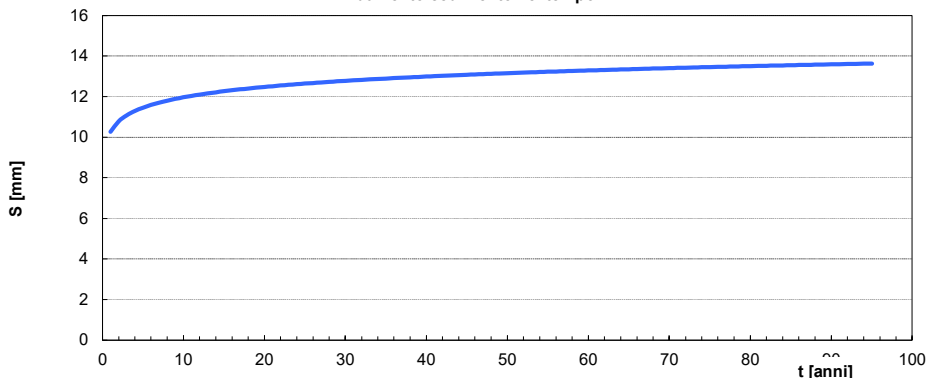
B	16.5	(m)	H	6.72	(m)
L	18.3	(m)	Z	8.06	(m)
q_0	45	(kN/m ²)	N_{av}	3	(\)
g_t	18	(kN/m ³)	I_C	0.473	(\)
d_w	20	(m)	C_1	1.04	(\)
D	3.45	(m)	C_2	0.97	(\)
s'	64	(kN/m ²)	C_3	13.67	(\)

Proprietà meccaniche terreno di fondazione

z da p.c. (m)	z da p.p. (m)	N_{SPT}	terreno	
3.5	1.0	10	SL	3
4.6	1.9	10	SL	3
5.7	2.9	10	SL	3
6.8	3.8	10	SL	3
7.9	4.8	10	SL	3
9.1	5.7	10	SL	3
10.2	6.7	10	SL	3

SL → $N' = 15 + 0.5 \cdot (N_{SPT} - 15)$ sabbie limose
SG → $N' = 1.25 \cdot N_{SPT}$ sabbie ghiaiose

Andamento cedimento nel tempo



Analisi dei cedimenti

Spessore banco compressibile	H	6.7	(m)
Cedimento dopo 3 anni	$S_{(t=3)}$	11.1	(mm)
Cedimento dopo 100 anni	$S_{(t=100)}$	13.7	(mm)

24.3. Edificio R6

24.3.1. Verifiche capacità portante (SLU)

Ultimo aggiornamento 27/06/2013

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONI SUPERFICIALI

PROGETTO Cecchignola
LIVELLO DI PROGETTAZIONE Progetto esecutivo
J.N. 1014
DATA 23.01.2015
DESCRIZIONE Platea di fondazione edificio R6

GEOMETRIA FONDAZIONE

TIPO DI FONDAZIONE : **1** **P**
(1) Plinto / Platea
(2) Trave

L (lato maggiore fondazione) **22.5** m
B (lato minore fondazione) **18.3** m
H (altezza fondazione) **3.45** m
I (lato maggiore dado) **0** m
b (lato minore dado) **0** m
h1 (altezza dado) **0** m
D (altezza terreno stabilizzante) **3.45** m
 γ_{fon} (peso specifico fondazione) **0** kN/mc
 γ_{terr} (peso spec. terreno sopra fond.) **0** kN/mc
 α (angolo inclinazione fondazione>0) **0** °
 β (angolo inclinazione pendio>0) **0** °
 a_0/g (accelerazione sismica orizz.) **0.154**
S (coeff. stratigrafico) **1.461**

Punto Applicazione forze esterne **1**
(1) Forze applicate a quota H+h1 - P1
(2) Forze applicate a quota fondo scavo - P2

Braccio Forze esterne **3.5** m
Volume ds fondazione **1421** mc
Volume terreno sopra fondazione **0** mc
P.P.1 peso proprio fondazione (k) **0** kN
P.P.2 peso proprio terreno sopra fondazione (k) **0** kN
P.P.1 + P.P.2 **0** kN

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DEL TERRENO

QUOTA FALDA DA P.C. **20** m
hw (quota falda da p.c. >0)

TERRENO TIPO 1
 γ_{k1} (peso specifico naturale terreno) **17** kN/mc

TERRENO TIPO 2
d_z (spessore strato) **100** m
 ϕ'_{k2} (angolo di attrito) **27** °
c'_{k2} (coesione efficace) **5** kPa
C_{u,k2} (coesione non drenata) **0** kPa
 γ_{k2} (peso specifico naturale) **18** kN/mc
G (modulo di elasticità trasversale) **4000** kPa

TERRENO TIPO 3
 ϕ'_{k3} (angolo di attrito) **0** °
c'_{k3} (coesione efficace) **0** kPa
C_{u,k3} (coesione non drenata) **0** kPa
 γ_{k3} (peso specifico naturale) **0** kN/mc
G (modulo di elasticità trasversale) **0** kPa

SEZIONE FONDAZIONE

TERRENO EQUIVALENTE DA MEDIA PESATA

H _{unico}	14.9	m
$\phi'_{k,eq}$	27	°
c' _{k,eq}	5	kPa
C _{u,k,eq}	0	kPa
$\gamma_{k,eq}$	18	kN/mc
G	4000	kPa

TIPO DI VERIFICA

TIPO DI VERIFICA **1** **DRENATA**
(1) Drenata
(2) Non Drenata

FORMULA PER IL CALCOLO DI N_y **2** **BRINCH - HANSEN**
(1) Meyerhof (1963)
(2) Brinch - Hansen (1970)
(3) Vesic (1975)
(4) Spangler - Handy (1982)

FATTORI CORRETTIVI **2** **BRINCH - HANSEN**
(1) Meyerhof (1963)
(2) Brinch - Hansen (1970)
(3) Vesic (1970)

FATTORI SISMICI **1** **SI**
(1) SI
(2) NO

VERIFICA IN DIREZIONE **1** **B**
(1) Y (Momento Mxx e forza FY // B)
(2) X (Momento Myy e forza FX // L)

VERIFICA DRENATA: PRESSIONE EFFICACE

$\phi'_{k,eq}$	27	°
c' _{k,eq}	5	kPa
C _{u,k,eq}	0	kPa
D · γ	58.65	kPa
γ	18.0	kN/mc

contributo peso stabilizzante
contributo forze di attrito

RIEPILOGO VERIFICHE:

(1) D.M. 14/01/2008

	qd (kPa)	qmax (kPa)	verifica
(1) SLE - RARA	632	45	SI
(4) A1+M1+R3	824	63	SI
(5) SISMA	679	63	SI

N.B. Nelle verifiche non drenate utilizzare i coeff. di Brinch - Hansen

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)

PROGETTO
LIVELLO DI PROGETTAZIONE
J.N.
DATA
DESCRIZIONE
NORMATIVA
COMBINAZIONE

Cecchignola
 Progetto esecutivo
 1014
 23.01.2015
 Platea di fondazione edificio R6
 (1) D.M. 14/01/2008
 (4) A1+M1+R3 OK

(4) A1+M1+R3

COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO

NORMATIVA DI RIFERIMENTO
 (1) D.M. 14/01/2008
 (2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)

COMBINAZIONE

1

}

D.M.14/01/2008

EC7

{

• (1) SLE - RARA
 • (2) A1+M1+R1
 • (3) A2+M2+R2
 • (4) A1+M1+R3
 • (5) SISMA

• (11) A1+M1+R1
 • (12) A2+M2+R1
 • (13) A1+M1+R2
 • (14) A1+M2+R3
 • (15) SISMA

Metodo TA D.M.11/03/1988
 Approccio 1 comb. 1
 Approccio 1 comb. 2
 Approccio 2
 Approccio 1 comb. 1
 Approccio 1 comb. 2
 Approccio 2
 Approccio 3

Tipo di carico	D.M.14/01/2008				EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)		
	SLE	A1	A2	SISMA	A1	A2	SISMA
Pesi propri	1.3	1	1.3	1	1.35	1	1
Permanenti strutturali	1.3	1	1.3	1	1.35	1	1
Permanenti non strutturali	1.5	1	1.5	1.3	1.35	1	1
Variabili	1.5	1	1.5	1.3	1.5	1.3	1

Parametri terreno	SLE	M1	M2	SISMA	M1	M2	SISMA
	tan ϕ (angolo di attrito)	1	1	1.25	1	1	1.25
c' (coesione apparente)	1	1	1.25	1	1	1.25	1
Cu (resistenza non drenata)	1	1	1.4	1	1	1.4	1

Resistenze	SLE	R1	R2	R3	SISMA	R1	R2	R3	SISMA
	Capacità portante	2.3	3	1	1.8	2.3	3	1	1
Scorrimento	1.1	1.5	1	1.1	1.1	1	1.1	1	1

CARICHI DI PROGETTO

INSERIMENTO CARICHI
 (1) CARICHI CARATTERISTICI
 (2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO
 p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN]
 p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN]
 N_d [kN]
 Fy_d [kN]
 Mx_d [kNm]
 Fx_d [kN]
 My_d [kNm]

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE
 N_{tot} [kN]
 Fy_{tot} [kN]
 Mx_{tot} [kNm]
 Fx_{tot} [kN]
 My_{tot} [kNm]
 ex = Mx / N_{tot} (lungo lato B)
 REAGENTE
 ey = My / N_{tot} (lungo lato L)
 REAGENTE

CARICHI CARATTERISTICI

1

	Gk	Qk
N [kN]	0	0
Fy [kN]	0	0
Mx [kNm]	0	0
Fx [kNm]	0	0
My [kNm]	0	0

CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd)
 INSERIRE CARICHI!!!

2

	Gd + Qd
N [kN]	25'788
Fy [kN]	0
Mx [kNm]	0
Fx [kNm]	0
My [kNm]	0

TENSIONE VERT. LUNGO LATO "B"

TENSIONE VERT. LUNGO LATO "L"

VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE

PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI
 $\phi_{k,eq}$ (angolo di attrito) [°]
 $c'_{k,eq}$ (coesione apparente) [kPa]
 $c_{u,k,eq}$ (coesione non drenata) [kPa]

PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO
 ϕ_d (angolo di attrito) [°]
 c'_d (coesione apparente) [kPa]
 $c_{u,d}$ (coesione non drenata) [kPa]

FATTORI CAPACITA' PORTANTE
 N_o PRANDTL (1921)
 N_q PRANDTL (1921)
 N_y

TIPO DI FONDAZIONE
 TIPO DI VERIFICA
 CALCOLO DI N_y
 FATTORI CORRETTIVI
 DIREZIONE DI CALCOLO
 FATTORI SISMICI
 PUNZONAMENTO
 Ir (Indice di rigidezza)
 Icr (Indice critico)

1 P
 1 DRENATA
 2 BRINCH - HANSEN
 2 BRINCH - HANSEN
 1 B
 1 SI

33 ⇒ Fattori punzonamento < 1
 60

FORMULA GENERALE :

$$q_{ult} = c N_{s,i} d_b g_{s,z_c} \Psi_c + q N_{s,q,i} d_q g_{s,z_q} \Psi_q + \frac{1}{2} B' \gamma N_{s,i} d_b g_{s,z_y} \Psi_y$$

FATTORI CORRETTIVI	BRINCH - HANSEN	⇒	Sc	1.45	Sq	1.41	Sy	0.67
Fattori di forma	BRINCH - HANSEN	⇒	Ic	1.00	Iq	1.00	Iy	1.00
Fattori inclinazione carico	BRINCH - HANSEN	⇒						

Per confronto si riportano anche le verifiche eseguite allo SLE e allo SLV.

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)																																																															
PROGETTO		Cecchignola			(1) SLE - RARA																																																										
LIVELLO DI PROGETTAZIONE		Progetto esecutivo																																																													
J.N.		1014																																																													
DATA		23.01.2015																																																													
DESCRIZIONE		Platea di fondazione edificio R6																																																													
NORMATIVA		(1) D.M. 14/01/2008																																																													
COMBINAZIONE		(1) SLE - RARA OK																																																													
COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO																																																															
NORMATIVA DI RIFERIMENTO		1			<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> D.M.14/01/2008 EC7 </div> <div style="font-size: 3em;">}</div> <div> X (1) SLE - RARA (2) A1+M1+R1 (3) A2+M2+R2 (4) A1+M1+R3 (5) SISMA (11) A1+M1+R1 (12) A2+M2+R1 (13) A1+M1+R2 (14) A1+M2+R3 (15) SISMA </div> <div> Metodo TA D.M.11/03/1988 Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 3 </div> </div>																																																										
(1) D.M. 14/01/2008																																																															
(2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)																																																															
COMBINAZIONE		1																																																													
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr style="background-color: #D3D3D3;"> <th rowspan="2">Tipo di carico</th> <th colspan="5">D.M.14/01/2008</th> <th colspan="4">EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)</th> </tr> <tr style="background-color: #D3D3D3;"> <th>SLE</th> <th>A1</th> <th>A2</th> <th>SISMA</th> <th></th> <th>A1</th> <th>A2</th> <th>SISMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pesi propri</td> <td>1</td> <td>1.3</td> <td>1</td> <td>1</td> <td></td> <td>1.35</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Permanenti strutturali</td> <td>1</td> <td>1.3</td> <td>1</td> <td>1</td> <td></td> <td>1.35</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Permanenti non strutturali</td> <td>1</td> <td>1.5</td> <td>1.3</td> <td>1</td> <td></td> <td>1.35</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Variabili</td> <td>1</td> <td>1.5</td> <td>1.3</td> <td>1</td> <td></td> <td>1.5</td> <td>1.3</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>										Tipo di carico	D.M.14/01/2008					EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)				SLE	A1	A2	SISMA		A1	A2	SISMA	Pesi propri	1	1.3	1	1		1.35	1	1	Permanenti strutturali	1	1.3	1	1		1.35	1	1	Permanenti non strutturali	1	1.5	1.3	1		1.35	1	1	Variabili	1	1.5	1.3	1		1.5	1.3	1
Tipo di carico	D.M.14/01/2008					EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)																																																									
	SLE	A1	A2	SISMA		A1	A2	SISMA																																																							
Pesi propri	1	1.3	1	1		1.35	1	1																																																							
Permanenti strutturali	1	1.3	1	1		1.35	1	1																																																							
Permanenti non strutturali	1	1.5	1.3	1		1.35	1	1																																																							
Variabili	1	1.5	1.3	1		1.5	1.3	1																																																							
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr style="background-color: #D3D3D3;"> <th rowspan="2">Parametri terreno</th> <th>SLE</th> <th>M1</th> <th>M2</th> <th>SISMA</th> <th>M1</th> <th>M2</th> <th>SISMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$\tan \phi$ (angolo di attrito)</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1.25</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1.25</td> <td>1.25</td> </tr> <tr> <td>c' (coesione apparente)</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1.25</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1.25</td> <td>1.25</td> </tr> <tr> <td>C_u (resistenza non drenata)</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1.4</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1.4</td> <td>1.4</td> </tr> </tbody> </table>										Parametri terreno	SLE	M1	M2	SISMA	M1	M2	SISMA	$\tan \phi$ (angolo di attrito)	1	1	1.25	1	1	1.25	1.25	c' (coesione apparente)	1	1	1.25	1	1	1.25	1.25	C_u (resistenza non drenata)	1	1	1.4	1	1	1.4	1.4																						
Parametri terreno	SLE	M1	M2	SISMA	M1	M2	SISMA																																																								
	$\tan \phi$ (angolo di attrito)	1	1	1.25	1	1	1.25	1.25																																																							
c' (coesione apparente)	1	1	1.25	1	1	1.25	1.25																																																								
C_u (resistenza non drenata)	1	1	1.4	1	1	1.4	1.4																																																								
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr style="background-color: #D3D3D3;"> <th rowspan="2">Resistenze</th> <th>SLE</th> <th>R1</th> <th>R2</th> <th>R3</th> <th>SISMA</th> <th>R1</th> <th>R2</th> <th>R3</th> <th>SISMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Capacità portante</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>1.8</td> <td>2.3</td> <td>2.3</td> <td>1</td> <td>1.4</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Scorrimento</td> <td>1.5</td> <td>1.5</td> <td>1</td> <td>1.1</td> <td>1.1</td> <td>1</td> <td>1.1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>										Resistenze	SLE	R1	R2	R3	SISMA	R1	R2	R3	SISMA	Capacità portante	3	1	1.8	2.3	2.3	1	1.4	1	1	Scorrimento	1.5	1.5	1	1.1	1.1	1	1.1	1	1																								
Resistenze	SLE	R1	R2	R3	SISMA	R1	R2	R3	SISMA																																																						
	Capacità portante	3	1	1.8	2.3	2.3	1	1.4	1	1																																																					
Scorrimento	1.5	1.5	1	1.1	1.1	1	1.1	1	1																																																						
CARICHI DI PROGETTO																																																															
INSERIMENTO CARICHI		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>(1) CARICHI CARATTERISTICI</p> <p>(2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>CARICHI CARATTERISTICI</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr style="background-color: #FFFF00;"> <th></th> <th>Gk</th> <th>Qk</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>N [kN]</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fy [kN]</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>Mx [kNm]</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fx [kNm]</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>My [kNm]</td><td>0</td><td>0</td></tr> </tbody> </table> </div> </div>									Gk	Qk	N [kN]	0	0	Fy [kN]	0	0	Mx [kNm]	0	0	Fx [kNm]	0	0	My [kNm]	0	0																																				
	Gk	Qk																																																													
N [kN]	0	0																																																													
Fy [kN]	0	0																																																													
Mx [kNm]	0	0																																																													
Fx [kNm]	0	0																																																													
My [kNm]	0	0																																																													
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO		<p>p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN] 0</p> <p>p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN] 0</p> <p>N_d [kN] 18'570</p> <p>Fy_d [kN] 0</p> <p>Mx_d [kNm] 0</p> <p>Fx_d [kNm] 0</p> <p>My_d [kNm] 0</p>																																																													
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE		<p>N_{tot} [kN] 18'570</p> <p>Fy_{tot} [kN] 0</p> <p>Mx_{tot} [kNm] 0</p> <p>Fx_{tot} [kNm] 0</p> <p>My_{tot} [kNm] 0</p> <p>ex = Mx / N_{tot} (lungo lato B) 0.00</p> <p>REAGENTE 3.05</p> <p>ey = My / N_{tot} (lungo lato L) 0.00</p> <p>REAGENTE 3.75</p>																																																													
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 45%;"> <p>TENSIONE VERT. LUNGO LATO "B"</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>TENSIONE VERT. LUNGO LATO "L"</p> </div> </div>																																																															
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE																																																															
PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI $\phi_{k,eq}$ (angolo di attrito) [°] 27 $c'_{k,eq}$ (coesione apparente) [kPa] 5 $C_{u,k,eq}$ (coesione non drenata) [kPa] 0					PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO ϕ_d (angolo di attrito) [°] 27 c'_d (coesione apparente) [kPa] 5 $C_{u,d}$ (coesione non drenata) [kPa] 0																																																										
FATTORI CAPACITA' PORTANTE Nc PRANDTL (1921) 23.96 Nq PRANDTL (1921) 13.21 N _γ 9.34					TIPO DI FONDAZIONE 1 P TIPO DI VERIFICA 1 DRENATA CALCOLO DI N_γ 2 BRINCH - HANSEN FATTORI CORRETTIVI 2 BRINCH - HANSEN DIREZIONE DI CALCOLO 1 B FATTORI SISMICI 1 SI PUNZONAMENTO Ir (indice di rigidità) 33 ⇒ Fattori punzonamento < 1 Icr (indice critico) 60 FORMULA GENERALE: $q_{ult} = c N_{c,i} d_c b_c g_c z_c \Psi_c + q N_{q,i} d_q b_q g_q z_q \Psi_q + \frac{1}{2} B \gamma N_{\gamma,i} d_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma} z_{\gamma} \Psi_{\gamma}$																																																										
FATTORI CORRETTIVI Fattori di forma ⇒ Sc 1.45 Fattori inclinazione carico ⇒ Ic 1.00 Fattori di approfondimento ⇒ Dc 1.08 Fattori inclinazione fondazione ⇒ Bc 1.00 Fattori inclinazione p.c. ⇒ Gc 1.00 Fattori sismici ⇒ Zc 1.00 Fattori di punzonamento ⇒ Vc 0.75					Sq 1.41 Sy 0.67 Iq 1.00 Iy 1.00 Dq 1.10 Dy 1.00 Bq 1.00 By 1.00 Gq 1.00 Gy 1.00 Zq 1.00 Zy 1.00 Vq 0.78 Vy 0.78																																																										
(A) Componente per coesione - Nc [kPa] 140 (B) Componente per sovracc. - Nq [kPa] 946 (C) Componente per attrito - N _γ [kPa] 810					$q_{ult} (A+B+C)$ 1'895 kPa $q_d (q_{ult}/FS)$ 632 kPa $Q_{ult} (q_{ult} \times B' \times L')$ 780'455 kN $Q_d (Q_{ult}/FS)$ 260'152 kN																																																										
Q_d (q_{ult}/FS) = 632 kPa					Q_d (q_{ult}/FS) = 632 kPa																																																										
τ_d (τ_{ult}/FS) = 15 kPa					τ_d (τ_{ult}/FS) = 15 kPa																																																										
Q_d (q_{ult}/FS) = 632 kPa > Q_{lim} = 45 kPa					Q_d (q_{ult}/FS) = 632 kPa > Q_{lim} = 45 kPa																																																										
τ_d (τ_{ult}/FS) = 15 kPa > τ_{lim} = 0 kPa					τ_d (τ_{ult}/FS) = 15 kPa > τ_{lim} = 0 kPa																																																										

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)										
PROGETTO	Cecchignola									
LIVELLO DI PROGETTAZIONE	Progetto esecutivo									
J.N.	1014									
DATA	23.01.2015									
DESCRIZIONE	Platea di fondazione edificio R6									
NORMATIVA	(1) D.M. 14/01/2008									
COMBINAZIONE	(5) SISMA OK									
COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO										
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	1	D.M.14/01/2008		{		• (1) SLE - RARA • (2) A1+M1+R1 • (3) A2+M2+R2 • (4) A1+M1+R3 X (5) SISMA		Metodo TA D.M.11/03/1988 Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2		
(1) D.M. 14/01/2008	(2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)									
COMBINAZIONE	5	EC7		{		• (11) A1+M1+R1 • (12) A2+M2+R1 • (13) A1+M1+R2 • (14) A1+M2+R3 • (15) SISMA		Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 3		
Tabelle di riferimento										
Tipo di carico	D.M.14/01/2008				EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)					
	SLE	A1	A2	SISMA	A1	A2	SISMA			
Pesi propri	1	1	1.3	1	1	1.35	1	1		
Permanenti strutturali	1	1	1.3	1	1	1.35	1	1		
Permanenti non strutturali	1	1	1.5	1.3	1	1.35	1	1		
Variabili	1	1	1.5	1.3	1	1.5	1.3	1		
Parametri terreno	SLE	M1	M2	SISMA	M1	M2	SISMA			
	tan δ (angolo di attrito)	1	1	1.25	1	1	1.25	1.25		
c' (coesione apparente)	1	1	1.25	1	1	1.25	1.25			
Cu (resistenza non drenata)	1	1	1.4	1	1	1.4	1.4			
Resistenze	SLE	R1	R2	R3	SISMA	R1	R2	R3	SISMA	
	Capacità portante	2.3	3	1.8	2.3	2.3	1	1.4	1	1
Scorrimento	1.1	1.5	1	1.1	1.1	1	1.1	1	1	
CARICHI DI PROGETTO										
INSERIMENTO CARICHI	2	CARICHI CARATTERISTICI		CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd)						
(1) CARICHI CARATTERISTICI		-		INSERIRE CARICHI!!!						
(2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO										
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO										
p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN]		0								
p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN]		0								
N _d [kN]	25'788									
Fy _d [kN]	0									
Mx _d [kNm]	0									
Fx _d [kN]	0									
My _d [kNm]	0									
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE										
N _{tot} [kN]	25'788									
Fy _{tot} [kN]	0									
Mx _{tot} [kNm]	0									
Fx _{tot} [kN]	0									
My _{tot} [kNm]	0									
ex = Mx / N _{tot} (lungo lato B)	0.00									
REAGENTE	3.05									
ey = My / N _{tot} (lungo lato L)	0.00									
REAGENTE	3.75									
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE										
PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICHI			TIPO DI FONDAZIONE		1 P					
φ _{k,eq} (angolo di attrito) [°]	27			TIPO DI VERIFICA		1 DRENATA				
c' _{k,eq} (coesione apparente) [kPa]	5			CALCOLO DI Ny		2 BRINCH - HANSEN				
c _{k,eq} (coesione non drenata) [kPa]	0			FATTORI CORRETTIVI		2 BRINCH - HANSEN				
PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO			DIREZIONE DI CALCOLO		1 B					
φ _d (angolo di attrito) [°]	27			FATTORI SISMICI		1 SI				
c' _d (coesione apparente) [kPa]	5			PUNZONAMENTO						
c _d (coesione non drenata) [kPa]	0			Ir (indice di rigidezza)		33 ⇒ Fattori punzonamento < 1				
FATTORI CAPACITA' PORTANTE			Icr (indice critico)		60					
Nc PRANDTL (1921)	23.96			FORMULA GENERALE :						
Nq PRANDTL (1921)	13.21			$q_{ult} = c N_{cs} i d b g_c z_e \Psi_c + q N_{qs} i d b g_q z_e \Psi_q + \frac{1}{2} B \gamma N_{\gamma s} i d b g_\gamma z_\gamma \Psi_\gamma$						
Nγ	9.34									

24.3.2. Calcolo cedimenti (SLE)

Il cedimento verticale della fondazione è stato calcolato con la formula di Burland and Burbridge (1985):

$$S = C_1 C_2 C_3 \left[\left(q_0 - \frac{2}{3} \sigma'_v \right) B^{0.7} I_c \right]$$

dove:

- q : pressione media sul piano di posa;
- σ'_v : tensione verticale efficace ;
- B : larghezza della fondazione;
- C_1 : fattore correttivo di forma;
- C_2 : fattore correttivo della profondità;
- C_3 : fattore correttivo del tempo;
- I_c : indice di compressibilità = $1,706/N^{1,4}_{AV}$
- N_{AV} : valore medio di N_{SPT}

CEDIMENTO FONDAZIONI SUPERFICIALI (Burland & Burbridge)

PROGETTO **Cecchignola** J.N. **1014**
LIVELLO DI PROGETTAZIONE **Progetto esecutivo** DATA **23.01.2015**
DESCRIZIONE **23.01.2015**

Dati di ingresso

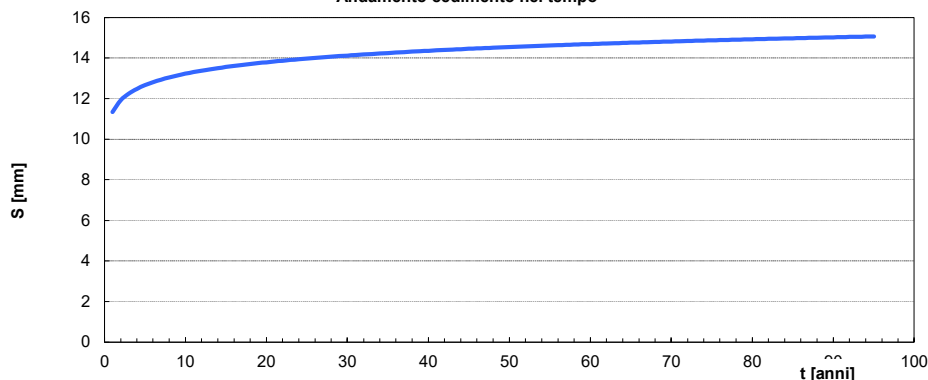
B	18.3	(m)	H	7.12	(m)
L	22.5	(m)	Z	8.78	(m)
q ₀	45	(kN/m ²)	N _{av}	3	(\)
g _t	18	(kN/m ³)	I _C	0.473	(\)
d _w	20	(m)	C ₁	1.08	(\)
D	3.45	(m)	C ₂	0.96	(\)
s'	64	(kN/m ²)	C ₃	15.11	(\)

Proprietà meccaniche terreno di fondazione

z da p.c. (m)	z da p.p. (m)	N _{SPT}	terreno	
3.5	1.0	10	SL	3
4.6	2.0	10	SL	3
5.8	3.1	10	SL	3
7.0	4.1	10	SL	3
8.2	5.1	10	SL	3
9.4	6.1	10	SL	3
10.6	7.1	10	SL	3

SL → N'=15+0,5·(N_{SPT} - 15) sabbie limose
SG → N'=1,25·N_{SPT} sabbie ghiaiose

Andamento cedimento nel tempo



Analisi dei cedimenti

Spessore banco compressibile	H	7.1	(m)
Cedimento dopo 3 anni	S _(t=3)	12.2	(mm)
Cedimento dopo 100 anni	S _(t=100)	15.1	(mm)

24.4. Edificio Y

24.4.1. Verifiche capacità portante (SLU)

Ultimo aggiornamento 27/06/2013

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONI SUPERFICIALI			
PROGETTO		Cecchignola	
LIVELLO DI PROGETTAZIONE		Progetto esecutivo	
J.N.		1014	
DATA		23.01.2015	
DESCRIZIONE		Platea di fondazione edificio Y	
GEOMETRIA FONDAZIONE			
TIPO DI FONDAZIONE :	1	P	
(1) Plinto / Platea			
(2) Trave			
L (lato maggiore fondazione)	10.3	m	
B (lato minore fondazione)	6.3	m	
H (altezza fondazione)	5.35	m	
I (lato maggiore dado)	0	m	
b (lato minore dado)	0	m	
h1 (altezza dado)	0	m	
D (altezza terreno stabilizzante)	5.35	m	
γ_{ton} (peso specifico fondazione)	0	kN/mc	
γ_{terr} (peso spec. terreno sopra fond.)	0	kN/mc	
α (angolo inclinazione fondazione > 0)	0	°	
β (angolo inclinazione pendio > 0)	0	°	
a_0/g (accelerazione sismica orizz.)	0.154		
S (coeff. stratigrafico)	1.461		
Punto Applicazione forze esterne	1		
(1) Forze applicate a quota H+h1 - P1			
(2) Forze applicate a quota fondo scavo - P2			
Braccio Forze esterne	5.4	m	
Volume ds fondazione	347	mc	
Volume terreno sopra fondazione	0	mc	
P.P.1 - peso proprio fondazione (k)	0	kN	
P.P.2 - peso proprio terreno sopra fondazione (k)	0	kN	
P.P.1 + P.P.2	0	kN	
PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DEL TERRENO			
QUOTA FALDA DA P.C.			
hw (quota falda da p.c. > 0)	20	m	
TERRENO TIPO 1			
γ_{k1} (peso specifico naturale terreno)	17	kN/mc	
TERRENO TIPO 2			
d ₅₀ (spessore strato)	100	m	
ϕ'_{k2} (angolo di attrito)	27	°	
c'_{k2} (coesione efficace)	5	kPa	
$c_{u,k2}$ (coesione non drenata)	0	kPa	
γ_{k2} (peso specifico naturale)	18	kN/mc	
G (modulo di elasticità trasversale)	4000	kPa	
TERRENO TIPO 3			
ϕ'_{k3} (angolo di attrito)	0	°	
c'_{k3} (coesione efficace)	0	kPa	
$c_{u,k3}$ (coesione non drenata)	0	kPa	
γ_{k3} (peso specifico naturale)	0	kN/mc	
G (modulo di elasticità trasversale)	0	kPa	
TERRENO EQUIVALENTE DA MEDIA PESATA			
H_{cuneo}	5.1	m	
$\phi'_{k,eq}$	27	°	
$c'_{k,eq}$	5	kPa	
$c_{u,k,eq}$	0	kPa	
$\gamma_{k,eq}$	18	kN/mc	
G	4000	kPa	
TIPO DI VERIFICA			
TIPO DI VERIFICA	1	DRENATA	
(1) Drenata			
(2) Non Drenata			
FORMULA PER IL CALCOLO DI N_y	2	BRINCH - HANSEN	
(1) Meyerhof (1963)			
(2) Brinch - Hansen (1970)			
(3) Vesic (1975)			
(4) Spangler - Handy (1982)			
FATTORI CORRETTIVI	2	BRINCH - HANSEN	
(1) Meyerhof (1963)			
(2) Brinch - Hansen (1970)			
(3) Vesic (1970)			
FATTORI SISMICI	1	SI	
(1) SI			
(2) NO			
VERIFICA IN DIREZIONE	1	B	
(1) Y (Momento Mxx e forza FY // B)			
(2) X (Momento Myy e forza FX // L)			
VERIFICA DRENATA: PRESSIONE EFFICACE			
$\phi'_{k,eq}$	27	°	
$c'_{k,eq}$	5	kPa	
$c_{u,k,eq}$	0	kPa	
$D \cdot \gamma$	90.95	kPa	contributo peso stabilizzante
γ	18.0	kN/mc	contributo forze di attrito
RIEPILOGO VERIFICHE:			
(1) D.M. 14/01/2008			
(1) SLE - RARA	qd (kPa)	qmax (kPa)	verifica
(4) A1+M1+R3	838	67	SI
(5) SISMA	1093	93	SI
	900	93	SI
N.B. Nelle verifiche non drenate utilizzare i coeff. di Brinch - Hansen			

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)																																																																										
PROGETTO		Cecchignola																																																																								
LIVELLO DI PROGETTAZIONE		Progetto esecutivo																																																																								
J.N.		1014																																																																								
DATA		23.01.2015																																																																								
DESCRIZIONE		Platea di fondazione edificio Y																																																																								
NORMATIVA		(1) D.M. 14/01/2008																																																																								
COMBINAZIONE		(4) A1+M1+R3 OK																																																																								
COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO																																																																										
NORMATIVA DI RIFERIMENTO		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> 1 (1) D.M. 14/01/2008 (2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005) </div> <div> D.M.14/01/2008 EC7 </div> <div> <ul style="list-style-type: none"> • (1) SLE - RARA • (2) A1+M1+R1 • (3) A2+M2+R2 • X (4) A1+M1+R3 • (5) SISMA </div> <div> Metodo TA D.M.11/03/1988 Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 </div> </div>																																																																								
COMBINAZIONE		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> 4 </div> <div> <ul style="list-style-type: none"> • (11) A1+M1+R1 • (12) A2+M2+R1 • (13) A1+M1+R2 • (14) A1+M2+R3 • (15) SISMA </div> <div> Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 3 </div> </div>																																																																								
D.M.14/01/2008																																																																										
Tipo di carico	SLE	A1	A2	SISMA	EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)																																																																					
Pesi propri	1.3	1	1.3	1	1	A1	A2	SISMA																																																																		
Permanenti strutturali	1.3	1	1.3	1	1	1	1	1	1	1	1																																																															
Permanenti non strutturali	1.5	1	1.5	1.3	1	1	1	1	1	1	1																																																															
Variabili	1.5	1	1.5	1.3	1	1	1.5	1.3	1	1	1																																																															
Parametri terreno																																																																										
tan φ (angolo di attrito)	1	SLE	M1	M2	SISMA	M1	M2	SISMA																																																																		
c' (coesione apparente)	1	1	1	1.25	1	1	1.25	1	1.25	1.25	1.25																																																															
Cu (resistenza non drenata)	1	1	1	1.4	1	1	1.4	1	1.4	1.4	1.4																																																															
Resistenze																																																																										
Capacità portante	2.3	SLE	R1	R2	R3	SISMA	R1	R2	R3	SISMA																																																																
Scorrimento	1.1	1.5	1	1.1	1.1	1.1	1	1.1	1	1	1																																																															
CARICHI DI PROGETTO																																																																										
INSERIMENTO CARICHI		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> 2 (1) CARICHI CARATTERISTICI (2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO </div> <div> CARICHI CARATTERISTICI <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th></th><th>Gk</th><th>Qk</th></tr> <tr><td>N [kN]</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fy [kN]</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>Mx [kNm]</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fx [kNm]</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>My [kNm]</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table> </div> <div> CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd) INSERIRE CARICHI!!! <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th></th><th>Gd + Qd</th></tr> <tr><td>N [kN]</td><td>6'005</td></tr> <tr><td>Fy [kN]</td><td>0</td></tr> <tr><td>Mx [kNm]</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fx [kNm]</td><td>0</td></tr> <tr><td>My [kNm]</td><td>0</td></tr> </table> </div> </div>											Gk	Qk	N [kN]	0	0	Fy [kN]	0	0	Mx [kNm]	0	0	Fx [kNm]	0	0	My [kNm]	0	0		Gd + Qd	N [kN]	6'005	Fy [kN]	0	Mx [kNm]	0	Fx [kNm]	0	My [kNm]	0																																	
	Gk	Qk																																																																								
N [kN]	0	0																																																																								
Fy [kN]	0	0																																																																								
Mx [kNm]	0	0																																																																								
Fx [kNm]	0	0																																																																								
My [kNm]	0	0																																																																								
	Gd + Qd																																																																									
N [kN]	6'005																																																																									
Fy [kN]	0																																																																									
Mx [kNm]	0																																																																									
Fx [kNm]	0																																																																									
My [kNm]	0																																																																									
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN]</td><td>0</td></tr> <tr><td>p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN]</td><td>0</td></tr> <tr><td>N_d [kN]</td><td>6'005</td></tr> <tr><td>Fy_d [kN]</td><td>0</td></tr> <tr><td>Mx_d [kNm]</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fx_d [kN]</td><td>0</td></tr> <tr><td>My_d [kNm]</td><td>0</td></tr> </table>										p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN]	0	p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN]	0	N _d [kN]	6'005	Fy _d [kN]	0	Mx _d [kNm]	0	Fx _d [kN]	0	My _d [kNm]	0																																																	
p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN]	0																																																																									
p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN]	0																																																																									
N _d [kN]	6'005																																																																									
Fy _d [kN]	0																																																																									
Mx _d [kNm]	0																																																																									
Fx _d [kN]	0																																																																									
My _d [kNm]	0																																																																									
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>N_{tot} [kN]</td><td>6'005</td></tr> <tr><td>Fy_{tot} [kN]</td><td>0</td></tr> <tr><td>Mx_{tot} [kNm]</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fx_{tot} [kN]</td><td>0</td></tr> <tr><td>My_{tot} [kNm]</td><td>0</td></tr> <tr><td>ex = Mx / N_{tot} (lungo lato B)</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>REAGENTE</td><td>1.05</td></tr> <tr><td>ey = My / N_{tot} (lungo lato L)</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>REAGENTE</td><td>1.72</td></tr> </table>										N _{tot} [kN]	6'005	Fy _{tot} [kN]	0	Mx _{tot} [kNm]	0	Fx _{tot} [kN]	0	My _{tot} [kNm]	0	ex = Mx / N _{tot} (lungo lato B)	0.00	REAGENTE	1.05	ey = My / N _{tot} (lungo lato L)	0.00	REAGENTE	1.72																																													
N _{tot} [kN]	6'005																																																																									
Fy _{tot} [kN]	0																																																																									
Mx _{tot} [kNm]	0																																																																									
Fx _{tot} [kN]	0																																																																									
My _{tot} [kNm]	0																																																																									
ex = Mx / N _{tot} (lungo lato B)	0.00																																																																									
REAGENTE	1.05																																																																									
ey = My / N _{tot} (lungo lato L)	0.00																																																																									
REAGENTE	1.72																																																																									
		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> 1 <p>TENSIONE VERT. LUNGO LATO "B" [m]</p> </div> <div style="text-align: center;"> 2 <p>TENSIONE VERT. LUNGO LATO "L" [m]</p> </div> </div>																																																																								
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE																																																																										
PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>φ_{req} (angolo di attrito) [°]</td><td>27</td></tr> <tr><td>c'_{req} (coesione apparente) [kPa]</td><td>5</td></tr> <tr><td>Cu_{req} (coesione non drenata) [kPa]</td><td>0</td></tr> </table>										φ _{req} (angolo di attrito) [°]	27	c' _{req} (coesione apparente) [kPa]	5	Cu _{req} (coesione non drenata) [kPa]	0																																																									
φ _{req} (angolo di attrito) [°]	27																																																																									
c' _{req} (coesione apparente) [kPa]	5																																																																									
Cu _{req} (coesione non drenata) [kPa]	0																																																																									
PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>φ_d (angolo di attrito) [°]</td><td>27</td></tr> <tr><td>c'_d (coesione apparente) [kPa]</td><td>5</td></tr> <tr><td>Cu_d (coesione non drenata) [kPa]</td><td>0</td></tr> </table>										φ _d (angolo di attrito) [°]	27	c' _d (coesione apparente) [kPa]	5	Cu _d (coesione non drenata) [kPa]	0																																																									
φ _d (angolo di attrito) [°]	27																																																																									
c' _d (coesione apparente) [kPa]	5																																																																									
Cu _d (coesione non drenata) [kPa]	0																																																																									
FATTORI CAPACITA' PORTANTE		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Nc PRANDTL (1921)</td><td>23.96</td></tr> <tr><td>Nq PRANDTL (1921)</td><td>13.21</td></tr> <tr><td>Nγ</td><td>9.34</td></tr> </table>										Nc PRANDTL (1921)	23.96	Nq PRANDTL (1921)	13.21	Nγ	9.34																																																									
Nc PRANDTL (1921)	23.96																																																																									
Nq PRANDTL (1921)	13.21																																																																									
Nγ	9.34																																																																									
FATTORI CORRETTIVI		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Fattori di forma</td><td>BRINCH - HANSEN</td><td>⇒</td><td>S_c</td><td>1.34</td><td>S_q</td><td>1.31</td><td>S_y</td><td>0.76</td></tr> <tr><td>Fattori inclinazione carico</td><td>BRINCH - HANSEN</td><td>⇒</td><td>I_c</td><td>1.00</td><td>I_q</td><td>1.00</td><td>I_y</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>Fattori di approfondimento</td><td>BRINCH - HANSEN</td><td>⇒</td><td>D_c</td><td>1.34</td><td>D_q</td><td>1.47</td><td>D_y</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>Fattori inclinazione fondazione</td><td>BRINCH - HANSEN</td><td>⇒</td><td>B_c</td><td>1.00</td><td>B_q</td><td>1.00</td><td>B_y</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>Fattori inclinazione p.c.</td><td>BRINCH - HANSEN</td><td>⇒</td><td>G_c</td><td>1.00</td><td>G_q</td><td>1.00</td><td>G_y</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>Fattori sismici</td><td>PAOLUCCI E PECKER</td><td>⇒</td><td>Z_c</td><td>1.00</td><td>Z_q</td><td>1.00</td><td>Z_y</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>Fattori di punzonamento</td><td>VESIC</td><td>⇒</td><td>ψ_c</td><td>0.84</td><td>ψ_q</td><td>0.86</td><td>ψ_y</td><td>0.86</td></tr> </table>										Fattori di forma	BRINCH - HANSEN	⇒	S _c	1.34	S _q	1.31	S _y	0.76	Fattori inclinazione carico	BRINCH - HANSEN	⇒	I _c	1.00	I _q	1.00	I _y	1.00	Fattori di approfondimento	BRINCH - HANSEN	⇒	D _c	1.34	D _q	1.47	D _y	1.00	Fattori inclinazione fondazione	BRINCH - HANSEN	⇒	B _c	1.00	B _q	1.00	B _y	1.00	Fattori inclinazione p.c.	BRINCH - HANSEN	⇒	G _c	1.00	G _q	1.00	G _y	1.00	Fattori sismici	PAOLUCCI E PECKER	⇒	Z _c	1.00	Z _q	1.00	Z _y	1.00	Fattori di punzonamento	VESIC	⇒	ψ _c	0.84	ψ _q	0.86	ψ _y	0.86
Fattori di forma	BRINCH - HANSEN	⇒	S _c	1.34	S _q	1.31	S _y	0.76																																																																		
Fattori inclinazione carico	BRINCH - HANSEN	⇒	I _c	1.00	I _q	1.00	I _y	1.00																																																																		
Fattori di approfondimento	BRINCH - HANSEN	⇒	D _c	1.34	D _q	1.47	D _y	1.00																																																																		
Fattori inclinazione fondazione	BRINCH - HANSEN	⇒	B _c	1.00	B _q	1.00	B _y	1.00																																																																		
Fattori inclinazione p.c.	BRINCH - HANSEN	⇒	G _c	1.00	G _q	1.00	G _y	1.00																																																																		
Fattori sismici	PAOLUCCI E PECKER	⇒	Z _c	1.00	Z _q	1.00	Z _y	1.00																																																																		
Fattori di punzonamento	VESIC	⇒	ψ _c	0.84	ψ _q	0.86	ψ _y	0.86																																																																		
TIPO DI FONDAZIONE		1 P																																																																								
TIPO DI VERIFICA		1 DRENATA																																																																								
CALCOLO DI N_γ		2 BRINCH - HANSEN																																																																								
FATTORI CORRETTIVI		2 BRINCH - HANSEN																																																																								
DIREZIONE DI CALCOLO		1 B																																																																								
FATTORI SISMICI		1 SI																																																																								
PUNZONAMENTO		I _r (indice di rigidità) 48 ⇒ Fattori punzonamento < 1 I _{cr} (indice critico) 70																																																																								
FORMULA GENERALE:		$q_{ult} = c N_{c,i,c,d,b,g,z_c} \Psi_c + q N_{q,i,q,d,b,g,z_q} \Psi_q + \frac{1}{2} B \gamma N_{\gamma,i,d,b,g,z_\gamma} \Psi_\gamma$																																																																								
(A) Componente per coesione - Nc [kPa]		180																																																																								
(B) Componente per sovracc. - Nq [kPa]		1'991																																																																								
(C) Componente per attrito - Nγ [kPa]		343																																																																								
q_{ult} (A+B+C)		2'514 kPa																																																																								
q_d (q_{ult}/FS)		1'093 kPa																																																																								
Q_{ult} (q_{ult} x B' x L')		163'102 kN																																																																								
Q_d (Q_{ult}/FS)		70'914 kN																																																																								
q_d (q_{ult}/FS)	=	1'093 kPa	>	q_{lmax}	=	93 kPa	VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA																																																																			
t_d (τ_{ult}/FS)	=	43 kPa	>	τ_{lmax}	=	0 kPa	VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA																																																																			

Per confronto si riportano anche le verifiche eseguite allo SLE e allo SLV.

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)										
PROGETTO		Cecchignola			(1) SLE - RARA					
LIVELLO DI PROGETTAZIONE		Progetto esecutivo								
J.N.		1014								
DATA		23.01.2015								
DESCRIZIONE		Platea di fondazione edificio Y								
NORMATIVA		(1) D.M. 14/01/2008								
COMBINAZIONE		(1) SLE - RARA OK								
COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO										
NORMATIVA DI RIFERIMENTO		1			<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> D.M.14/01/2008 EC7 </div> <div> X (1) SLE - RARA (2) A1+M1+R1 (3) A2+M2+R2 (4) A1+M1+R3 (5) SISMA (11) A1+M1+R1 (12) A2+M2+R1 (13) A1+M1+R2 (14) A1+M2+R3 (15) SISMA </div> <div> Metodo TA D.M.11/03/1988 Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 3 </div> </div>					
(1) D.M. 14/01/2008										
(2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)										
COMBINAZIONE		1								
Tipo di carico		D.M.14/01/2008				EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)				
		SLE	A1	A2	SISMA	A1	A2	SISMA		
Pesi propri	1	1	1.3	1	1	1.35	1	1	1	
Permanenti strutturali	1	1	1.3	1	1	1.35	1	1	1	
Permanenti non strutturali	1	1	1.5	1.3	1	1.35	1	1	1	
Variabili	1	1	1.5	1.3	1	1.5	1.3	1	1	
Parametri terreno		SLE	M1	M2	SISMA	M1	M2	SISMA		
$\tan \phi$ (angolo di attrito)	1	1	1	1.25	1	1	1.25	1	1.25	
c' (coesione apparente)	1	1	1	1.25	1	1	1.25	1	1.25	
C_u (resistenza non drenata)	1	1	1	1.4	1	1	1.4	1	1.4	
Resistenze		SLE	R1	R2	R3	SISMA	R1	R2	R3	SISMA
Capacità portante	3	3	1	1.8	2.3	2.3	1	1.4	1	1
Scorrimento	1.5	1.5	1	1.1	1.1	1.1	1	1.1	1	1
CARICHI DI PROGETTO										
INSERIMENTO CARICHI		2								
(1) CARICHI CARATTERISTICI										
(2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO										
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>0 0 0 0 0 0 0 0 0 0</p> <p>N_{tot} [kN] 4'329</p> <p>$F_{Y_{tot}}$ [kN] 0</p> <p>$M_{X_{tot}}$ [kNm] 0</p> <p>$F_{X_{tot}}$ [kN] 0</p> <p>$M_{Y_{tot}}$ [kNm] 0</p> </div> <div> <p>0 0 0 0 0 0 0 0 0 0</p> <p>N_{tot} [kN] 4'329</p> <p>$F_{Y_{tot}}$ [kN] 0</p> <p>$M_{X_{tot}}$ [kNm] 0</p> <p>$F_{X_{tot}}$ [kN] 0</p> <p>$M_{Y_{tot}}$ [kNm] 0</p> </div> </div>								
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE		<p>0 0 0 0 0 0 0 0 0 0</p> <p>N_{tot} [kN] 4'329</p> <p>$F_{Y_{tot}}$ [kN] 0</p> <p>$M_{X_{tot}}$ [kNm] 0</p> <p>$F_{X_{tot}}$ [kN] 0</p> <p>$M_{Y_{tot}}$ [kNm] 0</p> <p>$e_x = M_x / N_{tot}$ (lungo lato B) 0.00</p> <p>$e_y = M_y / N_{tot}$ (lungo lato L) 0.00</p> <p>REAGENTE 1.05</p> <p>REAGENTE 1.72</p>								
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI</p> <p>$\phi_{k_{eq}}$ (angolo di attrito) [°] 27</p> <p>$c'_{k_{eq}}$ (coesione apparente) [kPa] 5</p> <p>$C_{u_{k_{eq}}}$ (coesione non drenata) [kPa] 0</p> <p>PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO</p> <p>ϕ_d (angolo di attrito) [°] 27</p> <p>c'_d (coesione apparente) [kPa] 5</p> <p>$C_{u,d}$ (coesione non drenata) [kPa] 0</p> <p>FATTORI CAPACITA' PORTANTE</p> <p>N_c PRANDTL (1921) 23.96</p> <p>N_q PRANDTL (1921) 13.21</p> <p>N_γ 9.34</p> </div> <div> <p>TIPO DI FONDAZIONE 1 P</p> <p>TIPO DI VERIFICA 1 DRENATA</p> <p>CALCOLO DI N_γ 2 BRINCH - HANSEN</p> <p>FATTORI CORRETTIVI 2 BRINCH - HANSEN</p> <p>DIREZIONE DI CALCOLO 1 B</p> <p>FATTORI SISMICI 1 SI</p> <p>PUNZONAMENTO</p> <p>I_r (indice di rigidità) 48</p> <p>I_{cr} (indice critico) 70</p> <p>FORMULA GENERALE:</p> $q_{ult} = c N_{c,i} d_c b_c g_c z_c \Psi_c + q N_{q,i} d_q b_q g_q z_q \Psi_q + \frac{1}{2} B \gamma N_{\gamma,i} d_\gamma b_\gamma g_\gamma z_\gamma \Psi_\gamma$ </div> </div>								
FATTORI CORRETTIVI		<p>Fattori di forma BRINCH - HANSEN $\Rightarrow S_c$ 1.34 S_q 1.31 S_γ 0.76</p> <p>Fattori inclinazione carico BRINCH - HANSEN $\Rightarrow I_c$ 1.00 I_q 1.00 I_γ 1.00</p> <p>Fattori di approfondimento BRINCH - HANSEN $\Rightarrow D_c$ 1.34 D_q 1.47 D_γ 1.00</p> <p>Fattori inclinazione fondazione BRINCH - HANSEN $\Rightarrow B_c$ 1.00 B_q 1.00 B_γ 1.00</p> <p>Fattori inclinazione p.c. BRINCH - HANSEN $\Rightarrow G_c$ 1.00 G_q 1.00 G_γ 1.00</p> <p>Fattori sismici PAOLUCCI E PECKER $\Rightarrow Z_c$ 1.00 Z_q 1.00 Z_γ 1.00</p> <p>Fattori di punzonamento VESIC $\Rightarrow \Psi_c$ 0.84 Ψ_q 0.86 Ψ_γ 0.86</p>								
(A) Componente per coesione - N_c [kPa]		180								
(B) Componente per sovracc. - N_q [kPa]		1'991								
(C) Componente per attrito - N_γ [kPa]		343								
q_{ult} (A+B+C)		2'514 kPa								
q_d (q_{ult}/FS)		838 kPa								
Q_{ult} ($q_{ult} \times B' \times L'$)		163'102 kN								
Q_d (Q_{ult}/FS)		54'367 kN								
q_d (q_{ult}/FS)		= 838 kPa		> q_{limax} = 67 kPa		VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA				
τ_d (τ_{ult}/FS)		= 23 kPa		> τ_{limax} = 0 kPa		VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA				

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)																																									
PROGETTO		Cecchignola					(5) SISMA																																		
LIVELLO DI PROGETTAZIONE		Progetto esecutivo																																							
J.N.		1014																																							
DATA		23.01.2015																																							
DESCRIZIONE		Platea di fondazione edificio Y																																							
NORMATIVA		(1) D.M. 14/01/2008																																							
COMBINAZIONE		(5) SISMA OK																																							
COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO																																									
NORMATIVA DI RIFERIMENTO		1					<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> D.M. 14/01/2008 EC7 </div> <div> <ul style="list-style-type: none"> • (1) SLE - RARA • (2) A1+M1+R1 • (3) A2+M2+R2 • (4) A1+M1+R3 • (5) SISMA • (11) A1+M1+R1 • (12) A2+M2+R1 • (13) A1+M1+R2 • (14) A1+M2+R3 • (15) SISMA </div> <div> Metodo TA D.M.11/03/1988 Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 3 </div> </div>																																		
COMBINAZIONE		5																																							
(1) D.M. 14/01/2008																																									
(2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)																																									
Tipo di carico		D.M. 14/01/2008					EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)																																		
		SLE	A1	A2		SISMA		A1	A2		SISMA																														
Pesi propri	1	1	1.3	1		1		1.35	1		1																														
Permanenti strutturali	1	1	1.3	1		1		1.35	1		1																														
Permanenti non strutturali	1	1	1.5	1.3		1		1.35	1		1																														
Variabili	1	1	1.5	1.3		1		1.5	1.3		1																														
Parametri terreno		SLE	M1	M2		SISMA		M1	M2		SISMA																														
tan φ (angolo di attrito)	1	1	1	1.25		1		1	1.25		1.25																														
c' (coesione apparente)	1	1	1	1.25		1		1	1.25		1.25																														
Cu (resistenza non drenata)	1	1	1	1.4		1		1	1.4		1.4																														
Resistenze		SLE	R1	R2	R3	SISMA		R1	R2	R3	SISMA																														
Capacità portante	2.3	3	1	1.8	2.3	2.3		1	1.4	1	1																														
Scorrimento	1.1	1.5	1	1.1	1.1	1.1		1	1.1	1	1																														
CARICHI DI PROGETTO																																									
INSERIMENTO CARICHI		2					<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> CARICHI CARATTERISTICI <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><th></th><th>Gk</th><th>Qk</th></tr> <tr><td>N [kN]</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fy [kN]</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>Mx [kNm]</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fx [kNm]</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>My [kNm]</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table> </div> <div> CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd) INSERIRE CARICHI!!! <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><th></th><th>Gd + Qd</th></tr> <tr><td>N [kN]</td><td>6'005</td></tr> <tr><td>Fy [kN]</td><td>0</td></tr> <tr><td>Mx [kNm]</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fx [kNm]</td><td>0</td></tr> <tr><td>My [kNm]</td><td>0</td></tr> </table> </div> </div>						Gk	Qk	N [kN]	0	0	Fy [kN]	0	0	Mx [kNm]	0	0	Fx [kNm]	0	0	My [kNm]	0	0		Gd + Qd	N [kN]	6'005	Fy [kN]	0	Mx [kNm]	0	Fx [kNm]	0	My [kNm]	0
	Gk	Qk																																							
N [kN]	0	0																																							
Fy [kN]	0	0																																							
Mx [kNm]	0	0																																							
Fx [kNm]	0	0																																							
My [kNm]	0	0																																							
	Gd + Qd																																								
N [kN]	6'005																																								
Fy [kN]	0																																								
Mx [kNm]	0																																								
Fx [kNm]	0																																								
My [kNm]	0																																								
1																																									
2																																									
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO																																									
p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN]	0																																								
p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN]	0																																								
N _d [kN]	6'005																																								
Fy _d [kN]	0																																								
Mx _d [kNm]	0																																								
Fx _d [kN]	0																																								
My _d [kNm]	0																																								
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE																																									
N _{tot} [kN]	6'005																																								
Fy _{tot} [kN]	0																																								
Mx _{tot} [kNm]	0																																								
Fx _{tot} [kN]	0																																								
My _{tot} [kNm]	0																																								
ex = Mx / N _{tot} (lungo lato B)	0.00																																								
REAGENTE	1.05																																								
ey = My / N _{tot} (lungo lato L)	0.00																																								
REAGENTE	1.72																																								
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE																																									
PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI																																									
φ _{req} (angolo di attrito) [°]	27																																								
c' _{req} (coesione apparente) [kPa]	5																																								
Cu _{req} (coesione non drenata) [kPa]	0																																								
PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO																																									
φ _d (angolo di attrito) [°]	27																																								
c' _d (coesione apparente) [kPa]	5																																								
Cu _d (coesione non drenata) [kPa]	0																																								
FATTORI CAPACITA' PORTANTE																																									
Nc PRANDTL (1921)	23.96																																								
Nq PRANDTL (1921)	13.21																																								
Nγ	9.34																																								
FATTORI CORRETTIVI																																									
Fattori di forma	BRINCH - HANSEN	⇒	S _c	1.34	S _q	1.31	S _y	0.76																																	
Fattori inclinazione carico	BRINCH - HANSEN	⇒	I _c	1.00	I _q	1.00	I _y	1.00																																	
Fattori di approfondimento	BRINCH - HANSEN	⇒	D _c	1.34	D _q	1.47	D _y	1.00																																	
Fattori inclinazione fondazione	BRINCH - HANSEN	⇒	B _c	1.00	B _q	1.00	B _y	1.00																																	
Fattori inclinazione p.c.	BRINCH - HANSEN	⇒	G _c	1.00	G _q	1.00	G _y	1.00																																	
Fattori sismici	PAOLUCCI E PECKER	⇒	Z _c	0.93	Z _q	0.82	Z _y	0.82																																	
Fattori di punzonamento	VESIC	⇒	ψ _c	0.84	ψ _q	0.86	ψ _y	0.86																																	
TIPO DI FONDAZIONE		1 P																																							
TIPO DI VERIFICA		1 DRENATA																																							
CALCOLO DI N_γ		2 BRINCH - HANSEN																																							
FATTORI CORRETTIVI		2 BRINCH - HANSEN																																							
DIREZIONE DI CALCOLO		1 B																																							
FATTORI SISMICI		1 SI																																							
PUNZONAMENTO																																									
I _r (indice di rigidezza)		48					⇒ Fattori punzonamento < 1																																		
I _{cr} (indice critico)		70																																							
FORMULA GENERALE:																																									
$q_{ult} = c N_{sc} i_c d_c b_c g_c z_c \psi_c + q N_{sq} i_q d_q b_q g_q z_q \psi_q + \frac{1}{2} B \gamma N_{s\gamma} i_\gamma d_\gamma b_\gamma g_\gamma z_\gamma \psi_\gamma$																																									
(A) Componente per coesione - Nc [kPa]		167					$q_{ult} (A+B+C)$ 2'070 kPa																																		
(B) Componente per sovracc. - Nq [kPa]		1'624					$q_d (q_{ult}/FS)$ 900 kPa																																		
(C) Componente per attrito - Nγ [kPa]		280					$Q_{ult} (q_{ult} \times B' \times L')$ 134'345 kN																																		
							$Q_d (Q_{ult}/FS)$ 58'411 kN																																		
Q_d (q_{ult}/FS)	=	900	kPa	>	Q_{lmax}	=	93	kPa	VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA																																
τ_d (τ_{ult}/FS)	=	43	kPa	>	τ_{lmax}	=	0	kPa	VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA																																

24.4.2. Calcolo cedimenti (SLE)

Il cedimento verticale della fondazione è stato calcolato con la formula di Burland and Burbidge (1985):

$$S=C_1C_2C_3\left[\left(q_0-\frac{2}{3}\sigma'_v\right)B^{0.7}I_C\right]$$

dove:

- q : pressione media sul piano di posa;
- σ'_v : tensione verticale efficace ;
- B : larghezza della fondazione;
- C_1 : fattore correttivo di forma;
- C_2 : fattore correttivo della profondità;
- C_3 : fattore correttivo del tempo;
- I_C : indice di compressibilità = $1,706/N^{1,4}_{AV}$
- N_{AV} : valore medio di N_{SPT}

CEDIMENTO FONDAZIONI SUPERFICIALI (Burland & Burbridge)

PROGETTO

Cecchignola

J.N. 1014

LIVELLO DI PROGETTAZIONE

Progetto esecutivo

DATA 23.01.2015

DESCRIZIONE

23.01.2015

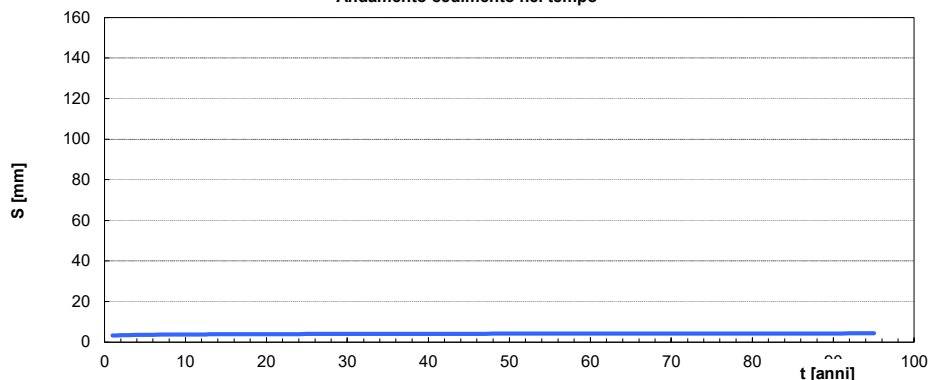
Dati di ingresso

B	6.3	(m)	H	5.05	(m)
L	10.3	(m)	Z	3.73	(m)
q_0	67	(kN/m ²)	N_{av}	3	(\)
g_t	18	(kN/m ³)	I_C	0.473	(\)
d_w	20	(m)	C_1	1.18	(\)
D	5.35	(m)	C_2	1.00	(\)
s'	98	(kN/m ²)	C_3	4.25	(\)

Proprietà meccaniche terreno di fondazione

z da p.c. (m)	z da p.p. (m)	N_{SPT}	terreno	
5.4	1.0	10	SL	3
6.2	1.4	10	SL	3
7.0	2.0	10	SL	3
7.9	2.7	10	SL	3
8.7	3.4	10	SL	3
9.6	4.1	10	SL	3
10.4	5.1	10	SL	3
SL → $N' = 15 + 0,5 \cdot (N_{SPT} - 15)$ sabbie limose				
SG → $N' = 1,25 \cdot N_{SPT}$ sabbie ghiaiose				

Andamento cedimento nel tempo



Analisi dei cedimenti

Spessore banco compressibile	H	5.1	(m)
Cedimento dopo 3 anni	$S_{(t=3)}$	3.4	(mm)
Cedimento dopo 100 anni	$S_{(t=100)}$	4.2	(mm)

25. TRAVI DI FONDAZIONE PARCHEGGI

25.1. Verifiche capacità portante (SLU)

Ultimo aggiornamento 27/06/2013

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONI SUPERFICIALI

PROGETTO Cecchignola
LIVELLO DI PROGETTAZIONE Progetto esecutivo
J.N. 1014
DATA 20.01.2015
DESCRIZIONE Travi parcheggio

GEOMETRIA FONDAZIONE

TIPO DI FONDAZIONE : **2** **T**
(1) Plinto / Platea
(2) Trave

L (lato maggiore fondazione) **5.2** m
B (lato minore fondazione) **1.5** m
H (altezza fondazione) **0.5** m
I (lato maggiore dado) **0** m
b (lato minore dado) **0** m
h1 (altezza dado) **0** m
D (altezza terreno stabilizzante) **0.5** m
 γ_{ter} (peso specifico fondazione) **25** kN/mc
 γ_{ter} (peso spec. terreno sopra fond.) **18** kN/mc
 α (angolo inclinazione fondazione > 0) **0** °
 β (angolo inclinazione pendio > 0) **0** °
 a_v/g (accelerazione sismica orizz.) **0.154**
S (coeff. stratigrafico) **1.461**

Punto Applicazione forze esterne **1**
(1) Forze applicate a quota H+h1 - P1
(2) Forze applicate a quota fondo scavo - P2

Braccio Forze esterne **0.5** m
Volume ds fondazione **4** mc
Volume terreno sopra fondazione **0** mc
P.P.1 peso proprio fondazione (k) **98** kN
P.P.2 peso proprio terreno sopra fondazione (k) **98** kN
P.P.1 + P.P.2 **98** kN

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DEL TERRENO

QUOTA FALDA DA P.C. **20** m
 h_w (quota falda da p.c. > 0)

TERRENO TIPO 1
 γ_{k1} (peso specifico naturale terreno) **17** kN/mc

TERRENO TIPO 2
 d_2 (spessore strato) **100** m
 ϕ'_{k2} (angolo di attrito) **27** °
 c'_{k2} (coesione efficace) **5** kPa
 $c_{u,k2}$ (coesione non drenata) **0** kPa
 γ_{k2} (peso specifico naturale) **18** kN/mc
G (modulo di elasticità trasversale) **4000** kPa

TERRENO TIPO 3
 ϕ'_{k3} (angolo di attrito) **0** °
 c'_{k3} (coesione efficace) **0** kPa
 $c_{u,k3}$ (coesione non drenata) **0** kPa
 γ_{k3} (peso specifico naturale) **0** kN/mc
G (modulo di elasticità trasversale) **0** kPa

SEZIONE FONDAZIONE

TERRENO EQUIVALENTE DA MEDIA PESATA

H_{cuneo}	1.2	m
$\phi'_{k,eq}$	27	°
$c'_{k,eq}$	5	kPa
$c_{u,k,eq}$	0	kPa
$\gamma_{k,eq}$	18	kN/mc
G	4000	kPa

TIPO DI VERIFICA

TIPO DI VERIFICA **1** **DRENATA**
(1) Drenata
(2) Non Drenata

FORMULA PER IL CALCOLO DI N_y **2** **BRINCH - HANSEN**
(1) Meyerhof (1963)
(2) Brinch - Hansen (1970)
(3) Vesic (1975)
(4) Spangler - Handy (1982)

FATTORI CORRETTIVI **2** **BRINCH - HANSEN**
(1) Meyerhof (1963)
(2) Brinch - Hansen (1970)
(3) Vesic (1970)

FATTORI SISMICI **1** **SI**
(1) SI
(2) NO

VERIFICA IN DIREZIONE **1** **B**
(1) Y (Momento Mxx e forza FY // B)
(2) X (Momento Myy e forza FX // L)

VERIFICA DRENATA: PRESSIONE EFFICACE

$\phi'_{k,eq}$	27	°
$c'_{k,eq}$	5	kPa
$c_{u,k,eq}$	0	kPa
$D \cdot \gamma$	8.5	kPa
γ	18.0	kN/mc

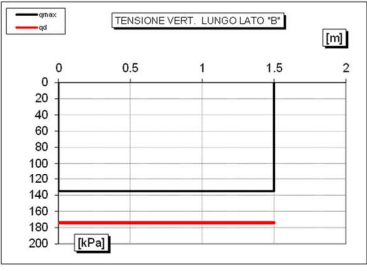
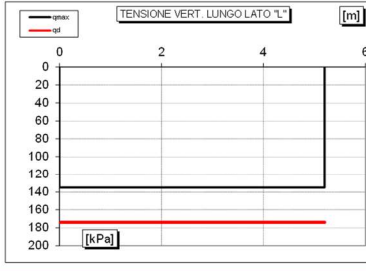
contributo peso stabilizzante
contributo forze di attrito

RIEPILOGO VERIFICHE:

(1) D.M. 14/01/2008

	qd (kPa)	qmax (kPa)	verifica
(1) SLE - RARA	133	104	SI
(4) A1+M1+R3	174	135	SI
(5) SISMA	149	131	SI

N.B. Nelle verifiche non drenate utilizzare i coeff. di Brinch - Hansen

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)																																																																										
PROGETTO		Cecchignola																																																																								
LIVELLO DI PROGETTAZIONE		Progetto esecutivo																																																																								
J.N.		1014																																																																								
DATA		20.01.2015																																																																								
DESCRIZIONE		Travi parcheggio																																																																								
NORMATIVA		(1) D.M. 14/01/2008																																																																								
COMBINAZIONE		(4) A1+M1+R3 OK																																																																								
COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO																																																																										
NORMATIVA DI RIFERIMENTO		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> 1 (1) D.M. 14/01/2008 (2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005) </div> <div> D.M.14/01/2008 EC7 </div> <div> <ul style="list-style-type: none"> • (1) SLE - RARA • (2) A1+M1+R1 • (3) A2+M2+R2 • X (4) A1+M1+R3 • (5) SISMA </div> <div> Metodo TA D.M.11/03/1988 Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 </div> </div>																																																																								
COMBINAZIONE		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> 4 </div> <div> <ul style="list-style-type: none"> • (11) A1+M1+R1 • (12) A2+M2+R1 • (13) A1+M1+R2 • (14) A1+M2+R3 • (15) SISMA </div> <div> Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 3 </div> </div>																																																																								
D.M.14/01/2008																																																																										
Tipo di carico	SLE	A1	A2	SISMA	EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)																																																																					
Pesi propri	1.3	1	1.3	1	1	A1	A2	SISMA																																																																		
Permanenti strutturali	1.3	1	1.3	1	1	1	1	1	1	1	1																																																															
Permanenti non strutturali	1.5	1	1.5	1.3	1	1	1.35	1	1	1	1																																																															
Variabili	1.5	1	1.5	1.3	1	1	1.5	1.3	1	1	1																																																															
Parametri terreno																																																																										
$\tan \phi$ (angolo di attrito)	1	1	1	1.25	1	1	1	1.25	1	1.25	1.25																																																															
c' (coesione apparente)	1	1	1	1.25	1	1	1	1.25	1	1.25	1.25																																																															
C_u (resistenza non drenata)	1	1	1	1.4	1	1	1	1.4	1	1.4	1.4																																																															
Resistenze																																																																										
Capacità portante	2.3	3	1	1.8	2.3	3	1	1.4	1	1	1																																																															
Scorrimento	1.1	1.5	1	1.1	1.1	1.1	1	1.1	1	1	1																																																															
CARICHI DI PROGETTO																																																																										
INSERIMENTO CARICHI		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> 2 (1) CARICHI CARATTERISTICI (2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO </div> <div> CARICHI CARATTERISTICI <table border="1" style="margin-top: 10px;"> <tr><th></th><th>Gk</th><th>Qk</th></tr> <tr><td>N [kN]</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fy [kN]</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>Mx [kNm]</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fx [kNm]</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>My [kNm]</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table> </div> <div> CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd) INSERIRE CARICHI!!! <table border="1" style="margin-top: 10px;"> <tr><th></th><th>Gd + Qd</th></tr> <tr><td>N [kN]</td><td>927</td></tr> <tr><td>Fy [kN]</td><td>0</td></tr> <tr><td>Mx [kNm]</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fx [kNm]</td><td>0</td></tr> <tr><td>My [kNm]</td><td>0</td></tr> </table> </div> </div>											Gk	Qk	N [kN]	0	0	Fy [kN]	0	0	Mx [kNm]	0	0	Fx [kNm]	0	0	My [kNm]	0	0		Gd + Qd	N [kN]	927	Fy [kN]	0	Mx [kNm]	0	Fx [kNm]	0	My [kNm]	0																																	
	Gk	Qk																																																																								
N [kN]	0	0																																																																								
Fy [kN]	0	0																																																																								
Mx [kNm]	0	0																																																																								
Fx [kNm]	0	0																																																																								
My [kNm]	0	0																																																																								
	Gd + Qd																																																																									
N [kN]	927																																																																									
Fy [kN]	0																																																																									
Mx [kNm]	0																																																																									
Fx [kNm]	0																																																																									
My [kNm]	0																																																																									
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN]</td><td>98</td></tr> <tr><td>p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN]</td><td>127</td></tr> <tr><td>N_d [kN]</td><td>927</td></tr> <tr><td>Fy_d [kN]</td><td>0</td></tr> <tr><td>Mx_d [kNm]</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fx_d [kN]</td><td>0</td></tr> <tr><td>My_d [kNm]</td><td>0</td></tr> </table>										p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN]	98	p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN]	127	N _d [kN]	927	Fy _d [kN]	0	Mx _d [kNm]	0	Fx _d [kN]	0	My _d [kNm]	0																																																	
p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN]	98																																																																									
p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN]	127																																																																									
N _d [kN]	927																																																																									
Fy _d [kN]	0																																																																									
Mx _d [kNm]	0																																																																									
Fx _d [kN]	0																																																																									
My _d [kNm]	0																																																																									
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>N_{tot} [kN]</td><td>1'054</td></tr> <tr><td>Fy_{tot} [kN]</td><td>0</td></tr> <tr><td>Mx_{tot} [kNm]</td><td>0</td></tr> <tr><td>Fx_{tot} [kN]</td><td>0</td></tr> <tr><td>My_{tot} [kNm]</td><td>0</td></tr> <tr><td>ex = Mx / N_{tot} (lungo lato B)</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>ey = My / N_{tot} (lungo lato L)</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>REAGENTE</td><td>0.25</td></tr> <tr><td>REAGENTE</td><td>0.87</td></tr> </table>										N _{tot} [kN]	1'054	Fy _{tot} [kN]	0	Mx _{tot} [kNm]	0	Fx _{tot} [kN]	0	My _{tot} [kNm]	0	ex = Mx / N _{tot} (lungo lato B)	0.00	ey = My / N _{tot} (lungo lato L)	0.00	REAGENTE	0.25	REAGENTE	0.87																																													
N _{tot} [kN]	1'054																																																																									
Fy _{tot} [kN]	0																																																																									
Mx _{tot} [kNm]	0																																																																									
Fx _{tot} [kN]	0																																																																									
My _{tot} [kNm]	0																																																																									
ex = Mx / N _{tot} (lungo lato B)	0.00																																																																									
ey = My / N _{tot} (lungo lato L)	0.00																																																																									
REAGENTE	0.25																																																																									
REAGENTE	0.87																																																																									
		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> 1  </div> <div style="text-align: center;"> 2  </div> </div>																																																																								
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE																																																																										
PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>$\phi_{k,eq}$ (angolo di attrito) [°]</td><td>27</td></tr> <tr><td>$c'_{k,eq}$ (coesione apparente) [kPa]</td><td>5</td></tr> <tr><td>$C_{u,k,eq}$ (coesione non drenata) [kPa]</td><td>0</td></tr> </table>										$\phi_{k,eq}$ (angolo di attrito) [°]	27	$c'_{k,eq}$ (coesione apparente) [kPa]	5	$C_{u,k,eq}$ (coesione non drenata) [kPa]	0																																																									
$\phi_{k,eq}$ (angolo di attrito) [°]	27																																																																									
$c'_{k,eq}$ (coesione apparente) [kPa]	5																																																																									
$C_{u,k,eq}$ (coesione non drenata) [kPa]	0																																																																									
PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>ϕ_d (angolo di attrito) [°]</td><td>27</td></tr> <tr><td>c'_d (coesione apparente) [kPa]</td><td>5</td></tr> <tr><td>$C_{u,d}$ (coesione non drenata) [kPa]</td><td>0</td></tr> </table>										ϕ_d (angolo di attrito) [°]	27	c'_d (coesione apparente) [kPa]	5	$C_{u,d}$ (coesione non drenata) [kPa]	0																																																									
ϕ_d (angolo di attrito) [°]	27																																																																									
c'_d (coesione apparente) [kPa]	5																																																																									
$C_{u,d}$ (coesione non drenata) [kPa]	0																																																																									
FATTORI CAPACITA' PORTANTE		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>Nc PRANDTL (1921)</td><td>23.96</td></tr> <tr><td>Nq PRANDTL (1921)</td><td>13.21</td></tr> <tr><td>N_γ</td><td>9.34</td></tr> </table>										Nc PRANDTL (1921)	23.96	Nq PRANDTL (1921)	13.21	N _γ	9.34																																																									
Nc PRANDTL (1921)	23.96																																																																									
Nq PRANDTL (1921)	13.21																																																																									
N _γ	9.34																																																																									
FATTORI CORRETTIVI		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>Fattori di forma</td><td>BRINCH - HANSEN</td><td>⇒</td><td>S_c</td><td>1.00</td><td>S_q</td><td>1.15</td><td>S_γ</td><td>0.88</td></tr> <tr><td>Fattori inclinazione carico</td><td>BRINCH - HANSEN</td><td>⇒</td><td>I_c</td><td>1.00</td><td>I_q</td><td>1.00</td><td>I_γ</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>Fattori di approfondimento</td><td>BRINCH - HANSEN</td><td>⇒</td><td>D_c</td><td>1.13</td><td>D_q</td><td>1.19</td><td>D_γ</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>Fattori inclinazione fondazione</td><td>BRINCH - HANSEN</td><td>⇒</td><td>B_c</td><td>1.00</td><td>B_q</td><td>1.00</td><td>B_γ</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>Fattori inclinazione p.c.</td><td>BRINCH - HANSEN</td><td>⇒</td><td>G_c</td><td>1.00</td><td>G_q</td><td>1.00</td><td>G_γ</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>Fattori sismici</td><td>PAOLUCCI E PECKER</td><td>⇒</td><td>Z_c</td><td>1.00</td><td>Z_q</td><td>1.00</td><td>Z_γ</td><td>1.00</td></tr> <tr><td>Fattori di punzonamento</td><td>VESIC</td><td>⇒</td><td>V_c</td><td>1.00</td><td>V_q</td><td>1.00</td><td>V_γ</td><td>1.00</td></tr> </table>										Fattori di forma	BRINCH - HANSEN	⇒	S _c	1.00	S _q	1.15	S _γ	0.88	Fattori inclinazione carico	BRINCH - HANSEN	⇒	I _c	1.00	I _q	1.00	I _γ	1.00	Fattori di approfondimento	BRINCH - HANSEN	⇒	D _c	1.13	D _q	1.19	D _γ	1.00	Fattori inclinazione fondazione	BRINCH - HANSEN	⇒	B _c	1.00	B _q	1.00	B _γ	1.00	Fattori inclinazione p.c.	BRINCH - HANSEN	⇒	G _c	1.00	G _q	1.00	G _γ	1.00	Fattori sismici	PAOLUCCI E PECKER	⇒	Z _c	1.00	Z _q	1.00	Z _γ	1.00	Fattori di punzonamento	VESIC	⇒	V _c	1.00	V _q	1.00	V _γ	1.00
Fattori di forma	BRINCH - HANSEN	⇒	S _c	1.00	S _q	1.15	S _γ	0.88																																																																		
Fattori inclinazione carico	BRINCH - HANSEN	⇒	I _c	1.00	I _q	1.00	I _γ	1.00																																																																		
Fattori di approfondimento	BRINCH - HANSEN	⇒	D _c	1.13	D _q	1.19	D _γ	1.00																																																																		
Fattori inclinazione fondazione	BRINCH - HANSEN	⇒	B _c	1.00	B _q	1.00	B _γ	1.00																																																																		
Fattori inclinazione p.c.	BRINCH - HANSEN	⇒	G _c	1.00	G _q	1.00	G _γ	1.00																																																																		
Fattori sismici	PAOLUCCI E PECKER	⇒	Z _c	1.00	Z _q	1.00	Z _γ	1.00																																																																		
Fattori di punzonamento	VESIC	⇒	V _c	1.00	V _q	1.00	V _γ	1.00																																																																		
TIPO DI FONDAZIONE		2 T																																																																								
TIPO DI VERIFICA		1 DRENATA																																																																								
CALCOLO DI N_γ		2 BRINCH - HANSEN																																																																								
FATTORI CORRETTIVI		2 BRINCH - HANSEN																																																																								
DIREZIONE DI CALCOLO		1 B																																																																								
FATTORI SISMICI		1 SI																																																																								
PUNZONAMENTO		I _r (indice di rigidità) 243 ⇒ Fattori di punzonamento = 1 I _{cr} (indice critico) 88																																																																								
FORMULA GENERALE:		$q_{ult} = c N_{c,i,c,d,b,g,z_c} \Psi_c + q N_{q,i,q,d,b,g,z_q} \Psi_q + \frac{1}{2} B \gamma N_{\gamma,i,d,b,g,z_\gamma} \Psi_\gamma$																																																																								
(A) Componente per coesione - N_c [kPa]		136																																																																								
(B) Componente per sovracc. - N_q [kPa]		153																																																																								
(C) Componente per attrito - N_γ [kPa]		112																																																																								
q_{ult} (A+B+C)		400 kPa																																																																								
q_d (q_{ult}/FS)		174 kPa																																																																								
Q_{ult} (q_{ult} x B' x L')		3'121 kN																																																																								
Q_d (Q_{ult}/FS)		1'357 kN																																																																								
q_d (q_{ult}/FS)		=		174 kPa		>		q_{max} = 135 kPa		VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA																																																																
t_d (τ_{ult}/FS)		=		63 kPa		>		τ_{max} = 0 kPa		VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA																																																																

Per confronto si riportano anche le verifiche eseguite allo SLE e allo SLV.

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)																																																	
PROGETTO LIVELLO DI PROGETTAZIONE J.N. DATA DESCRIZIONE NORMATIVA COMBINAZIONE		Cecchignola Progetto esecutivo 1014 20.01.2015 Travi parcheggio (1) D.M. 14/01/2008 (1) SLE - RARA		(1) SLE - RARA																																													
COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO																																																	
NORMATIVA DI RIFERIMENTO (1) D.M. 14/01/2008 (2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)		1		D.M.14/01/2008		X (5) SISMA		Metodo TA D.M.11/03/1988 Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2																																									
COMBINAZIONE		1		EC7	 (15) SISMA		Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 3																																									
D.M.14/01/2008																																																	
EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)																																																	
<table border="1"><thead><tr><th>Tipo di carico</th><th>SLE</th><th>A1</th><th>A2</th><th>SISMA</th><th>A1</th><th>A2</th><th>SISMA</th></tr></thead><tbody><tr><td>Pesi propri</td><td>1</td><td>1.3</td><td>1</td><td>1</td><td>1.35</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>Permanenti strutturali</td><td>1</td><td>1.3</td><td>1</td><td>1</td><td>1.35</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>Permanenti non strutturali</td><td>1</td><td>1.5</td><td>1.3</td><td>1</td><td>1.35</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>Variabili</td><td>1</td><td>1.5</td><td>1.3</td><td>1</td><td>1.5</td><td>1.3</td><td>1</td></tr></tbody></table>										Tipo di carico	SLE	A1	A2	SISMA	A1	A2	SISMA	Pesi propri	1	1.3	1	1	1.35	1	1	Permanenti strutturali	1	1.3	1	1	1.35	1	1	Permanenti non strutturali	1	1.5	1.3	1	1.35	1	1	Variabili	1	1.5	1.3	1	1.5	1.3	1
Tipo di carico	SLE	A1	A2	SISMA	A1	A2	SISMA																																										
Pesi propri	1	1.3	1	1	1.35	1	1																																										
Permanenti strutturali	1	1.3	1	1	1.35	1	1																																										
Permanenti non strutturali	1	1.5	1.3	1	1.35	1	1																																										
Variabili	1	1.5	1.3	1	1.5	1.3	1																																										
<table border="1"><thead><tr><th>Parametri terreno</th><th>SLE</th><th>M1</th><th>M2</th><th>SISMA</th><th>M1</th><th>M2</th><th>SISMA</th></tr></thead><tbody><tr><td>$\tan \phi$ (angolo di attrito)</td><td>1</td><td>1</td><td>1.25</td><td>1</td><td>1</td><td>1.25</td><td>1.25</td></tr><tr><td>c' (coesione apparente)</td><td>1</td><td>1</td><td>1.25</td><td>1</td><td>1</td><td>1.25</td><td>1.25</td></tr><tr><td>C_u (resistenza non drenata)</td><td>1</td><td>1</td><td>1.4</td><td>1</td><td>1</td><td>1.4</td><td>1.4</td></tr></tbody></table>										Parametri terreno	SLE	M1	M2	SISMA	M1	M2	SISMA	$\tan \phi$ (angolo di attrito)	1	1	1.25	1	1	1.25	1.25	c' (coesione apparente)	1	1	1.25	1	1	1.25	1.25	C_u (resistenza non drenata)	1	1	1.4	1	1	1.4	1.4								
Parametri terreno	SLE	M1	M2	SISMA	M1	M2	SISMA																																										
$\tan \phi$ (angolo di attrito)	1	1	1.25	1	1	1.25	1.25																																										
c' (coesione apparente)	1	1	1.25	1	1	1.25	1.25																																										
C_u (resistenza non drenata)	1	1	1.4	1	1	1.4	1.4																																										
<table border="1"><thead><tr><th>Resistenze</th><th>SLE</th><th>R1</th><th>R2</th><th>R3</th><th>SISMA</th><th>R1</th><th>R2</th><th>R3</th><th>SISMA</th></tr></thead><tbody><tr><td>Capacità portante</td><td>3</td><td>1</td><td>1.8</td><td>2.3</td><td>2.3</td><td>1</td><td>1.4</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>Scorrimento</td><td>1.5</td><td>1.5</td><td>1</td><td>1.1</td><td>1.1</td><td>1</td><td>1.1</td><td>1</td><td>1</td></tr></tbody></table>										Resistenze	SLE	R1	R2	R3	SISMA	R1	R2	R3	SISMA	Capacità portante	3	1	1.8	2.3	2.3	1	1.4	1	1	Scorrimento	1.5	1.5	1	1.1	1.1	1	1.1	1	1										
Resistenze	SLE	R1	R2	R3	SISMA	R1	R2	R3	SISMA																																								
Capacità portante	3	1	1.8	2.3	2.3	1	1.4	1	1																																								
Scorrimento	1.5	1.5	1	1.1	1.1	1	1.1	1	1																																								
CARICHI DI PROGETTO																																																	
INSERIMENTO CARICHI (1) CARICHI CARATTERISTICI (2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO		2		CARICHI CARATTERISTICI		CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd) INSERIRE CARICHI!!!																																											
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN] p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN] N_d [kN] F_{y_d} [kN] M_{x_d} [kNm] F_{x_d} [kN] M_{y_d} [kNm]		98 98 713 0 0 0 0 0		<table border="1"><thead><tr><th>Gk</th><th>Qk</th></tr></thead><tbody><tr><td>N [kN]</td><td>0</td></tr><tr><td>Fy [kN]</td><td>0</td></tr><tr><td>Mx [kNm]</td><td>0</td></tr><tr><td>Fx [kN]</td><td>0</td></tr><tr><td>My [kNm]</td><td>0</td></tr></tbody></table>		Gk	Qk	N [kN]	0	Fy [kN]	0	Mx [kNm]	0	Fx [kN]	0	My [kNm]	0	<table border="1"><thead><tr><th>Gd + Qd</th></tr></thead><tbody><tr><td>N [kN]</td><td>713</td></tr><tr><td>Fy [kN]</td><td>0</td></tr><tr><td>Mx [kNm]</td><td>0</td></tr><tr><td>Fx [kN]</td><td>0</td></tr><tr><td>My [kNm]</td><td>0</td></tr></tbody></table>				Gd + Qd	N [kN]	713	Fy [kN]	0	Mx [kNm]	0	Fx [kN]	0	My [kNm]	0																	
Gk	Qk																																																
N [kN]	0																																																
Fy [kN]	0																																																
Mx [kNm]	0																																																
Fx [kN]	0																																																
My [kNm]	0																																																
Gd + Qd																																																	
N [kN]	713																																																
Fy [kN]	0																																																
Mx [kNm]	0																																																
Fx [kN]	0																																																
My [kNm]	0																																																
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE N_{tot} [kN] $F_{y_{tot}}$ [kN] $M_{x_{tot}}$ [kNm] $F_{x_{tot}}$ [kN] $M_{y_{tot}}$ [kNm] $ex = Mx / N_{tot}$ (lungo lato B) $ey = My / N_{tot}$ (lungo lato L) REAGENTE REAGENTE		811 0 0 0 0 0.00 0.25 0.00 0.87																																															
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE																																																	
PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI $\phi_{k_{eq}}$ (angolo di attrito) [°] $c'_{k_{eq}}$ (coesione apparente) [kPa] $C_{u_{k_{eq}}}$ (coesione non drenata) [kPa]		27 5 0		TIPO DI FONDAZIONE TIPO DI VERIFICA CALCOLO DI N_f FATTORI CORRETTIVI DIREZIONE DI CALCOLO FATTORI SISMICI PUNZONAMENTO I_r (indice di rigidità) I_{cr} (indice critico)		2 1 2 2 1 1 1 243 88 ⇒ Fattori di punzonamento = 1																																											
PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO ϕ_d (angolo di attrito) [°] c'_d (coesione apparente) [kPa] C_{u_d} (coesione non drenata) [kPa]		27 5 0		FORMULA GENERALE: $q_{ult} = c N_{c_i} i_{d_i} b_i g_{c_i} z_{c_i} \Psi_{c_i} + q N_{q_i} i_{q_i} d_i b_i g_{q_i} z_{q_i} \Psi_{q_i} + \frac{1}{2} B \gamma N_{\gamma_i} i_{\gamma_i} d_i b_i g_{\gamma_i} z_{\gamma_i} \Psi_{\gamma_i}$																																													
FATTORI CAPACITA' PORTANTE N_c PRANDTL (1921) N_q PRANDTL (1921) N_γ		23.96 13.21 9.34		FATTORI CORRETTIVI Fattori di forma Fattori inclinazione carico Fattori di approfondimento Fattori inclinazione fondazione Fattori inclinazione p.c. Fattori sismici Fattori di punzonamento		BRINCH - HANSEN BRINCH - HANSEN BRINCH - HANSEN BRINCH - HANSEN BRINCH - HANSEN PAOLUCCI E PECKER VESIC ⇒ Sc 1.00 Ic 1.00 Dc 1.13 Bc 1.00 Gc 1.00 Zc 1.00 Yc 1.00 Sq 1.15 Iq 1.00 Dq 1.19 Bq 1.00 Gq 1.00 Zq 1.00 Yq 1.00 Sy 0.88 Iy 1.00 Dy 1.00 By 1.00 Gy 1.00 Zy 1.00 Yy 1.00																																											
(A) Componente per coesione - N_c [kPa] (B) Componente per sovracc. - N_q [kPa] (C) Componente per attrito - N_γ [kPa]		136 153 112		$q_{ult} (A+B+C)$ $q_d (q_{ult}/FS)$ $Q_d (q_{ult} \times B' \times L')$ $Q_d (Q_{ult}/FS)$		400 kPa 133 kPa 3'121 kN 1'040 kN																																											
$q_d (q_{ult}/FS)$		= 133 kPa		> $q_{max} = 104 kPa$		VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA																																											
$\tau_d (\tau_{ult}/FS)$		= 35 kPa		> $\tau_{max} = 0 kPa$		VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA																																											

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE (D.M. 14/01/2008)									
PROGETTO		Cecchignola			(5) SISMA				
LIVELLO DI PROGETTAZIONE		Progetto esecutivo							
J.N.		1014							
DATA		20.01.2015							
DESCRIZIONE		Travi parcheggio							
NORMATIVA		(1) D.M. 14/01/2008							
COMBINAZIONE		(5) SISMA			OK				
COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO									
NORMATIVA DI RIFERIMENTO		1			<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div> D.M.14/01/2008 (1) SLE - RARA (2) A1+M1+R1 (3) A2+M2+R2 (4) A1+M1+R3 (5) SISMA </div> <div> EC7 (11) A1+M1+R1 (12) A2+M2+R1 (13) A1+M1+R2 (14) A1+M2+R3 (15) SISMA </div> </div>				
(1) D.M. 14/01/2008									
(2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)									
COMBINAZIONE		5							
Metodo TA D.M.11/03/1988					Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2				
Approccio 1 comb. 1					Approccio 1 comb. 1 Approccio 1 comb. 2 Approccio 2 Approccio 3				
Approccio 1 comb. 2									
Approccio 2									
Approccio 3									
D.M.14/01/2008									
Tipo di carico	SLE	A1	A2	SISMA	EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)				
Pesi propri	1	1.3	1	1	A1	A2	SISMA		
Permanenti strutturali	1	1.3	1	1	1	1	1	1	1
Permanenti non strutturali	1	1.5	1.3	1	1	1.35	1	1	1
Variabili	1	1.5	1.3	1	1	1.5	1.3	1	1
Parametri terreno									
tan φ (angolo di attrito)	1	1	1.25	1	M1	M2	SISMA		
c' (coesione apparente)	1	1	1.25	1	1	1.25	1	1.25	1.25
Cu (resistenza non drenata)	1	1	1.4	1	1	1.4	1	1.4	1.4
Resistenze									
Capacità portante	2.3	3	1.8	2.3	R1	R2	R3	SISMA	
Scorrimento	1.1	1.5	1	1.1	1	1.4	1	1	1
CARICHI DI PROGETTO									
INSERIMENTO CARICHI		2							
(1) CARICHI CARATTERISTICI									
(2) CARICHI COMBINATI DI PROGETTO									
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>p.p.fond. + p.p.ter. (k) [kN] 98</p> <p>p.p.fond. + p.p.ter. (d) [kN] 98</p> <p>N_d [kN] 927</p> <p>F_{y2} [kN] 0</p> <p>M_{x2} [kNm] 0</p> <p>F_{x2} [kN] 0</p> <p>M_{y2} [kNm] 0</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE</p> <p>N_{tot} [kN] 1'025</p> <p>F_{y tot} [kN] 0</p> <p>M_{x tot} [kNm] 0</p> <p>F_{x tot} [kN] 0</p> <p>M_{y tot} [kNm] 0</p> <p>ex = M_x / N_{tot} (lungo lato B) 0.00</p> <p>REAGENTE ey = M_y / N_{tot} (lungo lato L) 0.25</p> <p>REAGENTE 0.87</p> </div> </div>							
CARICHI CARATTERISTICI		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div> <p>1</p> <p>N [kN] 0</p> <p>F_y [kN] 0</p> <p>M_x [kNm] 0</p> <p>F_x [kN] 0</p> <p>M_y [kNm] 0</p> </div> <div> <p>G_k 0</p> <p>Q_k 0</p> </div> </div>							
CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd)		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div> <p>2</p> <p>N [kN] 927</p> <p>F_y [kN] 0</p> <p>M_x [kNm] 0</p> <p>F_x [kN] 0</p> <p>M_y [kNm] 0</p> </div> <div> <p>G_d + Q_d 927</p> </div> </div>							
TENSIONE VERT. LUNGO LATO "B"									
TENSIONE VERT. LUNGO LATO "L"									
VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE									
PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI		2 T 1 DRENATA 2 BRINCH - HANSEN 2 BRINCH - HANSEN 1 B 1 SI							
φ _{res} (angolo di attrito) [°] 27		TIPO DI FONDAZIONE							
c' _{res} (coesione apparente) [kPa] 5		TIPO DI VERIFICA							
C _{u, res} (coesione non drenata) [kPa] 0		CALCOLO DI N _y							
PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO		FATTORI CORRETTIVI							
φ _d (angolo di attrito) [°] 27		DIREZIONE DI CALCOLO							
c' _d (coesione apparente) [kPa] 5		FATTORI SISMICI							
C _{u, d} (coesione non drenata) [kPa] 0		PUNZONAMENTO							
FATTORI CAPACITA' PORTANTE		I _r (indice di rigidità) 243 ⇒ Fattori di punzonamento = 1							
N _c PRANDTL (1921) 23.96		FORMULA GENERALE:							
N _q PRANDTL (1921) 13.21		$q_{ult} = c N_{sc} i_c d_c b_c g_c z_c \Psi_c + q N_{sq} i_q d_q b_q g_q z_q \Psi_q + \frac{1}{2} B \gamma N_{s\gamma} i_\gamma d_\gamma b_\gamma g_\gamma z_\gamma \Psi_\gamma$							
N _γ 9.34									
FATTORI CORRETTIVI		Fattori di forma ⇒ Sc 1.00 Sq 1.15 Sy 0.88 Fattori inclinazione carico ⇒ Ic 1.00 Iq 1.00 Iy 1.00 Fattori di approfondimento ⇒ Dc 1.13 Dq 1.19 Dy 1.00 Fattori inclinazione fondazione ⇒ Bc 1.00 Bq 1.00 By 1.00 Fattori inclinazione p.c. ⇒ Gc 1.00 Gq 1.00 Gy 1.00 Fattori sismici ⇒ Zc 0.93 Zq 0.82 Zy 0.82 Fattori di punzonamento ⇒ Vc 1.00 Vq 1.00 Vy 1.00							
(A) Componente per coesione - N _c [kPa] 126		q _{ult} (A+B+C) 342 kPa q _d (q _{ult} /FS) 149 kPa Q _{ult} (q _{ult} x B' x L') 2'664 kN Q _d (Q _{ult} /FS) 1'158 kN							
(B) Componente per sovracc. - N _q [kPa] 125									
(C) Componente per attrito - N _γ [kPa] 91									
q_d (q_{ult}/FS)		= 149 kPa		> q _{imax} = 131 kPa		VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA			
τ_d (τ_{ult}/FS)		= 61 kPa		> τ _{imax} = 0 kPa		VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA			

25.2. Calcolo cedimenti (SLE)

Al fine di verificare la compatibilità dei cedimenti con i requisiti prestazionali della struttura in elevazione si è implementato un modello di calcolo con il software Groupile. Di seguito si riportano i parametri utilizzati e i risultati di calcolo.

Layer	Soil Type	Depth for Top of Soil Layer (m)	Depth for Bottom of Soil Layer (m)	Properties of Layer
1	Sand (Reese)	0	7	1: Sand (Reese, et al.)
2	Sand (Reese)	7	14	2: Sand (Reese, et al.)
3	Sand (Reese)	14	35	3: Sand (Reese, et al.)

Add Row Insert Row Delete Row

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m ³)	Friction Angle (DEG.)	p-y Modulus, k (kN/m ³)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m ²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m ²)
1	17	22	1100	0	0
2	17	22	1100	0	0

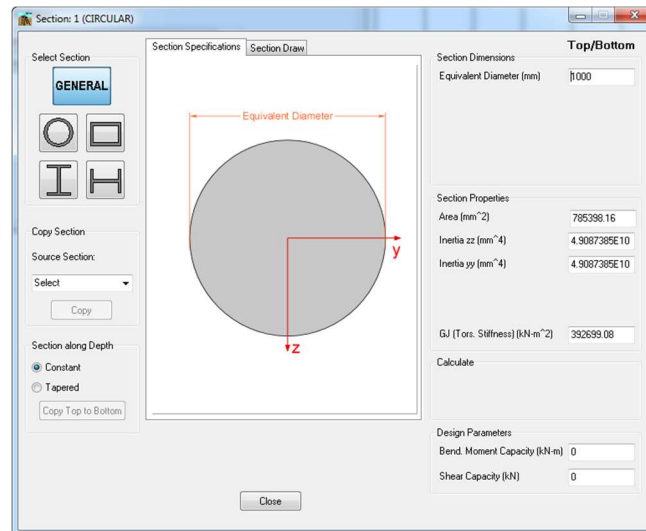
A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.
p-y Modulus, k:
- Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate value for p-y Modulus, k, if zero input value is entered.
Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:
- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m ³)	Friction Angle (DEG.)	p-y Modulus, k (kN/m ³)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m ²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m ²)
1	18	32	5000	0	0
2	18	32	5000	0	0

A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.
p-y Modulus, k:
- Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate value for p-y Modulus, k, if zero input value is entered.
Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:
- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.

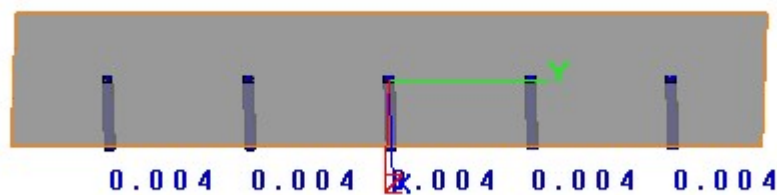
1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight (kN/m ³)	Friction Angle (DEG.)	p-y Modulus, k (kN/m ³)	Ultimate Unit Side Friction (kN/m ²)	Ultimate Unit Tip Resistance (kN/m ²)
1	18	35	18000	0	0
2	18	35	18000	0	0

A linear interpolation with depth will be used to compute values between the top and bottom of the layer.
p-y Modulus, k:
- Always check recommended value in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate value for p-y Modulus, k, if zero input value is entered.
Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance:
- The program uses Ultimate Unit Side Friction to generate t-z curves.
- The program uses Ultimate Unit Tip Resistance to generate q-w curves.
- Always check recommended values in Geotechnical Investigation Reports.
- Program will help to estimate values for Ultimate Unit Side Friction and Ultimate Unit Tip Resistance if zero input values are entered.



Dalle analisi effettuate, considerando i carichi in combinazione SLE (rara), si ottiene un cedimento verticale di circa **4 mm**.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti.



26. VERIFICA DELLE COLONNE JET

Il D.M. 14/01/2008, nel caso in cui la capacità portante sia unicamente garantita dalla platea di fondazione non richiede le verifiche agli SLU degli elementi di consolidamento.

Data l'importanza dell'opera si riportano per completezza anche le verifiche di portanza delle colonne assumendo un coefficiente di sicurezza pari a 2.

Le verifiche sono condotte supponendo che tutto il carico verticale sia sopportato dalle colonne come nel caso di fondazioni profonde.

Il calcolo è eseguito secondo quanto riportato nelle "Raccomandazioni sui pali di fondazione" della Commissione dell'Associazione Geotecnica Italiana (A.G.I.), edizione del dicembre 1984.

L'espressione generica utilizzata per il calcolo della portanza di una colonna soggetta a carico verticale è la seguente:

$$Q_{tot} = Q_l + Q_p = \sum_{i=1}^n A_{li} \cdot q_{li} + A_p \cdot q_p$$

dove:

- Q_l : portata limite laterale;
- Q_p : portata limite di punta;
- A_{li} : area laterale del concio i-esimo;
- q_{li} : portata limite laterale unitaria;
- q_p : portata limite di punta unitaria;

Portata laterale unitaria

$$q_{li} = \alpha \cdot C + \tan \mu \cdot k \cdot \sigma_v$$

dove:

- α : coefficiente di adesione, funzione della tecnica esecutiva del palo, del materiale costituente il palo e della coesione non drenata (c_u);
- C : coesione;
- μ : angolo d'attrito palo-terreno, funzione della tecnica esecutiva del palo, del materiale costituente il palo e dell'angolo d'attrito del terreno;

- k : coefficiente di spinta, funzione della tecnica esecutiva del palo, del materiale costituente il palo e, per terreni incoerenti, dello stato di addensamento del terreno;
- σ_v : tensione litostatica media dello strato in esame.

Per terreni incoerenti si assume:

- $C = 0$;
- k e μ forniti dalla seguente tabella (Tab. 4.1 delle Raccomandazioni A.G.I.):

Tipo di palo		Valori di k	Valori di μ
BATTUTO	Acciaio	0.5 ÷ 1	tg 20°
	Calcestruzzo prefabbricato	1 ÷ 2	tg (3/4 φ')
	Calcestruzzo gettato in opera	1 ÷ 3	tg φ'
TRIVELLATO		0.4 ÷ 0.7 (*)	tg φ'

(*) Decrescente con la profondità.

- σ_v : valore medio della tensione litostatica efficace dello strato in esame.

Per le verifiche a breve termine in terreni coesivi si assume:

- α fornito dalla seguente tabella (Tab. 4.3 delle Raccomandazioni A.G.I.):

Materiale		c_u (kPa)	q_a	$q_{a\max}$ (kPa)
PALI INFLESSI	CLS	≤ 25	c_u	120
		25 ÷ 50	0.85 c_u	
		50 ÷ 75	0.65 c_u	
		≥ 75	0.50 c_u	
PALI INFLESSI	ACCIAIO	≤ 25	c_u	100
		25 ÷ 50	0.80 c_u	
		50 ÷ 75	0.65 c_u	
		> 75	0.50 c_u	
TRIVELLATI	CLS	≤ 25	0.90 c_u	100
		25 ÷ 50	0.80 c_u	
		50 ÷ 75	0.60 c_u	
		≥ 75	0.40 c_u	

- $C = c_u$: coesione non drenata;
- $\mu = 0$.

Portata di punta unitaria

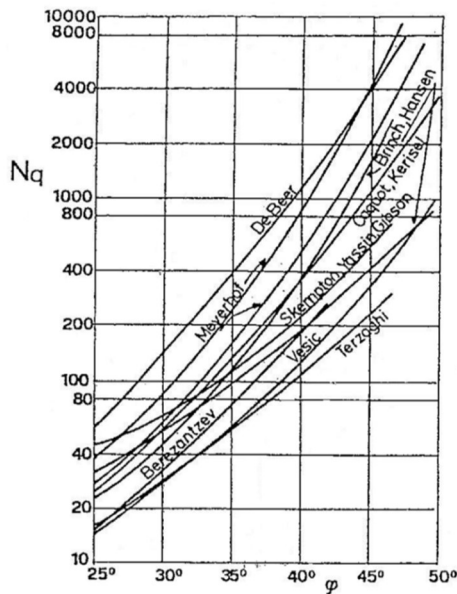
$$q_p = N_c \cdot C + N_q \cdot \sigma_{vL}$$

dove:

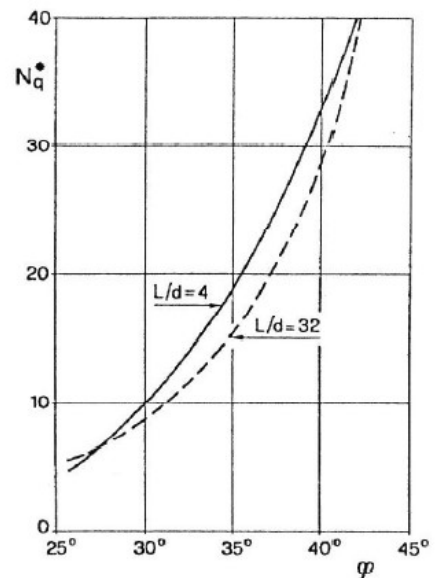
- A_p : area di base del palo;
- N_c e N_q : fattori di portanza funzioni dell'angolo d'attrito e del rapporto tra la lunghezza ed il diametro del palo (L/D);
- C : coesione;
- σ_{vL} : tensione verticale alla base del palo.

Per i terreni incoerenti si assume:

- $N_c = 0$;
- N_q : fornito dalle seguenti tabelle:



Valori del coefficiente N_q per pali infissi di medio diametro.



Valori del coefficiente N_q per pali di grande diametro.

- σ'_{vL} : tensione litostatica efficace alla base del palo.

Per le verifiche a breve termine in terreni coesivi si assume:

- $N_c = 9$;
- $N_q = 1$;
- σ_{vf} : tensione litostatica totale alla base del palo.

Per le verifiche a lungo termine in condizioni drenate in terreni coesivi si assumono gli stessi parametri adottati per i terreni incoerenti.

Di seguito si riportano le verifiche di portanza verticale delle colonne

PALI DI FONDAZIONE: CALCOLO CAPACITA' PORTANTE VERTICALE AI SENSI DEL D.M. 14.01.2008

1014 - Cecchignola

Colonne di consolidamento jet-grouting
Moduli A-B-C-D

Caratterisitche palo	
Tipo palo	PALO TRIVELLATO - 2
Diametro Palo [m]	1
Lunghezza Palo	11.000
Area base [m ²]	0.785
Carico Q a p.c. [kN/m ²]	0.0

N. tot.	1	2	3	4	5	7	≥10	SLE	
ζ_3	1	1.7	1.65	1.6	1.55	1.5	1.45	1.4	1
ζ_4	1	1.7	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1

Coefficients parziali per le azioni (A)				
Carichi	A1	A2	SISMA	SLE
Permanenti	1.3	1	1	1
Variabili	1.5	1.3	1	1

Coefficienti parziali su parametri caratteristici del terreno (M)				
Parametri	M1	M2	SISMA	SLE
Tangente dell'angolo di attrito (ϕ)	1	1.25	1	1
Coesione efficace (c')	1	1.25	1	1
Resistenza al taglio non drenata (C_u)	1	1.4	1	1
Peso dell'unità di volume (γ)	1	1	1	1

Coefficienti parziali γ_R su resistenze caratteristiche (R)														
					PALI INFISSI			PALI TRIVELLATI			PALI AD ELICA			
Resistenza		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	SLE
Punta	γ_b	1	1.7	1.35	1	1.45	1.15	1	1.7	1.35	1	1.6	1.3	2
Laterale (compressione)	γ_s	1	1.45	1.15	1	1.45	1.15	1	1.45	1.15	1	1.45	1.15	2
Totale (compressione)	γ_t	1	1.6	1.3	1	1.45	1.15	1	1.6	1.3	1	1.55	1.25	2
Laterale in trazione	γ_{et}	1	1.6	1.25	1	1.6	1.25	1	1.6	1.25	1	1.6	1.25	2

Resistenza a Compressione (Tabella riassuntiva)								
Calcolo Peso Palo								
Wp,k	160	(kN)			Valore Medio	Valore Minimo	Valore Medio ^{C3}	Valore Medio ^{C4}
Wp,kx1.3	208	(kN)			kN	kN	kN	Rd
					kN	kN	kN	Wp
								Rd,c - Wp
								kN
SLE			SLE	1201	1201	1201	1201	1201
							160	1041

Resistenza a Trazione (Tabella riassuntiva)							
Calcolo Peso Pato							
	160	(kN)		Valore Medio	Valore Minimo	Valore Medio/3	Valore Medio/4
Wp,k	160	(kN)		kN	kN	kN	kN
Wp,k x 1	160	(kN)		kN	kN	kN	kN
SLE	SLE			451	451	451	451
							291

							PARAMETRI DRENATI							PARAMETRI NON DRENATI			Clim. LATERALE		Clim. PUNTA								
N. STRATO	TIPO TERRENO	QUOTA FALDA (c ₀)	γ Terreno [kN/m³]	Prof. Tetto [m]	Prof. Base [m]	D [m]	φ	c' [kPa]	α (c')	k	μ	tan (μφ)	N _q	Cu [kPa]	α (Cu)	N _c	Clim. Lat. Parametri drenati [kPa]	Clim. Lat. Parametri non drenati [kPa]	Clim. punta Parametri drenati [kPa]	Clim. punta Parametri non drenati [kPa]							
0	GRANULARE	20.0	17.0	0.00	7.00	1.00	22		0.63	1.0	0.40						330	330	0	0							
1	GRANULARE	20.0	18.0	7.00	11.00	1.00	32		0.47	1.0	0.62						572	572	0	0							
2	GRANULARE	20.0	18.0	11.00	11.00	1.00	32		0.47	1.0	0.62						0	0	0	0							
3	GRANULARE	20.0	18.0	11.00	11.00	1.00	32		0.47	1.0	0.62						0	0	0	0							
4	GRANULARE	20.0	18.0	11.00	11.00	1.00	32		0.47	1.0	0.62						0	0	0	0							
5	GRANULARE	20.0	18.0	11.00	11.00	1.00	32		0.47	1.0	0.62						0	0	0	0							
6	GRANULARE	20.0	18.0	11.00	11.00	1.00	32		0.47	1.0	0.62						0	0	0	0							
7	GRANULARE	20.0	18.0	11.00	11.00	1.00	32		0.47	1.0	0.62						0	0	0	0							
8	GRANULARE	20.0	18.0	11.00	11.00	1.00	32		0.47	1.0	0.62						0	0	0	0							
9	GRANULARE	20.0	18.0	11.00	11.00	1.00	32		0.47	1.0	0.62						0	0	0	0							
10(Punta)	GRANULARE	20.0	18.0	11.00	11.00	1.00	32		0.47	1.0	0.62	10					0	0	1499	1499							
																	902		902		1499		1499				
							PARAMETRI DRENATI							PARAMETRI NON DRENATI													
							COMPRESSIONE							TRAZIONE													
							R _{ck} / R							R _{tk} / R													
SLE			SLE				1201			kN				451			kN										

1014 - Cecchignola
Colonne di consolidamento jet-grouting
Moduli E-F-G-H-R

Coefficienti parziali su parametri caratteristici del terreno (M)				
Parametri	M1	M2	SISMA	SLE
Tangente dell'angolo di attrito (ϕ)	1	1.25	1	1
Coesione efficace (c')	1	1.25	1	1
Resistenza al taglio non drenata (Cu)	1	1.4	1	1
Peso dell'unità di volume (γ)	1	1	1	1

Resistenza a Trazione (Tabella riassuntiva)							
Calcolo Peso Palo							
Wp,k	174	(kN)		Valore Medio kN	Valore Minimo kN	Valore Medio/ γ_3 kN	Valore Medio/ γ_{c4} kN
Wp,k x 1	174	(kN)		Rd	kN	Wp	Rd,t - Wp
				kN	kN		kN
SLE	SLE			543	543	543	543
						174	369

							PARAMETRI DRENATI							PARAMETRI NON DRENATI			Qlim. LATERALE		Qlim. PUNTA	
N. STRATO	TIPO TERRENO	QUOTA_FALDA (p-0)	γ Terreno [kN/m³]	Prof. Tetto [m]	Prof. Base [m]	D [m]	φ	c' [kPa]	α (c')	k	μ	tan (μφ)	Nq	Cu [kPa]	α (Cu)	Nc	Qlim. Lat. Parametri drenati [kPa]	Qlim. Lat. Parametri non drenati [kPa]	Qlim. punta Parametri drenati [kPa]	Qlim. punta Parametri non drenati [kPa]
0	GRANULARE	20.0	17.0	0.00	7.00	1.00	22			0.63	1.0	0.40					330	330	0	0
1	GRANULARE	20.0	18.0	7.00	12.00	1.00	32		0.47	1.0	0.62						756	756	0	0
2	GRANULARE	20.0	18.0	12.00	12.00	1.00	32		0.47	1.0	0.62						0	0	0	0
3	GRANULARE	20.0	18.0	12.00	12.00	1.00	32		0.47	1.0	0.62						0	0	0	0
4	GRANULARE	20.0	18.0	12.00	12.00	1.00	32		0.47	1.0	0.62						0	0	0	0
5	GRANULARE	20.0	18.0	12.00	12.00	1.00	32		0.47	1.0	0.62						0	0	0	0
6	GRANULARE	20.0	18.0	12.00	12.00	1.00	32		0.47	1.0	0.62						0	0	0	0
7	GRANULARE	20.0	18.0	12.00	12.00	1.00	32		0.47	1.0	0.62						0	0	0	0
8	GRANULARE	20.0	18.0	12.00	12.00	1.00	32		0.47	1.0	0.62						0	0	0	0
9	GRANULARE	20.0	18.0	12.00	12.00	1.00	32		0.47	1.0	0.62						0	0	0	0
10(Punta)	GRANULARE	20.0	18.0	12.00	12.00	1.00	32		0.47	1.0	0.62		10				0	0	1641	1641
							PARAMETRI DRENATI							PARAMETRI NON DRENATI						
							COMPRESSIONE			TRAZIONE				COMPRESSIONE			TRAZIONE			
							Rck / R			Rtk / R				Rck / R			Rtk / R			
							1364 kN			543 kN				1364 kN			543 kN			
SLE																				

1014 - Cecchignola
Colonne di consolidamento jet-grouting
Edifici M1-M4

Coefficienti parziali su parametri caratteristici del terreno (M)				
Parametri	M1	M2	SISMA	SLE
Tangente dell'angolo di attrito (ϕ)	1	1.25	1	1
Coesione efficace (c')	1	1.25	1	1
Resistenza al taglio non drenata (Cu)	1	1.4	1	1
Peso dell'unità di volume (γ)	1	1	1	1

Resistenza a Trazione (Tabella riassuntiva)							
Calcolo Peso Palo							
Wp,k	112	(kN)		Valore Medio kN	Valore Minimo kN	Valore Medio/ç3 kN	Valore Medio/ç4 kN
Wp,k x 1	112	(kN)		Rd	Wp		Rd,t - Wp
				kN	kN		kN
SLE		SLE		408	408	408	408
							297

							PARAMETRI DRENATI							PARAMETRI NON DRENATI			Qlim. LATERALE		Qlim. PUNTA	
N. STRATO	TIPO TERRENO	QUOTA_FALDA (pO)	γ Terreno [kN/m³]	Prof. Tetto [m]	Prof. Base [m]	D [m]	φ	c' [kPa]	α (c')	k	μ	tan (μφ)	Nq	Cu [kPa]	α (Cu)	Nc	Qlim. Lat. Parametri drenati [kPa]	Qlim. Lat. Parametri non drenati [kPa]	Qlim. punta Parametri drenati [kPa]	Qlim. punta Parametri non drenati [kPa]
0	GRANULARE	20.0	17.0	0.00	10.00	0.80	22			0.63	1.0	0.40					540	540	0	0
1	GRANULARE	20.0	18.0	10.00	12.00	0.80	32		0.47	1.0	0.62						277	277	0	0
2	GRANULARE	20.0	18.0	12.00	12.00	0.80	32		0.47	1.0	0.62					0	0	0	0	
3	GRANULARE	20.0	18.0	12.00	12.00	0.80	32		0.47	1.0	0.62					0	0	0	0	
4	GRANULARE	20.0	18.0	12.00	12.00	0.80	32		0.47	1.0	0.62					0	0	0	0	
5	GRANULARE	20.0	18.0	12.00	12.00	0.80	32		0.47	1.0	0.62					0	0	0	0	
6	GRANULARE	20.0	18.0	12.00	12.00	0.80	32		0.47	1.0	0.62					0	0	0	0	
7	GRANULARE	20.0	18.0	12.00	12.00	0.80	32		0.47	1.0	0.62					0	0	0	0	
8	GRANULARE	20.0	18.0	12.00	12.00	0.80	32		0.47	1.0	0.62					0	0	0	0	
9	GRANULARE	20.0	18.0	12.00	12.00	0.80	32		0.47	1.0	0.62					0	0	0	0	
10(Punta)	GRANULARE	20.0	18.0	12.00	12.00	0.80	32		0.47	1.0	0.62	10				0	0	1035	1035	
							PARAMETRI DRENATI							PARAMETRI NON DRENATI						
							COMPRESSIONE			TRAZIONE				COMPRESSIONE			TRAZIONE			
							Rck / R			Rtk / R				Rck / R			Rtk / R			
							926 kN			408 kN				926 kN			408 kN			
SLE																				

1014 - Cecchignola
Colonne di consolidamento jet-grouting
Edifici M2-M3

Coefficienti parziali su parametri caratteristici del terreno (M)				
Parametri	M1	M2	SISMA	SLE
Tangente dell'angolo di attrito (ϕ)	1	1.25	1	1
Coesione efficace (c')	1	1.25	1	1
Resistenza al taglio non drenata (C_u)	1	1.4	1	1
Peso dell'unità di volume (γ)	1	1	1	1

Resistenza a Trazione (Tabella riassuntiva)							
Calcolo Peso Palo							
Wp,k	130	(kN)		Valore Medio kN	Valore Minimo kN	Valore Medio/ϕ ₃ kN	Valore Medio/ϕ ₄ kN
Wp,k x 1	130	(kN)		Rd kN	Wp kN		Rd,t - Wp kN
SLE		SLE		574	574	574	574
							130
							444

							PARAMETRI DRENATI							PARAMETRI NON DRENATI			Qlim. LATERALE		Qlim. PUNTA	
N. STRATO	TIPO TERRENO	QUOTA FALDA (p-0)	γ Terreno [kN/m³]	Prof. Tetto [m]	Prof. Base [m]	D [m]	φ	c' [kPa]	α (c')	k	μ	tan (μφ)	Nq	Cu [kPa]	α (Cu)	Nc	Qlim. Lat. Parametri drenati [kPa]	Qlim. Lat. Parametri non drenati [kPa]	Qlim. punta Parametri drenati [kPa]	Qlim. punta Parametri non drenati [kPa]
0	GRANULARE	20.0	17.0	0.00	10.00	0.80	22			0.63	1.0	0.40					540	540	0	0
1	GRANULARE	20.0	18.0	10.00	14.00	0.80	32		0.47	1.0	0.62						608	608	0	0
2	GRANULARE	20.0	18.0	14.00	14.00	0.80	32		0.47	1.0	0.62						0	0	0	0
3	GRANULARE	20.0	18.0	14.00	14.00	0.80	32		0.47	1.0	0.62						0	0	0	0
4	GRANULARE	20.0	18.0	14.00	14.00	0.80	32		0.47	1.0	0.62						0	0	0	0
5	GRANULARE	20.0	18.0	14.00	14.00	0.80	32		0.47	1.0	0.62						0	0	0	0
6	GRANULARE	20.0	18.0	14.00	14.00	0.80	32		0.47	1.0	0.62						0	0	0	0
7	GRANULARE	20.0	18.0	14.00	14.00	0.80	32		0.47	1.0	0.62						0	0	0	0
8	GRANULARE	20.0	18.0	14.00	14.00	0.80	32		0.47	1.0	0.62						0	0	0	0
9	GRANULARE	20.0	18.0	14.00	14.00	0.80	32		0.47	1.0	0.62						0	0	0	0
10(Punta)	GRANULARE	20.0	18.0	14.00	14.00	0.80	32		0.47	1.0	0.62		10				0	0	1216	1216
																	1148	1148	1216	1216
							PARAMETRI DRENATI							PARAMETRI NON DRENATI						
							COMPRESSIONE				TRAZIONE			COMPRESSIONE				TRAZIONE		
							Rck / R				Rtk / R			Rck / R				Rtk / R		
SLE							1182 kN				574 kN			1182 kN				574 kN		
SLE							1182 kN				574 kN			1182 kN				574 kN		

PALI DI FONDAZIONE: CALCOLO CAPACITA' PORTANTE VERTICALE AI SENSI DEL D.M. 14.01.2008

1014 - Cecchignola
Colonne di consolidamento jet-grouting
Edificio S

Caratteristiche palo	
Tipo palo	PALO TRIVELLATO - 2
Diametro Palo [m]	0.8
Lunghezza Palo	10.000
Area base [m ²]	0.502
Carico Q a p.c. [kN/m ²]	0.0

Carichi	A1	A2	SISMA	SLE
Permanenti	1.3	1	1	1
Variabili	1.5	1.3	1	1

Coefficienti parziali in funzione del numero di verticali									
N. tot.	1	1	2	3	4	5	7	≥10	SLE
ζ ₃	1	1.7	1.65	1.6	1.55	1.5	1.45	1.4	1
ζ ₄	1	1.7	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1

Coefficienti parziali su parametri caratteristici del terreno (M)				
Parametri	M1	M2	SISMA	SLE
Tangente dell'angolo di attrito (φ)	1	1.25	1	1
Coesione efficace (c')	1	1.25	1	1
Resistenza al taglio non drenata (Cu)	1	1.4	1	1
Peso dell'unità di volume (γ)	1	1	1	1

Coefficienti parziali γ_R su resistenze caratteristiche (R)												
		PALI INFISSI			PALI TRIVELLATI			PALI AD ELICA				
Resistenza		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	SLE	
Punta	γ_b	1	1.7	1.35	1	1.45	1.15	1	1.7	1.35	2	
Laterale (compressione)	γ_s	1	1.45	1.15	1	1.45	1.15	1	1.45	1.15	2	
Totale (compressione)	γ_i	1	1.6	1.3	1	1.45	1.15	1	1.6	1.3	2	
Laterale in trazione	γ_{st}	1	1.6	1.25	1	1.6	1.25	1	1.6	1.25	2	

Resistenza a Compressione (Tabella riassuntiva)										
Calcolo Peso Palo										
Wp,k	93	(kN)		Valore Medio	Valore Minimo	Valore Medio/ζ ₃	Valore Medio/ζ ₄	Rd	Wp	Rd,c - Wp
Wp,kx1.3	121	(kN)		kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
SLE			SLE	728	728	728	728	728	93	635

Resistenza a Trazione (Tabella riassuntiva)										
Calcolo Peso Palo										
Wp,k	93	(kN)		Valore Medio	Valore Minimo	Valore Medio/ζ ₃	Valore Medio/ζ ₄	Rd	Wp	Rd,t - Wp
Wp,k x 1	93	(kN)		kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
SLE			SLE	294	294	294	294	294	93	201

							PARAMETRI DRENATI							PARAMETRI NON DRENATI			Qlim. LATERALE		Qlim. PUNTA	
N. STRATO	TIPO TERRENO	QUOTA FALDA (p0)	γ Terreno [kN/m³]	Prof. Tetto [m]	Prof. Base [m]	D [m]	φ	c' [kPa]	α (c')	k	μ	tan (μ#)	Nq	Cu [kPa]	α (Cu)	Nc	Qlim. Lat. Parametri drenati [kPa]	Qlim. Lat. Parametri non drenati [kPa]	Qlim. punta Parametri drenati [kPa]	Qlim. punta Parametri non drenati [kPa]
0	GRANULARE	20.0	17.0	0.00	7.00	0.80	22			0.63	1.0	0.40					264	264	0	0
1	GRANULARE	20.0	18.0	7.00	10.00	0.80	32			0.47	1.0	0.62					323	323	0	0
2	GRANULARE	20.0	18.0	10.00	10.00	0.80	32			0.47	1.0	0.62					0	0	0	0
3	GRANULARE	20.0	18.0	10.00	10.00	0.80	32			0.47	1.0	0.62					0	0	0	0
4	GRANULARE	20.0	18.0	10.00	10.00	0.80	32			0.47	1.0	0.62					0	0	0	0
5	GRANULARE	20.0	18.0	10.00	10.00	0.80	32			0.47	1.0	0.62					0	0	0	0
6	GRANULARE	20.0	18.0	10.00	10.00	0.80	32			0.47	1.0	0.62					0	0	0	0
7	GRANULARE	20.0	18.0	10.00	10.00	0.80	32			0.47	1.0	0.62					0	0	0	0
8	GRANULARE	20.0	18.0	10.00	10.00	0.80	32			0.47	1.0	0.62					0	0	0	0
9	GRANULARE	20.0	18.0	10.00	10.00	0.80	32			0.47	1.0	0.62					0	0	0	0
10(Punta)	GRANULARE	20.0	18.0	10.00	10.00	0.80	32			0.47	1.0	0.62	10				0	0	869	869
																	588	588	869	869
PARAMETRI DRENATI																				
COMPRESSIONE							TRAZIONE							PARAMETRI NON DRENATI						
Rck / R							Rtk / R							COMPRESSIONE						
728 kN							294 kN							Rck / R						
														TRAZIONE						
														Rtk / R						
														728 kN						
														294 kN						

La seguente tabella riporta in sintesi, per ogni tipologia di colonna, il carico massimo agente agli SLE e la resistenza ammissibile calcolata con coefficiente di sicurezza pari a 2.

Modulo	Diametro (mm)	Lunghezza (m)	Carico massimo agente SLE (kN)	Resistenza ammissibile SLE (kN)
A-B-C-D	1000	11	828	1041
E-F-G-H-R	1000	12	1050	1189
M1-M4	800	12	406	814
M2-M3	800	14	695	1052
S	800	10	461	635

Dalla tabella si evince che i valori di portanza sono superiori a quelli agenti.

27. STIMA DEI CEDIMENTI DEL RILEVATO DI PRECARICA

Il cedimento verticale del rilevato di precarica viene stimato con la seguente formula:

$$W = \sum_{i=1}^n \Delta H_i \cdot \frac{\Delta \sigma_{z,i}}{E_i}$$

dove:

- ΔH_i = spessore dello strato
- $\Delta \sigma_{z,i}$ = incremento tensionale
- n = numero degli strati
- E_i = Modulo di Young.

Considerando i parametri deformativi medi riportati nella tabella seguente, si ottiene un cedimento complessivo di circa 9.4 cm di cui: Formazione "I" 7.3 cm, Formazione "II" 1.2 cm, Formazione "III" 0.9 cm.

N. Strato	Da (m)	A (m)	Descrizione Strato	γ_k [kN/m ³]	ϕ_k [°]	c'_k [kPa]	E_k operativo [kPa]
I	0	-7	Pozzolane costituite da sabbie sciolte in matrice limosa rimaneggiate	17-18	22/32	0/8	4000/10000
II	-7	-14	Pozzolane costituite da sabbie in matrice limosa con presenza di livelli di sabbia/limo argilloso	18	32/35	0/8	15000-50000
III	-14	-35	Pozzolane costituite da sabbie grossolane con intercalazioni di tufo e lava litoide	18	35/40	-	50000-80000

Considerando i parametri deformativi medi riportati nella tabella seguente relativa ai moduli "M", si ottiene un cedimento complessivo di circa 11.5 cm di cui: Formazione "I" 10 cm, Formazione "II" 0.6 cm, Formazione "III" 0.9 cm.

N. Strato	Da (m)	A (m)	Descrizione Strato	γ_k [kN/m ³]	ϕ_k [°]	c'_k [kPa]	E_k operativo [kPa]
I	0	-10	Pozzolane costituite da sabbie sciolte in matrice limosa rimaneggiate	17-18	22/32	0/8	4000/10000
II	-10	-14	Pozzolane costituite da sabbie in matrice limosa con presenza di livelli di sabbia/limo argilloso	18	32/35	0/8	15000-50000
III	-14	-35	Pozzolane costituite da sabbie grossolane con intercalazioni di tufo e lava litoide	18	35/40	-	50000-80000

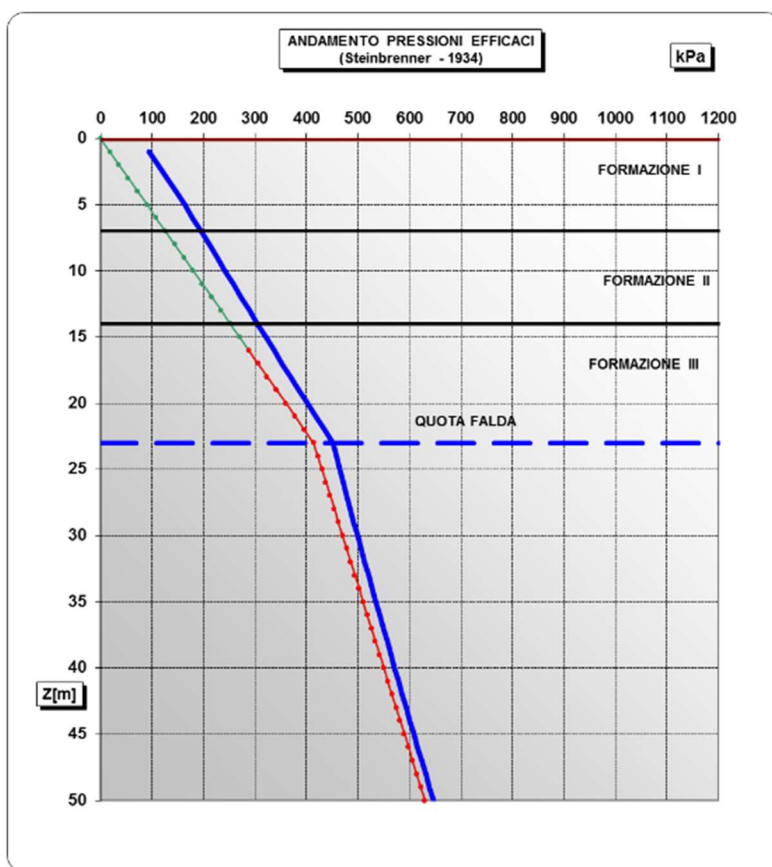


Figura 41 Andamento delle pressioni efficaci e dell'incremento tensionale verticale.

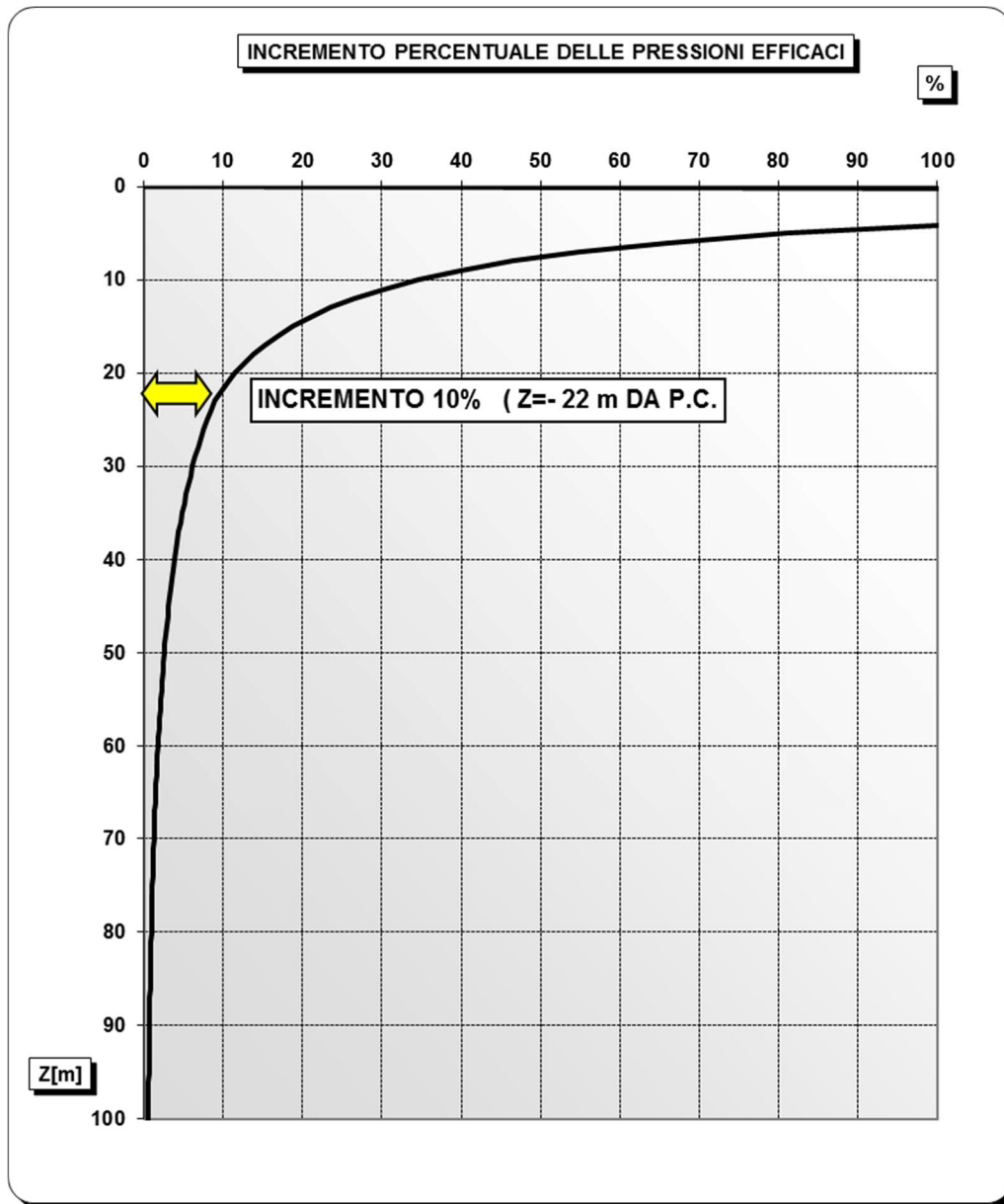


Figura 42 Incremento di carico in percentuale diagrammato in funzione della profondità

28. STIMA DEI TEMPI DI CONSOLIDAMENTO DEL RILEVATO

Si calcolano i tempi di consolidamento del rilevato di precarica mediante la teoria di Terzaghi.

$$Tv = (Cv \times t) / H^2$$

dove:

- Tv = fattore tempo adimensionale
- Cv = coefficiente di consolidazione
- t = tempo corrispondente al grado di consolidazione U ($U\% = f(Tv)$)
- H = percorso idraulico ($H_{tot}/2$).

Assumendo i seguenti valori:

- $H=7$ m (pari alla metà dello strato di terreno superficiale costituito da sabbie in matrice limosa con presenza di livelli di sabbia/limo argilloso)
- $Cv = k/(\gamma_w \times m_v) = (1E-8)/[(10 \times (1/4000))] = 4E-6$ m²/sec

si determina un tempo necessario per la consolidazione (95%) pari a 160 giorni.

TABELLA 3.1 Coefficiente di permeabilità k per vari terreni

k (m/s)	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
Drenaggio	Buono						Povero			Praticamente impermeabile		
	Ghiaia pulita		Sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita			Sabbia fine, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati			Terreni impermeabili, argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici			
						Terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo						

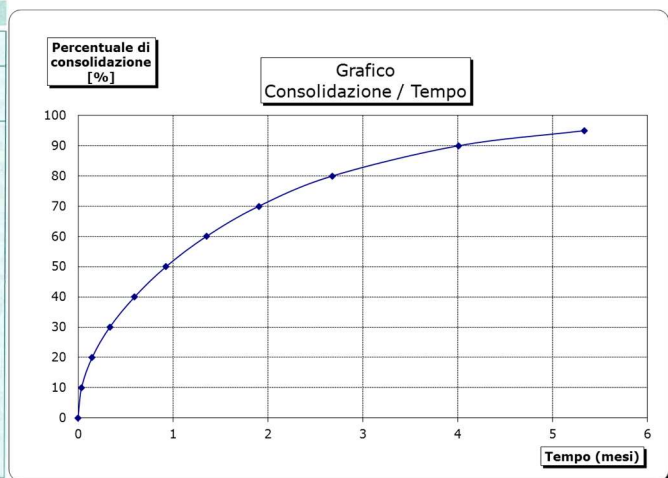


Figura 43 Grafico percentuale di consolidazione / Tempo

Alla luce dei risultati il rilevato di precarica dovrà essere mantenuto per almeno **5-6 mesi**.

29. MONITORAGGIO CEDIMENTI RILEVATO

Il rilevato di precarica dovrà essere mantenuto fino all'esaurimento dei cedimenti verticali e comunque per almeno 6 mesi.

Alfine di verificare il decorso dei cedimenti nel tempo si prescrive l'installazione di assestimetri a piastra (vedi elaborati specifici di progetto CMC_EH_3003) e il monitoraggio topografico della sommità del rilevato con scadenze settimanali.

Di seguito si riporta uno schema di installazione degli assestimetri.

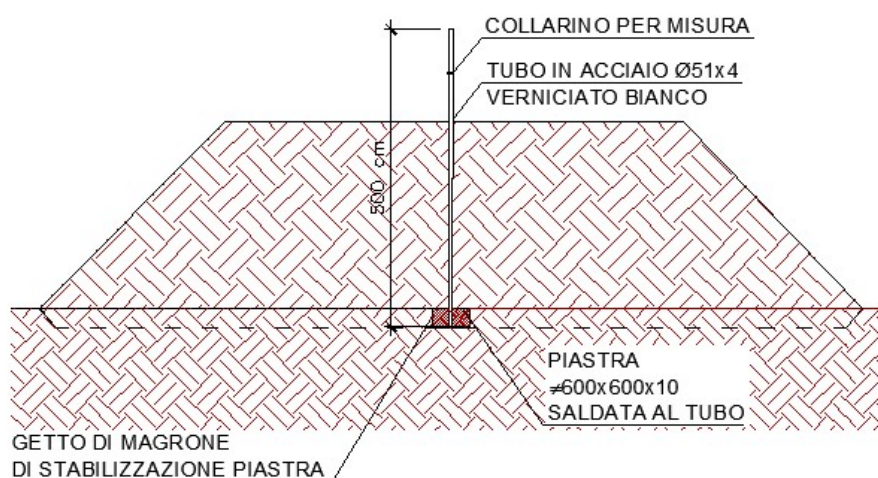


Figura 44 Schema installazione assestimetri.

30. VERIFICHE STABILITÀ SCARPATE LAGHETTO

30.1. Programmi di calcolo utilizzati

Le elaborazioni mediante calcolatore sono state eseguite con l'ausilio del programma SLIDE versione 5.044 (2D limit equilibrium slope stability for soil and rock slopes) prodotto dalla Rocscience Inc., 31 Balsam Ave., Toronto, Ontario, M4E 1B2 Canada (www.rocscience.com). Concesso in licenza d'uso a Favero e Milan Ingegneria Spa. Licenza: HD66GH7AF568HGF2H.

Il programma viene usato in forza di regolare licenza d'uso ed è testato periodicamente mediante procedure di controllo codificate, tali da verificare l'attendibilità delle applicazioni e dei risultati ottenuti.

Grazie alla raffinatezza dei modelli di calcolo è possibile analizzare il comportamento di tutti gli elementi compositivi delle stesse, considerando l'effettivo contributo alla rigidità complessiva del sistema fornito da ciascun componente elementare. I criteri di modellazione prevedono la riproduzione fedele delle strutture così come sono state progettate e si prescrive siano realizzate.

Slide è un programma per l'analisi di stabilità dei pendii in terra con i metodi dell'Equilibrio Limite. Consente di analizzare sia superfici di rottura circolari che di forma generica, in presenza di falda, sisma e terreno pluristratificato. Il software prevede anche l'inserimento di opere d'intervento come muri, tiranti, pali, terre rinforzate e sistemazioni a gradoni. Si compone di una finestra di lavoro, dimensionabile secondo le proprie esigenze, all'interno della quale viene visualizzato il pendio nelle varie fasi di calcolo. Le caratteristiche geometriche del pendio, gli elementi ad esso connessi (sovraccarichi, opere di sostegno, sollecitazioni sismiche) e i parametri geotecnici del terreno possono essere inseriti e modificati all'interno dell'area di lavoro, attivando le opportune opzioni disponibili nei Menu a discesa del programma e nelle Toolbar spostabili.

30.2. Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU)

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

$$E_d = \begin{cases} E \left[\gamma_F \cdot F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right] \\ \gamma_E \cdot E \left[F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right] \end{cases} : \text{valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;}$$

$$\gamma_E = \gamma_F ;$$

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} \cdot R \left[\gamma_F \cdot F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right] : \text{valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.}$$

Effetto delle azioni e resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto $\gamma_F \cdot F_k$, dei parametri di progetto X_k/γ_M e della geometria di progetto a_d . L'effetto delle azioni può anche essere valutato direttamente come $E_d = E_k \cdot \gamma_E$. Nella formulazione della resistenza R_d , compare esplicitamente un coefficiente γ_R che opera direttamente sulla resistenza del sistema.

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo approccio progettuale (Approccio 1) sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti: la prima combinazione è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

30.2.1. Azioni

I coefficienti parziali γ_F relativi alle azioni sono indicati nella tabella seguente (Tab. 6.2.I. DM 14/01/2008).

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Si deve comunque intendere che il terreno e l'acqua costituiscono carichi permanenti (strutturali) quando, nella modellazione utilizzata, contribuiscono al comportamento dell'opera con le loro caratteristiche di peso, resistenza e rigidezza.

30.2.2. Resistenze

Il valore di progetto della resistenza R_d può essere determinato:

- in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, diviso per il valore del coefficiente parziale γ_M specificato nella successiva tabella (Tab. 6.2.II DM 14/01/2008) e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali γ_R specificati nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;
- in modo analitico, con riferimento a correlazioni con i risultati di prove in sito, tenendo conto dei coefficienti parziali γ_R riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;
- sulla base di misure dirette su prototipi, tenendo conto dei coefficienti parziali γ_R riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera.

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

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

Per le rocce, al valore caratteristico della resistenza a compressione uniassiale q_u deve essere applicato un coefficiente parziale $\gamma_{qu} = 1.6$.

Per gli ammassi rocciosi e per i terreni a struttura complessa, nella valutazione della resistenza caratteristica occorre tener conto della natura e delle caratteristiche geometriche e di resistenza delle discontinuità strutturali.

30.2.3. Verifiche di stabilità globale

La verifica di stabilità globale a breve e a lungo termine vengono effettuate con il metodo di Bishop.

Il metodo assume che la superficie di scivolamento possa essere assimilata ad un arco di circonferenza.

Se si considera la massa interessata dallo scivolamento suddivisa in n conci, il fattore di sicurezza può essere espresso in termini di momenti generati dalle forze agenti sui singoli conci rispetto al centro della circonferenza stessa

$$FS = \frac{M_S}{M_R}$$

dove:

$$M_R = r \cdot \sum_{i=1}^n W_i \cdot \sin \alpha_i : \text{momento delle forze ribaltanti};$$

$$M_S = \sum_{i=1}^n (c + \sigma_i \cdot \tan \varphi_i) \cdot \Delta l_i : \text{momento stabilizzante};$$

r : raggio del concio considerato;

Δl_i : lunghezza della base del concio considerato.

Nel metodo di Bishop si assume che le azioni agenti all'interfaccia dei conci abbiano risultante orizzontale, perciò, se si esprime la resistenza mobilizzata come un'aliquota della resistenza al taglio tramite il fattore di sicurezza FS (assunto uguale a quello dell'equazione generale), si ricava N_i dall'equilibrio alla traslazione verticale:

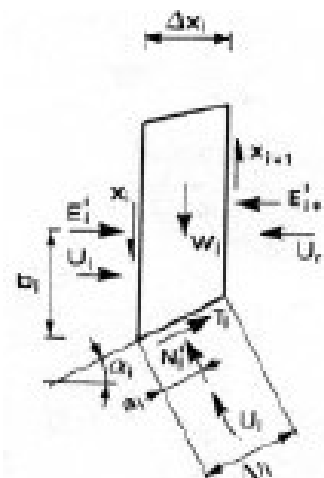
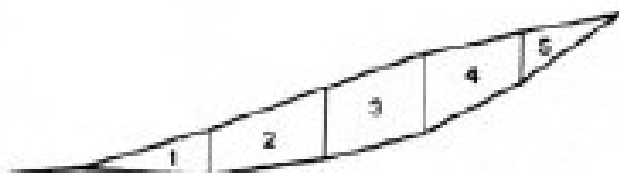
$$N_i = \frac{W_i - u_i \cdot \Delta x_i - (1/FS) \cdot c \cdot \Delta x_i \cdot \tan \alpha_i}{\cos \alpha_i \cdot [1 + (\tan \alpha_i \cdot \tan \varphi_i)/FS]}$$

Si ottiene quindi:

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^n [c \cdot \Delta x_i + (W_i - u_i \cdot \Delta x_i) \cdot \tan \alpha_i] \cdot [1/M_i(\alpha)]}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot \sin \alpha_i}$$

dove:

$$M_i(\alpha) = \cos \alpha_i \cdot \left(1 + \frac{\tan \alpha_i \cdot \tan \varphi_i}{FS} \right)$$



Deve risultare rispettata la condizione $E_d \leq R_d$ verificando che non si raggiunga una condizione di stato limite ultimo con i valori di progetto delle azioni e dei parametri geotecnici.

Le verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 1:

Combinazione 2: (A2+M2+R2)

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I del D.M. DM 14/01/2008.

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

La stabilità globale dell'insieme manufatto-terreno di fondazione deve essere studiata nelle condizioni corrispondenti alle diverse fasi costruttive, al termine della costruzione e in esercizio.

Le verifiche locali devono essere estese agli elementi artificiali di rinforzo, eventualmente presenti all'interno ed alla base del manufatto, con riferimento anche ai problemi di durabilità.

Nel caso di manufatti su pendii si deve esaminare l'influenza dell'opera in terra sulle condizioni generali di sicurezza del pendio, anche in relazione alle variazioni indotte nel regime idraulico del sottosuolo.

Se l'opera ha funzioni di ritenuta idraulica, lo stato limite ultimo è da verificarsi con riferimento alla stabilità dei paramenti, in tutte le possibili condizioni di esercizio.

30.3. Criteri di progettazione in zona sismica

Sotto l'effetto dell'azione sismica di progetto, definita al Cap. 3 del D.M. 14/01/2008, le opere e i sistemi geotecnici devono rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio definiti al § 3.2.1 (D.M. 14/01/2008), con i requisiti di sicurezza indicati nel § 7.1 (D.M. 14/01/2008).

Le verifiche agli stati limite ultimi devono essere effettuate ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e impiegando i parametri geotecnici e le resistenze di progetto, con i valori dei coefficienti parziali utilizzati per le analisi statiche.

30.3.1. Risposta sismica e stabilità del sito

30.3.1.1. Risposta Sismica Locale

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

30.3.1.2. Amplificazione Stratigrafica

L'influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale può essere valutata in prima approssimazione con riferimento alle categorie di sottosuolo di cui al § 3.2.2. Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima (a_{\max}) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di a_{\max} può essere ricavato dalla relazione $a_{\max} = S_s \cdot a_g$ dove a_g è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido ed S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica.

30.3.1.3. Amplificazione Topografica

Per la progettazione o la verifica di opere e sistemi geotecnici realizzati su versanti e per l'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii, la valutazione dell'amplificazione topografica può essere effettuata mediante analisi di risposta sismica locale o utilizzando il coefficiente di amplificazione topografica S_T . Il parametro S_T deve essere applicato nel caso di configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, di altezza superiore a 30 m.

Gli effetti topografici possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15°.

30.3.2. Stabilità dei pendii

La realizzazione di strutture o infrastrutture su versanti o in prossimità del piede o della sommità di pendii naturali richiede la preventiva verifica delle condizioni di stabilità, affinché prima, durante e dopo il sisma la resistenza del sistema sia superiore alle azioni ovvero gli spostamenti permanenti indotti dal sisma siano di entità tale da non pregiudicare le condizioni di sicurezza o di funzionalità delle strutture o infrastrutture medesime.

L'azione sismica di progetto da assumere nelle analisi di stabilità deve essere determinata in accordo ai criteri esposti nel § 3.2.3. D.M. 14/01/2008.

Nel caso di pendii con inclinazione maggiore di 15° e altezza maggiore di 30 m, l'azione sismica di progetto deve essere opportunamente incrementata o attraverso un coefficiente di amplificazione topografica o in base ai risultati di una specifica analisi bidimensionale della risposta sismica locale, con la quale si valutano anche gli effetti di amplificazione stratigrafica.

In generale l'amplificazione tende a decrescere sotto la superficie del pendio. Pertanto, gli effetti topografici tendono a essere massimi lungo le creste di dorsali e rilievi, ma si riducono sensibilmente in frane con superfici di scorrimento profonde. In tali situazioni, nelle analisi pseudostatiche gli effetti di amplificazione topografica possono essere trascurati ($S_T = 1$).

L'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi di analisi dinamica.

Nelle analisi, si deve tenere conto dei comportamenti di tipo fragile, che si manifestano nei terreni a grana fina sovraconsolidati e nei terreni a grana grossa addensati con una riduzione della resistenza al taglio al crescere delle deformazioni. Inoltre, si deve tener conto dei possibili incrementi di pressione interstiziale indotti in condizioni sismiche nei terreni saturi. Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come $F_h = k_h \cdot W$ ed $F_v = k_v \cdot W$, con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g} \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove

β_s : coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} : accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g : accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove

S : coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T);

a_g : accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

I valori di β_s sono riportati nella Tab. 7.11.I. del D.M. 14/01/2008 riportata di seguito:

Tabella 7.11.I – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

La condizione di stato limite deve essere valutata con riferimento ai valori caratteristici dei parametri geotecnici e riferita alla superficie di scorrimento critica, caratterizzata dal minore margine di sicurezza. L'adeguatezza del margine di sicurezza nei confronti della stabilità del pendio deve essere valutata e motivata dal progettista.

In terreni saturi e in siti con accelerazione orizzontale massima attesa $a_{\max} > 0.15 g$, nell'analisi statica delle condizioni successive al sisma si deve tenere conto della possibile riduzione della resistenza al taglio per incremento delle pressioni interstiziali o per decadimento delle caratteristiche di resistenza indotti dalle azioni sismiche.

Nell'analisi di stabilità di frane quiescenti, che possono essere riattivate dall'azione del sisma, si deve fare riferimento ai valori dei parametri di resistenza attinti a grandi deformazioni. L'eventuale incremento di pressione interstiziale indotto dal sisma, da considerare in dipendenza della natura dei terreni, deve considerarsi uniformemente distribuito lungo la superficie di scorrimento critica.

Le analisi del comportamento dei pendii in condizioni sismiche possono essere svolte anche mediante il metodo degli spostamenti, in cui la massa di terreno potenzialmente in frana viene assimilata ad un corpo rigido che può muoversi rispetto al terreno stabile lungo una superficie di scorrimento. Il metodo permette la valutazione dello spostamento permanente indotto dal sisma nella massa di terreno potenzialmente instabile.

L'applicazione del metodo richiede che l'azione sismica di progetto sia rappresentata mediante storie temporali delle accelerazioni. Gli accelerogrammi impiegati nelle analisi, in numero non inferiore a 5, devono essere rappresentativi della sismicità del sito e la loro scelta deve essere adeguatamente giustificata. Non è ammesso l'impiego di accelerogrammi artificiali.

Nel metodo degli spostamenti, la valutazione delle condizioni di stabilità del pendio è effettuata mediante il confronto tra lo spostamento calcolato per il cinematismo di collasso critico e valori limite o di soglia dello spostamento. La scelta dei valori limite di spostamento nei riguardi di condizioni di stato limite ultimo o di servizio deve essere effettuata e opportunamente motivata dal progettista.

Lo studio del comportamento in condizioni sismiche dei pendii può essere effettuato anche impiegando metodi avanzati di analisi dinamica, purché si tenga conto della natura polifase dei terreni e si descriva realisticamente il loro comportamento meccanico in condizioni cicliche.

30.4. Modello geotecnico di riferimento

Il modello geotecnico generale definito sulla base di tutti i risultati delle prove geognostiche è il seguente:

N. Strato	Da [m]	A [m]	Descrizione Strato	γ_k [kN/m ³]	ϕ_k [°]	c'_k [kPa]
I	0	-7	Pozzolane costituite da sabbie sciolte in matrice limosa rimaneggiate	17/18	22/32	0/8
II	-7	-14	Pozzolane costituite da sabbie in matrice limosa con presenza di livelli di sabbia/limo argilloso	18	32/35	0/8
Materiale stabilizzato di riporto per sagomatura				19	35	5

Nelle verifiche geotecniche si considera un livello dell'acqua di falda medio posto a quota 34,00 m s.l.m.m, ovvero a circa -23/-24 m dall'attuale piano campagna.

Si prevedono scarpate 1:2 (inclinazione $\approx 27^\circ$)

30.5. Dati di input

30.5.1. Geometria delle scarpate

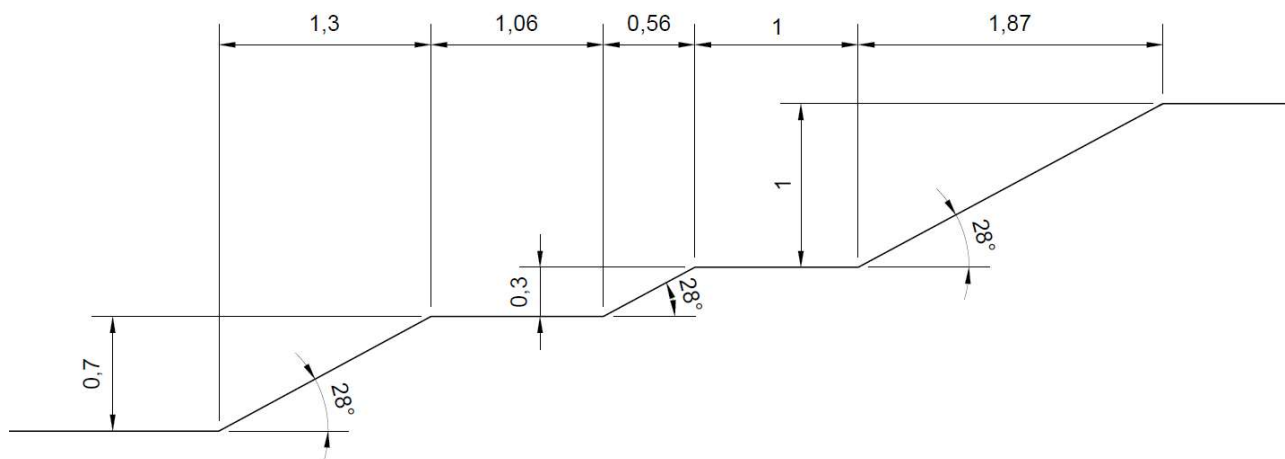


Figura 45 Scarpata destra

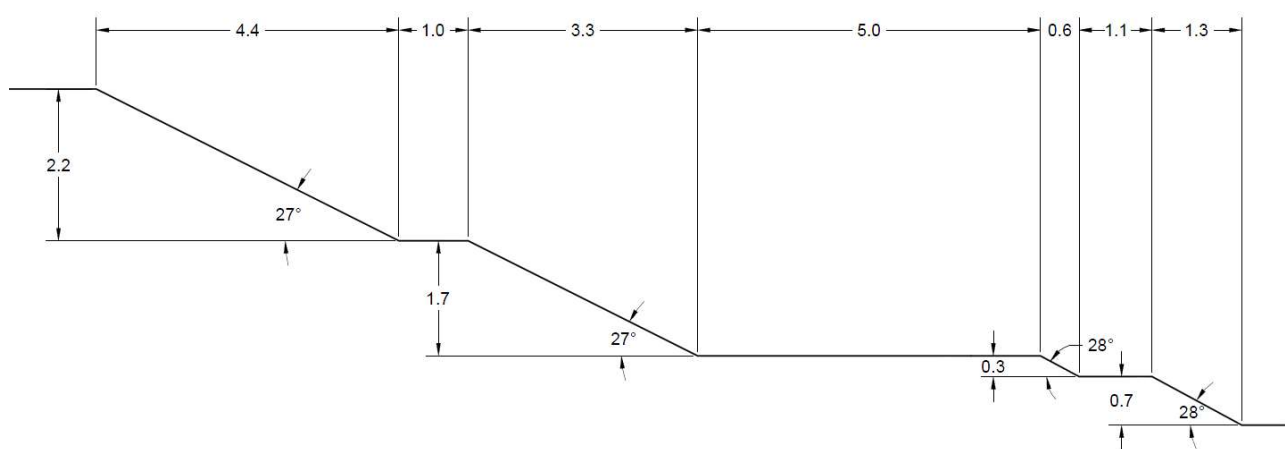


Figura 46 Scarpata sinistra fase di scavo 1

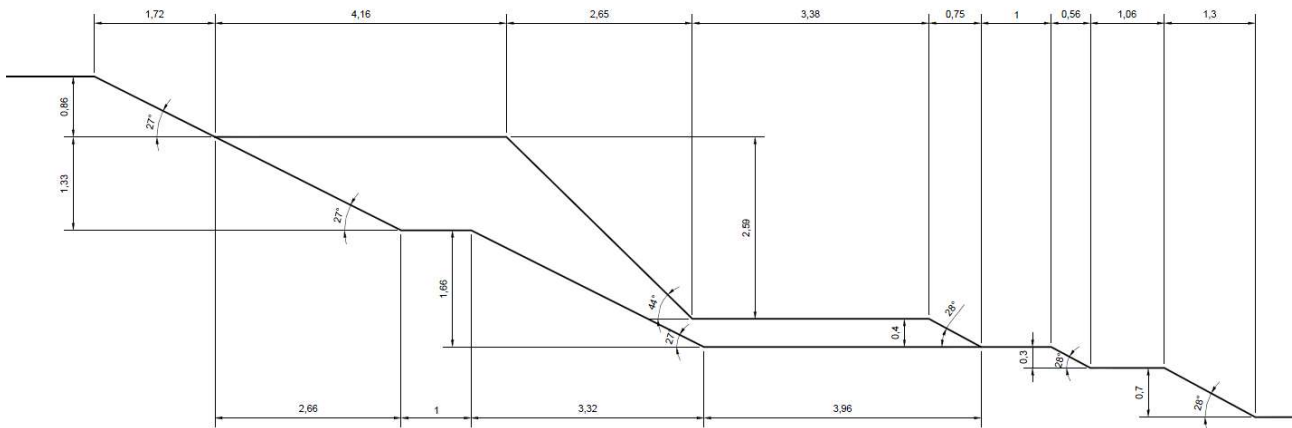


Figura 47 Scarpata sinistra fase di scavo 2

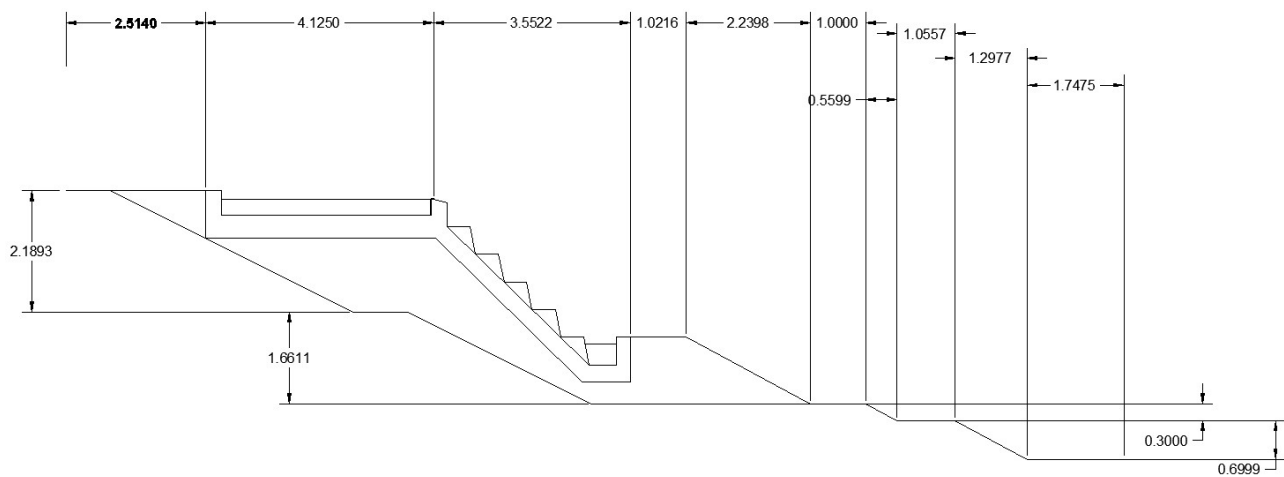


Figura 48 Scarpata sinistra fase finale

30.5.2. Materiali

Le proprietà dei materiali sono state inserite in combinazione M2, come indicato al capitolo 30.2.2.

Define Material Properties

Layer_1_M2 Layer_2_M2 c.a. magrone stal

Name: Layer_1_M2 Colour: Yellow Hatch: Black

Unit Weight: 18 kN/m3 Saturated U.W.: 20 kN/m3

Strength Type: Mohr-Coulomb $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$

Strength Parameters: Cohesion: 0.8 kN/m2 Phi: 24.8 degrees

Water Parameters: Water Surface: None Hu: Custom 1

Copy To... OK Cancel

Define Material Properties

Layer_1_M2 Layer_2_M2 c.a. magrone stal

Name: Layer_2_M2 Colour: Green Hatch: Black

Unit Weight: 18 kN/m3 Saturated U.W.: 20 kN/m3

Strength Type: Mohr-Coulomb $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$

Strength Parameters: Cohesion: 0 kN/m2 Phi: 29.26 degrees

Water Parameters: Water Surface: None Hu: Custom 1

Copy To... OK Cancel

Define Material Properties

Layer_2_M2 c.a. magrone stabilizzato Mate

Name: stabilizzato Colour: Yellow Hatch: Black

Unit Weight: 19 kN/m3 Saturated U.W.: 20 kN/m3

Strength Type: Mohr-Coulomb $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$

Strength Parameters: Cohesion: 4 kN/m2 Phi: 29.26 degrees

Water Parameters: Water Surface: None Hu: Custom 1

Copy To... OK Cancel

Define Material Properties

Layer_1_M2 Layer_2_M2 c.a. magrone stal

Name: magrone Colour: Grey Hatch: Black

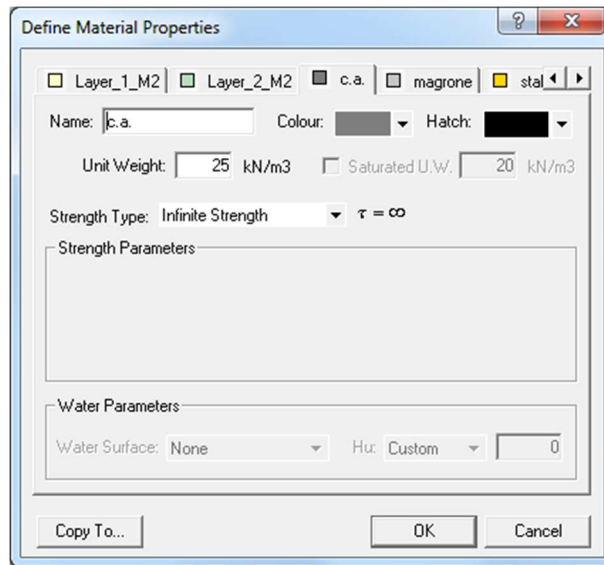
Unit Weight: 24 kN/m3 Saturated U.W.: 20 kN/m3

Strength Type: Infinite Strength $\tau = \infty$

Strength Parameters:

Water Parameters: Water Surface: None Hu: Custom 0

Copy To... OK Cancel



30.5.3. Carichi

I sovraccarichi agenti sono stati moltiplicati per i rispettivi coefficienti A2, come riportato nel capitolo 30.2.1.

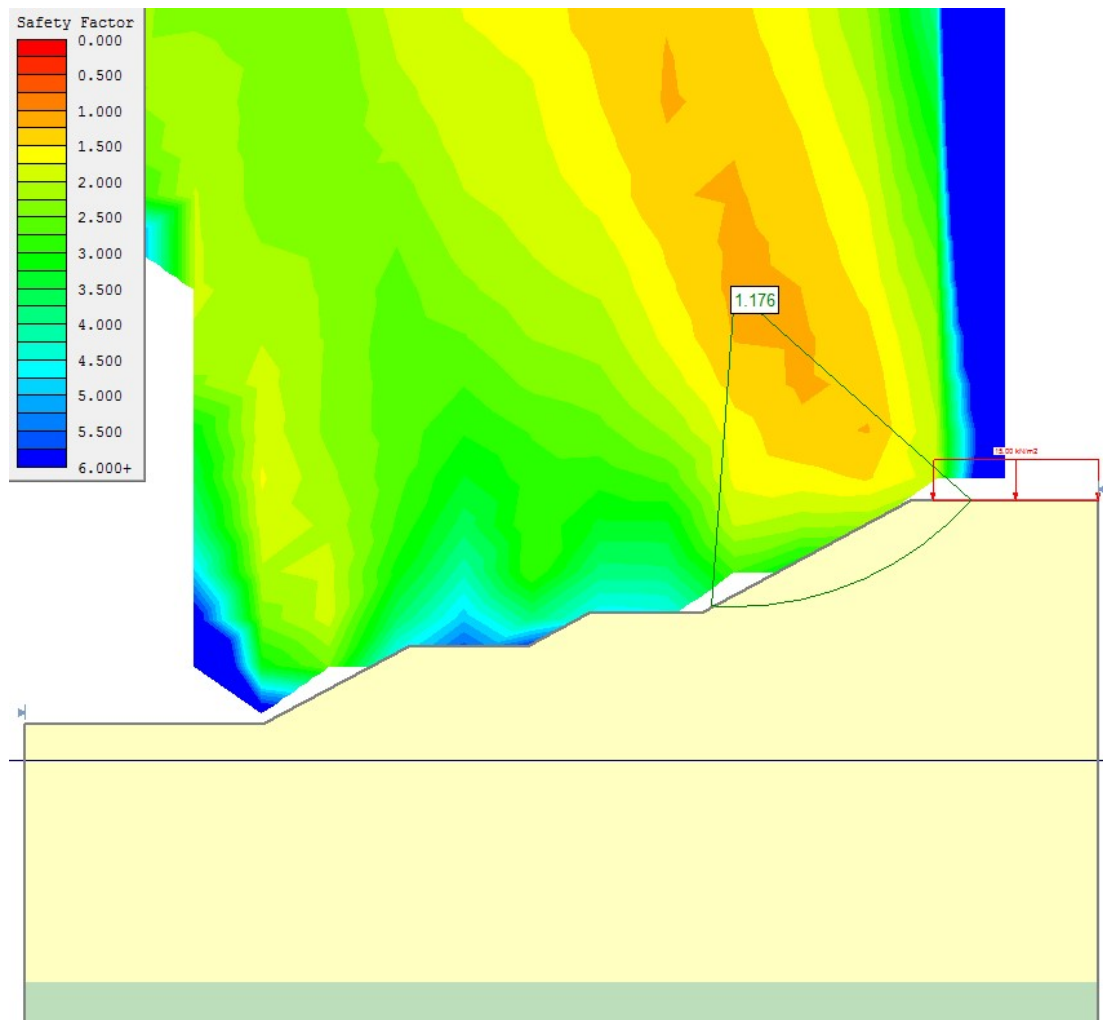
In condizione permanente, per la scarpata sinistra, sono stati considerati i sovraccarichi permanenti dovuti all'acqua nelle vasche: 3 kPa per la vasca in alto e 4 kPa per la vasca in basso (da moltiplicare per 1 in condizione statica e sismica).

In condizione permanente e temporanea, per entrambe le sponde, è stato considerato un sovraccarico di 10 kPa (da moltiplicare per 1.3 in condizione statica e per 1 in condizione sismica), dovuto al passaggio dei mezzi a monte delle scarpate.

Di seguito si riportano le verifiche di stabilità.

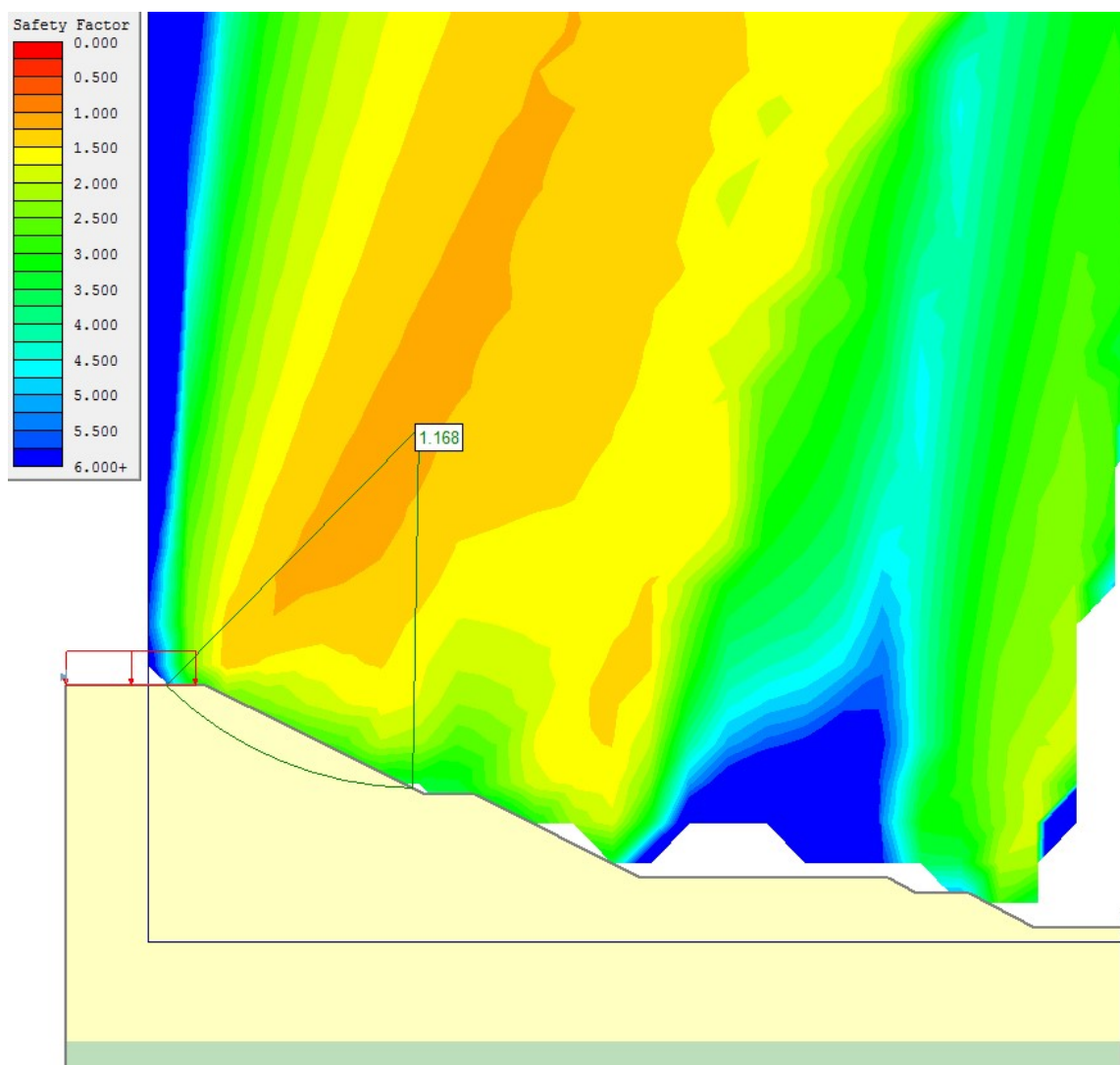
30.6. Verifiche statiche

30.6.1. Sponda destra



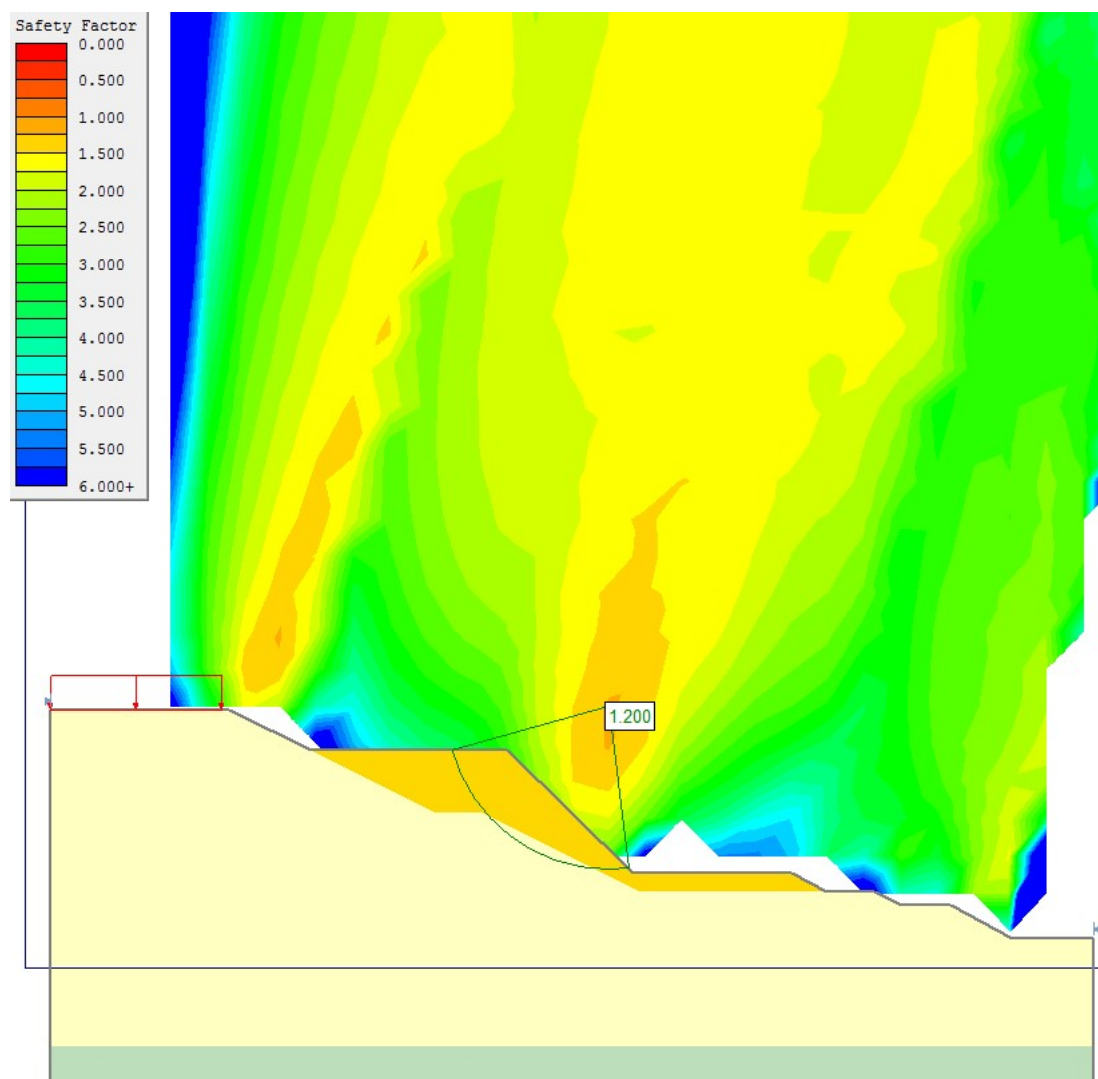
La verifica risulta soddisfatta in quanto $FS = 1.176 > 1.1$.

30.6.2. Sponda sinistra – fase di scavo 1



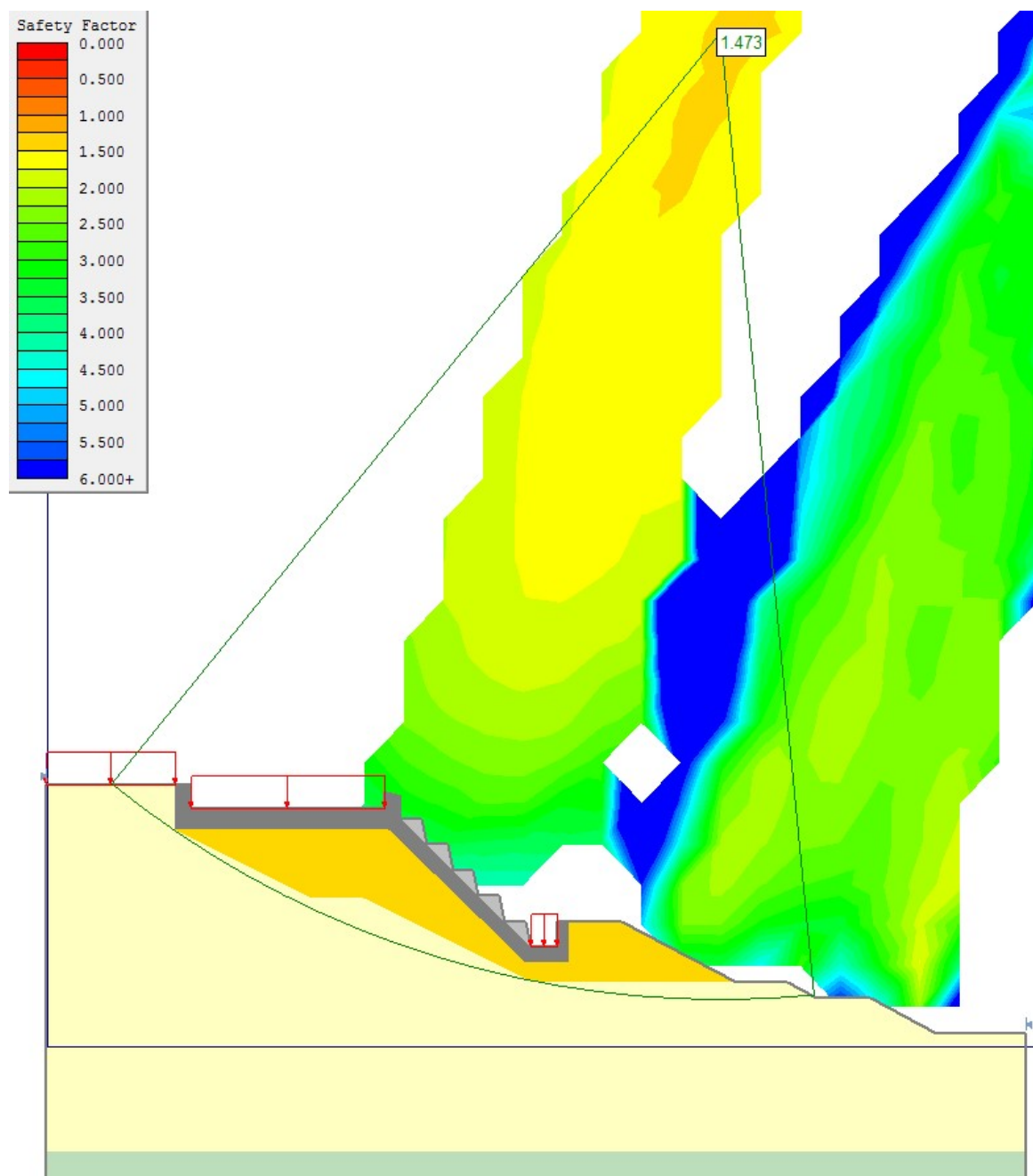
La verifica risulta soddisfatta in quanto $FS = 1.168 > 1.1$.

30.6.3. Sponda sinistra – fase di scavo 2 (terreno stabilizzato)



La verifica risulta soddisfatta in quanto $FS = 1.2 > 1.1$.

30.6.4. Sponda sinistra – fase finale



La verifica risulta soddisfatta in quanto $FS = 1.473 > 1.1$.

30.7. Verifiche sismiche

Per le analisi sismiche si considerano i seguenti parametri sismici:

Categoria del sottosuolo: C

Vita nominale: $V_N = 50$ anni

Coefficiente d'uso: $C_U = 1$

Vita di riferimento: $V_R = 50$ anni

Accelerazione sismica: $a_g = 0.154g$

Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito: $\beta_s = 0.24$

Coefficiente di amplificazione stratigrafica: $S_s = 1.461$

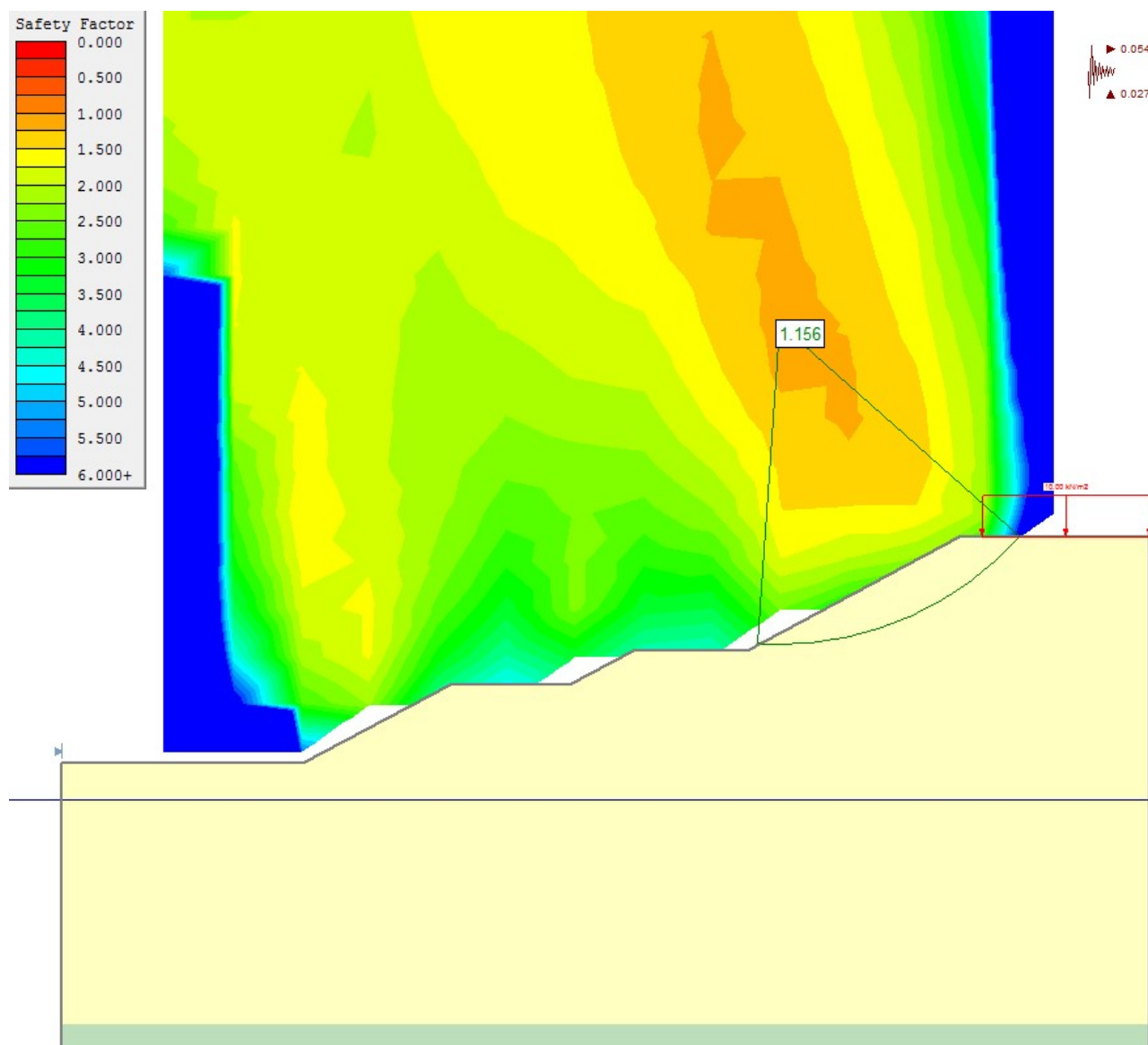
Coefficiente di amplificazione topografica: $S_T = 1$

Accelerazione massima: $a_{\max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g = 0.225g$

Coefficiente sismico orizzontale: $k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g} = 0.054$

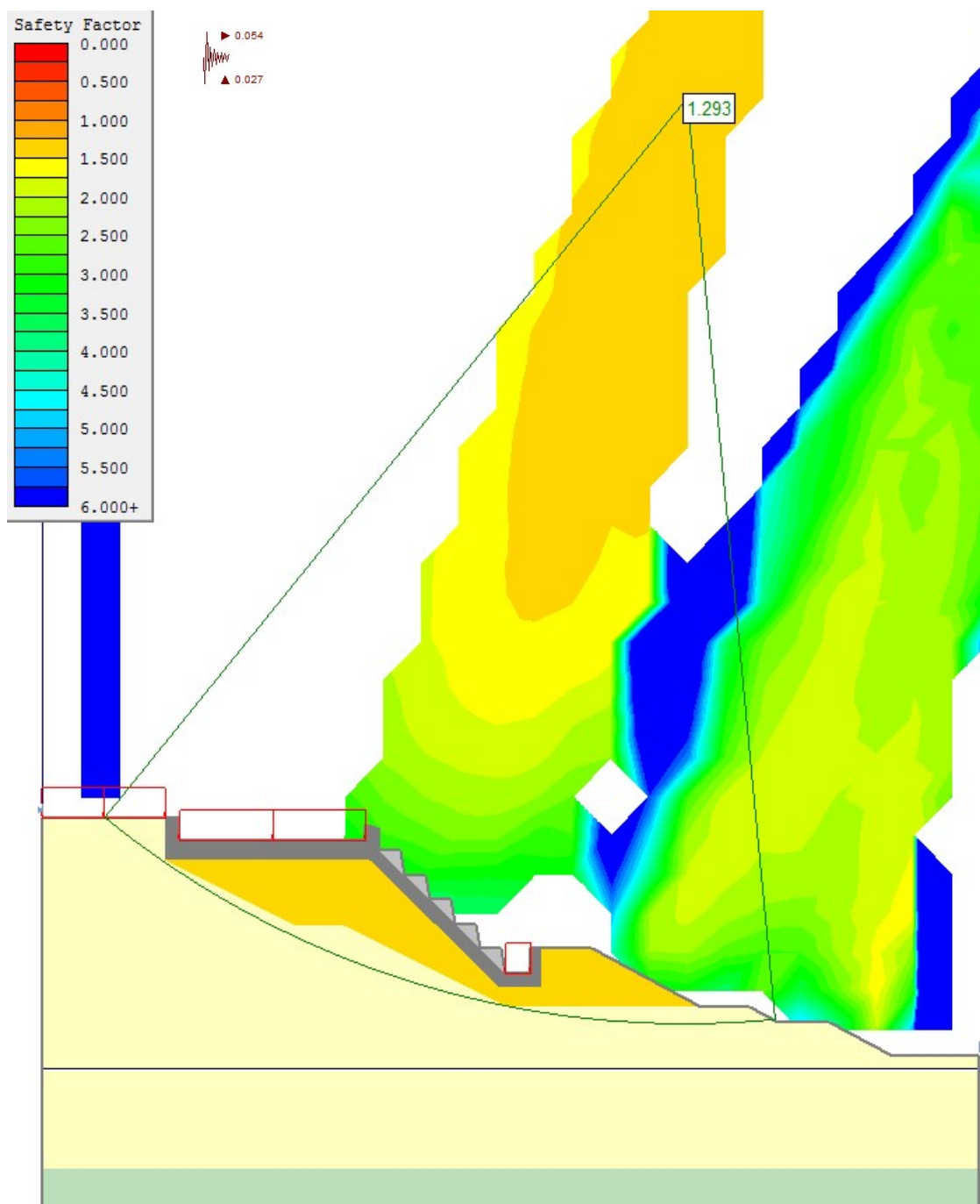
Coefficiente sismico verticale: $k_v = \pm 0.5 \cdot k_h = \pm 0.027$

30.7.1. Sponda destra



La verifica risulta soddisfatta in quanto $FS = 1.156 > 1$.

30.7.2. Sponda sinistra – fase finale



La verifica risulta soddisfatta in quanto $FS = 1.293 > 1$.

31. OPERE IN TERRA RINFORZATA

Le strutture in terra rinforzata sono delle vere e proprie opere di sostegno. Esse sono realizzate alternando strati di terreno ad elementi di rinforzo e riprofilando il fronte della struttura con dei casseri a perdere.

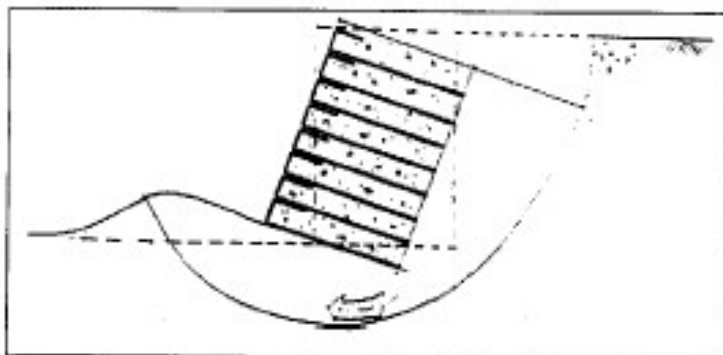
Da un punto di vista strettamente progettuale le strutture in terra rinforzata sono trattate come un'opera monolitica a gravità. Le verifiche a cui sono soggette sono le seguenti:

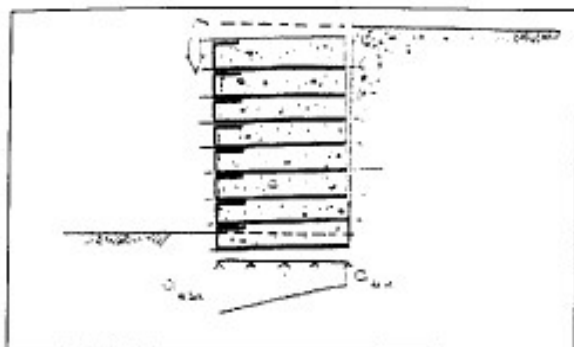
- Verifiche di stabilità globale: verifiche del complesso pendio-struttura
- Verifiche di stabilità esterna: verifiche a scivolamento e a rotazione dell'opera.
- Verifiche di stabilità interna: in funzione dello spessore dei singoli tratti di terra rinforzata, della lunghezza dei rinforzi e della loro resistenza a trazione.

Tali verifiche dipendono dai seguenti parametri:

- Altezza della struttura
- Sovraccarichi che gravano sulla stessa
- Caratteristiche geotecniche del terreno di riempimento
- Caratteristiche geotecniche del terreno alle spalle della struttura
- Presenza di pressioni neutre.

VERIFICA STABILITÀ GLOBALE.
Verifica dell'insieme terra rinforzata pendio alle spalle dell'opera.





VERIFICHE DI STABILITA' ESTERNA:

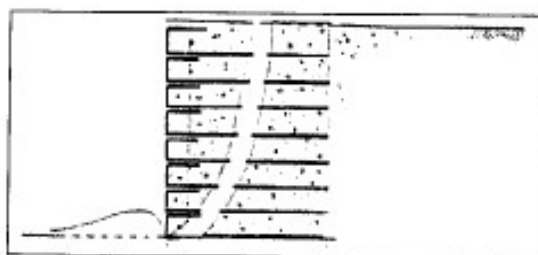
Verifica a schiacciamento della fondazione, verifica a scivolamento e verifica a ribaltamento dell'opera.



VERIFICHE DI STABILITA' INTERNA:

Verifica sfilamento delle geogriglie. (calcolo della lunghezza).

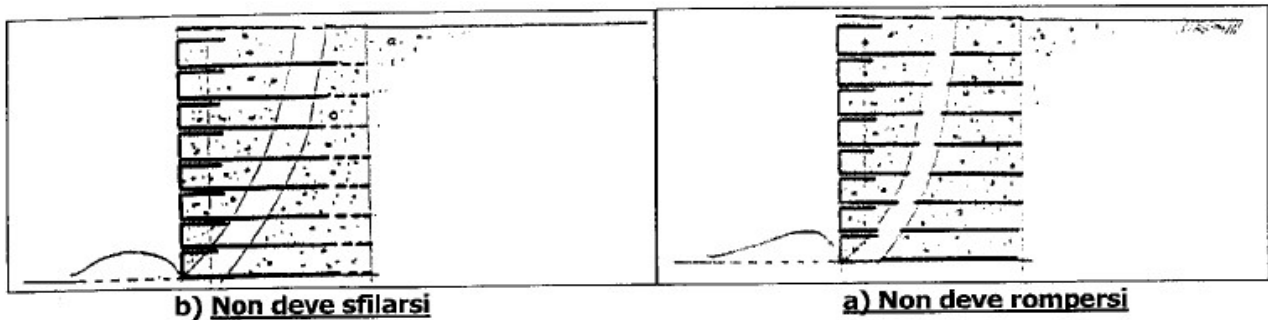
VERIFICHE DI STABILITA' INTERNA:
Verifica a rottura delle geogriglie. (calcolo della resistenza).



L'elemento più importante per quanto riguarda la staticità dell'opera in terra rinforzata è l'armatura inserita all'interno dei vari strati di terreno compattato. Tale elemento garantisce che la parte di terreno instabile sia ancorata alla parte di terreno stabile presente alle spalle. L'armatura quindi mediante la sua proprietà intrinseca di resistere a trazione (capacità non insita del terreno) dovrà essere in grado di trasmettere questi sforzi equilibranti alla parte instabile anteriore.

L'armatura avrà pertanto le seguenti proprietà:

- resistenza a sfilamento (capacità attritiva con il terreno)
- resistenza alla rottura (resistenza della geogriglie stessa).



31.1. Dimensionamento statico

Al fine di realizzare un dimensionamento statico delle strutture in terra rinforzata bisogna creare dei modelli che simulino la situazione reale in loco.

Questi schemi di calcolo che vengono studiati sono in pratica una rielaborazione delle sezioni considerate significative. Tali sezioni vengono trasferite all'interno di un software di calcolo che realizza delle verifiche di stabilità. Tali verifiche di stabilità (di cui si darà una sintetica trattazione successivamente) non fanno altro che studiare la stabilità dell'opera tenendo in considerazione l'effetto stabilizzante dei rinforzi al fine di verificare che l'aumento di pendenza dato al terreno unito ai sovraccarichi e alle forze sismiche agenti raggiunga i fattori di sicurezza richiesti dalla normativa. Identificate la sezione significativa di studio, si prosegue ora con il dimensionamento delle strutture. Come precedentemente accennato le strutture in terra rinforzata vengono dimensionate mediante verifiche di stabilità. Si allega una sintetica illustrazione teorica delle verifiche di stabilità con i geosintetici di rinforzo.

31.2. Verifiche di stabilità con geosintetici

Il grado di stabilità di un rilevato in terra rinforzata, in condizioni statiche o dinamiche (per azioni sismiche), nei confronti di movimenti gravitativi, viene valutato attraverso la determinazione del cosiddetto "FATTORE O COEFFICIENTE DI SICUREZZA" indicato con il simbolo F_s . Tale coefficiente è un indice della stabilità del pendio in oggetto ed è definito come il rapporto tra la somma delle forze (o dei momenti) risultanti che tendono a opporsi al movimento della massa, e la somma delle forze risultanti destabilizzanti che tendono a provocarlo, cioè:

$$F_s = \frac{\text{Forzeresistenti}}{\text{Forzeagenti}}$$

Valori di F_s minori od uguali ad 1 sono indicativi di condizioni di instabilità, mentre per valori maggiori di 1 le condizioni sono a favore della stabilità (non considerando fattori riduttivi dei parametri del terreno). Questo è il concetto di base di tutti i modelli per la verifica di stabilità che si rifanno al concetto dell'equilibrio limite.

Fs deve essere valutato entro un preciso riferimento spaziale. E' perciò necessario considerare una potenziale superficie di scorrimento nella massa del pendio e valutare tutte le forze agenti e resistenti su detta superficie. In pratica, essendo infinite le superfici di scivolamento possibili, Fs viene valutato per ognuna delle superfici di un campione rappresentativo, generate con un certo criterio.

In tal modo il fattore di sicurezza del pendio sarà quello che compete alla superficie di scorrimento con Fs più basso. Tale superficie è detta anche "superficie critica". Una superficie di scivolamento assunta divide in due parti distinte il pendio.

Superiormente abbiamo una massa potenzialmente instabile supposta rigida e inferiormente una massa rigida stabile. La formula permette di determinare la stabilità del pendio nei confronti della superficie considerata precedentemente.



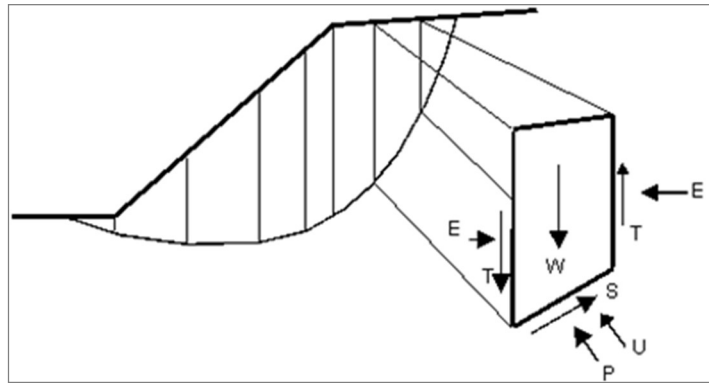
Le forze agenti sono le componenti tangenziali del peso proprio della massa e degli eventuali sovraccarichi superficiali agenti sulla superficie di scivolamento, mentre le forze resistenti sono le resistenze al taglio mobilitate nei vari punti di detta superficie che dipendono dagli sforzi normali applicati e dalla resistenza al taglio locale del suolo, espressa in termini del criterio di rottura Mohr-Coulomb.

Per procedere con il calcolo del fattore di sicurezza (Fs) la massa potenzialmente instabile viene suddivisa in conci.

Su ogni concio vengono valutate singolarmente le forze agenti e resistenti.

Queste forze sono:

- W = Peso del concio,
- S = Forza di taglio mobilitata sulla base del concio,
- P = Forza peso normale alla base del concio,
- U = Forza esercitata dal carico idraulico agente sulla base,
- T = Forza verticale laterale al concio,
- E = Forza orizzontale laterale al concio.



Le forze T ed E di interazione tra i concetti adiacenti rimangono solitamente incognite. Nelle procedure di calcolo più rigorose esse non vengono trascurate, tuttavia vengono fatte alcune assunzioni per permettere ugualmente la risoluzione della equazione

$$F_s = \frac{\text{Forze resistenti}}{\text{Forze agenti}}$$

Le varie procedure di calcolo nell'ambito del metodo dell'equilibrio limite si diversificano proprio per il tipo di assunzioni per eliminare alcune incognite nella equazione che permette il calcolo del fattore di sicurezza. Tale equazione deve essere risolta sempre in modo iterativo, essendo espressa in forma implicita con l'incognita (F_s) in entrambi i membri, assumendo un valore di tentativo iniziale per F_s nel membro di destra e ripetendo i calcoli fino a convergenza quando la differenza tra i due F_s diventa minore di un certo valore assunto.

Quando tutti i parametri di interesse sono noti si passa al calcolo del fattore di sicurezza (F_s). L'algoritmo di calcolo può implementare uno dei diversi metodi esistenti nell'ambito dei modelli dell'equilibrio limite. I vari metodi, BISHOP (1955), MORGESTERN & PRICE (1965), SPENCER (1967), JANBU (1954), JANBU (1973) sono tutti riconducibili al "General equilibrium method" (GLE) di FREDLUND et al. (1981).

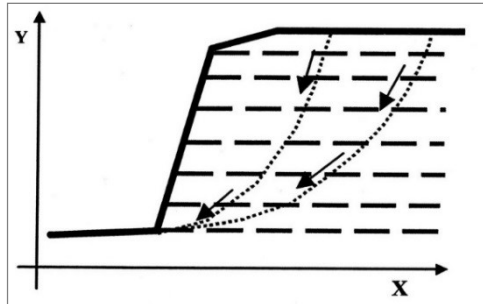
Questi metodi si diversificano per il tipo delle assunzioni e semplificazioni fatte per ridurre il numero delle incognite nel problema, tuttavia come mostrato in numerosi studi comparativi DUNCAN & WRIGHT (1980), FREDLUND et al. (1981), la differenza percentuale dei valori del fattore di sicurezza calcolati generalmente non supera il 10%, che è perfettamente compatibile con il grado di incertezza insito in tale tipo di analisi.

Nella procedura di calcolo utilizzata si è fatto uso del metodo di Bishop, visto il riscontro sia teorico che pratico che essi hanno nella progettazione della stabilità dei pendii.

31.3. Geogriglie e geosintetici

Le strutture in terra rinforzata sono correntemente utilizzate per la stabilizzazione di scarpate artificiali e rilevati. L'azione delle geogriglie, solitamente in gruppo, è in pratica una azione di

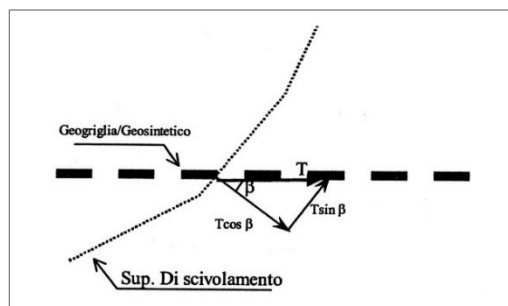
tipo stabilizzante che ha influenza sul coefficiente di sicurezza complessivo del pendio ove esse sono posizionate. La stabilità complessiva di un pendio dove è presente un sistema di geogriglie deve essere effettuata tenendo conto della tensione o resistenza massima di progetto, della posizione, lunghezza di ciascuna delle geogriglie presenti e della interazione con le varie superfici di scivolamento possibili.



La resistenza massima unitaria di progetto e la lunghezza di ogni geogriglia deve essere determinata mediante i correnti metodi di progettazione che tengono conto della stabilità interna dell'opera (collasso, superamento di resistenza delle armature, sfilamento ecc.).

Una volta determinati i parametri ottimali per la stabilità interna è necessario condurre una verifica per controllare la compatibilità di questi con possibili movimenti di scivolamento globale, che interessano, cioè, anche porzioni dove le geogriglie non sono presenti.

Nella effettuazione della verifica di stabilità globale per ogni geogriglia devono essere ricavate le componenti ortogonali e parallela alla superficie di potenziale scivolamento che la attraversa.

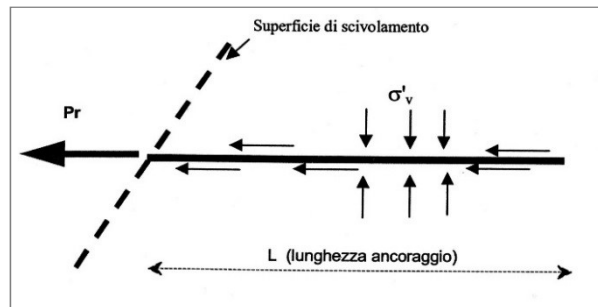


Ciascuna delle geogriglie ha una resistenza a trazione complessiva di progetto T e una lunghezza totale L . Si noti bene che:

- T = resistenza unitaria (nel senso della larghezza) a trazione della geogriglia (in kN/m);
- L = Lunghezza della geogriglia nel senso orizzontale (in m).

Tuttavia il valore di resistenza T_i da considerare nel calcolo per ogni geogriglia attraversata da una superficie di potenziale scivolamento deve considerare anche la resistenza allo sfilamento della geogriglia stessa.

In pratica ogni geogriglia è come un ancoraggio orizzontale che resiste allo sfilamento per azione delle sue caratteristiche geometriche (presenza di maglie, apertura), per le caratteristiche del terreno in cui è inglobata e per la pressione litostatica efficace soprastante, e per la lunghezza dell'ancoraggio a destra e a sinistra della superficie di scivolamento.



La resistenza Pr (kN/m) offerta allo sfilamento (pullout) può essere calcolata con la seguente formula di Jewell (1990,1991), Greenwood (1990), FHWA (1997):

$$Pr = 2 f_b \tan \phi' \sigma'_v L_a$$

dove:

- f_b = coefficiente di interazione suolo/geogriglia geosintetico variabile a seconda del tipo di geosintetico / geogriglia tra 0.5 e 1.0. Tale parametro è indicato nelle caratteristiche tecniche della geogriglia /geosintetico;
- σ'_v = la pressione litostatica efficace (kN/m²);
- α = fattore di scala nella ripartizione dello sforzo lungo tutta la lunghezza dell'ancoraggio; valore sperimentale variabile tra 1.0 e 0.6. In assenza di informazioni specifiche sul tipo di geogriglie, utilizzare un valore pari a 0.8;
- L_a = la lunghezza dell'ancoraggio a destra della superficie di scivolamento.

I parametri σ'_v e L_a sono calcolati dinamicamente per ogni geogriglia e per ogni intersezione tra la superficie di scivolamento e la geogriglia.

31.4. Caratteristiche geogriglie utilizzate

Le geogriglie sono i veri e propri elementi strutturali che garantiscono la stabilità. Per tali motivi le prestazioni di questi elementi dovranno essere attestati da enti esterni e completamente autonomi dal produttore. A tali geogriglie sono state affidate delle resistenze (T) di esercizio a lungo termine, ovvero le resistenze che la geogriglia deve essere in grado di sviluppare nel tempo. Tale resistenza sarà ottenuta applicando ai valori a rottura della geogriglia dei fattori di sicurezza come usualmente si adotta per i ferri di armatura, per il calcestruzzo e per gli acciai da costruzione. La normativa cui si è fatto riferimento per identificare la tipologia di fattori di sicurezza è la normativa inglese BS 8006. Sia i fattori di sicurezza che i valori di resistenza a

rottura come comunemente fatto per i materiali da costruzione devono essere valori caratteristici cioè devono avere una confidenza del 95%.

Tali fattori di sicurezza che garantiscono quindi le caratteristiche statiche delle geogriglie e quindi dell'opera dovranno essere garantite. Non saranno validi né report di laboratorio che valgono solamente per il campione provato, né autocertificazioni del produttore, ma certificati veri e propri che valgono per qualsiasi rotolo di materiale che esce dalla fabbrica del produttore.

Le caratteristiche delle geogriglie prese come elemento di riferimento per il calcolo della struttura sono seguenti:

Geogriglia tipo Fortrac® 80/30-20 o equivalente

- Resistenza min. a trazione longitudinale /trasversale [kN/m]: 80/30 (UNI EN ISO 10319)
- Allungamento long. massimo alla tensione nominale [%]: ≤ 12.5 (UNI EN ISO 10319)
- Resistenza a trazione residua a per creep a 120 anni > 48 kN/m
- Apertura maglia [mm]: 20 x 20 mm

Resistenza ammissibile geogriglie (Tensile Strength):

$T_{nom} (T_{ult}) = 80$ kN/m

La resistenza di calcolo T_{design} è stata ricavata con l'utilizzo delle normative British Standard 8006, secondo la formula:

$$T_{design} = \frac{T_{ult} \cdot f_{creep}}{f_{m11} \cdot f_{m12} \cdot f_{m21} \cdot f_{m22}}$$

$$T_{available} = T_{design} = T_{tds}$$

$$T_{allowable} = \frac{T_{available}}{f_n}$$

Dove:

Geogrid Ultimate Strength [kN/m]	FS for Installation Damage, f_{m21}	FS for Durability, f_{m22}	Reduction Factor for Creep, f_{creep}	FS for Manufacturing, f_{m11}	FS for Extrapolation Test Data, f_{m12}	Ramification f_n
80.00	1.02	1.03	0.64	1.00	1.05	1.00

Risulta:

$T_{design} = (80 \times 0,64) / (1,02 \times 1,03 \times 1 \times 1,05 \times 1,0) = 46.51$ kN/m

31.5. Verifica terre rinforzate

Per poter realizzare la viabilità interna dal lato di via Kobler è prevista la realizzazione di rilevati in terra rinforzata con un'altezza massima di circa 3.7 m e inclinati di 60 gradi rispetto alla verticale. Tutte le geogriglie hanno lunghezza 3 m e spaziatura 40 cm.

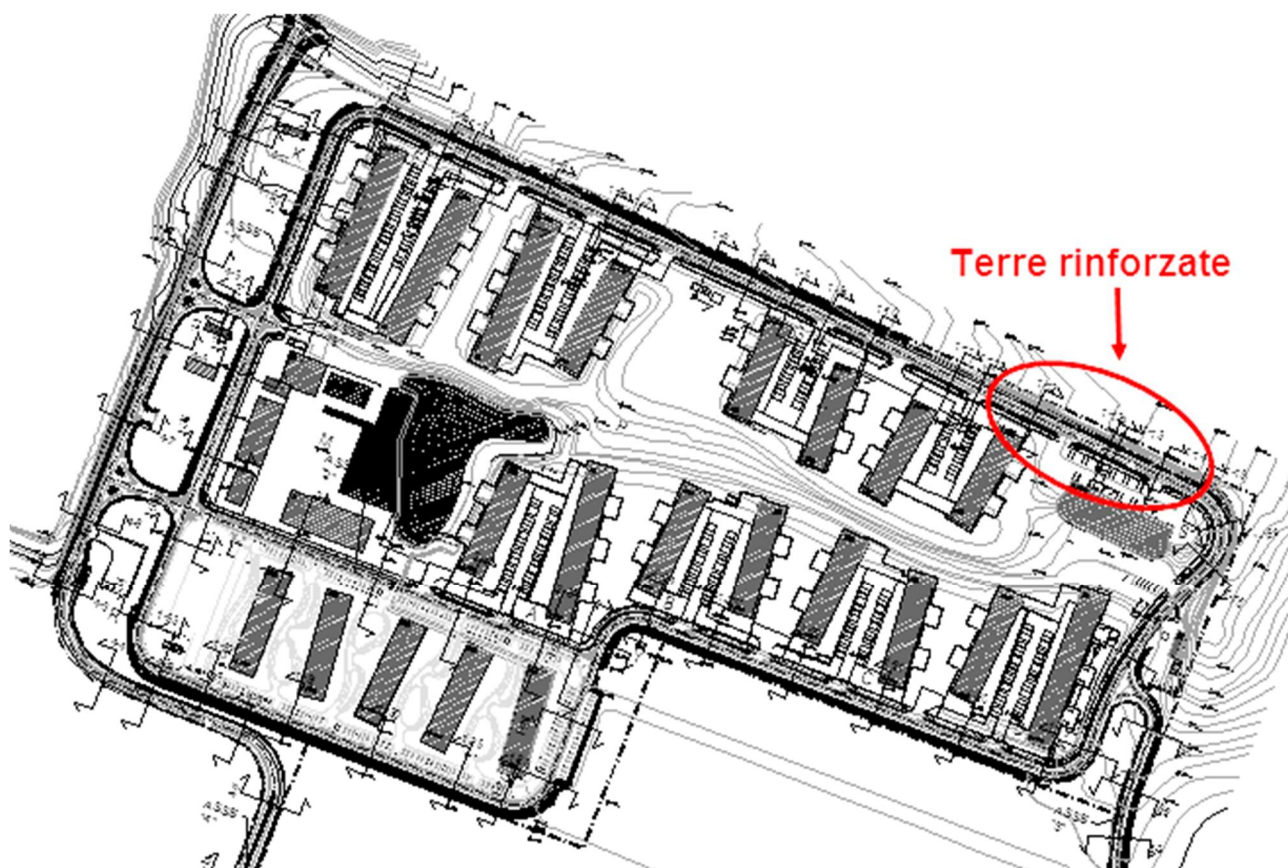


Figura 49 Planimetria area intervento con individuazione delle terre rinforzate

La fondazione delle terre rinforzate verrà realizzata con gabbioni in rete metallica zincata riempiti con pietrame. (elaborati grafici EU 3003, EU 3004 e EU3005)

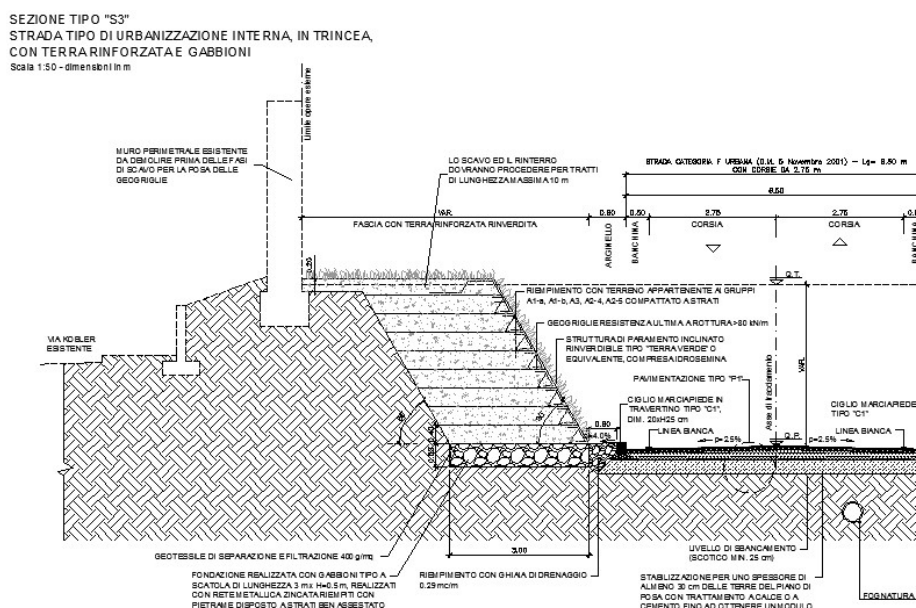


Figura 50 Sezione tipologica terre rinforzate

31.6. Verifica stabilità globale e verifiche di stabilità interna

Nel seguito vengono riportati gli output di calcolo delle verifiche di stabilità globale e verifiche di stabilità interna eseguite con il software Slide.

Nelle verifiche sono stati considerati i seguenti sovraccarichi:

- sovraccarico stradale via Kobler: 20 kPa

Parametri geotecnici combinazione A2M2R2:

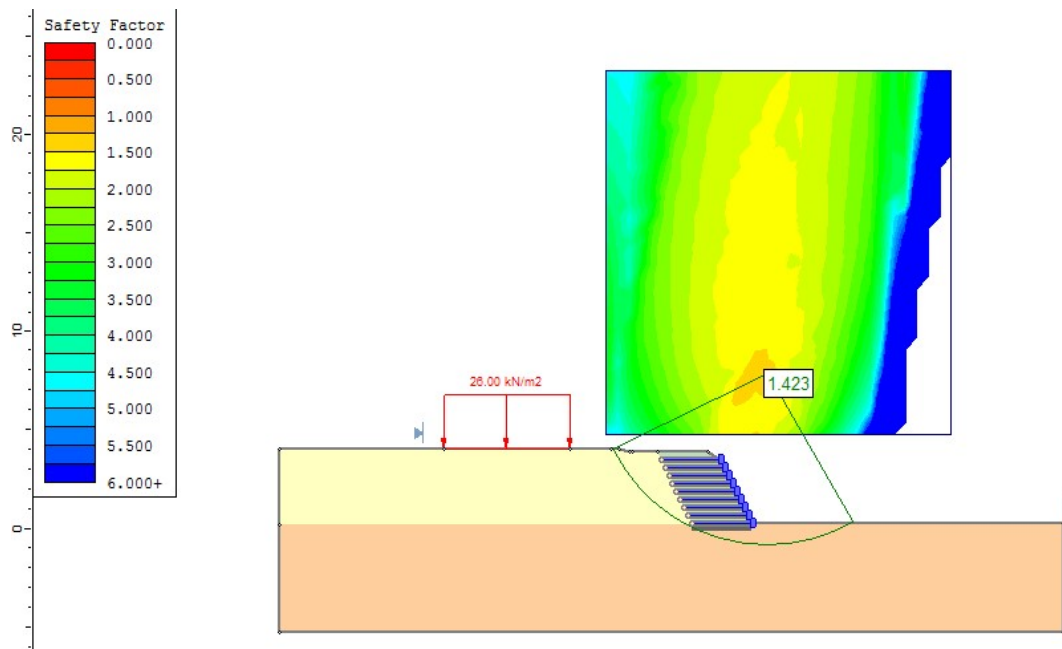
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	Water Surface	Ru
terreno a tergo		18	Mohr-Coulomb	0	25	None	0
terre rinforzate		19	Mohr-Coulomb	0	32	None	0
fondazione		18	Mohr-Coulomb	0	25	None	0
muro		0.1	Infinite strength			None	0
gabbioni		20	Mohr-Coulomb	10	35	None	0

Resistenza geogriglie di rinforzo e palancole:

Support Name	Color	Type	Force Application	Material Dependent	Adhesion	Friction Angle	Shear Strength Model	Force Orientation	Anchorage	Strip Coverage	Tensile Strength
Support 1		GeoTextile	Passive (Method B)	No	0	32	Linear	Bisector of Parallel and Tangent	None	100	46.51

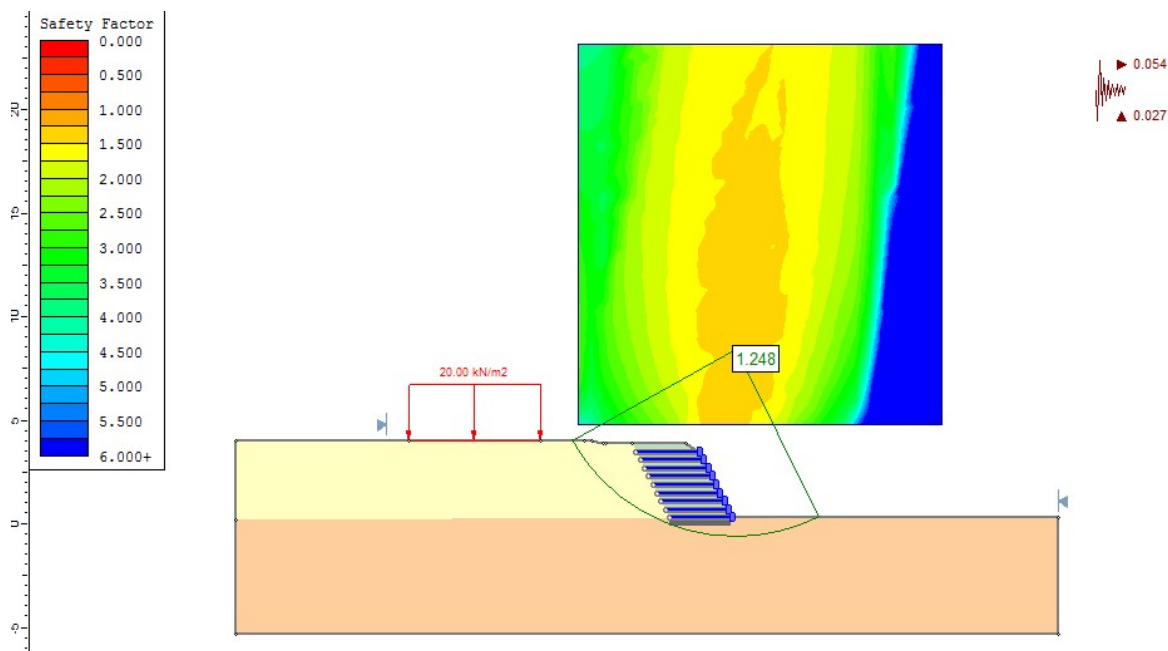
31.6.1. Verifiche di stabilità globale:

Analisi di stabilità in combinazione statica SLU (A2M2R2):



Coefficiente di sicurezza $FS = 1.423 > 1.1 = R2$

Analisi di stabilità in combinazione sismica SLV (A2M2R2):



Coefficiente di sicurezza $FS = 1.132 > 1.1 = R2$

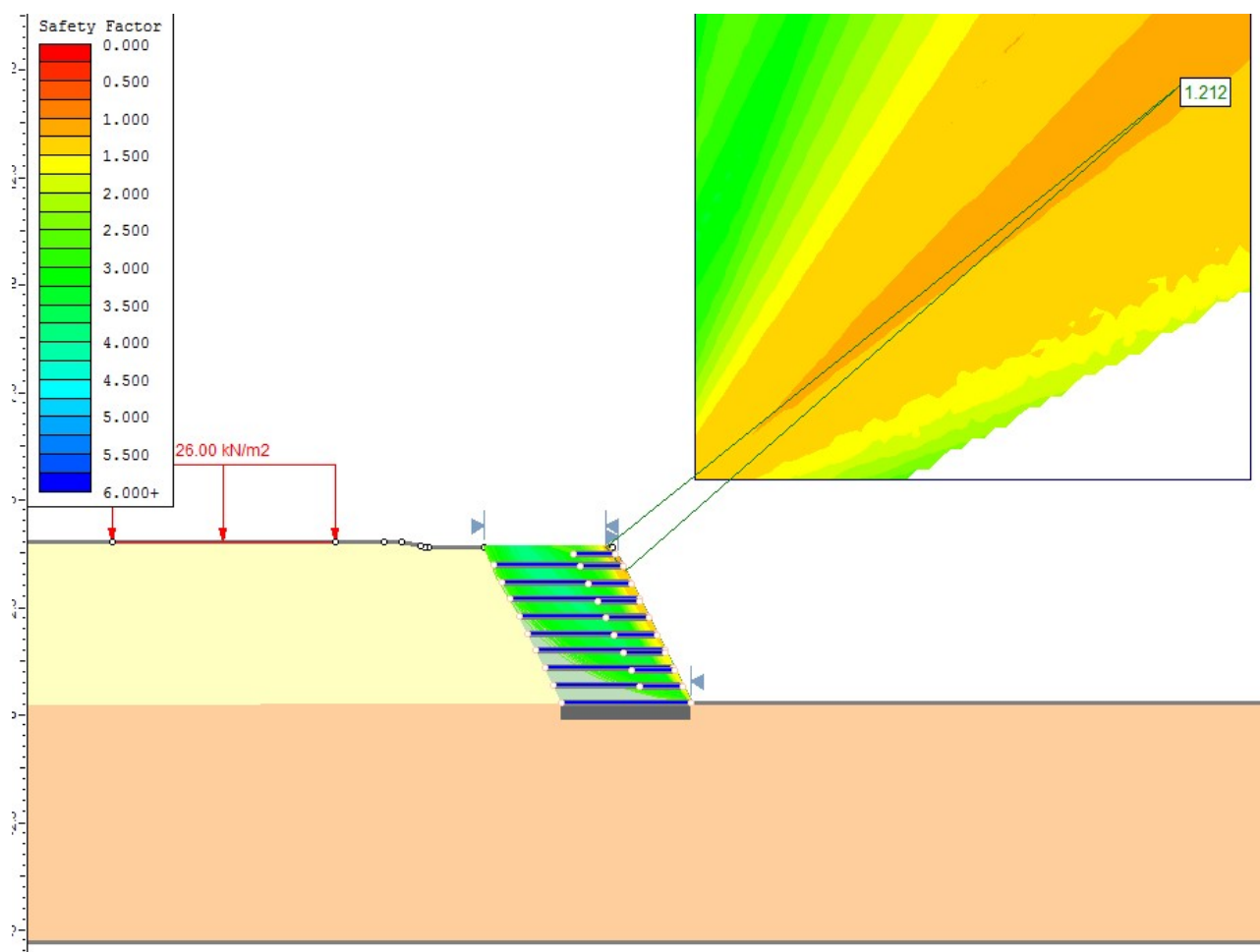
31.6.2. Verifiche di stabilità interna.

Al fine della verifica di stabilità interna (locale) dell'armatura, la geogriglia è stata modellata come libera (non ancorata) ad entrambe le estremità (solo attrito terreno geogriglia) ed i risvolti.

Il codice di calcolo riconosce la presenza della geogriglia assegnando, per ogni concio attraversato dalla stessa, una forza opposta alla direzione di scivolamento e con inclinazione pari alla bisettrice tra la tangente alla base del concio e la direttrice parallela al rinforzo.

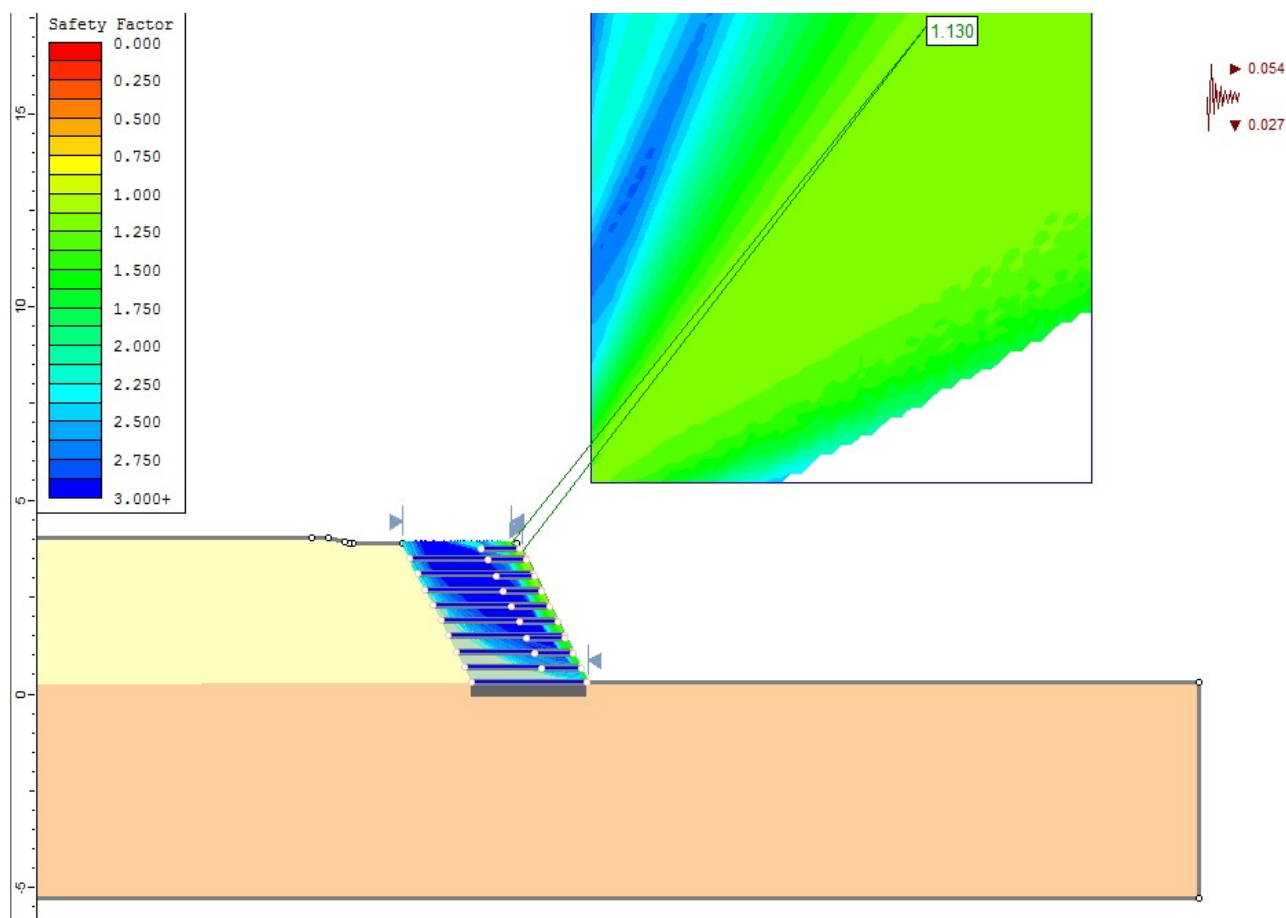
Il coefficiente di sicurezza è calcolato considerando la resistenza di progetto del rinforzo (46.51 kN/m). La verifica a pullout viene effettuata in automatico.

Analisi di stabilità in combinazione statica SLU (A2M2R2):



Coefficiente di sicurezza $FS = 1.212 > 1.1 = R2$

Analisi di stabilità in combinazione sismica SLV (A2M2R2):



Coefficiente di sicurezza FS = 1.130 > 1.1 = R2

31.7. Verifiche di stabilità esterna

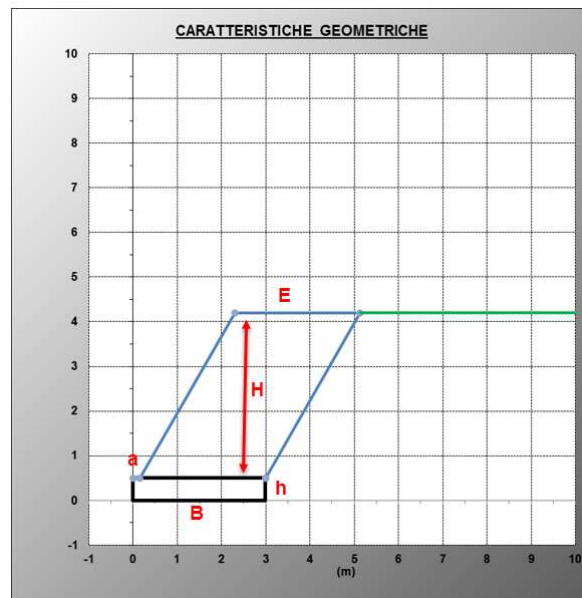
Si riportano di seguito le seguenti verifiche:

- Scorrimento
- Ribaltamento
- Capacità portante

Nelle verifiche è stato considerato un sovraccarico stradale di 20 kPa

Caratteristiche geometriche terre rinforzata

DATI DI INGRESSO	GEOMETRIA DEL MURO				PARAMETRI SISMICI			
	altezza del muro fuori terra	H	3.7	[m]	categoria del suolo di fondazione	cat.	C	
	altezza della fondazione	h	0.5	[m]	accelerazione orizzontale massima	a_g	0.154	
	larghezza del piede a valle	a	0.16	[m]	coefficiente amplificazione stratigrafica	S_s	1.46	
		b	2.14	[m]	coefficiente amplificazione topografica	S_T	1	
	sommità muro	c	0.7	[m]	coefficiente del suolo di fondazione ($S_g \cdot S_d$)	S	1.46	
		f	2.14	[m]	coefficiente riduzione accelerazione massima	β_s	0.24	
	larghezza del piede a monte	e	0.00	[m]	coefficiente sismico orizzontale	k_h	0.054	
	larghezza della fondazione	B	3.00	[m]	coefficiente sismico verticale	k_v	0.027	
	larghezza sommità muro	E	2.8	[m]	coefficiente di combinazione (sisma)	Ψ_d	0	
	inclinazione paramento a valle rispetto verticale ($0 < X < 45$)	α	30	[°]				
	inclinazione paramento a monte	Ψ	120	[°]				



DATI GEOTECNICI (caratteristici)

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE MATERIALE DI RIEMPIMENTO

angolo d'attrito	φ	30	[°]
coesione apparente	c'	0	[kg/cm²]
peso di volume (saturo)	γ	2	[t/m³]
inclinazione del pendio a monte	β	0	[°]
angolo d'attrito interno	$\delta \leq \varphi$	0	[°]
altezza falda da p.p. fondazione	h falda	0	[m]
peso di volume dell'acqua	γ_{water}	1	[t/m³]
angolo sismico	θ	3	[°]
peso di volume efficace	γ_d	2	[t/m³]

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE TERRENO DI FONDAZIONE

angolo d'attrito	φ	30	[°]
coesione apparente	c'	0	[kg/cm²]
resistenza al taglio non drenata	C_u	0	[kg/cm²]
peso di volume (saturo)	γ	2	[t/m³]

DESIGN APPROACH (CONDIZIONI STATICHE)

Design Approach	SLU_DA2
Combinazione	A1+M1+R3

DATI GEOTECNICI (design)

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE MATERIALE DI RIEMPIMENTO

		M1	M2	
angolo d'attrito	φ	30	25	[°]
coesione apparente	c'	0.0	0.0	[kg/cm²]
peso di volume (saturo)	γ	2.00	2.00	[t/m³]
inclinazione del pendio a mon	β	0	0	[°]
angolo d'attrito interno	$\delta \leq \varphi$	0	0	[°]
altezza falda da p.p. fondazion	h falda	0	0	[m]
peso di volume dell'acqua	γ_{water}	1	1	[t/m³]
angolo sismico	θ	3	3	[°]
peso di volume efficace	γ_{off}	2	2	[t/m³]

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE TERRENO DI FONDAZIONE

angolo d'attrito	φ	30	[°]
coesione apparente	c'	0	[kg/cm²]
resistenza al taglio non drenata	C_u	0	[kg/cm²]
peso di volume (saturo)	γ	2	[t/m³]

COEFFICIENTI DI SPINTA

Coeff. di spinta attiva (Coulomb)	M1	k_A	0.155
Coeff. di spinta attiva (Coulomb)	M2	k_A	0.232
Coeff. di spinta sismica (M-O)	M1	$k_{A,E}$	0.189
Coeff. di spinta sismica (M-O)	M2	$k_{A,E}$	0.276

CARICHI

SOVRACCARICHI SUL PENDIO

sovraccarico (non strutt) su B	G_2	0	[t/m²]
sovraccarico (acc) su B	q_1	0	[t/m²]
sovraccarico (acc) dopo B	q_2	2	[t/m²]

FORZE SISMICHE INERZIALI

presenza di forze inerziali ?	FI	si
-------------------------------	----	----

CARICHI PUNTUALI

carico verticale (perm)	V_{G1}	0	[t/m]
carico verticale (perm non strutt)	V_{G2}	0	[t/m]
carico verticale (acc)	V_Q	0	[t/m]
braccio rispetto al piede	x_{v0}	0	[m]
braccio rispetto al centro fondazione	x_{vc}	0	[m]
carico orizzontale (perm)	H	0	[t/m]
braccio	y_H	0	[m]

VERIFICHE

CONDIZIONI STATICHE				
verifica allo scorrimento	A1+M1+R3	FS_{SL}	2.06	OK!
verifica al ribaltamento	EQU	FS_R	4.74	OK!
cap portante fondazione	A1+M1+R3	FS_B	5.26	OK!
tensione massima a valle (kg/cm ²)		$\sigma_{t, valle}$	3.78	
tensione massima a monte (kg/cm ²)		$\sigma_{t, monte}$	0.00	

CONDIZIONI SISMICHE				
verifica allo scorrimento	A1+M1+R3	FS_{SL}	1.87	OK!
verifica al ribaltamento	EQU	FS_R	8.45	OK!
cap portante fondazione	A1+M1+R3	FS_B	6.61	OK!
tensione massima a valle (kg/cm ²)		σ_{valle}	2.83	
tensione massima a monte (kg/cm ²)		σ_{monte}	0.00	

Si riportano per esteso i calcoli effettuati:

W verticali	base [m]	altezza [m]	area [m²]	γ [t/m³]	W [t/m]	braccio [m]	M (punto O) [t°m/m]	braccio [m]	M (centro C) [t°m/m]
Sbalzo a valle	0.16								
par valle	2.14	3.7	4.0	2	7.904	1.58	12.521	-0.086	-0.680
par cent	0.7	3.7	2.59	2	5.180	2.65	13.707	-1.148	-5.947
par monte	2.136	3.7	3.952	2	7.904	4.42	34.938	-2.92	-23.097
Fondazione	3.00	0.5	1.498	2	2.996	1.50	4.489	0	0
Sbalzo a monte	0.00								
γ_{totale}	2	[t/m³]			W_{tot} TOT	23.98	65.65		-29.72
Ww1	0.00	3.700	0.000	2	0.00	3.00	0.00	1.50	0.00
Ww2	0.00	0.000	0.000	2	0.00	3.00	0.00	1.50	0.00
Ww2	0.00	3.700	0.000	2	0.00	3.00	0.00	1.50	0.00
γ_s	2	[t/m³]			Ww TOT	0.00	0.00		0.00
G₂	0.00				0	0.00	3.00	0.00	1.50
					Ww TOT SLU	31.18	85.35		38.64
					W'v TOT	23.98	65.65		29.72
COND. IDRAULICHE RIEMPIIMENTO									
H _i	[m]	4.2							
H o.f.	[m]	4.2							
H u.f.	[m]	0.0							

VERIFICHE IN CONDIZIONI DI ESERCIZIO (STATICHE)

SPINTA STATICA M1					Ka (Coulomb) 0.155					$\gamma_{01} G_1 + \gamma_{02} G_2 + \gamma_P P + \gamma_{01} Q_{01} + \gamma_{02} \psi_{02} Q_{02} + \gamma_{01} \psi_{01} Q_{03} + \dots$				
	[tm]	F orizz [tm]	braccio [m]	M ₀ [tm/m]	F vert [tm]	braccio [m]	M ₀ [tm/m]	braccio [m]	M ₀ [tm/m]					
S ₁	2.729	3.55	1.40	4.97	0.00	3.00	0.00	1.50	0.00					
S ₂	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	1.50	0.00					
S ₃	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	1.50	0.00					
S _{sew}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	1.50	0.00					
Q ₂	1.299	1.95	2.10	4.09	0.00	3.00	0.00	1.50	0.00					
TOT	2.729	5.50		9.06	0.00		0.00		0.00					

SPINTA STATICA M2 EQU					Ka (Coulomb) 0.232					$\gamma_{01} G_1 + \gamma_{02} G_2 + \gamma_P P + \gamma_{01} Q_{01} + \gamma_{02} \psi_{02} Q_{02} + \gamma_{01} \psi_{01} Q_{03} + \dots$				
	[tm]	F orizz [tm]	braccio [m]	M ₀ [tm/m]	F vert [tm]	braccio [m]	M ₀ [tm/m]	braccio [m]	M ₀ [tm/m]					
S ₁	4.098	4.51	1.40	6.31	0.00	3.00	0.00	1.50	0.00					
S ₂	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	1.50	0.00					
S ₃	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	1.50	0.00					
S _{sew}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	1.50	0.00					
Q ₂	0.976	2.93	2.10	6.15	0.00	3.00	0.00	1.50	0.00					
TOT	4.098	7.44		12.46	0.00		0.00		0.00					

Verifica allo scorrimento									
tan($\phi/2$) 0.36									
S _{sk} + S _k	S _{sk}	Q _{2sk}	H+V	W _{tot}	TOT	FS			
F stab	0.00	0.00	0.00	31.18	31.18	2.06			
F instab	3.55	1.95	0.00	0	5.50	SI			

Verifica al ribaltamento									
ΣM_{sk}	ΣM_v	M _{0sk}	M _{0v}	M ₀	TOT	FS			
M stab	0.00	59.09	0.00	0.00	59.09	4.74			
M instab	12.46				12.46	SI			

Momento totale rispetto C									
ΣM_{sk}	ΣM_v	M _{0sk}	M _{0v}	M ₀	TOT				
M stab	0.00	38.64	0.00	0.00	38.64				
M instab	9.06				9.06				

Capacità portante									
FORZE SU PIANO DI POSA									
sforzo normale	N	31	[tm]						
momento	M _c	-30	[tm/m]						
				tensione massima a monte					
eccentricità	e	0.95	[m]						
base	b	2.996196	[m]						
pressione media agente	q _{med}	2.84	[kg/cm²]						
PARAMETRI TERRENO DI FONDAZIONE									
coesione apparente	C _u	0	[kg/cm²]						
resistenza a taglio non drenata	C _u	0	[kg/cm²]						
angolo d'attrito	φ _u	30	[°]						
peso di volume	γ	0.52	[rad]						
coeff spinta passiva	K _p	2	[tm]						
FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE (Meyerhof 1951, 1963)									
capacità portante	N _q	30.1	[t]						
	N _c	18.4	[t]						
	N _γ	15.7	[t]						
inclinazione	i _c	0.79	[t]						
	i _q	0.79	[t]						
	i _γ	0.44	[t]						

ANALISI DELLE TENSIONI			
eccentricità	e < b/6 ?	NO!	
parametro	u	0.55	[m]
tensione massima	q _{max}	3.784	[kg/cm²]
tensione minima	q _{min}	0.000	[kg/cm²]

INFLUENZA DELLA FALDA			
prof. falda da piano posa	d _{av}	0	[m]
altezza cuneo	H	2.59	[m]
peso di volume efficace	γ _{eff}	1.00	[tm/m³]

CAPACITA' PORTANTE			
analisi drenata	q _{ult}	14.92	[kg/cm²]
analisi non drenata	q _{ult}	1	[kg/cm²]
analisi drenata			
capacità portante amm	q _{amm}	7.46	[kg/cm²]
		FS	5.26
		FS > γ _{sk} ?	SI

VERIFICHE IN CONDIZIONI SISMICHE

M - O M1	
$S_{a,E}$ [1/m]	3.24
$S_{a,E,w}$ [1/m]	3.91
terreno permeabile	
$E = S_{a,E}$ [1/m]	3.24
$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} Q_{d1} + \psi_{22} Q_{d2} + \dots$	

Forze Inerziali	
	M_d [t·mm] M_u [t·mm]
Fi muro	orizz 1.29 2.70 2.70 vert 0.65 1.77 -0.80
Fi terreno	orizz 0.00 0.00 0.00 vert 0.00 0.00 0.00

M - O M2 EQU	
$S_{a,E}$ [1/m]	4.73
$S_{a,E,w}$ [1/m]	5.57
terreno permeabile	
$E = S_{a,E}$ [1/m]	4.73
$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} Q_{d1} + \psi_{22} Q_{d2} + \dots$	

Forze Inerziali	
	M_d [t·mm] M_u [t·mm]
Fi muro	orizz 1.29 2.70 2.70 vert 0.65 1.77 -0.80
Fi terreno	orizz 0.00 0.00 0.00 vert 0.00 0.00 0.00

Verifica allo scorrimento									
$\tan(\phi/2(3g))$	0.36								
E_v [1/m]	E_h [1/m]	$v_z Q_{d,v}$ [1/m]	$v_z Q_{d,v}$ [1/m]	$F_{i,oriz}$ [1/m]	$W_{tot} F_{i,v}$ [1/m]	H+V [1/m]	TOT [1/m]	FS	1.87
F stab	0.00	0.00	0.00	23.34	0.00	23.34	FS > 1.37	si	
F instab	3.24	0.00	1.29	0	4.54				

Verifica al ribaltamento									
$\Sigma M_{E,v}$ [t·mm]	$\Sigma M_{E,h}$ [t·mm]	$v_z Q_{d,v}$ [1/m]	$v_z Q_{d,v}$ [1/m]	$F_{i,oriz}$ [1/m]	$W_{tot} F_{i,v}$ [1/m]	$M_{u,v}$ [t·mm]	TOT [1/m]	FS	8.45
M stab	0.00	0.00	0.00	63.88	0.00	63.88	FS > 17	si	
M instab	4.86	0.00	2.70	0.00	7.56				

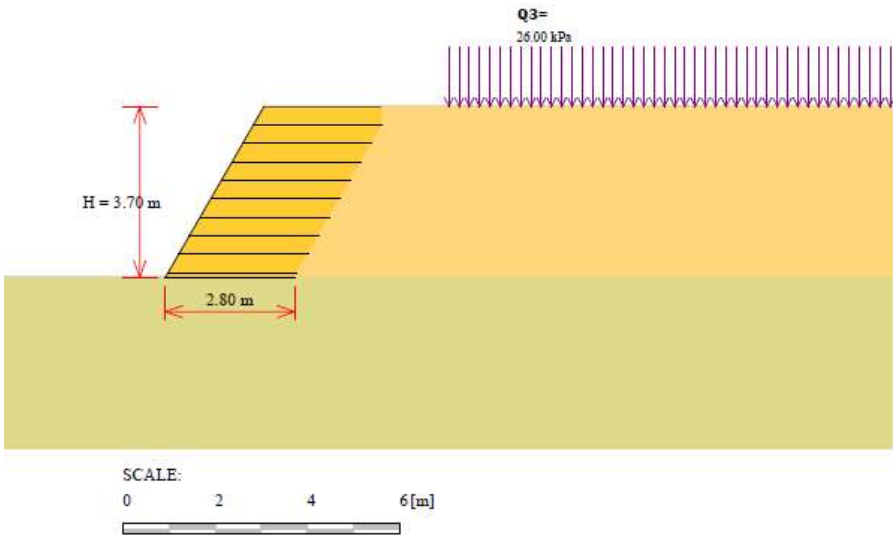
Momento totale rispetto C									
$\Sigma M_{E,v}$ [t·mm]	$\Sigma M_{E,h}$ [t·mm]	$v_z Q_{d,v}$ [1/m]	$v_z Q_{d,v}$ [1/m]	$F_{i,oriz}$ [1/m]	$W_{tot} F_{i,v}$ [1/m]	$M_{u,v}$ [t·mm]	TOT [1/m]		
M stab	0.00	0.00	0.00	29.72	0.00	29.72			
M instab	7.54	0.00	2.70	0.00	10.24				

CAPACITA' PORTANTE									
FORZE SU PIANO DI POSA									
sforzo normale	N	23	[1/m]						
momento	M_c	-19	[t·mm]						
				tensione massima a monte					
eccentricità	e	0.95	[m]						
base	b	2.996196	[m]						
pressione media agente	Q_{med}	2.12	[kg/cm²]						
PARAMETRI TERRENO DI FONDAZIONE									
coesione apparente	c'_{10}	0	[kg/cm²]						
resistenza taglio non drenata	C_u	0	[kg/cm²]						
angolo d'attrito	ϕ_u	30	[°]						
peso di volume	γ	2	[1/m]						
coeff spinta passiva	K_p	3.00	[1]						
FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE (Meyerhof 1951, 1963)									
capacità portante	N_c	30.1	[1]						
	N_q	18.4	[1]						
	N_γ	15.7	[1]						
inclinazione	i_c	0.77	[1]						
	i_q	0.77	[1]						
	i_γ	0.40	[1]						
coefficienti correttivi (Paolucci & Pecker 1997)	Z_c	0.85	[1]						
	Z_q	0.97	[1]						
	Z_γ	0.97	[1]						
ANALISI DELLE TENSIONI									
eccentricità	e < b/6 ?	NO!!							
sezione parzializzata									
parametro	u	0.55	[m]						
tensione massima	σ_{MAX}	2.832	[kg/cm²]						
tensione minima	σ_{MIN}	0.000	[kg/cm²]						
INFLUENZA DELLA FALDA									
prof. falda da piano posa	d_v	0	[m]						
altezza cuneo	H	2.59	[m]						
peso di volume efficace	γ_{eff}	1.00	[1/m]						
CAPACITA' PORTANTE									
analisi drenata	Q_{ult}	14.03	[kg/cm²]						
analisi non drenata	Q_{ult}	1	[kg/cm²]						
analisi drenata									
capacità portante amm	Q_{amm}	7.02	[kg/cm²]						
FS 6.61									
FS > 27 si									

31.8. Verifiche secondo metodo di Leshchinsky

La verifica delle terre rinforzate viene effettuata a favore di sicurezza per confronto anche con il metodo di Dov Leshchinsky (January 1997, US Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, 3909 Halls Ferry Road, Vicksburg, Mississippi, 39180-6199, Technical Report REMR-GT-23), mediante l'utilizzo del codice di calcolo gratuito FORSLOPE (Huesker).

DESIGN STANDARD: BS 8006 (ULS)	
Life expectancy of the structure is between 10.0 and 60.0 years.	
Structure category: Other than Abutment or Mototway	
GEOMETRY AND LOADING DATA	
Height of slope, H [m]	3.70
Slope angle, i °	60.00
Horizontal length, A [m]	4.00
Horizontal length, B [m]	0.00
Backslope angle, β °	0.00
Slope at bottom of wall, α °	0.00
Surcharge load over A, Q1 [kPa]	0.00
Surcharge load over backslope B, Q2 [kPa]	0.00
Surcharge load away from backslope, Q3 [kPa]	26.00
Water is not present.	



SOIL DATA		
REINFORCED SOIL:	Internal angle of friction, ϕ°	32.0
	Cohesion, c [kPa]	0.00
	Moist unit weight, γ [kN/m ³]	19.00
	Type of fill: Sand, D90 < 2 mm of pH ranging between 4.0 and 9.0	
BACKFILL SOIL:	Internal angle of friction, ϕ°	25.0
	Cohesion, c [kPa]	0.00
	Moist unit weight, γ [kN/m ³]	19.00
FOUNDATION SOIL:	Internal angle of friction, ϕ°	25.0
	Cohesion, c [kPa]	0.00
	Moist unit weight, γ [kN/m ³]	19.00
GENERAL DATA		
	Assumed angle of interwedge force (direct sliding analysis), δ°	20.00
	Pullout interaction coefficient (reinforced soil), C _i	0.90
	Pullout interaction coefficient (foundation soil), C _i	0.90
	Direct sliding coefficient (along reinforced soil), C _{ds}	0.90
	Direct sliding coefficient (along foundation soil), C _{ds}	0.90
	Uniform length of all layers was specified.	
SEISMIC PARAMETERS		
	Horizontal seismic coefficient, K _h	0.00
	Vertical seismic coefficient, K _v	0.00
	K _h and K _v ARE NOT applied to the reinforced mass and surcharge in direct sliding analysis.	
FOUNDATION EFFECTS		
	Slip surfaces in tieback and compound analyses are allowed to penetrate the foundation soil.	
	Bishop's deepseated analysis was invoked and circles may penetrate the foundation to a maximum depth of [m]	
		12.00
GEOSYNTHETIC DESIGN PARAMETERS (of cluster)		
	(----- Manual input data -----)	
GENERAL SAFETY FACTORS		
	Factor of safety on soil and water weight, F _{fs}	1.00
	Factor of safety on soil strength, F _{ms} (friction)	1.00
	Factor of safety on soil strength, F _{ms} (cohesion)	1.00
	Factor of safety on pullout resistance, F _p	1.10
	Factor of safety on sliding across reinforced surface, F _s	1.10
	Factor of safety on external load, F _q	1.00

SUMMARY OF TIEBACK AND COMPOUND RESULTS

#	Elevation [m]	Geogrid Designation	Length [m]	Mode of Failure	S t r e n g t h:			Actual Overall F _s	Status
					Required, T _r [kN/m]	Ultimate, T _{ult} [kN/m]	Long-term (design) T _{ltds} [kN/m]		
1	0.00	Fortrac® PET 80/30-20	2.80	Compound	46.41	80.00	46.41	> 1.00	OK
2	0.10	Fortrac® PET 80/30-20	2.80	Tieback	3.18	80.00	46.41	14.61	OK
3	0.50	Fortrac® PET 80/30-20	2.80	Tieback	2.79	80.00	46.41	16.61	OK
4	0.90	Fortrac® PET 80/30-20	2.80	Tieback	2.41	80.00	46.41	19.23	OK
5	1.30	Fortrac® PET 80/30-20	2.80	Tieback	2.03	80.00	46.41	22.84	OK
6	1.70	Fortrac® PET 80/30-20	2.80	Tieback	1.65	80.00	46.41	28.12	OK
7	2.10	Fortrac® PET 80/30-20	2.80	Tieback	1.27	80.00	46.41	36.53	OK
8	2.50	Fortrac® PET 80/30-20	2.80	Tieback	0.89	80.00	46.41	52.00	OK
9	2.90	Fortrac® PET 80/30-20	2.80	Tieback	0.52	80.00	46.41	89.65	OK
10	3.30	Fortrac® PET 80/30-20	2.80	Tieback	0.16	80.00	46.41	285.78	OK

DETAILED RESULTS OF TIEBACK AND COMPOUND ANALYSES

#	Elevation [m]	Geogrid Designation	Total Length [m]	Embedded Length to resist pullout, L_e [m]	Length to slip surface, L_a [m]	Strength for:		Controlling Mode of Failure
						Compound stability (available) T-compound [kN/m]	Tieback (required) T-tieback [kN/m]	
1	0.00	Fortrac® PET 80/30-20	1.78	1.78	0.00	46.41	0.87	Compound
2	0.10	Fortrac® PET 80/30-20	0.45	0.34	0.11	46.41	3.18	Tieback
3	0.50	Fortrac® PET 80/30-20	0.63	0.15	0.48	46.41	2.79	Tieback
4	0.90	Fortrac® PET 80/30-20	0.84	0.09	0.75	46.41	2.41	Tieback
5	1.30	Fortrac® PET 80/30-20	1.00	0.06	0.94	46.41	2.03	Tieback
6	1.70	Fortrac® PET 80/30-20	1.12	0.05	1.07	46.41	1.65	Tieback
7	2.10	Fortrac® PET 80/30-20	1.19	0.04	1.15	46.41	1.27	Tieback
8	2.50	Fortrac® PET 80/30-20	1.22	0.04	1.18	46.41	0.89	Tieback
9	2.90	Fortrac® PET 80/30-20	1.22	0.04	1.18	46.41	0.52	Tieback
10	3.30	Fortrac® PET 80/30-20	1.16	0.02	1.14	46.41	0.16	Tieback

RESULTS OF DIRECT SLIDING AND DEEPSEATED ANALYSES for BS 8006 (ULS)

DIRECT SLIDING

Required length of bottom layer to produce the specified

F_s sliding along reinforced surface = 1.10 is 2.80 m.

Maximum length based on compound and tieback analyses to insure

F_n -ramification and F_p -pullout = 1.10, is 1.78 m.

Theta-critical = 52.5 degrees

DEEPSEATED

Partial deepseated factor of safety, F_s -deepseated, based on Bishop's analysis, is 1.11.

The critical circle is forced to pass outside the reinforced zone defined by the bottom geosynthetic layer; its maximum potential depth is restricted to 12.00 m.

The critical circle is at: $X_c = 0.01$, $Y_c = 7.40$, Radius = 7.91 meters. Number of Slices = 50.

In case the crest elevation is above H, ForSlope assumes a tension crack between the crest and H (see graphic screen).

NOTES: (1) To obtain satisfactory F_s -deepseated, re-run ForSlope with a larger specified value of F_s -direct sliding. This will force deeper circles that should yield larger deepseated safety factor.

(2) When having poor material in the backfill soil or in the foundation soil, please be aware that this Bishop-analysis gives only an indication of the F_s -deepseated. Use in this case other soil stability software programs to verify this achieved F_s -deepseated.

TIEBACK & COMPOUND

Tieback/compound slip surfaces are not restricted from penetrating the foundation soil.