

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE EOLICA  
"Parco Eolico San Pietro" DI POTENZA PARI A 60 MW

REGIONE PUGLIA  
PROVINCIA di BRINDISI

PARCO EOLICO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI:  
Brindisi, San Pietro Vernotico, Cellino San Marco

PROGETTO DEFINITIVO  
Id AU VSSK6Y3

Tav.:

Titolo:

R20b

Relazione Geotecnica - SSE

Scala:

Formato Stampa:

Codice Identificatore Elaborato:

n.a.

A4

VSSK6Y3\_RelazioneGeotecnica\_20b

Progettazione:

Committente:

STCs S.r.l.

Via Nazario Sauro, 51 - 73100 Lecce  
stcs@pec.it - fabio.calcarella@gmail.com

Dott. Ing. Fabio CALCARELLA



D. E. A.  
ING. GIOVANNI LUCA D'AMATO

VIA BENEDETTO CROCE, 23 - 73100 LECCE  
TEL 0832 1940701 - FAX 0832 1940702  
Email: gl.damato@associatidea.com  
PEC: giovanniluca.damato@ingpec.eu



wpd MURO s.r.l.



Viale Aventino, 102 - 00153 Roma  
C.F. e P.I. 15443431000  
tel. +39 06 960 353-00

Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Agosto 2020	Prima emissione	GLD	FC	wpd MURO s.r.l.

## RELAZIONE GEOTECNICA SULLE FONDAZIONI

*(NTC 2018 CAP. 6 E CIRCOLARE 7/2019 PUNTO C6.2.2.5)*

### GENERALITA'

<b>OGGETTO</b>	<u>PROGETTO PER LA COSTRUZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE EOLICA IN AGRO DI San Pietro Vernotico e Brindisi</u>
<b>COMUNE:</b>	<b>BRINDISI (BR)</b>
<b>ZONA SISMICA:</b>	ZONA 4
<b>ALTITUDINE:</b>	<b>62 M S.L.M.</b>
<b>TIPOLOGIA STRUTTURALE:</b>	SSE – CALCESTRUZZO ARMATO
<b>TIPOLOGIA FONDAZIONI:</b>	FONDAZIONI SUPERFICIALI
<b>NORMATIVA:</b>	<b>D. M. DELLE INFRASTRUTTURE 17/01/2018 CIRCOLARE C. S. LL. PP. N. 7 DEL 12/02/2019</b>
<b>APPROCCIO VERIFICA GEO:</b>	<b>APPROCCIO 2</b>

<b>INDICE</b>	
<b>0. PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
0.1. DESCRIZIONE DELL'OPERA E DEGLI INTERVENTI .....	4
<b>1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA</b> .....	<b>5</b>
1.1. PERICOLOSITÀ SISMICA.....	5
1.1.1. SITO DI RIFERIMENTO.....	5
1.1.2. PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA.....	6
1.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO. ....	7
1.2.1. SABBIE.....	9
1.2.2. IDROGEOLOGIA .....	9
1.2.3. INDAGINI E PROVE GEOTECNICHE.....	9
1.3. CARATTERIZZAZIONE MECCANICA E MODELLO GEOTECNICO DEI TERRENI.....	10
<b>2. VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE FONDAZIONI</b> .....	<b>12</b>
2.1. VERIFICHE GEO .....	13
2.2. VERIFICHE STR.....	13
2.3. CALCOLO DELLA CAPACITÀ PORTANTE DELLE STRUTTURE DI FONDAZIONE .....	15
<b>3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>19</b>

## O. PREMESSA

LA PRESENTE RELAZIONE È REDATTA ALLO SCOPO DI SINTETIZZARE GLI ASPETTI GEOTECNICI RELATIVI ALLE STRUTTURE DI FONDAZIONE DELLA SSE A SERVIZIO DEL PARCO EOLICO COMPOSTO DA N. 10 TORRI PREVISTE CON IL PROGETTO NEI TERRITORI DI SAN PIETRO VERNOTICO E BRINDISI PROPOSTO DALLA SOCIETÀ WPD MURO S.R.L..

LA SSE RISULTA UBICATA SULLA PROVINCIALE SP80 IN AGRO DI BRINDISI (BR).

LA PARTE INIZIALE DELLA RELAZIONE È DEDICATA AL SINTETICO INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA IN ESAME E, IN MANIERA PIÙ ESTESA, ALLA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO SUL QUALE SARANNO REALIZZATE LE TORRI EOLICHE ED ALLA DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOTECNICO DEI TERRENI DI FONDAZIONE.

LA PARTE SUCCESSIVA DELLA RELAZIONE È DEDICATA ALLA VERIFICA, ALLO STATO LIMITE ULTIMO, DELLA FONDAZIONE INDIRETTA QUANDO ASSOGGETTATA AD AZIONI SIA VERTICALI CHE ORIZZONTALI. LO STUDIO È STATO SVILUPPATO CONGRUENTEMENTE CON QUANTO PREVISTO DALLE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI [1].

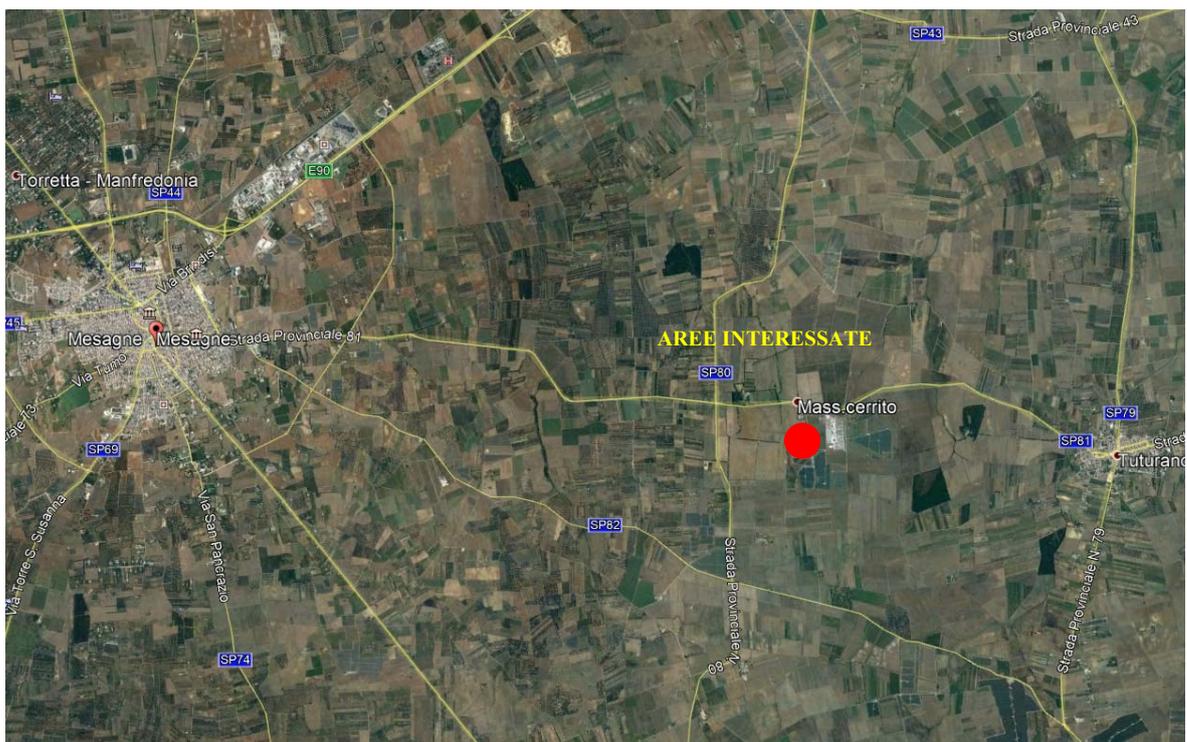
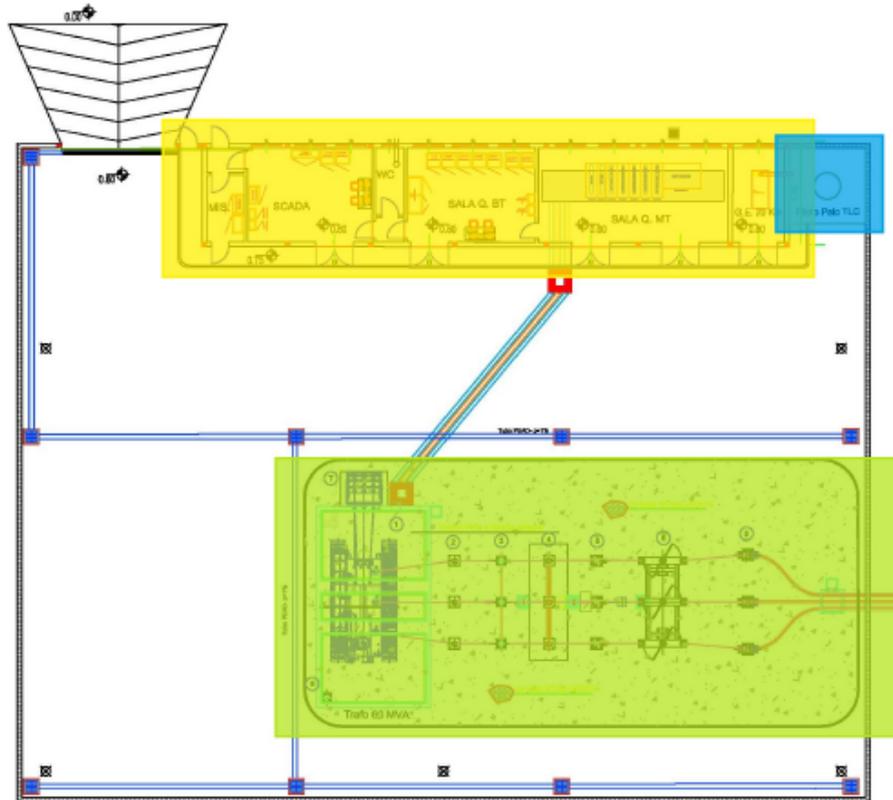


FIGURA I: ORTOFOTO DELL'AREA

## O.I. DESCRIZIONE DELL'OPERA E DEGLI INTERVENTI

LA SSE SARÀ REALIZZATA CON STRUTTURA IN CALCESTRUZZO ARMATO GETTATO IN OPERA, ED AVRÀ LA CONFIGURAZIONE DESCRITTA NELLA RELAZIONE GENERALE DI CALCOLO. SI RIPORTA DI SEGUITO IL LAYOUT DELLA SSE.



**FIGURA 2:** IN GIALLO LA STAZIONE UTENTE – IN VERDE LE APPARECCHIATURE ELETTROMECCANICHE DI PERTINENZA

LE FONDAZIONI PER LA STRUTTURA IN OGGETTO SONO DEL TIPO "SUPERFICIALE" A PLATEA, PER RISOLVERE PROBLEMI DI TIPO COSTRUTTIVO E DI INFILTRAZIONE DAL BASSO DI ACQUE.

## I. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### I.I. PERICOLOSITÀ SISMICA

LA DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE SECONDO LE NTC 2018 SI DETERMINA ATTRAVERSO UNA GRIGLIA REGOLARE CHE COPRE TUTTO IL TERRITORIO NAZIONALE. NEI NODI DELLA GRIGLIA L'INGV HA CALCOLATO L'ACCELERAZIONE SISMICA MASSIMA ATTESA, IN CONFORMITÀ A QUEST'ULTIMA SONO CALCOLATI I PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA.

PARAMETRI DI INGRESSO PER LE FORME SPETTRALI NELLA LOCALITÀ DI INSTALLAZIONE A GALATINA (LE))

TABELLA I: AREA I

LATITUDINE [ED50/WGS84]	LONGITUDINE [ED50/WGS84]
40,547224 / 40.546245	17,905202 / 17.904417
CLASSE DELL'EDIFICIO	IV
VITA NOMINALE STRUTTURA	100 ANNI

#### I.I.I. SITO DI RIFERIMENTO

POSIZIONE DEL PUNTO (SITO DI INTERESSE) RISPETTO ALLA GRIGLIA REGOLARE CHE COPRE TUTTO IL TERRITORIO NAZIONALE (NODI IN CUI È CALCOLATA L'ACCELERAZIONE SISMICA MASSIMA ATTESA):



FIGURA 3: QUADRILATERI DI RIFERIMENTO

## 1.1.2. PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA

TABELLA 2. PARAMETRI PER TERRENO TIPO B

"STATO LIMITE"	$T_r$ [ANNI]	$A_G$ [G]	$F_0$ [-]	$T^*_c$ [S]
OPERATIVITÀ	120	0.029	2.360	0.337
DANNO	201	0.035	2.443	0.376
SALVAGUARDIA VITA	1898	0.067	2.732	0.535
PREVENZIONE COLLASSO	2475	0.072	2.786	0.542

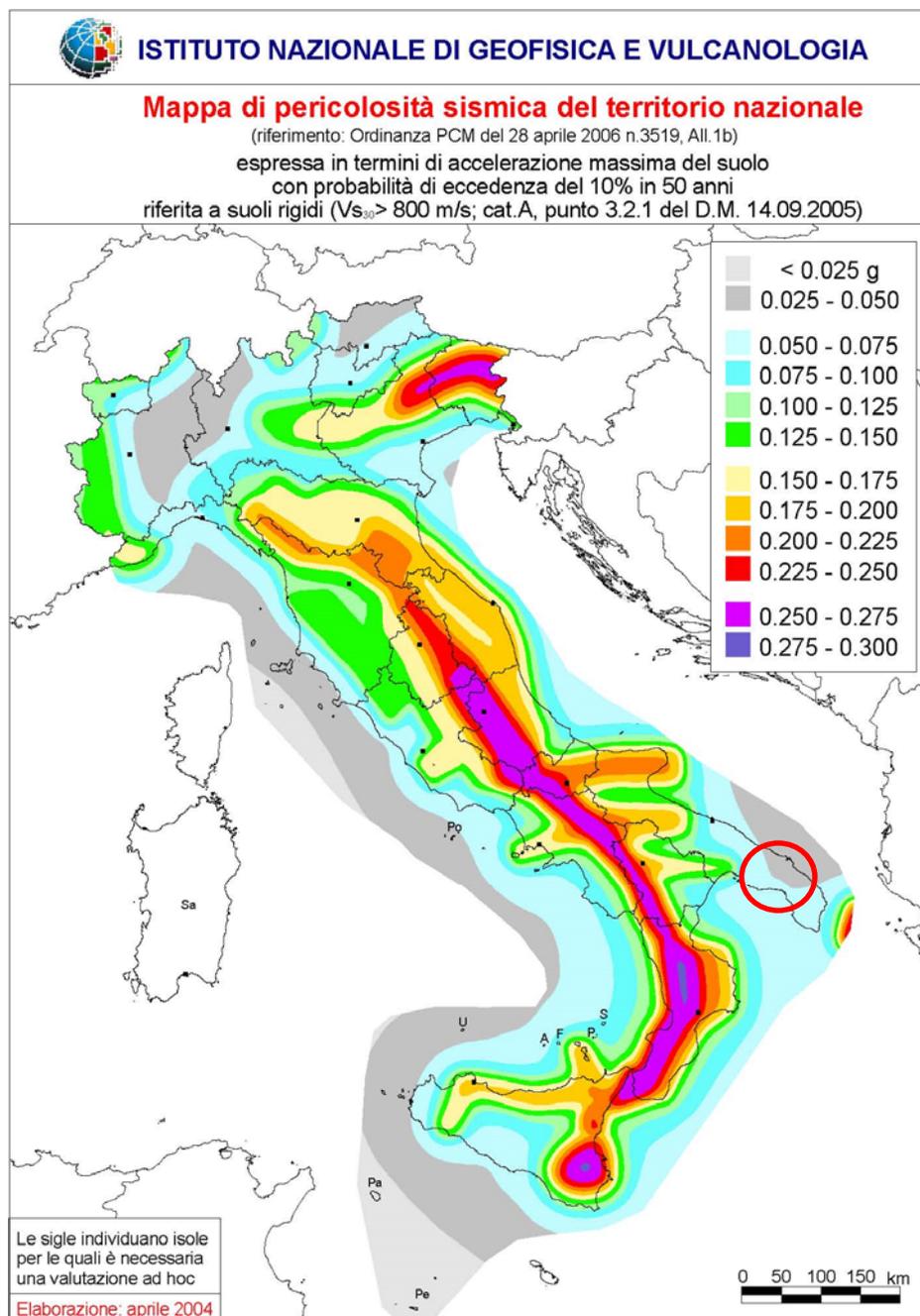


FIGURA 4. MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA – APRILE 2004

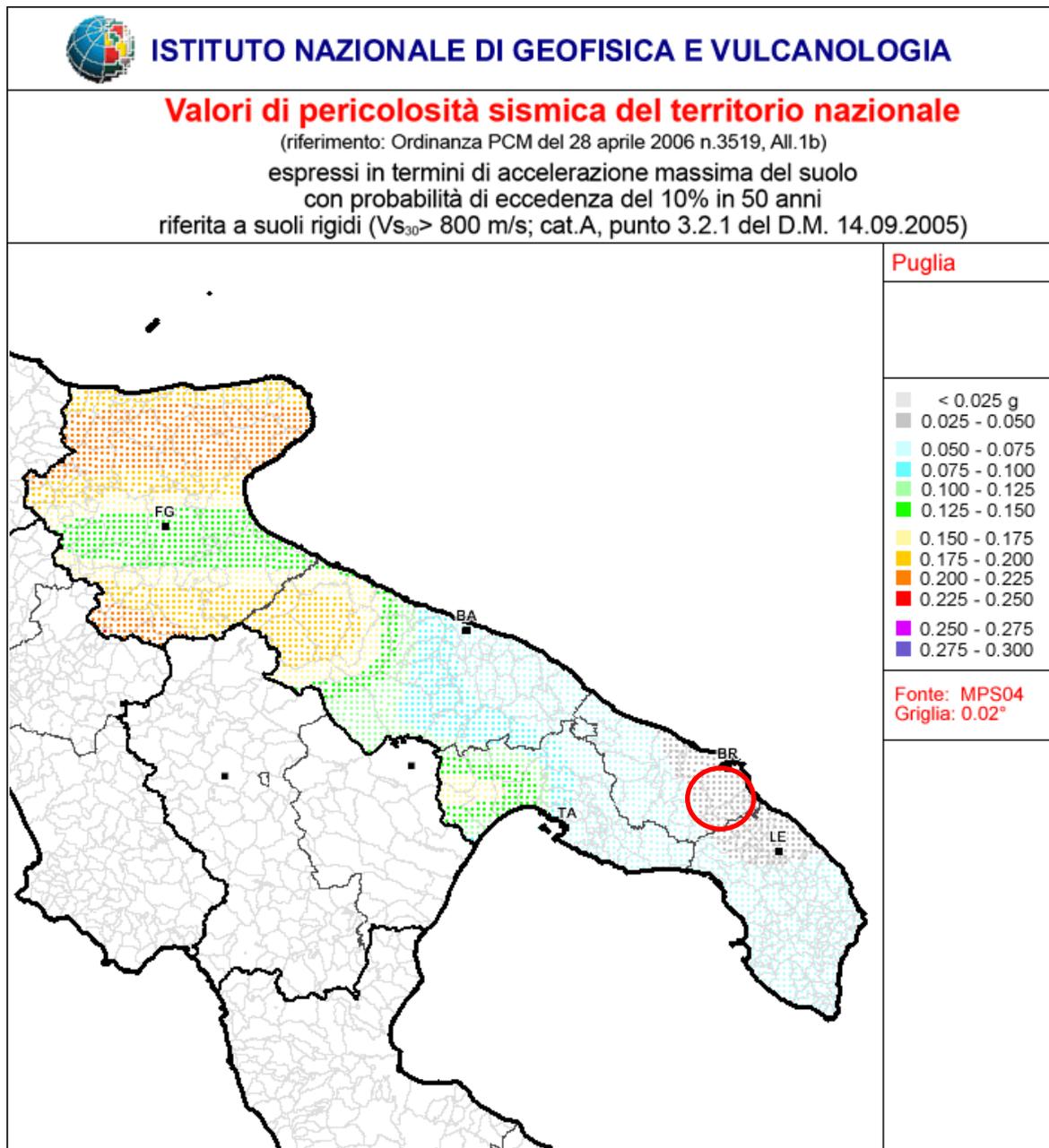


FIGURA 5: MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA IN DETTAGLIO SU AREA D'INTERESSE – APRILE 2004

## 1.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO.

IL TERRITORIO SI ESTENDE NELL'AREA SUD DEL CAPOLUOGO (BRINDISI), A SUD OVEST DEL CENTRO ABITATO DI MESAGNE, POSTA AD UNA QUOTA TOPOGRAFICA DI CIRCA 62 M S.L.M..

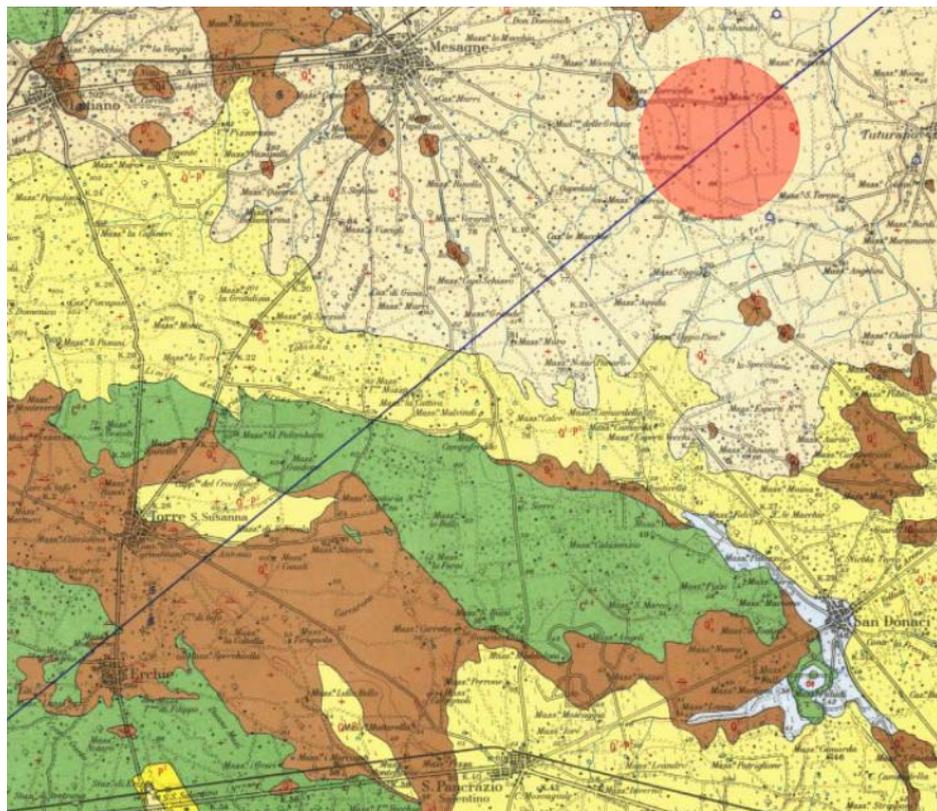
IL TERRITORIO SI ESTENDE NELL'AREA SUD DELL'AGRO DI MESAGNE (BR), AL CONFINE TRA LE PROVINCE DI TARANTO E LECCE, DALLA MORFOLOGIA TIPICAMENTE "PIANEGGIANTE" CON QUOTA TOPOGRAFICA VARIABILE DA CIRCA 50 M A CIRCA 80 M S.L.M..

L'ENTROTERRA BRINDISINO È COSTITUITO DA UN'AMPIA AREA SUBPIANEGGIANTE OVE AFFIORANO PREVALENTEMENTE DEPOSITI CALCARENITICI E SABBIOSI DI ORIGINE MARINA; QUESTI DEPOSITI POGGIANO SU UN BANCO ARGILLOSO DEL PLEISTOCENE INF., A SUA VOLTA SOVRASTANTE LA PIATTAFORMA CARBONATICA COSTITUITA DA CALCARI MESOZOICI E DAI TERRENI RELATIVI AI TERMINI INFERIORI DEL CICLO SEDIMENTARIO DELLA FOSSA BRADANICA (CALCARENITI DI GRAVINA).

L'AREA INTERESSATA DAL PROGETTO È SITUATA IN UN CONTESTO TERRITORIALE CARATTERIZZATO DA UNA MORFOLOGIA PRESSOCHÉ TABULARE, CON QUOTE TOPOGRAFICHE COMPRESSE TRA I 50 ED GLI 80 METRI S.L.M.

DA UN PUNTO DI VISTA GEOLOGICO STRATIGRAFICO L'AREA OGGETTO DI STUDIO È CARATTERIZZATA DA AFFIORAMENTI DI SUCCESIONI SEDIMENTARIE DI ETÀ COMPRESA TRA IL CRETACEO MEDIO ED IL PLIOCENE. IL RILIEVO GEOLOGICO HA EVIDENZIATO LA PRESENZA DELLE SEGUENTI FORMAZIONI (DAL BASSO VERSO L'ALTO):

- CALCARI DI ALTAMURA (CRETACEO);
- CALCARENITI DI GRAVINA (PLEISTOCENE INFERIORE);
- SABBIE PLEISTOCENICHE (PLEISTOCENE MEDIO – SUPERIORE).



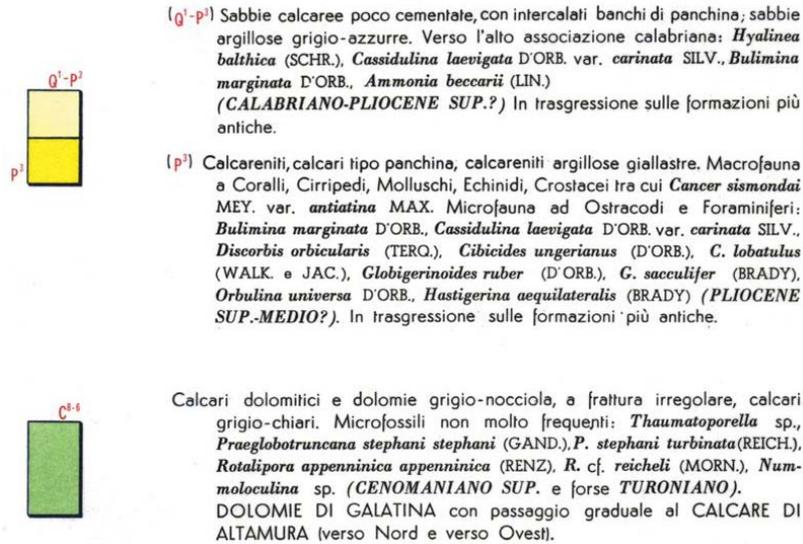


FIGURA 6: STRALCIO DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA – BRINDISI FOGLIO 213 – IN ROSSO L'AREA DI INTERESSE SOTTO LA COLTRE DI TERRENO VEGETALE SONO STATE RINVENUTE SABBIE MEDIAMENTE ADDENSATE.

### 1.2.1. SABBIE

QUESTA FORMAZIONE, IN AFFIORAMENTO, COSTITUISCE IL TERRENO FONDALE PER LA STAZIONE SSE. SI TRATTA DI DEPOSITI SABBIOSI DI NATURA MICACEA CHE AFFIORANO ESTESAMENTE SU TUTTA L'AREA INDAGATA E COSTITUISCONO IL TERMINE DI CHIUSURA DEL CICLO SEDIMENTARIO POST CALABRIANO.

### 1.2.2. IDROGEOLOGIA

DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO, SI È APPURATA LA PRESENZA DI UNA SOLA FALDA ACQUIFERA PROFONDA CONOSCIUTA COME FALDA COSTIERA O CARSIKA AD UNA PROFONDITÀ DI CIRCA 50 M.

### 1.2.3. INDAGINI E PROVE GEOTECNICHE

IL PROGRAMMA D'INDAGINI GEOGNOSTICHE, PER LA REDAZIONE DEL PRESENTE PROGETTO DEFINITIVO, ELABORATO DAL GEOLOGO DOTT. MARCELLO DE DONATIS, È STATA ESEGUITA IN OTTEMPERANZA AL D.M. 17/01/2018 E AL D.M. LL. PP. DEL 11/03/1988.

TALE ATTIVITÀ È STATA CONDOTTA ESEGUENDO:

- PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE;
- PROFILI SISMICI A RIFRAZIONE PER CARATTERIZZARE MECCANICAMENTE IL LITOTIPO FONDALE;
- PROFILI SISMICI PASSIVO PER INDIVIDUARE LA CATEGORIA SISMICA DI SUOLO.

PER MAGGIORI DETTAGLI SUI RISULTATI SI RIMANDA ALLA RELAZIONE GEOLOGICA REDATTA DAL GEOLOGO DOTT. MARCELLO DE DONATIS, DOCUMENTO CHE COSTITUISCE PARTE INTEGRANTE DELLA PRESENTE RELAZIONE GEOTECNICA.

### 1.3. CARATTERIZZAZIONE MECCANICA E MODELLO GEOTECNICO DEI TERRENI

LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE È STATA REDATTA SULLA BASE DELL'INTERPRETAZIONE DELLE SPECIFICHE PROVE IN SITO. DAI RISULTATI DELLE INDAGINI GEOLOGICHE E DALLA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA SI SONO DESUNTE LE CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE PER LE UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE INTERESSATE DALLA COSTRUZIONE DELL'OPERA.

TABELLA 3: CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI SUBSTRATI RINVENUTI NEL SITO DI INTERESSE

1 sabbie mediamente addensate		
Classificazione	Incoerente	Fill 
<b>Pesi</b>		
Peso specifico del terreno naturale ( $\gamma$ )	<daN/cm <sup>3</sup> >	0.00165
Peso specifico del terreno saturo ( $\gamma_{sat}$ )	<daN/cm <sup>3</sup> >	0.0022
<b>Proprietà indice</b>		
<input checked="" type="checkbox"/> Usa le impostazioni seguenti:		
Densità relativa ( $D_r$ )	<%>	35
Indice di plasticità ( $I_p$ )	<%>	
<b>Parametri plastici</b>		
Angolo di attrito efficace ( $\phi'$ )	<grad>	30
Coesione efficace ( $c'$ )	<daN/cm <sup>2</sup> >	0
Coesione non drenata ( $c_u$ )	<daN/cm <sup>2</sup> >	
<b>Caratteristiche litostatiche</b>		
Grado di sovraconsolidazione (OCR)		1
Coeff. di spinta a riposo ( $\kappa_0$ )		0.5
<b>Parametri elastici</b>		
<input checked="" type="checkbox"/> Usa le impostazioni seguenti:		
Modulo elastico normale (E)	<daN/cm <sup>2</sup> >	28
Modulo elastico tangenziale (G)	<daN/cm <sup>2</sup> >	332
Esponente del parametro tensionale ( $t_j$ )		1
Coeff. di Poisson ( $\nu$ )		0.4
Modulo edometrico ( $E_{ed}$ )	<daN/cm <sup>2</sup> >	90

**N.B.:** CON IL PROGETTO ESECUTIVO SARANNO ESEGUITE INDAGINI GEOGNOSTICHE SU OGNI SITO DI COSTRUZIONE, CON RELATIVO APPROFONDIMENTO DEI CARATTERI GEOTECNICI DEI VARI LITOTIPI RISCOINTRATI IN QUESTA FASE DI INDAGINE.



D. E. A.  
ING. GIOVANNI LUCA D'AMATO

VIA BENEDETTO CROCE, 23 – 73100 – LECCE  
TEL. 0832 194 07 01 – FAX 0832 194 07 02

Email: [gl.damato@associatidea.com](mailto:gl.damato@associatidea.com)  
PEC: [giovanniluca.damato@ingpec.eu](mailto:giovanniluca.damato@ingpec.eu)



S.T.C. s.r.l.  
Via Vito Mario Stampacchia, 48 – 73100 Lecce  
Direttore Tecnico: Ing. Fabio Calcarella

AVENDO RISCONTRATO CHE L'INDAGINE GEOFISICA DI RIFERIMENTO HA EVIDENZIATO UNA  $V_{s,eq} = 451$  M/SEC, SI RICAVA UNA ATTRIBUZIONE ALLA CATEGORIA DI SUOLO "B" DI [1]:

"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 VELOCITÀ EQUIVALENTI COMPRESI TRA I 300 M/S E 800 M/S".

## 2. VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE FONDAZIONI

LE VERIFICHE DELLA SICUREZZA IN FONDAZIONE SONO CONDOTTE NEI RIGUARDI DELLO STATO LIMITE ULTIMO E DELLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO.

LE VERIFICHE NEI RIGUARDI DELLO STATO LIMITE ULTIMO (SLU) PREVISTE DALLA NORMATIVA SONO:

**EQU:** PERDITA DI EQUILIBRIO DELLA STRUTTURA, DEL TERRENO O DELL'INSIEME TERRENO-STRUTTURA, CONSIDERATI COME CORPI RIGIDI;

**STR:** RAGGIUNGIMENTO DELLA RESISTENZA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI, COMPRESI GLI ELEMENTI DI FONDAZIONE;

**GEO:** RAGGIUNGIMENTO DELLA RESISTENZA DEL TERRENO INTERAGENTE CON LA STRUTTURA CON SVILUPPO DI MECCANISMI DI COLLASSO DELL'INSIEME TERRENO-STRUTTURA;

**ULP:** PERDITA DI EQUILIBRIO DELLA STRUTTURA O DEL TERRENO, DOVUTA ALLA SOTTO-SPINTA DELL'ACQUA (GALLEGGIAMENTO);

**HYD:** EROSIONE E SIFONAMENTO DEL TERRENO DOVUTA A GRADIENTI IDRAULICI.

**VERIFICHE EQU:** L'EDIFICIO È SOGGETTO AD AZIONI DI TIPO VERTICALE E ORIZZONTALE. COME SI EVINCE DAL DIAGRAMMA DELLE PRESSIONI SUL TERRENO DI FONDAZIONE, QUESTE ULTIME SONO TUTTE DI COMPRESSIONE. PERTANTO ESSENDO LE PRESSIONI DI COMPRESSIONE, SICURAMENTE NON SI HANNO FENOMENI DI PERDITA DI EQUILIBRIO DELLA STRUTTURA.

**VERIFICHE STR:** LE VERIFICHE DI RESISTENZA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI DI FONDAZIONE SONO STATE ESEGUITE CONTESTUALMENTE ALLA VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI IN ELEVAZIONE. LE RELATIVE VERIFICHE SONO RIPORTATE NELLA RELAZIONE DI CALCOLO;

**VERIFICHE GEO:** LE VERIFICHE DI RESISTENZA DEL TERRENO INTERAGENTE CON LA STRUTTURA SONO CONDOTTE CONFRONTANDO I VALORI DI RESISTENZA CON QUELLI DI PROGETTO, SECONDO L'APPROCCIO 2, COME RIPORTATO NELLE PAGINE SEGUENTI.

**VERIFICHE UPL E HYD:** POICHÉ NEL TERRENO DI FONDAZIONE RISRCONTRATO IN SITO NON VI È LA PRESENZA DI FALDA AFFIORANTE E/O SUPERFICIALE, NON SI HANNO FENOMENI DI GALLEGGIAMENTO O DI SIFONAMENTO.

## 2.1. VERIFICHE GEO

LA VERIFICA DI RESISTENZA DEL TERRENO INTERAGENTE CON LA STRUTTURA È CONDOTTA CON L'APPROCCIO I CON LA COMBINAZIONE (A2 + M2 + R2). MEDIANTE TALE APPROCCIO I PARAMETRI DI RESISTENZA DEL TERRENO SONO RIDOTTI TRAMITE I COEFFICIENTI DEL GRUPPO M2 E LA RESISTENZA GLOBALE DEL SISTEMA TRAMITE I COEFFICIENTI  $\gamma_R$  DEL GRUPPO R2; NELL'USO DI QUESTA COMBINAZIONE, LE AZIONI DI PROGETTO IN FONDAZIONE DERIVANO DA ANALISI STRUTTURALI CHE DEVONO ESSERE SVOLTE IMPIEGANDO I COEFFICIENTI PARZIALI DEL GRUPPO A2. PER LA VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO DI FONDAZIONE RISULTA ESSERE:

$$\gamma_R = 1.80$$

**Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	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.

**Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(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	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

**Tabella 6.4.I – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.**

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

## 2.2. VERIFICHE STR

LA VERIFICA DI RESISTENZA DELLE STRUTTURE DI FONDAZIONE È CONDOTTA CON L'APPROCCIO I IN COMBINAZIONE I (A1 + M1 + R1) CONSIDERANDO TUTTE LE VARIE COMBINAZIONI DI CARICO AGENTI SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE, COMPRESSE LE COMBINAZIONI DI CARICO DERIVANTI DALLA PRESENZA DELL'AZIONE SISMICA. MEDIANTE TALE APPROCCIO I PARAMETRI DI RESISTENZA DEL TERRENO SONO RIDOTTI TRAMITE I COEFFICIENTI DEL GRUPPO M1 E LA RESISTENZA GLOBALE DEL SISTEMA TRAMITE I COEFFICIENTI  $\gamma_R$  DEL GRUPPO R1; NELL'USO DI QUESTA COMBINAZIONE, LE AZIONI DI

PROGETTO IN FONDAZIONE DERIVANO DA ANALISI STRUTTURALI CHE DEVONO ESSERE SVOLTE IMPIEGANDO I COEFFICIENTI PARZIALI DEL GRUPPO **A1**. È UTILE PRECISARE CHE IL COEFFICIENTE **A1**, IN CAMPO SISMICO, ASSUME VALORE UNITARIO.

PER LA VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO DI FONDAZIONE RISULTA ESSERE:

$$\gamma_R = 1.00$$

**Tabella 6.2.I** – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	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.

**Tabella 6.2.II** – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(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	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

**Tabella 6.4.I** – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

L'AZIONE DEL SISMA SI TRADUCE IN ACCELERAZIONI NEL SOTTOSUOLO (EFFETTO CINEMATICO) E NELLA FONDAZIONE, PER L'AZIONE DELLE FORZE D'INERZIA GENERATE NELLA STRUTTURA IN ELEVAZIONE (EFFETTO INERZIALE). NELL'ANALISI PSEUDO-STATICA, MODELLANDO L'AZIONE SISMICA ATTRAVERSO LA SOLA COMPONENTE ORIZZONTALE, TALI EFFETTI POSSONO ESSERE PORTATI IN CONTO MEDIANTE L'INTRODUZIONE DI COEFFICIENTI SISMICI RISPETTIVAMENTE DENOMINATI  $K_{HI}$  E  $K_{HK}$ , IL PRIMO DEFINITO DAL RAPPORTO TRA LE COMPONENTI ORIZZONTALE E VERTICALE DEI CARICHI TRASMESSI IN FONDAZIONE ED IL SECONDO FUNZIONE DELL'ACCELERAZIONE MASSIMA ATTESA AL SITO. I COEFFICIENTI SISMICI DEFINISCONO, QUINDI, L'ALiquOTA DI PESO ECCITATO DAL SISMA. NEL CASO DI FONDAZIONI SUPERFICIALI È LECITO, IN ACCORDO ALLE PRESCRIZIONI DEL D.M. 17/01/2018 E DELLA CIRCOLARE N.7 DEL 12/02/2019, CONSIDERARE UNA RIDUZIONE DEI COEFFICIENTI SISMICI. TALE AFFERMAZIONE È GIUSTIFICATA DAL FATTO CHE LE FONDAZIONI SUPERFICIALI, DOTATE DI INERZIA, SONO SOGGETTE NON ALLA TOTALITÀ DELL'AZIONE SISMICA MA SOLO AD UNA SUA FRAZIONE. TALE FRAZIONE È DEFINITA DA UN COEFFICIENTE RIDUTTIVO  $\beta_S$  (SEMPRE MINORE DI 0,30) CHE TIENE IN

CONTO I POTENZIALI MECCANISMI DUTTILI IN GRADO DI SVILUPParsi ALL'INTERFACCIA TERRENO-FONDAZIONE.

### 2.3. CALCOLO DELLA CAPACITÀ PORTANTE DELLE STRUTTURE DI FONDAZIONE

LA TIPOLOGIA DI FONDAZIONE PRESCELTA È LA PLATEA CONTINUA SU CUI SI ATTESTANO LE PARERTI CONTROTERRA E I PILASTRI.

LA VERIFICA DI STABILITÀ DELL'INSIEME TERRENO-FONDAZIONE AVVIENE MEDIANTE LA DETERMINAZIONE DELLA CAPACITÀ PORTANTE  $Q_{lim}$ , LA QUALE RAPPRESENTA LA PRESSIONE MASSIMA CHE UNA FONDAZIONE PUÒ TRASMETTERE AL TERRENO IN RELAZIONE AI TRE MECCANISMI DI ROTTURA FONDAMENTALI: ROTTURA GENERALE, ROTTURA LOCALE E PUNZONAMENTO.

PER QUANTO RIGUARDA I TRE MECCANISMI DI ROTTURA SOPRA MENZIONATI, È POSSIBILE OSSERVARE CHE NEL CASO DI TERRENO DENSO (O COMPATTO) I PIANI DI ROTTURA SI ESTENDONO FINO A RAGGIUNGERE LA SUPERFICIE DEL PIANO CAMPAGNA (ROTTURA GENERALE), NEL CASO DI MATERIALE SCIOLTO (O POCO CONSISTENTE) LE SUPERFICI DI ROTTURA INTERESSANO SOLO LA ZONA IN PROSSIMITÀ DEL CUNEO SOTTOSTANTE LA FONDAZIONE E NON SI ESTENDONO LATERALMENTE (ROTTURA LOCALE); NEL CASO DI MATERIALE MOLTO SCIOLTO (O MOLLE) LE SUPERFICI DI ROTTURA COINCIDONO PRATICAMENTE CON LE FACCE LATERALI DEL CUNEO (PUNZONAMENTO). ATTUALMENTE NON SI DISPONE DI CRITERI QUANTITATIVI PER INDIVIDUARE A PRIORI IL TIPO DI MECCANISMO DI ROTTURA, ANCHE SE ESISTONO INDICAZIONI A LIVELLO QUALITATIVO PER IDENTIFICARE IL TIPO DI ROTTURA PIÙ PROBABILE. AD OGGI, NON SONO REPERIBILI IN LETTERATURA SOLUZIONI ANALITICHE PER LO STUDIO DEL MECCANISMO DI ROTTURA LOCALE, MENTRE ESISTONO NUMEROSE SOLUZIONI ANALITICHE PER LA STIMA DEL CARICO LIMITE PER LO SCHEMA DI ROTTURA GENERALE.

I DUE PRINCIPALI STUDI TEORICI PER IL CALCOLO DELLA CAPACITÀ PORTANTE, DAI QUALI DERIVA LA MAGGIOR PARTE DELLE SOLUZIONI PROPOSTE SUCCESSIVAMENTE, SONO STATI CONDOTTI DA PRANDTL (1920) E TERZAGHI (1943), PER FONDAZIONE NASTRIFORME (PROBLEMA PIANO) UTILIZZANDO IL METODO DELL'EQUILIBRIO LIMITE (SOLUZIONE A VANTAGGIO DI SICUREZZA). ENTRAMBI SCHEMATIZZANO IL TERRENO COME UN MEZZO CONTINUO, OMOGENEO E ISOTROPO, A COMPORTAMENTO RIGIDO PLASTICO E PER IL QUALE VALE IL CRITERIO DI ROTTURA DI MOHR-COULOMB.

NON ESISTE, ATTUALMENTE ALCUN METODO PER DETERMINARE, SE NON QUALITATIVAMENTE, LA CAPACITÀ PORTANTE DI UNA FONDAZIONE SUPERFICIALE; OGNI METODO PROPOSTO IN LETTERATURA È CARATTERIZZATO DA VALIDAZIONE SPERIMENTALE E SI RIFERISCE A PARTICOLARI MODELLI DI FONDAZIONE. NE CONSEGUE CHE NON ESISTE UN METODO ESATTO PER LA DETERMINAZIONE DELLA SU UN TERRENO REALE, MA SOLO UNA FAMIGLIA DI FORMULE APPROSSIMATE TRINOMIE. IN PARTICOLARE LA FORMULAZIONE GENERALE, PROPOSTA DA VESIC NEL 1975 E DI SEGUITO RIPROPOSTA, È UNA FORMULA TRINOMIA OTTENUTA, PER SOVRAPPOSIZIONE DI EFFETTI, DALLA SOMMA DI TRE COMPONENTI, CHE RAPPRESENTANO RISPETTIVAMENTE I CONTRIBUTI DI: COESIONE E ATTRITO INTERNO DI UN TERRENO PRIVO DI PESO E DI SOVRACCARICHI; ATTRITO INTERNO DI UN TERRENO PRIVO DI PESO MA SOTTOPOSTO ALL'AZIONE DI UN SOVRACCARICO  $Q$ ; ATTRITO INTERNO DI UN TERRENO DOTATO DI PESO E PRIVO DI SOVRACCARICO. OGNI COMPONENTE VIENE CALCOLATA IN RELAZIONE ALLE CONDIZIONI AL CONTORNO MEDIANTE L'APPLICAZIONE FATTORI CORRETTIVI COSÌ DENOMINATI: FATTORE DI FORMA, FATTORE DI CAPACITÀ PORTANTE, FATTORE DI PROFONDITÀ, FATTORE DI INCLINAZIONE DEL CARICO, FATTORE DI INCLINAZIONE DELLA BASE, FATTORE DI INCLINAZIONE DEL PIANO CAMPAGNA.

SI RIPORTA DI SEGUITO LA FORMULAZIONE GENERALE PER LA DETERMINAZIONE DELLA CAPACITÀ PORTANTE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI PROPOSTA DA VESIC NEL 1975.

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

DOVE:

$N_c, N_q, N_\gamma$	fattore di capacità portante
$s_c, s_q, s_\gamma$	fattore di forma
$d_c, d_q, d_\gamma$	fattore di profondità
$g_c, g_q, g_\gamma$	fattore di inclinazione del pino campagna
$b_c, b_q, b_\gamma$	fattore di inclinazione della base
$i_c, i_q, i_\gamma$	fattore di inclinazione del carico

$$N_q = e^{\pi \cdot \text{tg} \phi} \cdot \text{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg} \phi$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \text{tg} \phi$$

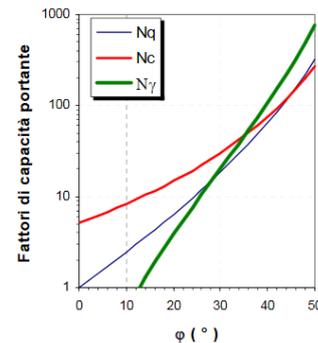


FIGURA 7 – FATTORI DI CAPACITÀ PORTANTE, TERZAGHI 1943

Valore di $\phi$	$d_c$	$d_q$	$d_\gamma$
$\phi = 0$ argilla saturata in condizioni non drenate	$\frac{D}{B'} \leq 1$ $1 + 0,4 \cdot \frac{D}{B'}$	$1$	$1$
$\phi > 0$ sabbia e argilla in condizioni drenate	$d_q = \frac{1 - d_q}{N_c \cdot \text{tg} \phi}$	$\frac{D}{B'} \leq 1$ $1 + 2 \cdot \text{tg} \phi \cdot (1 - \text{sen} \phi)^2 \cdot \frac{D}{B'}$	$1$
		$\frac{D}{B'} > 1$ $1 + 2 \cdot \text{tg} \phi \cdot (1 - \text{sen} \phi)^2 \cdot \arctan \left( \frac{D}{B'} \right)$	

FIGURA 8 – FATTORI DI PROFONDITÀ, VESIC 1975

Terreno	$i_c$	$i_q$	$i_r$
$\phi = 0$ argilla satura in condizioni non drenate	$1 - \frac{m \cdot H}{B' \cdot L \cdot c_u \cdot N_c}$	1	1
$c > 0, \phi > 0$ argilla in condi- zioni drenate	$i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tan \phi}$	$\left[ 1 - \frac{H}{V + B' \cdot L \cdot c' \cdot \cot g \phi'} \right]^{m+1}$	$\left[ 1 - \frac{H}{V + B' \cdot L \cdot c' \cdot \cot g \phi'} \right]^{m+1}$
$c = 0$ sabbia	-	$\left( 1 - \frac{H}{V} \right)^m$	$\left( 1 - \frac{H}{V} \right)^{m+1}$
$m = m_L \cdot \cos^2 \theta$ $+ m_B \cdot \sin^2 \theta$	$m_B = \frac{2 + \frac{B'}{L'}}{1 + \frac{B'}{L'}}$	$m_L = \frac{2 + \frac{L'}{B'}}{1 + \frac{L'}{B'}}$	$\theta$ è l'angolo fra la direzione del carico proiettata sul piano di fon- dazione e la direzione di L

FIGURA 9 – FATTORI DI INCLINAZIONE CARICO, VESIC 1975

$b_c$	$b_q$	$b_r$
$b_q - \frac{1 - b_q}{N_c \cdot \tan \phi}$	$(1 - \varepsilon \cdot \tan \phi)^2$	$(1 - \varepsilon \cdot \tan \phi)^2$

FIGURA 10 – FATTORI DI INCLINAZIONE DELLA BASE, HANSEN 1970

LA VERIFICA DELLE FONDAZIONI SUPERFICIALI IN CAMPO SISMICO SI SVOLGE, IN ACCORDO ALLE PRESCRIZIONI DEL D.M. 17/01/2018 E DELLA CIRCOLARE N. 7 DEL 12/02/2019, CONSIDERANDO CHE L'AZIONE SISMICA VIENE EQUIPARATA AD UNA FORZA DI INTENSITÀ COSTANTE NEL TEMPO, CALCOLATA USUALMENTE COME FRAZIONE DEL PESO DELL'OPERA. GLI EFFETTI INERZIALI E CINEMATICALI VENGONO INGLOBATI ALL'INTERNO DEI COEFFICIENTI SISMICI  $K_{HI}$  E  $K_{HK}$  E DEL COEFFICIENTE RIDUTTIVO  $B_S$ . IN PARTICOLARE L'EFFETTO INERZIALE PRODUCE VARIAZIONI DI TUTTI I COEFFICIENTI DI CAPACITÀ PORTANTE DEL CARICO LIMITE IN FUNZIONE DEL COEFFICIENTE SISMICO  $K_{HI}$  E VIENE PORTATO IN CONTO IMPIEGANDO LE FORMULE COMUNEMENTE ADOTTATE PER CALCOLARE I COEFFICIENTI CORRETTIVI DEL CARICO LIMITE IN FUNZIONE DELL'INCLINAZIONE, RISPETTO ALLA VERTICALE, DEL CARICO AGENTE SUL PIANO DI POSA. L'EFFETTO CINEMATICO MODIFICA IL SOLO COEFFICIENTE  $N_c'$  IN FUNZIONE DEL COEFFICIENTE SISMICO  $K_{HK}$ ; IL FATTORE  $N_c'$  VIENE QUINDI MOLTIPLICATO SIA PER IL COEFFICIENTE CORRETTIVO DELL'EFFETTO INERZIALE, SIA PER IL COEFFICIENTE CORRETTIVO PER L'EFFETTO CINEMATICO.

SI È RILEVATO CHE LE FORZE D'INERZIA GENERATE DALL'EVENTO SISMICO, CHE INTERESSANO LE MASSE DELLA SOVRASTRUTTURA E DEL TERRENO, IN PRESENZA DI LITOLOGIA SABBIOSA MODIFICANO SENSIBILMENTE QUELLA CHE È LA PORTATA DI UNA FONDAZIONE SUPERFICIALE RISPETTO ALLA SUA NORMALE CONDIZIONE DI SOLLECITAZIONE STATICA. SONO PERTANTO STATI SVILUPPATI METODI SPECIFICI PER TENERE CONTO DI QUESTA SITUAZIONE; ALCUNI DI ESSI SI PROPONGONO DI VALUTARE LA PORTATA IN CONDIZIONI SISMICHE MANTENENDO LA STRUTTURA TRINOMIA MODIFICANDO I FATTORI DI CAPACITÀ PORTANTE RISPETTO AL CASO STATICO, MENTRE ALTRI CRITERI SONO STATI ELABORATI A PARTIRE DA APPROCCI DIVERSI. IL CRITERIO DI VALUTAZIONE DELLA CAPACITÀ PORTANTE IN ZONA SISMICA, UTILIZZATO NEL PRESENTE PROGETTO, È QUELLO DI PAOLUCCI E PECKER (1997), OVE SI AFFERMA CHE IL RUOLO GIOCATO DALL'INERZIA DEL TERRENO È PIUTTOSTO TRASCURABILE RISPETTO A QUELLO SVOLTO DALLE FORZE

SISMICHE TRASMESSE ALLA FONDAZIONE DALLA SOVRASTRUTTURA.

PAOLUCCI E PECKER (1997) BASANO LE LORO CONSIDERAZIONI SU UNA FONDAZIONE SOGGETTA A SFORZO NORMALE, TAGLIO ORIZZONTALE E MOMENTO TRASMESSO DALLA SOVRASTRUTTURA, OLTRE AI SOVRACCARICHI LATERALI  $Q$  ED ALLE FORZE D'INERZIA VERTICALI E ORIZZONTALI CHE NASCONO PER EFFETTO DEL SISMA SULLA MASSA DEL TERRENO. I RISULTATI OTTENUTI, SULLA BASE DELLA CLASSICA STRUTTURA TRINOMIA DI CAPACITÀ PORTANTE ALLA TERZAGHI (1943), FORNISCONO DEI COEFFICIENTI IN GRADO DI TENERE CONTO DEL CARICO ORIZZONTALE, DELL'INERZIA DEL SUOLO E DELL'ECCENTRICITÀ, MODIFICANDO IN TAL MODO LA CAPACITÀ PORTANTE STATICA DEL TERRENO. LA FORMULAZIONE DEFINITIVA RISULTA ESSERE LA SEGUENTE:

$$q_{lim,e} = q_{lim,s} \cdot v_h \cdot v_e \cdot v_i$$

CON I SEGUENTI COEFFICIENTI CORRETTIVI:

FORZA ORIZZONTALE:

$$v_h = \left(1 - \frac{T}{0,85 \cdot N}\right)^3$$

ECCENTRICITÀ DEL CARICO

$$v_e = \left(1 - \frac{e}{0,70 \cdot B}\right)^{1,8}$$

PER  $e/B \leq 0,30$

INERZIA DEL TERRENO

$$v_i = \left(1 - \frac{k_h}{\text{TAN } \phi}\right)^{0,35}$$

### 3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

NEL CORSO DELLA RELAZIONE SI È FATTO RIFERIMENTO A VARIE NORME E PUBBLICAZIONI TECNICHE ELENcate QUI DI SEGUITO. SI PRECISA CHE I NUMERI MANCANTI RIGUARDANO RIFERIMENTI CONTENUTI IN ARCHIVIO, NON UTILIZZATI NELLA PRESENTE RELAZIONE.

- [1] D.M. 17.01.2018 – AGGIORNAMENTO DELLE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI
- [2] CIRCOLARE N. 7/C.S.LL.PP. DEL 12/02/2019
- [3] LEGGE 5 NOVEMBRE 1971 N. 1086 – NORME PER LA DISCIPLINA DELLE OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO NORMALE E PRECOMPRESSO ED A STRUTTURA METALLICA.
- [4] CIRCOLARE MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI 14 FEBBRAIO 1974, N.11951 – “APPLICAZIONE DELLE NORME SUL CEMENTO ARMATO”.
- [5] CIRCOLARE MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI 25 GENNAIO 1975, N.13229 – “L’IMPIEGO DI MATERIALI CON ELEVATE CARATTERISTICHE DI RESISTENZA PER CEMENTO ARMATO NORMALE E PRECOMPRESSO.
- [6] • C.N.R. – UNI 10011-97 – “COSTRUZIONI DI ACCIAIO: ISTRUZIONI PER IL CALCOLO, L’ESECUZIONE, IL COLLAUDO E LA MANUTENZIONE”.
- [7] • OPCM 3274 D.D. 20/03/2003 S.M.I. – “PRIMI ELEMENTI IN MATERIA DI CRITERI GENERALI PER LA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO NAZIONALE E DI NORMATIVE TECNICHE PER LE COSTRUZIONI IN ZONA SISMICA”, E SUCCESSIVE MODIFICHE E INTEGRAZIONI (OPCM 3431 03/05/05).
- [8] D.M.LL.PP. 20 NOVEMBRE 1987 – “NORME TECNICHE PER LA PROGETTAZIONE, ESECUZIONE E COLLAUDO DEGLI EDIFICI IN MURATURA E PER IL LORO CONSOLIDAMENTO”.
- [9] CIRC. MIN.LL.PP. N.11951 DEL 14 FEBBRAIO 1992 – CIRCOLARE ILLUSTRATIVA DELLA LEGGE N. 1086.
- [10] D.M. 14 FEBBRAIO 1992 – NORME TECNICHE PER L’ESECUZIONE DELLE OPERE IN CEMENTO ARMATO NORMALE, PRECOMPRESSO E PER LE STRUTTURE METALLICHE.
- [11] CIRC. MIN.LL.PP. N.37406 DEL 24 GIUGNO 1993 – ISTRUZIONI RELATIVE ALLE NORME TECNICHE PER L’ESECUZIONE DELLE OPERE IN C.A. NORMALE E PRECOMPRESSO E PER LE STRUTTURE METALLICHE DI CUI AL D.M. 14 FEBBRAIO 1992.
- [12] D.M. 9 GENNAIO 1996 – NORME TECNICHE PER L’ESECUZIONE DELLE OPERE IN CEMENTO ARMATO NORMALE E PRECOMPRESSO E PER LE STRUTTURE METALLICHE.
- [13] CIRC. MIN. LL.PP. 15.10.1996 n.252 AA.GG./S.T.C. – ISTRUZIONI PER L’APPLICAZIONE DELLE «NORME TECNICHE PER IL CALCOLO E L’ESECUZIONE ED IL COLLAUDO DELLE STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO NORMALE E PRECOMPRESSO E PER LE STRUTTURE METALLICHE» DI CUI AL D.M. 09.01.1996.
- [14] D.M. 16 GENNAIO 1996 – NORME TECNICHE RELATIVE AI CRITERI GENERALI PER LA VERIFICA DI SICUREZZA DELLE COSTRUZIONI E DEI CARICHI E SOVRACCARICHI
- [15] CIRC. MIN.LL.PP. N.156AA.GG./S.T.C. DEL 4 LUGLIO 1996 – ISTRUZIONI PER L’APPLICAZIONE DELLE “NORME TECNICHE RELATIVE AI CRITERI GENERALI PER LA VERIFICA DI SICUREZZA DELLE COSTRUZIONI E DEI CARICHI E SOVRACCARICHI” DI CUI AL D.M. 16 GENNAIO 1996.
- [16] D.M. 16.1.1996 – NORME TECNICHE RELATIVE ALLE COSTRUZIONI IN ZONE SISMICHE
- [17] CIRC. MIN. LL.PP. 10.4.1997, n. 65 – ISTRUZIONI PER L’APPLICAZIONE DELLE “NORME TECNICHE RELATIVE ALLE COSTRUZIONI IN ZONE SISMICHE” DI CUI AL D.M. 16 GENNAIO 1996
- [18] EUROCODICE 1 – BASI DI CALCOLO ED AZIONI SULLE STRUTTURE
- [19] EUROCODICE 2 – PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE DI CALCESTRUZZO
- [20] EUROCODICE 3 – PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE DI ACCIAIO
- [21] EUROCODICE 4 – PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE COMPOSTE ACCIAIO-CALCESTRUZZO



D. E. A.  
ING. GIOVANNI LUCA D'AMATO

VIA BENEDETTO CROCE, 23 – 73100 – LECCE  
TEL. 0832 194 07 01 – FAX 0832 194 07 02

Email: gl.damato@associatidea.com  
PEC: giovanniluca.damato@ingpec.eu



S.T.C. s.r.l.

Via Vito Mario Stampacchia, 48 – 73100 Lecce  
Direttore Tecnico: Ing. Fabio Calcarella

- [22] EUROCODICE 5 – PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE DI LEGNO
- [23] EUROCODICE 6 – PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE DI MURATURA
- [24] EUROCODICE 7 – PROGETTAZIONE GEOTECNICA
- [25] EUROCODICE 8 – INDICAZIONI PROGETTUALI PER LA RESISTENZA SISMICA DELLE STRUTTURE

LECCE, LUGLIO 2020

ING. GIOVANNI LUCA D'AMATO

---

#### ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA:

RELAZIONI DI CALCOLO E VERIFICA DELLE FONDAZIONI DIRETTE ESEGUITE CON IL SOFTWARE MODEST VER. 8.22.

**Sommario**

Criteri di analisi geotecnica e progetto delle fondazioni.....	2
Fondazioni profonde .....	2
Geotecnica.....	3
Elenco unità geotecniche .....	3
Elenco colonne stratigrafiche .....	4
<i>Figura numero 1: Colonna stratigrafica numero 1 str_01</i> .....	5
Fondazioni profonde.....	6
Verifiche capacità portante e cedimenti .....	6

**Criteri di analisi geotecnica e progetto delle fondazioni**

**Fondazioni profonde**

<b>Generali</b>	
<b>Generali</b>	
Calcolo capacità portante per carichi verticali	Secondo formule statiche
Considera capacità portante	Entrambe
Condizioni di calcolo per terreni coesivi	Sia drenate che non drenate
Calcolo della profondità critica	In funzione della densità relativa e del diametro del palo
Effettua calcolo elasto-plastico per cedimenti	Si
Effettua calcolo elasto-plastico per spostamenti orizzontali	Si
Rapporto di elasticità trazione/compressione pari a	1.00
Fattori di correlazione	1.70
Considera fattori di correlazione anche per carichi orizzontali	No
Considera peso del palo	No
Divisore del raggio del palo per lunghezza conci	1.00
Max numero conci palo	50.00
<b>Attrito laterale limite da prove in sito</b>	
Correlato con prove CPT	No
Correlato con prove SPT	No
Fattore di riduzione attrito laterale per pali trivellati	No
<b>Pressione limite alla base da prove in sito</b>	
Correlata con prove CPT	No
Correlata con prove SPT	No
Fattore di riduzione pressione limite alla base per pali trivellati	No
<b>Spostamenti orizzontali</b>	
Spostamenti orizzontali	Risposta elastica in funzione della stratigrafia

<b>Specifici</b>	<b>1</b>
<b>Attrito laterale limite</b>	
Calcolo dell'attrito laterale limite	Si
-Condizioni non drenate	
-Calcolo di $\alpha$	
-Pari a	
-A.G.I. (1984)	
-A.P.I. (1984)	
-Viggiani (1999)	
-Olson e Dennis (1982)	
-Stas e Kulhavy (1984)	
-Skempton (1986)	
-Reese e O'Neill (1989)	x
-Metodo di Bustamente e Doix (1985) per micropali	No
-Iniezioni ripetute	x
-Unica iniezione	
-Condizioni drenate	
-Calcolo di $\beta$	
-Pari a	
-Reese e O'Neill (1989)	x
-Calcolato	
-Calcolo di k	
-Pari a	
-Dal rapporto con $k_0$ pari a	0.00
-Fleming (1985)	
-Calcolo di $\delta$	
-Pari a <grad>	
-Dal rapporto con $\phi'$ pari a	0.00
-Calcolo di a' dal rapporto con c'	1.00
Calcolo dell'attrito laterale limite per trazione	
-Considera i risultati del calcolo per l'attrito laterale limite per compressione con un fattore di riduzione pari a	0.66
-Sowa (1970)	No
-Bowles (1991)	Si
Considera l'effetto dell'attrito negativo	No
-Coefficiente di Lambe	
<b>Pressione limite alla base</b>	
Calcolo della pressione limite alla base del palo	Si
-Terzaghi (1943)	

## Relazione di calcolo

-Meyerhof (1963)	
-Hansen (1970)	
-Vesic (1975)	x
-Berezantzev (1961)	
-Berezantzev (1965)	
-Stagg e Zienkiewicz (1968)	
-Relazione generale, coefficienti di capacità portante	
-In condizioni drenate	
- $N_q$	
- $N_c$	
-In condizioni non drenate	
- $N_c$	
-Fattore di riduzione per terreni coesivi sovraconsolidati	No
<b>Cedimenti</b>	
Risposta elastica laterale	
-Calcolata dalla rigidità dello strato	x
-Coefficiente di influenza	4.00
-Pari a <daN/mq>	
Risposta elastica alla base	
-Calcolata dalla rigidità dello strato	x
-Pari a <daN/mq>	
<b>Spostamenti orizzontali</b>	
Risposta elastica	
-Vesic (1961)	
-Broms (1964)	
-Glick (1948)	
-Chen (1978)	
-Pari a <daN/mq>	
-Dal modulo elastico	x
-Coefficiente effetto tridimensionale	2.00
Resistenza limite	
-Calcolata dai parametri plastici	x
-Coefficiente effetto tridimensionale resistenza per attrito	3.00
-Coefficiente effetto tridimensionale resistenza per coesione	4.00
-Pari a <daN/mq>	

## Geotecnica

### Elenco unità geotecniche

#### 1 Sabbie limose:

Classificazione: Incoerente

Pesi:

- Peso specifico del terreno naturale:  $\gamma = 1900.00$  daN/mc
- Peso specifico del terreno saturo:  $\gamma_{sat} = 2200.00$  daN/mc

Parametri plastici:

- Angolo di attrito efficace:  $\phi' = 27.00$  grad
- Coesione efficace:  $c' = 15000.00$  daN/mq

Caratteristiche litostatiche:

- Grado di sovraconsolidazione: OCR = 1.00
- Coeff. di spinta a riposo:  $\kappa_0 = 0.55$

Parametri elastici:

- Modulo elastico normale:  $E = 49200000.00$  daN/mq
- Modulo elastico tangenziale:  $G = 18200000.00$  daN/mq
- Esponente del parametro tensionale:  $k_j = 1.00$
- Coeff. di Poisson:  $\nu = 0.35$
- Modulo edometrico:  $E_{ed} = 36400000.00$  daN/mq
- Modulo elastico non drenato:  $E_u = 0.00$  daN/mq

#### 2 limo argilloso sabbioso:

Classificazione: Incoerente

Pesi:

- Peso specifico del terreno naturale:  $\gamma = 2000.00$  daN/mc
- Peso specifico del terreno saturo:  $\gamma_{sat} = 2300.00$  daN/mc

Parametri plastici:

- Angolo di attrito efficace:  $\phi' = 24.00$  grad
- Coesione efficace:  $c' = 5000.00$  daN/mq

Caratteristiche litostatiche:

- Grado di sovraconsolidazione: OCR = 1.00
- Coeff. di spinta a riposo:  $\kappa_0 = 0.59$

## Relazione di calcolo

### Parametri elastici:

- Modulo elastico normale: E = 146300000.00 daN/mq
- Modulo elastico tangenziale: G = 60958300.00 daN/mq
- Esponente del parametro tensionale:  $k_j = 1.00$
- Coeff. di Poisson:  $\nu = 0.20$
- Modulo edometrico:  $E_{ed} = 162556000.00$  daN/mq
- Modulo elastico non drenato:  $E_u = 0.00$  daN/mq

### Elenco colonne stratigrafiche

#### Colonna stratigrafica numero 1

Posizione: X=0.00 <m> Y=0.00 <m> Z=0.00 <m>

Falda a profondità: 0.00 m

### Simbologia

- St. = Strato  
z = Profondità della superficie superiore dello strato  
Unità geotecnica = Unità geotecnica  
Class. = Classificazione  
Coes. = Coesivo  
Inc. = Incoerente  
Roc. = Roccia  
N. c. = Non classificato  
 $\gamma$  = Peso specifico del terreno naturale  
 $\gamma_{sat}$  = Peso specifico del terreno saturo  
 $D_r$  = Densità relativa  
 $I_p$  = Indice di plasticità  
 $\phi'$  = Angolo di attrito efficace  
 $c'$  = Coesione efficace  
 $c_u$  = Coesione non drenata  
OCR = Grado di sovraconsolidazione  
 $\kappa_0$  = Coeff. di spinta a riposo  
Crit. = Criterio di progetto

St.	z <m>	Unità geotecnica	Class.	$\gamma$ <daN/mc>	$\gamma_{sat}$ <daN/mc>	$D_r$	$I_p$	$\phi'$ <grad>	$c'$ <daN/mq>	$c_u$ <daN/mq>	OCR	$\kappa_0$	Crit.
1	0.00	1 Sabbie limose	Inc.	1900.00	2200.00			27.00	15000.00		1.00	0.55	1
2	4.80	2 limo argilloso sabbioso	Inc.	2000.00	2300.00			24.00	5000.00		1.00	0.59	1

### Simbologia

- St. = Strato  
z = Profondità della superficie superiore dello strato  
E = Modulo elastico normale  
G = Modulo elastico tangenziale  
 $k_j$  = Esponente del parametro tensionale  
 $\nu$  = Coeff. di Poisson  
 $E_{ed}$  = Modulo edometrico  
 $E_u$  = Modulo elastico non drenato  
Crit. = Criterio di progetto

St.	z <m>	E <daN/mq>	G <daN/mq>	$k_j$	$\nu$	$E_{ed}$ <daN/mq>	$E_u$ <daN/mq>	Crit.
1	0.00	49200000.00	18200000.00	1.00	0.35	36400000.00	0.00	1
2	4.80	146300000.00	60958300.00	1.00	0.20	162556000.00	0.00	1

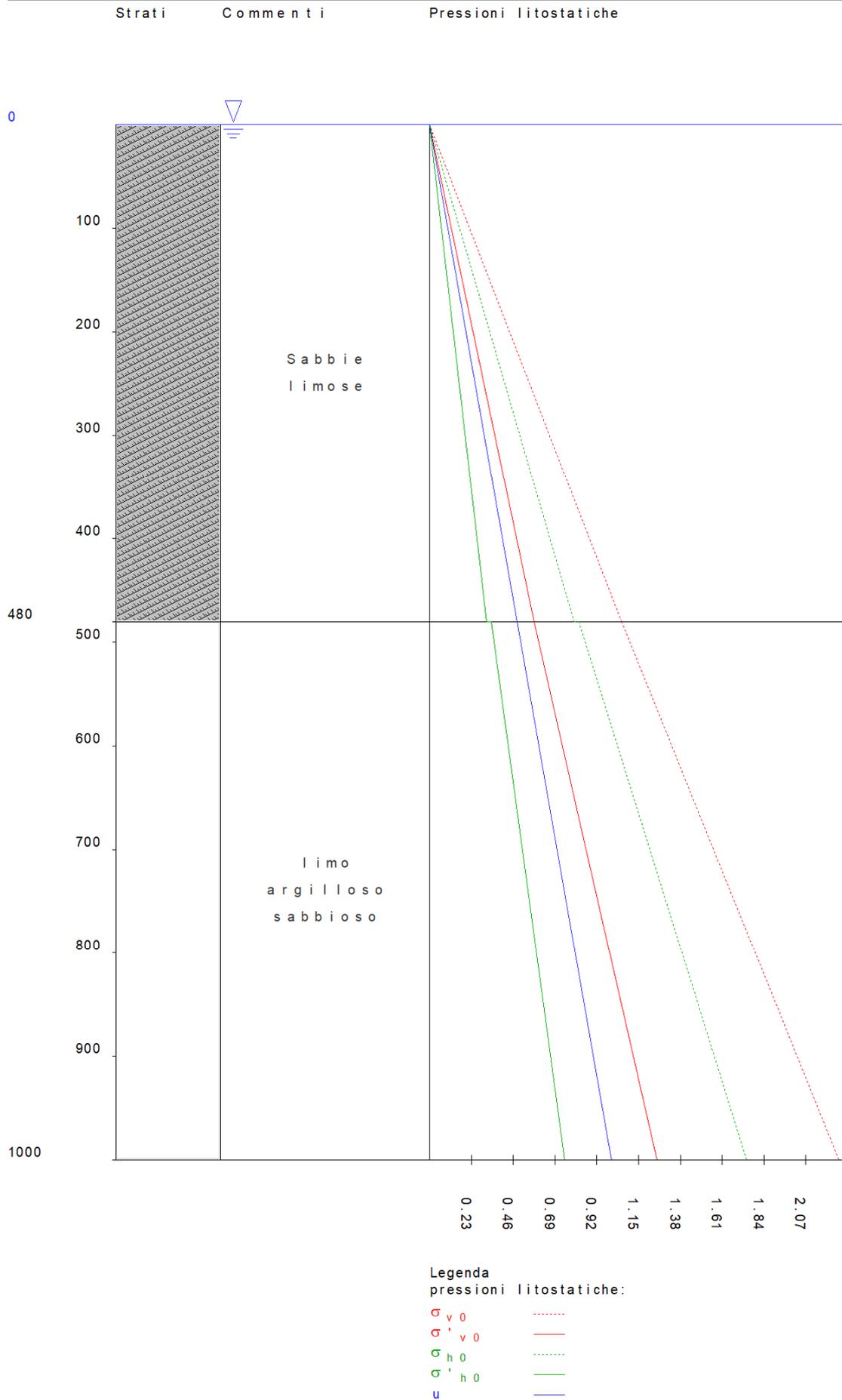


Figura numero 1: Colonna stratigrafica numero 1 str\_01

Le verifiche degli elementi di fondazione sono state effettuate utilizzando l'approccio 2.

## Relazione di calcolo

Coefficienti parziali per le azioni, per verifiche in condizioni statiche:

Permanenti strutturali, sicurezza a favore  $\gamma_A = 1.00$ ;  
Permanenti strutturali, sicurezza a sfavore  $\gamma_A = 1.30$ ;  
Permanenti non strutturali, sicurezza a favore  $\gamma_A = 0.00$ ;  
Permanenti non strutturali, sicurezza a sfavore  $\gamma_A = 1.50$ ;  
Variabili, sicurezza a favore  $\gamma_A = 0.00$ ;  
Variabili, sicurezza a sfavore  $\gamma_A = 1.50$ .

I coefficienti parziali per le azioni sono posti pari all'unità per le verifiche in condizioni sismiche.

Tali coefficienti sono comunque desumibili dalla tabella delle combinazioni delle CCE (Parametri di calcolo).

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici:

Tangente dell'angolo di attrito  $\gamma_M = 1.00$ ;  
Coesione efficace  $\gamma_M = 1.00$ ;  
Coesione non drenata  $\gamma_M = 1.00$ ;

Coefficienti parziali per la resistenza delle fondazioni superficiali:

Capacità portante  $\gamma_R = 2.30$ ;  
Scorrimento  $\gamma_R = 1.10$ ;  
Coefficienti parziali per la resistenza delle fondazioni profonde:  
Per pali infissi:  
Resistenza alla base  $\gamma_{R,b} = 1.15$ ;  
Resistenza laterale in compressione  $\gamma_{R,s} = 1.15$ ;  
Resistenza laterale in trazione  $\gamma_{R,t} = 1.25$ ;  
Per pali trivellati:  
Resistenza alla base  $\gamma_{R,b} = 1.35$ ;  
Resistenza laterale in compressione  $\gamma_{R,s} = 1.15$ ;  
Resistenza laterale in trazione  $\gamma_{R,t} = 1.25$ ;  
Per pali ad elica continua:  
Resistenza alla base  $\gamma_{R,b} = 1.30$ ;  
Resistenza laterale in compressione  $\gamma_{R,s} = 1.15$ ;  
Resistenza laterale in trazione  $\gamma_{R,t} = 1.25$ ;  
Fattore di correlazione per la determinazione della resistenza caratteristica desumibile dai criteri di progetto.

## Fondazioni profonde

### Simbologia

$D_p$  = Diametro pali  
 $L_p$  = Lunghezza pali  
 $W_p$  = Peso del palo  
 $D$  = Profondità della testa del palo  
 $Q_{S_{lim}}$  = Resistenza laterale di progetto per compressione  
 $q_p$  = Pressione limite alla base del palo  
 $Q_{P_{lim}}$  = Resistenza di progetto alla base del palo  
 $k_p$  = Risposta elastica alla base del palo  
 $Z_p$  = Profondità del tratto di integrazione  
 $\tau_s$  = Attrito laterale limite per compressione  
 $k_s$  = Risposta elastica laterale per compressione  
 $\sigma_h$  = Pressione limite per carichi orizzontali  
 $k_h$  = Risposta elastica per carichi orizzontali  
Caso = Caso di verifica  
CC = Numero della combinazione delle condizioni di carico elementari  
N = Sforzo normale  
Ced = Cedimento calcolato  
Sic.V = Sicurezza a rottura verticale  
T = Taglio in testa  
M = Momento flettente  
Sps = Spostamento  
Sic.0 = Sicurezza a rottura orizzontale

## Verifiche capacità portante e cedimenti

Palo n. 461

Tipo palo=Trivellato  
Rotazione testa libera  
Coefficiente di efficienza=1.00  
 $D_p=1.000000$  <m>  $L_p=30.000000$  <m>  $W_p=58904.90$  <daN>  $D=0.00$  <m>  
Colonna stratigrafica numero 1 str\_01  
Verifiche in condizioni drenate

Relazione di calcolo

Zp <m>	$\tau_s$ <daN/cmq>	$k_s$ <daN/cm>	$\sigma_h$ <daN/cmq>	$k_h$ <daN/cm>
0.00	1.50	0.00	19.58	0.00
4.80	1.05	12.79	10.26	122.81
30.00	1.11	85.55	33.56	821.28

QS<sub>lim</sub>=1382810.00 <daN>  
 q<sub>p</sub>=313.16 <daN/cmq>  
 QP<sub>lim</sub>=2459560.00 <daN>  
 k<sub>p</sub>=544.63 <daN/cm>

Verifiche in condizioni drenate

Caso	CC	N <daN>	Ced <cm>	Sic.V	T <daN>	M <daNm>	Sps <cm>	Sic.O
1	1	-857451.00	0.43	2.07	6238.14	29024.80	0.15	>1
2	2	-780644.00	0.38	--	2824.92	26310.10	0.11	--
3	3	-797144.00	0.39	2.23	6205.81	29209.10	0.16	>1
4	4	-753332.00	0.36	--	2795.59	26401.50	0.11	--
5	5	-922768.00	0.48	1.93	6272.33	28755.20	0.15	>1
6	6	-810225.00	0.40	--	2856.05	26195.60	0.11	--
7	7	-862461.00	0.44	2.06	6240.76	29007.70	0.15	>1
8	8	-782913.00	0.38	--	2827.30	26302.40	0.11	--
9	9	-950670.00	0.50	1.87	6286.73	28615.90	0.15	>1
10	10	-822861.00	0.41	--	2869.20	26141.00	0.11	--
11	11	-970265.00	0.52	1.83	6296.72	28510.40	0.15	>1
12	12	-831735.00	0.42	--	2878.34	26101.10	0.11	--
13	13	-749647.00	0.36	2.37	6179.84	29311.00	0.16	>1
14	14	-731821.00	0.35	--	2772.08	26463.70	0.11	--
15	15	-769242.00	0.37	2.31	6190.60	29274.00	0.16	>1
16	16	-740696.00	0.35	--	2781.81	26439.30	0.11	--
17	17	-486673.00	0.20	3.66	24851.00	36434.40	0.35	>1
18	18	-424686.00	0.17	--	16561.00	27608.20	0.24	--
19	19	-710360.00	0.33	--	3270.98	26546.00	0.12	--
20	20	-781778.00	0.38	--	53.14	26282.40	0.09	--

Palo n. 378

Tipo palo=Trivellato  
 Rotazione testa libera  
 Coefficiente di efficienza=1.00  
 D<sub>p</sub>=1.000000 <m> L<sub>p</sub>=30.000000 <m> W<sub>p</sub>=58904.90 <daN> D=0.00 <m>  
 Colonna stratigrafica numero 1 str\_01  
 Verifiche in condizioni drenate

Zp <m>	$\tau_s$ <daN/cm>	$k_s$ <daN/cm>	$\sigma_h$ <daN/cm>	$k_h$ <daN/cm>
0.00	1.50	0.00	19.58	0.00
4.80	1.05	12.79	10.26	122.81
30.00	1.11	85.55	33.56	821.28

QS<sub>lim</sub>=1382810.00 <daN>  
 q<sub>p</sub>=313.16 <daN/cmq>  
 QP<sub>lim</sub>=2459560.00 <daN>  
 k<sub>p</sub>=544.63 <daN/cm>

Verifiche in condizioni drenate

Caso	CC	N <daN>	Ced <cm>	Sic.V	T <daN>	M <daNm>	Sps <cm>	Sic.O
1	1	-965638.00	0.52	1.84	6294.36	28536.20	0.15	>1
2	2	-829639.00	0.41	--	2876.17	26110.80	0.11	--
3	3	-965638.00	0.52	1.84	6294.37	28535.90	0.15	>1
4	4	-829639.00	0.41	--	2876.19	26110.70	0.11	--
5	5	-754271.00	0.36	2.36	6182.39	29303.00	0.16	>1
6	6	-733914.00	0.35	--	2774.38	26458.20	0.11	--
7	7	-754271.00	0.36	2.36	6182.39	29302.70	0.16	>1
8	8	-733914.00	0.35	--	2774.39	26458.00	0.11	--
9	9	-891660.00	0.46	2.00	6256.13	28893.50	0.15	>1
10	10	-796136.00	0.39	--	2841.29	26252.50	0.11	--
11	11	-828249.00	0.41	2.15	6222.55	29122.80	0.15	>1
12	12	-767418.00	0.37	--	2810.76	26356.60	0.11	--
13	13	-891660.00	0.46	2.00	6256.17	28892.50	0.15	>1
14	14	-796136.00	0.39	--	2841.32	26252.10	0.11	--
15	15	-828249.00	0.41	2.15	6222.58	29121.80	0.15	>1
16	16	-767418.00	0.37	--	2810.79	26356.20	0.11	--
17	17	-1141390.00	0.66	1.56	22571.00	36004.10	0.33	>1
18	18	-861163.00	0.44	--	15048.40	27161.80	0.23	--

Relazione di calcolo

19	19	-797654.00	0.39	--	3016.93	26273.50	0.12	--
20	20	-781777.00	0.38	--	53.14	26282.40	0.09	--

Palo n. 471

Tipo palo=Trivellato  
 Rotazione testa libera  
 Coefficiente di efficienza=1.00  
 Dp=1.000000 <m> Lp=30.000000 <m> Wp=58904.90 <daN> D=0.00 <m>  
 Colonna stratigrafica numero 1 str\_01  
 Verifiche in condizioni drenate

Zp <m>	$\tau_s$ <daN/cmq>	$k_s$ <daN/cm>	$\sigma_h$ <daN/cmq>	$k_h$ <daN/cm>
0.00	1.50	0.00	19.58	0.00
4.80	1.05	12.79	10.26	122.81
30.00	1.11	85.55	33.56	821.28

QS<sub>lim</sub>=1382810.00 <daN>  
 q<sub>p</sub>=313.16 <daN/cmq>  
 QP<sub>lim</sub>=2459560.00 <daN>  
 k<sub>p</sub>=544.63 <daN/cm>

Verifiche in condizioni drenate

Caso	CC	N <daN>	Ced <cm>	Sic.V	T <daN>	M <daNm>	Sps <cm>	Sic.O
1	1	-862461.00	0.44	2.06	6240.76	29007.70	0.15	>1
2	2	-782913.00	0.38	--	2827.30	26302.40	0.11	--
3	3	-922768.00	0.48	1.93	6272.33	28755.20	0.15	>1
4	4	-810225.00	0.40	--	2856.05	26195.60	0.11	--
5	5	-797144.00	0.39	2.23	6205.81	29209.10	0.16	>1
6	6	-753332.00	0.36	--	2795.59	26401.50	0.11	--
7	7	-857451.00	0.43	2.07	6238.14	29024.80	0.15	>1
8	8	-780644.00	0.38	--	2824.92	26310.10	0.11	--
9	9	-769242.00	0.37	2.31	6190.60	29274.00	0.16	>1
10	10	-740696.00	0.35	--	2781.81	26439.30	0.11	--
11	11	-749647.00	0.36	2.37	6179.84	29311.00	0.16	>1
12	12	-731821.00	0.35	--	2772.08	26463.70	0.11	--
13	13	-970265.00	0.52	1.83	6296.72	28510.40	0.15	>1
14	14	-831735.00	0.42	--	2878.34	26101.10	0.11	--
15	15	-950670.00	0.50	1.87	6286.73	28615.90	0.15	>1
16	16	-822861.00	0.41	--	2869.20	26141.00	0.11	--
17	17	-1558760.00	1.12	1.14	24329.70	32526.10	0.33	>1
18	18	-1139410.00	0.66	--	16226.30	25002.30	0.23	--
19	19	-853305.00	0.43	--	3287.63	26024.60	0.12	--
20	20	-781778.00	0.38	--	53.14	26282.40	0.09	--

Palo n. 465

Tipo palo=Trivellato  
 Rotazione testa libera  
 Coefficiente di efficienza=1.00  
 Dp=1.000000 <m> Lp=30.000000 <m> Wp=58904.90 <daN> D=0.00 <m>  
 Colonna stratigrafica numero 1 str\_01  
 Verifiche in condizioni drenate

Zp <m>	$\tau_s$ <daN/cmq>	$k_s$ <daN/cm>	$\sigma_h$ <daN/cmq>	$k_h$ <daN/cm>
0.00	1.50	0.00	19.58	0.00
4.80	1.05	12.79	10.26	122.81
30.00	1.11	85.55	33.56	821.28

QS<sub>lim</sub>=1382810.00 <daN>  
 q<sub>p</sub>=313.16 <daN/cmq>  
 QP<sub>lim</sub>=2459560.00 <daN>  
 k<sub>p</sub>=544.63 <daN/cm>

Verifiche in condizioni drenate

Caso	CC	N <daN>	Ced <cm>	Sic.V	T <daN>	M <daNm>	Sps <cm>	Sic.O
1	1	-754271.00	0.36	2.36	6182.39	29302.70	0.16	>1
2	2	-733914.00	0.35	--	2774.39	26458.00	0.11	--
3	3	-754271.00	0.36	2.36	6182.39	29303.00	0.16	>1
4	4	-733914.00	0.35	--	2774.38	26458.20	0.11	--
5	5	-965638.00	0.52	1.84	6294.37	28535.90	0.15	>1
6	6	-829639.00	0.41	--	2876.19	26110.70	0.11	--

Relazione di calcolo

7	7	-965638.00	0.52	1.84	6294.36	28536.20	0.15	>1
8	8	-829639.00	0.41	--	2876.18	26110.80	0.11	--
9	9	-828249.00	0.41	2.15	6222.58	29121.80	0.15	>1
10	10	-767418.00	0.37	--	2810.79	26356.20	0.11	--
11	11	-891660.00	0.46	2.00	6256.17	28892.50	0.15	>1
12	12	-796136.00	0.39	--	2841.32	26252.10	0.11	--
13	13	-828249.00	0.41	2.15	6222.55	29122.80	0.15	>1
14	14	-767418.00	0.37	--	2810.76	26356.60	0.11	--
15	15	-891660.00	0.46	2.00	6256.13	28893.50	0.15	>1
16	16	-796136.00	0.39	--	2841.29	26252.50	0.11	--
17	17	-904041.00	0.47	1.97	26501.30	36833.20	0.37	>1
18	18	-702931.00	0.33	--	17666.70	27721.50	0.26	--
19	19	-766008.00	0.37	--	3527.91	26390.10	0.12	--
20	20	-781777.00	0.38	--	53.14	26282.40	0.09	--

Palo n. 467

Tipo palo=Trivellato  
 Rotazione testa libera  
 Coefficiente di efficienza=1.00  
 Dp=1.000000 <m> Lp=30.000000 <m> Wp=58904.90 <daN> D=0.00 <m>  
 Colonna stratigrafica numero 1 str\_01  
 Verifiche in condizioni drenate

Zp <m>	$\tau_s$ <daN/cmq>	$k_s$ <daN/cm>	$\sigma_h$ <daN/cm>	$k_h$ <daN/cm>
0.00	1.50	0.00	19.58	0.00
4.80	1.05	12.79	10.26	122.81
30.00	1.11	85.55	33.56	821.28

QS<sub>im</sub>=1382810.00 <daN>  
 q<sub>p</sub>=313.16 <daN/cm>  
 QP<sub>im</sub>=2459560.00 <daN>  
 k<sub>p</sub>=544.63 <daN/cm>

Verifiche in condizioni drenate

Caso	CC	N <daN>	Ced <cm>	Sic.V	T <daN>	M <daNm>	Sps <cm>	Sic.O
1	1	-755819.00	0.36	2.35	6183.24	29300.10	0.16	>1
2	2	-734616.00	0.35	--	2775.15	26456.20	0.11	--
3	3	-793091.00	0.39	2.24	6203.59	29220.10	0.16	>1
4	4	-751496.00	0.36	--	2793.57	26407.60	0.11	--
5	5	-926819.00	0.49	1.92	6274.46	28735.10	0.15	>1
6	6	-812059.00	0.40	--	2857.99	26187.50	0.11	--
7	7	-964091.00	0.52	1.85	6293.58	28544.30	0.15	>1
8	8	-828939.00	0.41	--	2875.47	26113.80	0.11	--
9	9	-772186.00	0.37	2.30	6192.22	29267.30	0.16	>1
10	10	-742028.00	0.35	--	2783.28	26435.30	0.11	--
11	11	-823486.00	0.41	2.16	6220.02	29136.30	0.15	>1
12	12	-765261.00	0.37	--	2808.47	26363.40	0.11	--
13	13	-896425.00	0.46	1.98	6258.62	28873.40	0.15	>1
14	14	-798294.00	0.39	--	2843.56	26244.00	0.11	--
15	15	-947725.00	0.50	1.88	6285.19	28631.80	0.15	>1
16	16	-821527.00	0.41	--	2867.80	26147.20	0.11	--
17	17	-1235340.00	0.75	1.44	26351.20	35470.30	0.36	>1
18	18	-923794.00	0.48	--	17570.30	26820.50	0.25	--
19	19	-810181.00	0.40	--	3532.66	26223.90	0.12	--
20	20	-781777.00	0.38	--	53.14	26282.40	0.09	--

Palo n. 473

Tipo palo=Trivellato  
 Rotazione testa libera  
 Coefficiente di efficienza=1.00  
 Dp=1.000000 <m> Lp=30.000000 <m> Wp=58904.90 <daN> D=0.00 <m>  
 Colonna stratigrafica numero 1 str\_01  
 Verifiche in condizioni drenate

Zp <m>	$\tau_s$ <daN/cm>	$k_s$ <daN/cm>	$\sigma_h$ <daN/cm>	$k_h$ <daN/cm>
0.00	1.50	0.00	19.58	0.00
4.80	1.05	12.79	10.26	122.81
30.00	1.11	85.55	33.56	821.28

QS<sub>im</sub>=1382810.00 <daN>  
 q<sub>p</sub>=313.16 <daN/cm>  
 QP<sub>im</sub>=2459560.00 <daN>  
 k<sub>p</sub>=544.63 <daN/cm>

Relazione di calcolo

Verifiche in condizioni drenate

Caso	CC	N <daN>	Ced <cm>	Sic.V	T <daN>	M <daNm>	Sps <cm>	Sic.O
1	1	-926819.00	0.49	1.92	6274.42	28736.00	0.15	>1
2	2	-812059.00	0.40	--	2857.96	26187.90	0.11	--
3	3	-964091.00	0.52	1.85	6293.57	28544.70	0.15	>1
4	4	-828938.00	0.41	--	2875.45	26114.00	0.11	--
5	5	-755819.00	0.36	2.35	6183.24	29299.80	0.16	>1
6	6	-734616.00	0.35	--	2775.16	26456.10	0.11	--
7	7	-793090.00	0.39	2.24	6203.61	29219.30	0.16	>1
8	8	-751495.00	0.36	--	2793.59	26407.20	0.11	--
9	9	-823485.00	0.41	2.16	6219.99	29137.30	0.15	>1
10	10	-765261.00	0.37	--	2808.44	26363.80	0.11	--
11	11	-772185.00	0.37	2.30	6192.21	29267.90	0.16	>1
12	12	-742028.00	0.35	--	2783.27	26435.60	0.11	--
13	13	-947724.00	0.50	1.88	6285.22	28631.20	0.15	>1
14	14	-821526.00	0.41	--	2867.82	26146.90	0.11	--
15	15	-896424.00	0.46	1.98	6258.66	28872.50	0.15	>1
16	16	-798293.00	0.39	--	2843.59	26243.60	0.11	--
17	17	-1427350.00	0.95	1.25	23187.70	33930.70	0.33	>1
18	18	-1051810.00	0.59	--	15463.30	25859.40	0.23	--
19	19	-835783.00	0.42	--	3124.42	26109.30	0.12	--
20	20	-781777.00	0.38	--	53.14	26282.40	0.09	--

Palo n. 463

Tipo palo=Trivellato

Rotazione testa libera

Coefficiente di efficienza=1.00

Dp=1.000000 <m> Lp=30.000000 <m> Wp=58904.90 <daN> D=0.00 <m>

Colonna stratigrafica numero 1 str\_01

Verifiche in condizioni drenate

Zp <m>	$\tau_s$ <daN/cm <sup>2</sup> >	$k_s$ <daN/cm <sup>2</sup> >	$\sigma_h$ <daN/cm <sup>2</sup> >	$k_h$ <daN/cm <sup>2</sup> >
0.00	1.50	0.00	19.58	0.00
4.80	1.05	12.79	10.26	122.81
30.00	1.11	85.55	33.56	821.28

QS<sub>lim</sub>=1382810.00 <daN>

q<sub>p</sub>=313.16 <daN/cm<sup>2</sup>>

QP<sub>lim</sub>=2459560.00 <daN>

k<sub>p</sub>=544.63 <daN/cm<sup>2</sup>>

Verifiche in condizioni drenate

Caso	CC	N <daN>	Ced <cm>	Sic.V	T <daN>	M <daNm>	Sps <cm>	Sic.O
1	1	-793090.00	0.39	2.24	6203.61	29219.30	0.16	>1
2	2	-751495.00	0.36	--	2793.59	26407.20	0.11	--
3	3	-755819.00	0.36	2.35	6183.24	29299.80	0.16	>1
4	4	-734616.00	0.35	--	2775.16	26456.10	0.11	--
5	5	-964091.00	0.52	1.85	6293.57	28544.70	0.15	>1
6	6	-828938.00	0.41	--	2875.45	26114.00	0.11	--
7	7	-926819.00	0.49	1.92	6274.42	28736.00	0.15	>1
8	8	-812059.00	0.40	--	2857.96	26187.90	0.11	--
9	9	-896424.00	0.46	1.98	6258.66	28872.50	0.15	>1
10	10	-798293.00	0.39	--	2843.59	26243.60	0.11	--
11	11	-947724.00	0.50	1.88	6285.22	28631.20	0.15	>1
12	12	-821526.00	0.41	--	2867.82	26146.90	0.11	--
13	13	-772185.00	0.37	2.30	6192.21	29267.90	0.16	>1
14	14	-742028.00	0.35	--	2783.27	26435.60	0.11	--
15	15	-823485.00	0.41	2.16	6219.99	29137.30	0.15	>1
16	16	-765261.00	0.37	--	2808.44	26363.80	0.11	--
17	17	-618077.00	0.28	2.88	25936.80	36812.80	0.36	>1
18	18	-512288.00	0.22	--	17286.80	27792.50	0.25	--
19	19	-727879.00	0.35	--	3429.49	26503.40	0.12	--
20	20	-781777.00	0.38	--	53.14	26282.40	0.09	--

Palo n. 459

Tipo palo=Trivellato

Rotazione testa libera

Coefficiente di efficienza=1.00

Dp=1.000000 <m> Lp=30.000000 <m> Wp=58904.90 <daN> D=0.00 <m>

Colonna stratigrafica numero 1 str\_01

Relazione di calcolo

Verifiche in condizioni drenate

Zp <m>	$\tau_s$ <daN/cm <sup>2</sup> >	$k_s$ <daN/cm>	$\sigma_h$ <daN/cm <sup>2</sup> >	$k_h$ <daN/cm>
0.00	1.50	0.00	19.58	0.00
4.80	1.05	12.79	10.26	122.81
30.00	1.11	85.55	33.56	821.28

QS<sub>lim</sub>=1382810.00 <daN>  
 q<sub>p</sub>=313.16 <daN/cm<sup>2</sup>>  
 QP<sub>lim</sub>=2459560.00 <daN>  
 k<sub>p</sub>=544.63 <daN/cm>

Verifiche in condizioni drenate

Caso	CC	N <daN>	Ced <cm>	Sic.V	T <daN>	M <daNm>	Sps <cm>	Sic.O
1	1	-922769.00	0.48	1.93	6272.37	28754.30	0.15	>1
2	2	-810225.00	0.40	--	2856.08	26195.20	0.11	--
3	3	-862462.00	0.44	2.06	6240.80	29006.70	0.15	>1
4	4	-782913.00	0.38	--	2827.34	26301.90	0.11	--
5	5	-857452.00	0.43	2.07	6238.11	29025.80	0.15	>1
6	6	-780645.00	0.38	--	2824.89	26310.60	0.11	--
7	7	-797145.00	0.39	2.23	6205.79	29209.90	0.16	>1
8	8	-753333.00	0.36	--	2795.56	26401.90	0.11	--
9	9	-970266.00	0.52	1.83	6296.72	28510.40	0.15	>1
10	10	-831736.00	0.42	--	2878.33	26101.10	0.11	--
11	11	-950671.00	0.50	1.87	6286.70	28616.40	0.15	>1
12	12	-822862.00	0.41	--	2869.18	26141.20	0.11	--
13	13	-769243.00	0.37	2.31	6190.61	29273.40	0.16	>1
14	14	-740696.00	0.35	--	2781.82	26439.00	0.11	--
15	15	-749648.00	0.36	2.37	6179.84	29311.00	0.16	>1
16	16	-731822.00	0.35	--	2772.08	26463.70	0.11	--
17	17	-560018.00	0.24	3.18	23630.40	36669.50	0.34	>1
18	18	-473582.00	0.20	--	15747.50	27724.50	0.24	--
19	19	-720140.00	0.34	--	3110.20	26522.20	0.12	--
20	20	-781779.00	0.38	--	53.14	26282.40	0.09	--

Palo n. 457

Tipo palo=Trivellato  
 Rotazione testa libera  
 Coefficiente di efficienza=1.00  
 D<sub>p</sub>=1.000000 <m> L<sub>p</sub>=30.000000 <m> W<sub>p</sub>=58904.90 <daN> D=0.00 <m>  
 Colonna stratigrafica numero 1 str\_01  
 Verifiche in condizioni drenate

Zp <m>	$\tau_s$ <daN/cm <sup>2</sup> >	$k_s$ <daN/cm>	$\sigma_h$ <daN/cm <sup>2</sup> >	$k_h$ <daN/cm>
0.00	1.50	0.00	19.58	0.00
4.80	1.05	12.79	10.26	122.81
30.00	1.11	85.55	33.56	821.28

QS<sub>lim</sub>=1382810.00 <daN>  
 q<sub>p</sub>=313.16 <daN/cm<sup>2</sup>>  
 QP<sub>lim</sub>=2459560.00 <daN>  
 k<sub>p</sub>=544.63 <daN/cm>

Verifiche in condizioni drenate

Caso	CC	N <daN>	Ced <cm>	Sic.V	T <daN>	M <daNm>	Sps <cm>	Sic.O
1	1	-964091.00	0.52	1.85	6293.58	28544.40	0.15	>1
2	2	-828939.00	0.41	--	2875.47	26113.90	0.11	--
3	3	-926819.00	0.49	1.92	6274.46	28735.10	0.15	>1
4	4	-812059.00	0.40	--	2857.99	26187.50	0.11	--
5	5	-793091.00	0.39	2.24	6203.59	29220.10	0.16	>1
6	6	-751496.00	0.36	--	2793.57	26407.60	0.11	--
7	7	-755819.00	0.36	2.35	6183.24	29300.20	0.16	>1
8	8	-734616.00	0.35	--	2775.15	26456.30	0.11	--
9	9	-947725.00	0.50	1.88	6285.19	28631.80	0.15	>1
10	10	-821527.00	0.41	--	2867.80	26147.20	0.11	--
11	11	-896425.00	0.46	1.98	6258.62	28873.40	0.15	>1
12	12	-798294.00	0.39	--	2843.56	26244.10	0.11	--
13	13	-823486.00	0.41	2.16	6220.02	29136.30	0.15	>1
14	14	-765261.00	0.37	--	2808.47	26363.40	0.11	--
15	15	-772186.00	0.37	2.30	6192.22	29267.30	0.16	>1
16	16	-742028.00	0.35	--	2783.28	26435.30	0.11	--

Relazione di calcolo

17	17	-810096.00	0.40	2.20	22745.60	36936.80	0.33	>1
18	18	-640301.00	0.29	--	15160.50	27809.10	0.23	--
19	19	-753482.00	0.36	--	3011.30	26429.00	0.12	--
20	20	-781777.00	0.38	--	53.14	26282.40	0.09	--

Palo n. 469

Tipo palo=Trivellato

Rotazione testa libera

Coefficiente di efficienza=1.00

Dp=1.000000 <m> Lp=30.000000 <m> Wp=58904.90 <daN> D=0.00 <m>

Colonna stratigrafica numero 1 str\_01

Verifiche in condizioni drenate

Zp <m>	$\tau_s$ <daN/cm <sup>2</sup> >	$k_s$ <daN/cm <sup>2</sup> >	$\sigma_h$ <daN/cm <sup>2</sup> >	$k_h$ <daN/cm <sup>2</sup> >
0.00	1.50	0.00	19.58	0.00
4.80	1.05	12.79	10.26	122.81
30.00	1.11	85.55	33.56	821.28

QS<sub>im</sub>=1382810.00 <daN>

q<sub>p</sub>=313.16 <daN/cm<sup>2</sup>>

QP<sub>im</sub>=2459560.00 <daN>

k<sub>p</sub>=544.63 <daN/cm<sup>2</sup>>

Verifiche in condizioni drenate

Caso	CC	N <daN>	Ced <cm>	Sic.V	T <daN>	M <daNm>	Sps <cm>	Sic.O
1	1	-797146.00	0.39	2.23	6205.79	29209.90	0.16	>1
2	2	-753333.00	0.36	--	2795.56	26401.90	0.11	--
3	3	-857452.00	0.43	2.07	6238.11	29025.80	0.15	>1
4	4	-780645.00	0.38	--	2824.89	26310.60	0.11	--
5	5	-862462.00	0.44	2.06	6240.80	29006.70	0.15	>1
6	6	-782913.00	0.38	--	2827.33	26301.90	0.11	--
7	7	-922769.00	0.48	1.93	6272.36	28754.30	0.15	>1
8	8	-810225.00	0.40	--	2856.08	26195.20	0.11	--
9	9	-749648.00	0.36	2.37	6179.84	29311.00	0.16	>1
10	10	-731822.00	0.35	--	2772.08	26463.70	0.11	--
11	11	-769243.00	0.37	2.31	6190.61	29273.40	0.16	>1
12	12	-740696.00	0.35	--	2781.82	26439.00	0.11	--
13	13	-950671.00	0.50	1.87	6286.70	28616.40	0.15	>1
14	14	-822862.00	0.41	--	2869.18	26141.20	0.11	--
15	15	-970266.00	0.52	1.83	6296.72	28510.40	0.15	>1
16	16	-831736.00	0.42	--	2878.33	26101.10	0.11	--
17	17	-1485420.00	1.02	1.20	25533.40	33353.50	0.35	>1
18	18	-1090520.00	0.62	--	17027.90	25505.70	0.24	--
19	19	-843526.00	0.42	--	3442.30	26073.30	0.12	--
20	20	-781779.00	0.38	--	53.14	26282.40	0.09	--