

COMUNE DI ROTTOFRENO

Provincia di Piacenza

**AMPLIAMENTO
LPR
IN LOCALITA' CATTAGNINA**

Relazione geologica e sismica preliminare

Committente:

Geom. MAURO FIORANI

studio

Iusignani

geologia, cave ed ambiente

GIUGNO 2016

INDICE

PREMESSA	pag. 3
INQUADRAMENTO GEOLOGICO	pag. 7
INDAGINI GEOGNOSTICHE	pag. 9
• prove penetrometriche dinamiche SCPT.....	pag. 9
• sondaggi a carotaggio continuo (1999).....	pag. 12
• stendimento sismico Masw	pag. 14
CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SOTTOSUOLO.....	pag. 15
VALORI CARATTERISTICI - MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO	pag. 18
CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO	pag. 19
SUGGERIMENTI E RACCOMANDAZIONI.....	pag. 26
• fondazioni dirette calcolo portanza.....	pag. 26
• Cedimenti	pag. 28
• Carico limite.....	pag. 29
• Carico ammissibile e cedimenti	pag. 30
• Scorrimento.....	pag. 31
CONCLUSIONI.....	pag. 32

ALLEGATI:

- diagrammi - tabelle di calcolo dei parametri geotecnici desunti dalle prove penetrometriche dinamiche SCPT
- risultanze prova MASW

PREMESSA

L'area di intervento insiste sui mappali n. 688 e 708 al Foglio 16° del catasto del comune di Rottofreno ed è situata in località Cattagnina.

L'area si estende in fregio alla Strada Statale n°10 e confina lungo il suo lato occidentale con l'attuale stabilimento LPR di cui rappresenta il naturale ampliamento verso San Nicolò.

La Committenza ci ha informato che sull'area è intenzione dell'Azienda realizzare un ampliamento dell'attività produttiva con edificazione di due capannoni di superficie complessiva pari a circa 18.000 mq.

Risulta opportuno sottolineare come l'area, a fine anni 90', sia stata parzialmente assoggettata ad escavazione di ghiaia¹ (vedi ortofoto "Volo Italia 98" di seguito allegata).

La presente relazione è volta quindi ad avere un preliminare quadro dell'andamento del tetto del banco ghiaioso (attuale profondità dal piano di campagna) che potrebbe essere gravato dai sovraccarichi fondazionali dei fabbricati in progetto; in questa fase sono state commissionate 4 prove penetrometriche da distribuirsi equamente sia sulle aree precedentemente escavate² sia sulle aree non interessate da pregressa attività estrattiva.

E' stata altresì eseguita una indagine sismica per la determinazione della classificazione del suolo ai sensi del D.M.14 gennaio 2008.

E' stato possibile quindi ricavare indicazioni utili alla committenza, anche se di larga massima, al fine di redigere lo studio di prefattibilità dell'intervento.

Si ribadisce fin da ora che per la progettazione definitiva, viste le attività che in passato hanno investito l'area, sarà necessario eseguire, previo preciso picchettamento dell'area di intervento, una approfondita analisi geognostica.

¹ con ritombamento delle fosse di scavo fino all'originario piano di campagna

² e recuperate



LEGENDA:



Capannoni in progetto



Area assoggettata ad attività estrattiva fine anni '90



Immagine satellitare dell'area d'intervento

INQUADRAMENTO TERRITORIALE scala 1:10.000



LEGENDA:



Capannoni in progetto



Area assoggettata ad attività estrattiva fine anni '90



Inquadramento territoriale

ORTOFOTO VOLO ITALIA 1998
scala 1:5.000



LEGENDA:



Capannoni in progetto



Area assoggettata ad attività estrattiva fine anni '90



Ortofoto 1998 che evidenzia l'attività estrattiva in corso sull'area

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di intervento giace nella pianura a Sud del F.Po da cui dista circa 4 km mentre il F. Trebbia svolge il suo corso a 2km circa verso sud est.

L'area giace ad una quota prossima a m 63 s.l.m.; ed è confinata a Nord dalla strada statale Padana Inferiore.

Il substrato geolitologico dell'area in esame, secondo la C.G.I. scala 1:100.000, appartiene ai depositi del Quaternario continentale, cui corrispondono i depositi della fase Olocenica post-glaciale noti nella Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000 (F.72 "Fiorenzuola d'Arda"), con il nome di "Alluvioni antiche".

La più recente "CARTA GEOLOGICA DELLA PIANURA", basata sulla nuova ricostruzione stratigrafica adottata dalla RER³, che distingue unità allostratigrafiche legate a cicli di eventi deposizionali (UBSU o sintemi⁴), classifica l'area entro i depositi del Subsistema di Ravenna (AES8).

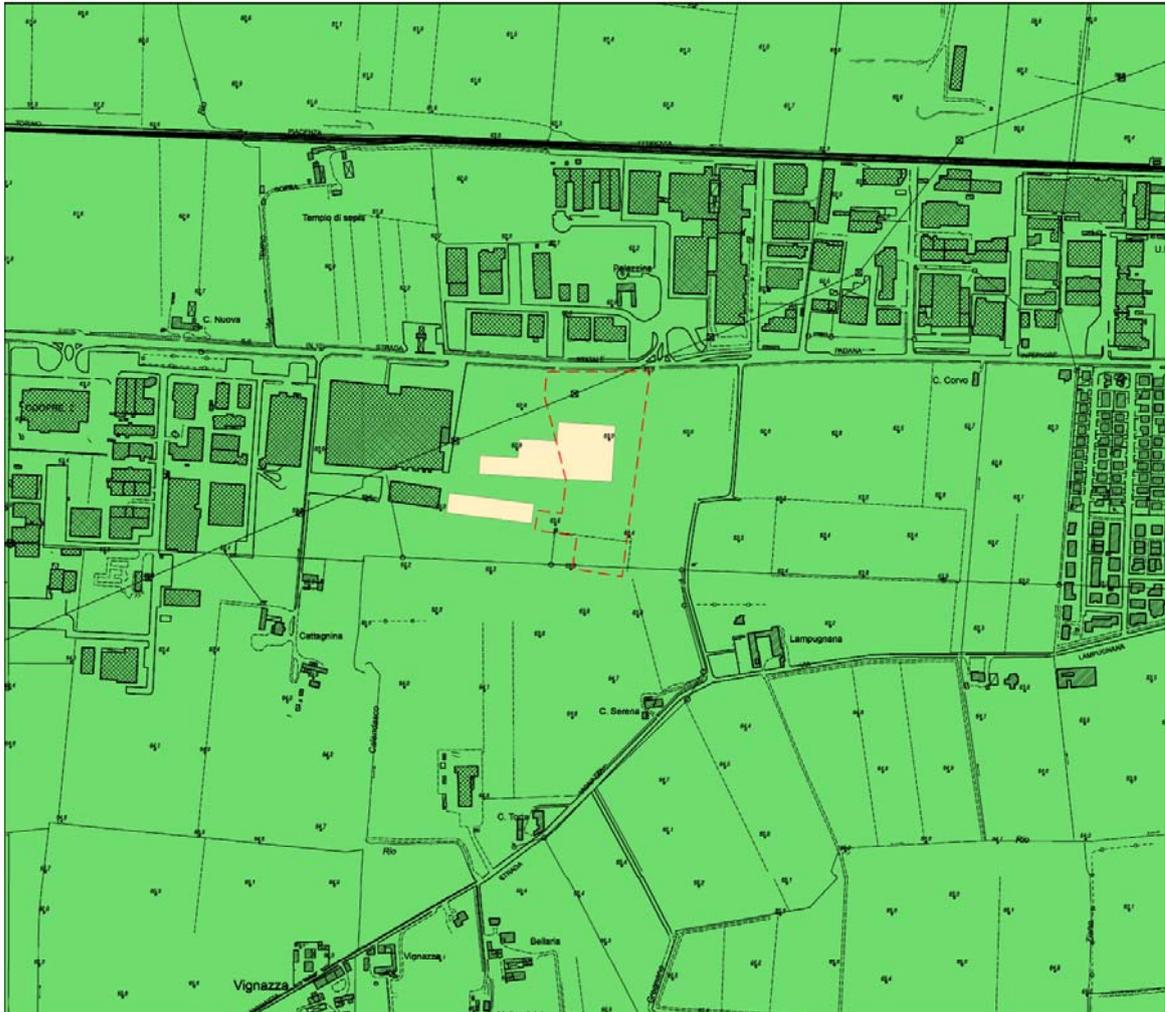
Trattasi di depositi della piana alluvionale terrazzata, che negli orizzonti superficiali presentano natura prevalentemente limo-argillosa e limo-sabbiosa di spessore discontinuo; essi celano un substrato prevalentemente ghiaioso di parecchie decine di metri di spessore, che giace a profondità crescenti da poco più di un metro presso Riva Trebbia a più di 8 metri all'intorno di Rottofreno.

L'area in esame allo stato si presenta pianeggiante e stabile in assenza di particolarità morfologiche di rilievo; in base agli studi contenuti nel PSC vigente (cfr. Tav. G3 "Idrogeologia" del Quadro Conoscitivo), la falda resta a circa 12 metri di profondità sotto il p.c. ed è priva di apprezzabile risalianza.

³ nell'ambito degli studi per la realizzazione della nuova Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 in corso di realizzazione

⁴ che corrispondono a unità stratigrafiche delimitate da superfici di discontinuità

CARTA GEOLOGICA
scala 1:10.000



LEGENDA:



Capannoni in progetto



Area assoggettata ad attività estrattiva fine anni '90



Subsistema di Ravenna (AES8)
Pleistocene Superiore - Olocene

Comprende ghiaie-sabbiose di conoide, depositi sabbiosi intravallivi terrazzati e limi stratificati di interconoide; la copertura limo-argillosa è discontinua così come il contatto di base, spesso erosivo e discordante, sul substrato Pliocenico. Al suo interno viene distinta, su base morfologica, pedostratigrafica e archeologica, l'Unità di Modena



Stralcio Carta Idrogeologica a corredo del PSC del comune di Piacenza

INDAGINI GEOGNOSTICHE

Al fine della caratterizzazione geotecnica del sottosuolo, si sono eseguite n.4 prove penetrometriche dinamiche SCPT5 nonché si è fatto riferimento alle stratigrafie di n°2 sondaggi a carotaggio continuo realizzati per la costruzione del limitrofo Stabilimento LPR (luglio 1999) a corredo della Variante Specifica al PRG6 (giugno 2007). In merito alla classificazione del suolo sismico si è eseguito apposito stendimento sismico Masw nella porzione sud occidentale dell'area.

Prove penetrometriche dinamiche SCPT

Nel corso delle prove si è rilevato il numero di colpi N necessario a conseguire ogni affondamento di 30 cm della punta penetrometrica.

Prove SCPT 1 e 2

Il diagramma delle prove conferma che l'area è caratterizzata da un potente spessore di materiali di riporto residuali della pregressa attività estrattiva svolta sull'area alla fine degli anni 90'.

A circa 6 metri nella prova SCPT n.2 e 5,4 m nella prova n.1 è stato rinvenuto il tetto delle ghiaie; trattasi di sottosuolo rappresentato da depositi ghiaio-sabbiosi e ciottolosi ben addensati, solo occasionalmente intercalati da esigui livelli sabbiosi.

Nella coltre di riporto di eterogenea consistenza e natura, il valore medio N_{60} ogni 30 cm di avanzamento, varia da 6 a 13, mentre nel sottostante deposito ghiaioso è compreso tra 18 e 29

Prove SCPT 3 e 4

Il diagramma delle prove evidenzia come il substrato ghiaioso in posto è celato da un'esigua coltre di copertura limo argillosa (0,9m in SCPT3 e 1,8 in SCPT4).

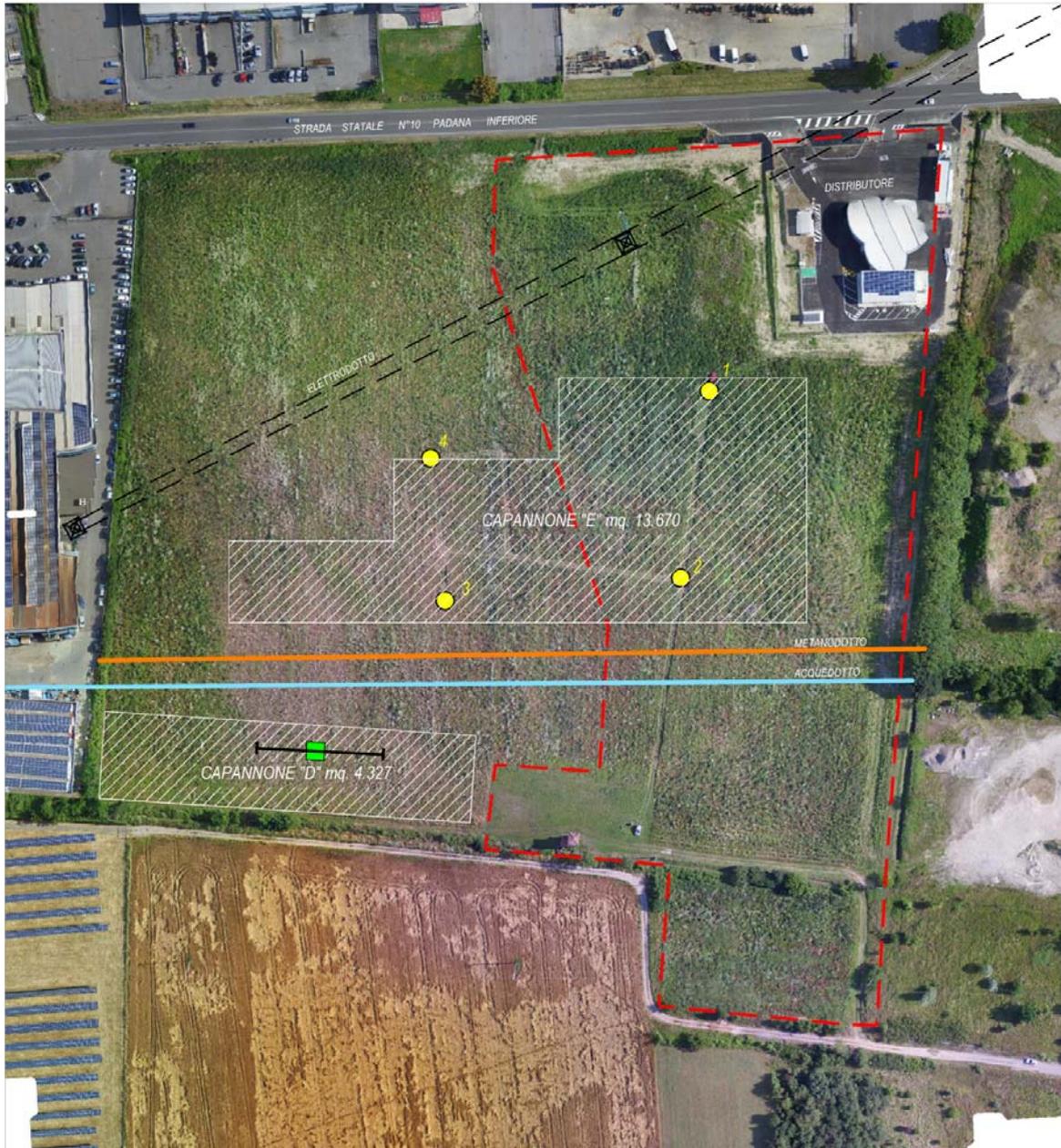
In tutte le prove il substrato ghiaio-sabbioso molto addensato, caratterizzato da un angolo di attrito a volume costante $\varphi_{cv} > 32^\circ$, ha condotto a rifiuto le prove dopo pochi decimetri.

Tutti i fori di prova si sono rivelati anidri in quanto la falda giace ad una profondità maggiore di quella indagata dalle prove penetrometriche.

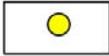
⁵ con attrezzatura standard tipo DPSH

⁶ Zonizzazione siti antenne telefonia mobile

UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE (SU BASE ORTOFOTO VOLO DRONE 21/06/2016)



LEGENDA:

-  Capannoni in progetto
-  Area assoggettata ad attività estrattiva fine anni '90
-  Prove penetrometriche SCPT commissionate per questa indagine preliminare
-  Stendimento sismico MASW (lung. 46 m)





Fasi dell'esecuzione della prova SCPT2

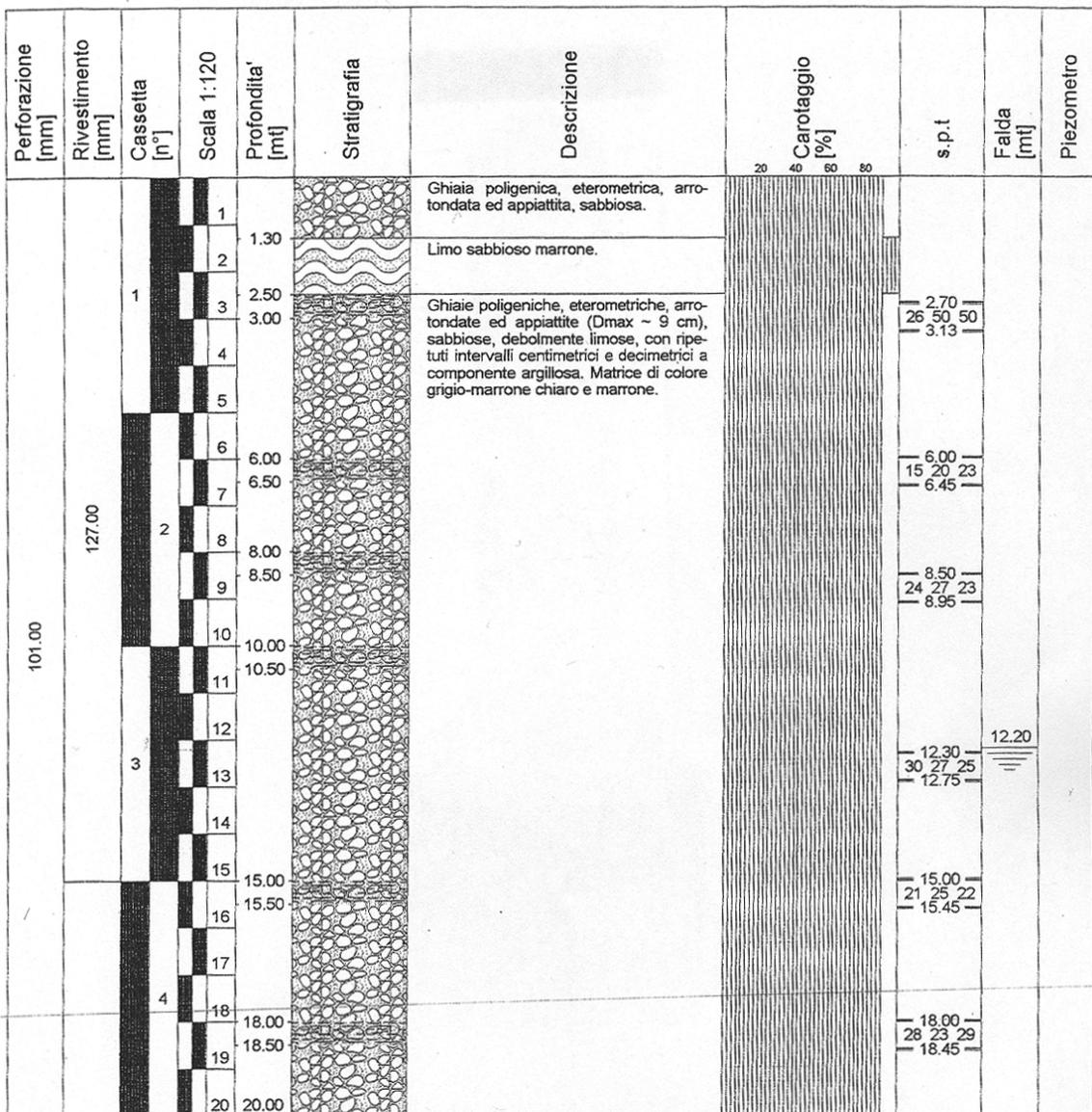


Fasi dell'esecuzione della prova SCPT4

Sondaggi a carotaggio continuo (desunti da Variante PRG 2007)

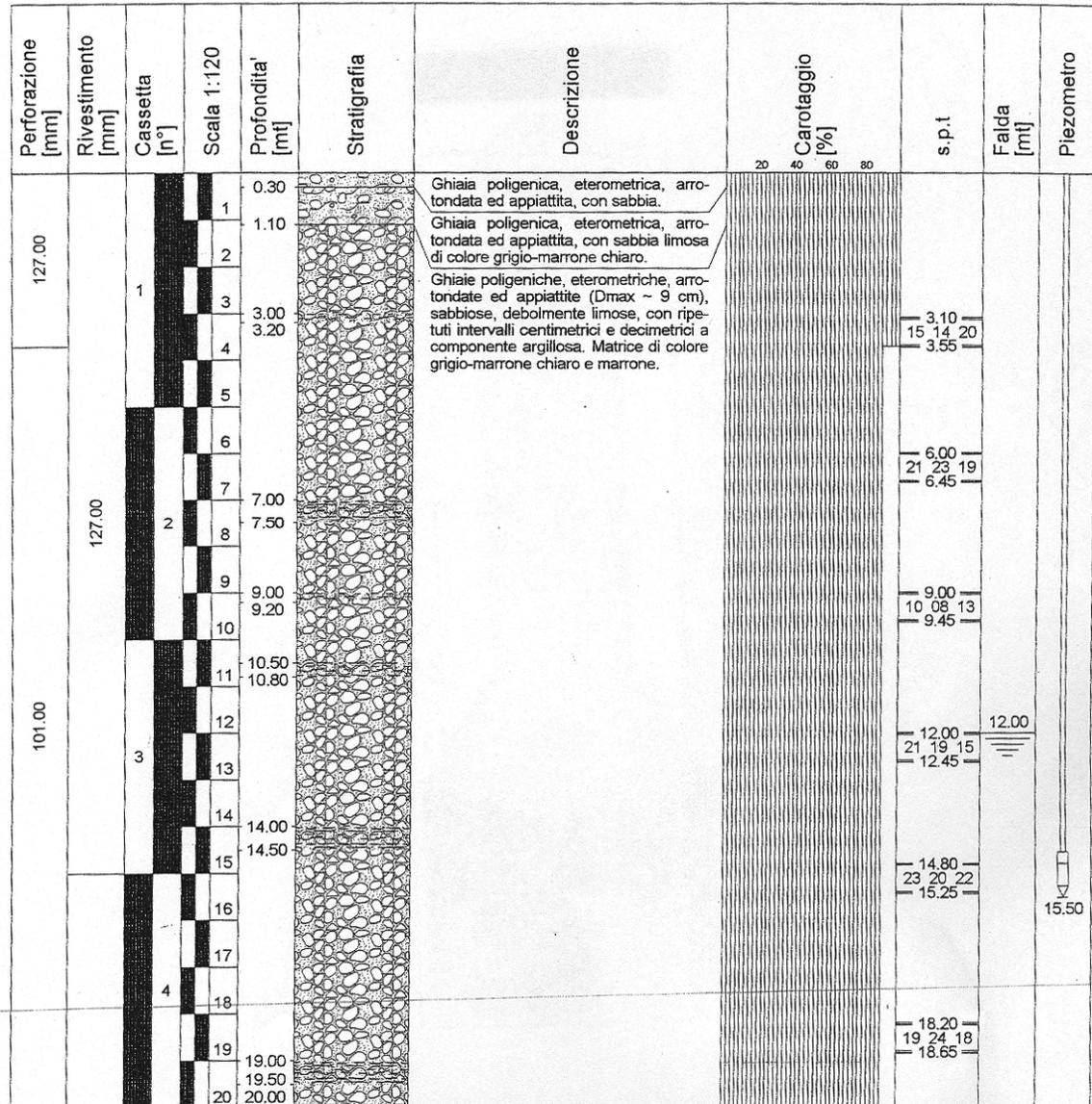
Le stratigrafie dei due sondaggi a carotaggio continuo spinti fino a 20 m di profondità confermano che al di sotto di uno modesto spessore di coltre limo-argillosa di copertura (non più di 2-2,5 m) è presente un materasso alluvionale ghiaio-sabbioso e ciottoloso caratterizzato da valori di N60 raramente inferiori a 30, cui corrisponde un angolo di attrito residuo ϕ_{cv} prossimo a 35°.

Cantiere: STABILIMENTO LPR (S. Nicolò a Trebbia - PC)	N. sondaggio: S1
Committente: DOTT. GEOL. M. ARCHILLI (PC)	Scala sondaggio: 1 : 120
Perforatore: PARMAGEO S.n.c. (PR)	Geologo: Dr. Enrico Faccini
Metodo perf.: rotazione ad aste con carotaggio continuo	Quota inizio: piano campagna
Fluido perf.: acqua con additivo chimico	Data ultimazione: 31.08.1999



NOTE:
 1) Tranne la prima, eseguita con campionatore standard a punta aperta, le prova SPT sono state effettuate con utensile a punta chiusa.

Cantiere: STABILIMENTO LPR (S. Nicolò a Trebbia - PC)	N. sondaggio: S2
Committente: DOTT. GEOL. M. ARCHILLI (PC)	Scala sondaggio: 1 : 120
Perforatore: PARMAGEO S.n.c. (PR)	Geologo: Dr. Enrico Faccini
Metodo perf.: rotazione ad aste con carotaggio continuo	Quota inizio: piano campagna
Fluido perf.: acqua con additivo chimico	Data ultimazione: 02.09.1999



NOTE:
 1) Tutte le prova SPT sono state effettuate con utensile a punta chiusa.

Prova sismica Masw

Al fine di valutare l’effettiva natura del terreno di fondazione oltre la profondità raggiunta dalle prove penetrometriche e per definire (in conformità alle NTC 2008) la velocità delle onde trasversali o di taglio entro i primi 30 m di profondità, si è eseguito uno stendimento sismico multicanale con procedura MASW.

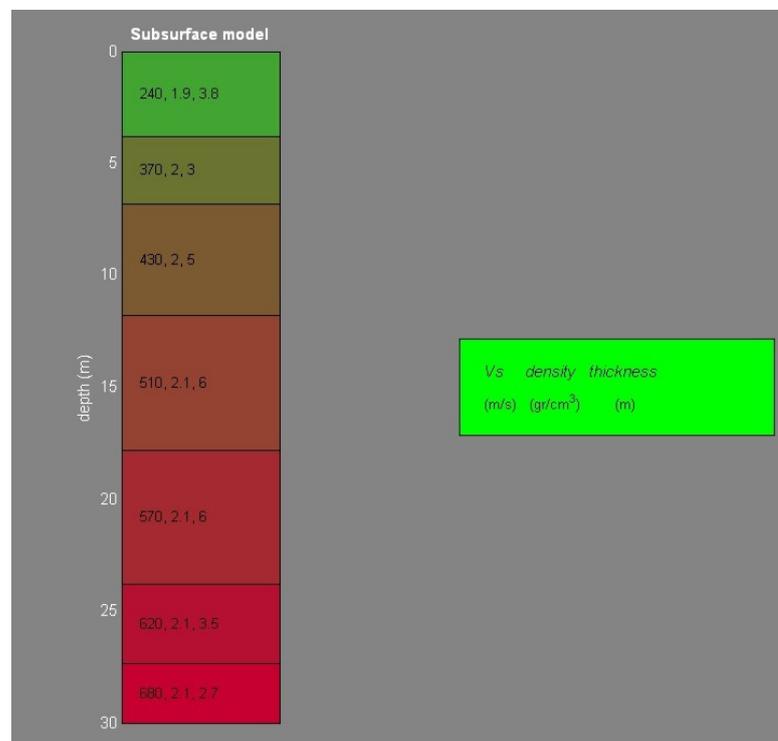
Lo stendimento con procedura MASW consente di definire la successione sismostratigrafica del sottosuolo all’incirca fino ad una trentina di metri di profondità individuando, nel caso in esame, 7 successivi sismostrati.

Per ciascuno strato individuato è stato ricavato il valore stimato dello spessore, della velocità di propagazione delle onde trasversali o di taglio Vs oltre che della densità e del modulo di taglio a piccole deformazioni del materiale.

Come illustrato nella tabella allegata alla presente, il valore Vs del primo sismostrato, resta inferiore ai 250 m/s e ben corrisponde allo strato ghiaioso superficiale attraversato dalle prove penetrometriche.

Con la profondità il sottosuolo ghiaioso migliora le proprie caratteristiche meccaniche presentando valori crescenti delle Vs da 370 a oltre 600 m/s nei sismostrati basali.

Il valore Vs30, calcolato con l’eq.3.2.1. delle NTC 2008, è pari a 445 m/s, che corrisponde a “suolo di fondazione di tipo B”.



Sismostratigrafia desunta dallo stendimento Masw

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SOTTOSUOLO

Parametri geotecnici desunti dalla prova dinamica SCPT

Il numero di colpi N richiesto per l'infissione di 30 cm nel corso della prova dinamica SCPT può essere correlato ai valori N che si sarebbero ricavati con prove S.P.T. in foro da sonda, tenendo conto che questi ultimi sono ricavati con un'attrezzatura che garantisce un rendimento $E_r=60\%$ mentre il penetrometro DPSH impiegato raggiunge un rendimento $E_r=73\%$ pur in assenza di rivestimento.

Per confrontare i valori delle due diverse prove il numero N delle prove SCPT va quindi corretto al valore N_{60} ovvero a quello che si sarebbe conseguito con un'attrezzatura dotata del medesimo rendimento delle prove SPT, con la relazione:

$$N_{60} = N \times 73/60 = N \times 1,22 \approx NSPT$$

A sua volta il valore N_{60} può essere correlato ad alcune delle caratteristiche geotecniche del terreno indagato: i valori medi dei dati ricavati da tali correlazioni sono riportati nelle schede allegate ove si è altresì schematizzata la successione stratigrafica desunta dalle prove SCPT.

Il peso di volume secco γ_d è stato stimato in base ai valori NSPT sulla scorta delle indicazioni di TERZAGHI (1967) e di GIROUD (1972), ricavando quindi il valore del peso di volume immerso γ' e saturo γ_{sat} con le relazioni:

$$\gamma' = 0,63 \times \gamma_d \text{ (cfr. GIROUD 1972)}$$

$$\gamma_{sat} = \gamma' + 1$$

La coesione non drenata ed il modulo edometrico degli orizzonti a comportamento meccanico coesivo, sono stati stimati con le seguenti relazioni empiriche:

- per limi e limi-sabbiosi:
 - coesione non drenata $c_u = 0,037 \times N_{60}$ kg/cmq (rif. NAVFAC)
 - modulo edometrico $E_{ed} = 6,0 \times N_{60}$ kg/cmq (rif. STROUD & BUTLER)
- per argille:
 - coesione non drenata $c_u = 0,074 \times N_{60}$ kg/cmq (rif. NAVFAC)
 - modulo edometrico $E_{ed} = 4,5 \times N_{60}$ kg/cmq (rif. STROUD & BUTLER)

L'angolo d'attrito drenato di picco φ_p del sottosuolo incoerente ghiaio-sabbioso è stato stimato con la relazione empirica di MAYNE:

$$\varphi'_p = (15,4^\circ \times N')^{0,5} + 20^\circ$$

nel caso in esame essendo:

- $N' = N_{60}/(\sigma'_{vo})^{0,5}$

- σ'_{vo} = carico geostatico efficace alla profondità di prova, espresso in kg/cmq.

L'angolo d'attrito residuo (o a volume costante), cui ci si riferisce per il calcolo del carico limite di fondazioni superficiali, è stato stimato in funzione del valore di φ_p ricorrendo alla relazione di BOLTON (1986):

$$\varphi_r = \varphi_{cv} = \varphi_p - m \times [Dr \times (10 - \ln(p'f)) - 1]$$

ove Dr = densità relativa percentuale;

$m = 3$ per casi assialsimmetrici; 5 per casi di deformazione piana;

$p'f$ = pressione media a rottura, espressa in KPa

La densità relativa dei terreni assimilabili a mezzi incoerenti è stata valutata con la relazione empirica di LANCELOTTA (1983):

$$Dr = 68 \times \{\log[q_c/(\sigma'_{vo})^{0,5}] - 1\}$$

ove:

Dr = densità relativa percentuale

σ'_{vo} = carico geostatico alla profondità cui si riferisce q_c che per i terreni in esame varia dal 60% a oltre l'80%.

Ai fini della caratterizzazione del sottosuolo in condizioni sismiche si è infine stimato il modulo di taglio a piccole deformazioni con la correlazione empirica (FHWA 2002):

$$G_o = 155,6 \times (N')^{0,68} \text{ in kg/cmq}$$

e noto G_o si può ricavare:

il modulo elastico a piccole deformazioni: $E_o = 3 \times G_o$ (cfr. EC8);

la velocità di propagazione delle onde trasversali: $V_s = (G_o/(\gamma \times g))^{0,5}$

ove:

- γ = peso di volume naturale del sottosuolo (sopra la superficie di falda);
- $\gamma = \gamma_{sat}$ = peso di volume immerso del sottosuolo (sotto falda);
- g = accelerazione di gravità.

I valori medi di N , N_{60} , N' e dei parametri geotecnici ricavati dalle summenzionate correlazioni sono riportati nelle schede allegate, ove si è altresì schematizzata la successione stratigrafica desunte dalle prove.

Le prove mostrano che il substrato ghiaioso ben addensato giace a circa 1-2 m sotto il piano di campagna ed è caratterizzato da valori medi di $N_{60} > 30$; laddove l'area è stata in passato escavata, il substrato ghiaioso è invece celato da 5-6 m di materiale eterogeneo di riporto, caratterizzato da valori di N_{60} anche inferiori a 5.

Il comportamento meccanico del sottosuolo ghiaioso è assimilabile a un terreno incoerente, la cui resistenza al taglio è governata dall'angolo di attrito a volume costante φ_{cv} che può raggiungere valori prossimi a 35° negli orizzonti ghiaio-ciottolosi, intorno ai 30° nelle più sottili intercalazioni sabbiose.

Parametri geotecnici desunti dalla prova MASW

Come illustrato nella tabella allegata, oltre ai valori di velocità di propagazione delle onde trasversali o di taglio lo stendimento sismico ha consentito altresì di stimare il peso di volume saturo ed il modulo di taglio iniziale (ovvero a piccole deformazioni) di ciascuno dei sismostrati individuati nel sottosuolo.

Il peso di volume saturo del sottosuolo è stato stimato in funzione della velocità Vs desunta per ciascun sismostrato dalla linea sismica eseguita nel 2009, con la correlazione empirica (riportata alla Fig.9-5 in FHWA NHI-01-031 del maggio 2002):

$$\gamma \text{ (t/mc)} = [8,32 \times \log(Vs) - 1,61 \times \log(z)]/10$$

essendo z=profondità media del sismostrato considerato.

I valori così calcolati sono ben corrispondenti a quelli ricavati dalle prove CPT, passando da 1,8 t/mc presso la superficie a 2,0 t/mc in profondità.

Il modulo di taglio Go va calcolato con la relazione:

$$Go = r \times (Vs)^2 = \gamma/g \times (Vs)^2$$

dove:

r =densità, γ =peso di volume, g =accelerazione di gravità

ed analogamente alle onde Vs, esso aumenta con la profondità passando da 109 MPa presso la superficie a oltre 800 MPa in profondità in quelli basali.

Il valore Vs30 (in base al quale si definisce la categoria di sottosuolo ai fini delle azioni sismiche, in conformità alle NTC 2008) è pari a 445 m/s.

Velocità Vs del sottosuolo indagato dalle linee sismiche MASW **Ampliamento LPR - comune di Rottofreno**

velocità di propagazione delle onde trasversali o di taglio: Vs

peso di volume saturo: $\gamma = 0,1 \times (8,32 \times \text{LOG}(Vs) - 1,61 \times \text{LOG}(z))$ t/mc ove z = profondità

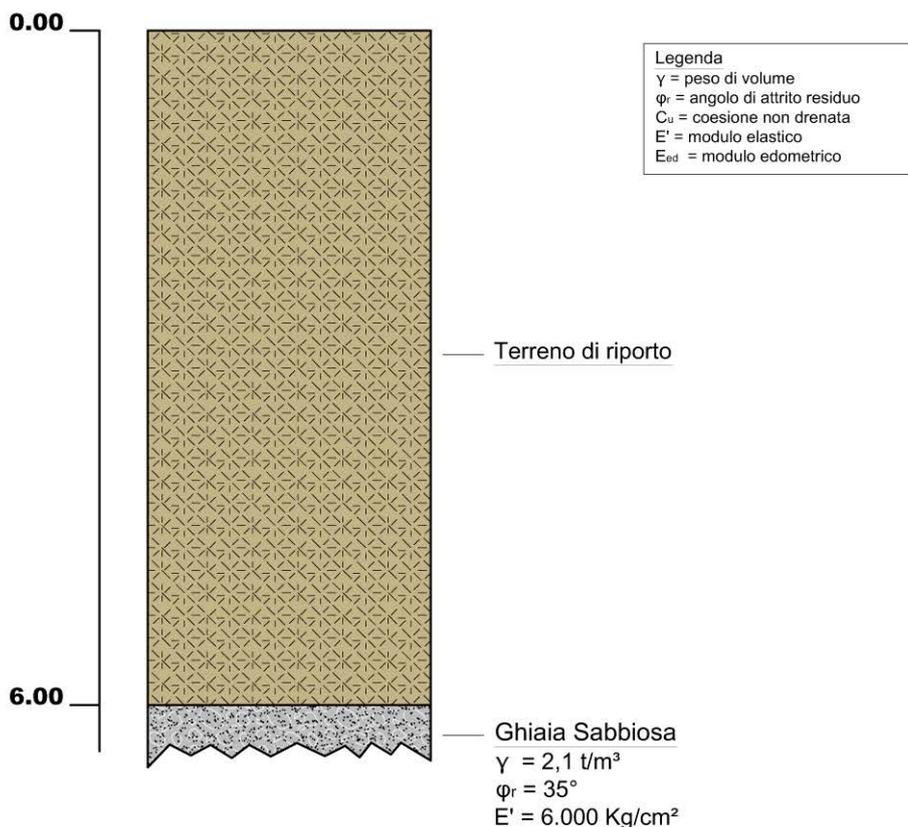
modulo di taglio a piccole deformazioni: $Go = \rho \times (Vs)^2 = \gamma/g \times (Vs)^2$

linea sismica	Spessore strati m	Prof. strati da m	γ strati t/mc	Vs strati m/s	Go strati Mpa
MASW	3,8	0,0	1,94	240	109
	3,0	3,8	2,02	370	274
	5,0	6,8	2,04	430	377
	6,0	11,8	2,06	510	536
	6,0	17,8	2,08	570	679
	3,5	23,8	2,10	620	811
	$\approx 2,7$	27,3	2,12	680	978
Vs30 =				445	

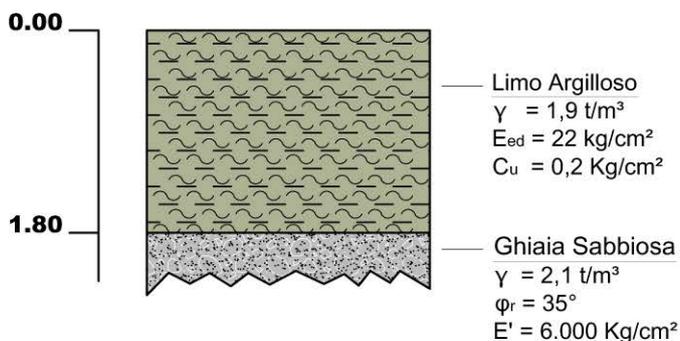
VALORI CARATTERISTICI E MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

Di seguito si riassumono i parametri caratteristici fisico/geotecnici del sottosuolo desunti dalle correlazioni utilizzate per le prove SCPT ed in base ai risultati dei carotaggi considerati per il presente studio (eseguiti nel 1999 per la costruzione dell'adiacente capannone).

Area interessata da progressa attività estrattiva :



Area non interessata da progressa attività estrattiva :



CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO

Il territorio comunale di Rottofreno, precedentemente non classificato, è stato ascritto dall’Ordinanza P.C.M. n.3274 a zona sismica di tipo 4.

I valori delle azioni sismiche sono stati ulteriormente precisati dalle NTC di cui al D.M.14/01/08, entrate in vigore dal 01/07/09.

Nella tabella allegata si sono riportati i valori (desunti dal foglio di calcolo “Spettri NTC-ver.1.0.3.” del C.S.L.P. in funzione delle coordinate geografiche del sito in esame), dei parametri a_g (accelerazione orizzontale massima), F_0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale), T_c^* (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale), per il sito in esame per tempi di ritorno T_r variabili da 30 a 2475 anni, cui corrisponde una probabilità di superamento $P_{vr}\%$ variabile dall’81 al 2% in 50 anni.

Schermata foglio di calcolo “Spettri NTC-ver.1.0.3.” del C.S.L.P. per individuazione pericolosità del sito

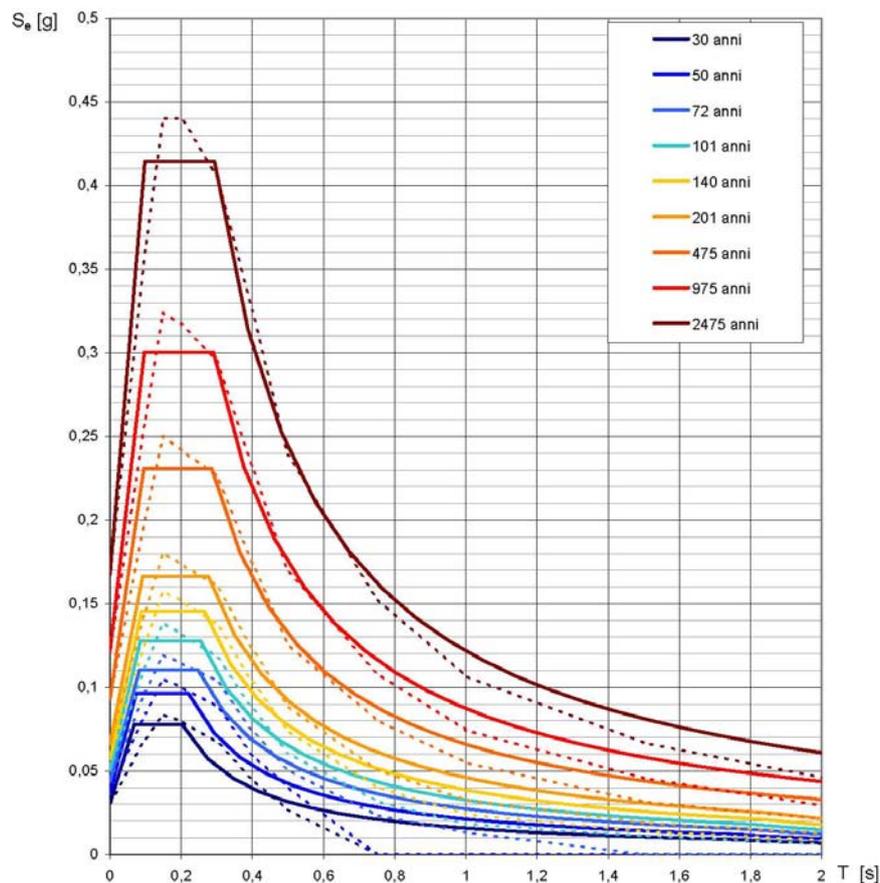
In particolare, per $T_r=475$ anni risulta $a_g=0,093g$: per tale valore va calcolato lo stato limite ultimo di salvaguardia della vita SLV nel caso di opere con vita utile o nominale $VN = 50$ anni e classe d’uso II ($CU = 1,0$), di cui alla Tab.2.4.2. delle NTC 2008.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,031	2,525	0,203
50	0,038	2,567	0,220
72	0,044	2,532	0,247
101	0,050	2,530	0,254
140	0,057	2,546	0,265
201	0,066	2,519	0,276
475	0,093	2,488	0,285
975	0,122	2,472	0,290
2475	0,168	2,474	0,294

La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

I valori dei parametri sismici in riferimento al tempo di ritorno considerato
Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



NOTA:
 Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

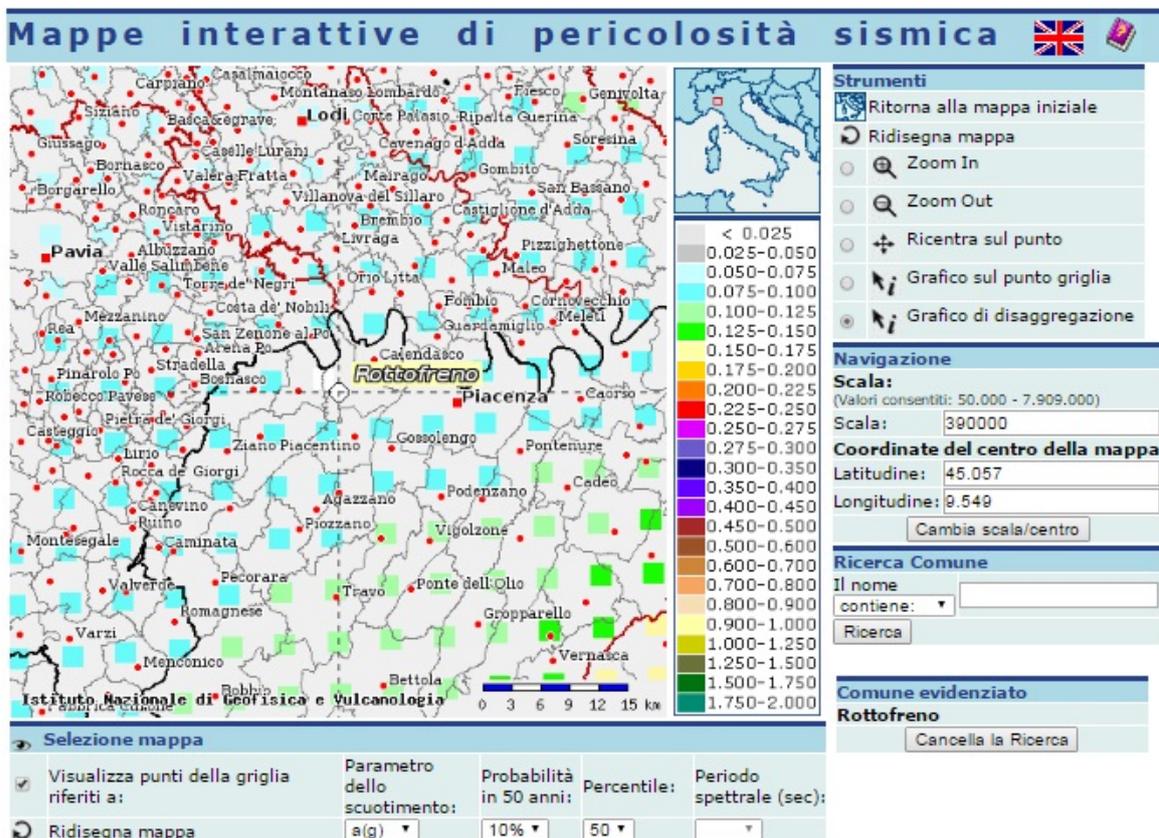
Spettri di risposta elastici per i vari tempi di ritorno considerati

Come riportato alla Tab.2.4.2. delle NTC 2008, per la classe II la vita di riferimento VR vale:

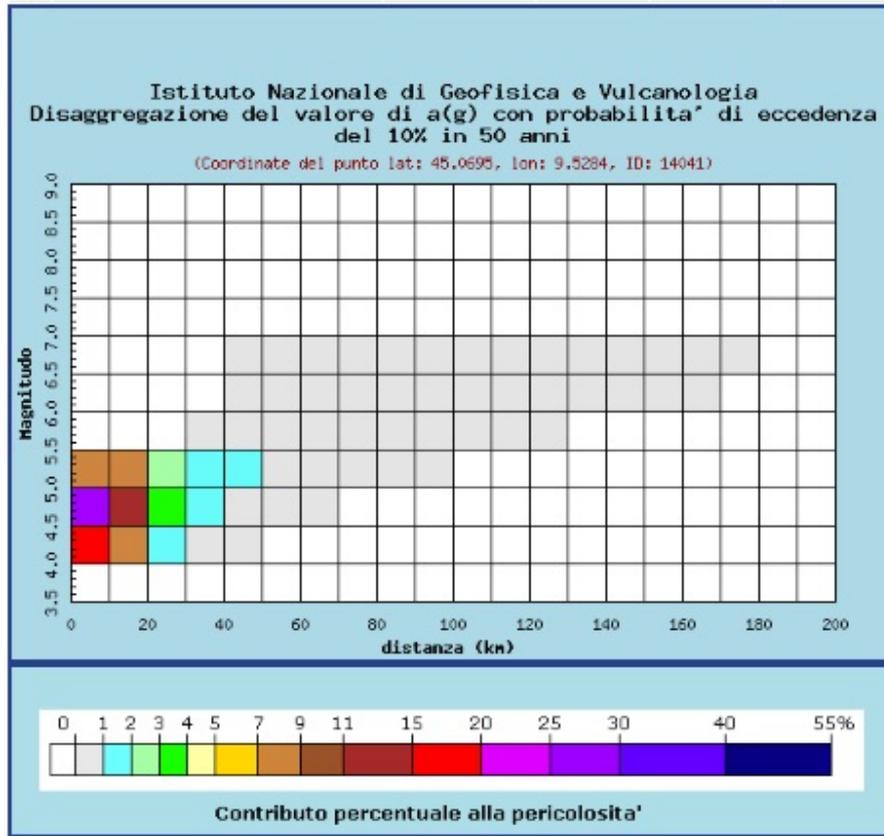
$$VR = VN \times CU = 50 \times 1,0 = 50 \text{ anni}$$

Da ricordare che le azioni sismiche desunte dal foglio di calcolo del C.S.L.P. sono valide per sito di riferimento rigido orizzontale; diversamente esse vanno incrementate in funzione della categoria topografica dell'area e della categoria del sottosuolo sotteso dalle opere in progetto.

Dalla pagina del sito dell'INGV (Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano), sono stati inoltre desunti i parametri di disaggregazione del sito in esame ovvero i valori di magnitudo-distanza con relativa probabilità di superamento del 10% in 50 anni in base ai dati di pericolosità sismica nazionale.



Mappa pericolosità sismica tratta da Progetto DCP – INGV – S1



Dati di disaggregazione (variabilità in termini di magnitudo e distanza)

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 45.0695, lon: 9.5284, ID: 14041)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	19.200	25.100	8.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	8.110	14.500	7.470	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	1.360	3.470	2.680	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.156	1.070	1.320	0.316	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.027	0.738	1.410	0.817	0.034	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.135	0.708	0.652	0.204	0.038	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.006	0.232	0.416	0.264	0.052	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.055	0.208	0.190	0.040	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.008	0.091	0.125	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.043	0.087	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.056	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.035	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.020	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.780	13.900	0.658

Valori di magnitudo-distanza con relativa probabilita' di accadimento del 10% in 50 anni

Amplificazione topografica

Ciò premesso l'intervento sarà eseguito su di un'area pianeggiante e stabile: in conformità alla Tab.3.2.IV delle NTC 2008 il sito va ascritto alla categoria topografica T1 cui corrisponde, ai sensi della Tab.3.2.VI delle NTC medesime, un coefficiente di amplificazione topografica:

$$St = 1,0$$

Categoria di sottosuolo e coeff. di amplificazione stratigrafica

Come segnalato in precedenza, sull'area indagata, le indagini hanno evidenziato che il sottosuolo, per diverse decine di metri di profondità, è costituito da terreni prevalentemente ghiaio-sabbiosi ben addensati; la prova Masw ha rilevato che la velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali o di taglio nei primi 30 m di profondità su tali tipi di terreno, calcolata con l'eq.3.2.1. delle NTC 2008, vale $V_{s30} = 445$ m/s.

In tale situazione, il sottosuolo va ascritto alla categoria B definita al c.3.2.2. delle NTC 2008 sicché in base alla Tab.3.2.V delle NTC 2008 si assume:

- coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s :

$$1,00 \leq (1,4 - 0,40 \times F_0 \times a_g/g) \leq 1,20$$

- coefficiente C_c :

$$1,10 \times (T_c^*)^{-0,2}$$

e nella tabella allegata sono riportati i relativi valori in funzione di T_r ; in particolare, per $T_r = 475$ anni risulta $S_s = 1,20$.

Di conseguenza, in conformità al comma 3.2.3.2. delle NTC 2008, il coeff. di amplificazione che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche vale quindi per $T_r = 475$ anni:

$$S = S_s \times St = 1,2 \times 1,0 = 1,2$$

Accelerazione orizzontale massima attesa al sito

L'accelerazione orizzontale massima al suolo sulla verticale del sito in esame per lo stato limite SLV e $P_{vr} = 10\%$ è pari a:

$$a_{\max} = a_g \times S = a_g \times S_s = 0,093 \times 1,2 = 0,112 \text{ g}$$

Comune di Rottofreno

Ampliamento LPR - località Cattagnina

categoria di sottosuolo: tipo

B

coordinate del sito: Lat. 45,055°

Long. 9,5858°

Valori dei parametri ag, Fo, Tc* elaborati con "Spettri NTC ver.1.0.3" per vita di riferimento VR

= 50 anni

tempo di ritorno	probabilità di eccedenza	parametri del sito per sottosuolo di tipo A			amplificazione stratigrafica		amplificazione	amplificazione	accelerazione al suolc
Tr	in 50 anni	ag	Fo	Tc*	Ss	Cc	topografica St	S = Ss x St	a max = ag x S
anni	%	g	-	sec	-	-	-	-	g
30 = SLO	81	0,031	2,525	0,203	1,200	1,513	1,000	1,200	0,037
50 = SLD	63	0,038	2,567	0,220	1,200	1,489	1,000	1,200	0,046
72	50	0,044	2,532	0,247	1,200	1,455	1,000	1,200	0,053
101	39	0,050	2,530	0,254	1,200	1,447	1,000	1,200	0,060
140	30	0,057	2,546	0,265	1,200	1,435	1,000	1,200	0,068
201	22	0,066	2,519	0,276	1,200	1,423	1,000	1,200	0,079
475 = SLV	10	0,093	2,488	0,285	1,200	1,414	1,000	1,200	0,112
975 = SLC	5	0,122	2,472	0,290	1,200	1,409	1,000	1,200	0,146
2475	2	0,168	2,474	0,294	1,200	1,405	1,000	1,200	0,202

ag = accelerazione orizzontale massima del sito per sottosuolo di tipo A

Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale per sottosuolo di tipo A

Tc* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Tabella da cui si desumono le accelerazioni al suolo in base ai relativi tempi di ritorno

Rischio liquefazione

Depositi incoerenti

Preso atto⁷ che il sottosuolo è privo di circolazione idrica fino ad almeno 12 metri di profondità, i più superficiali orizzonti ghiaio-sabbiosi o limo-sabbiosi non possono essere soggetti a deformazioni per liquefazione indotta dal sisma di progetto.

Ciò premesso, il rischio di liquefazione del sottosuolo oltre i 12 m dal p.c può essere escluso in quanto i depositi sono caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio Vs1 (desunti dalle Vs ricavate dalla prova Masw e normalizzati alla pressione atmosferica: cfr. tabella allegata), non inferiori a 250 m/s; come è noto, in base a quanto riportato in "Liquefaction resistance of soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops" (2001), il fenomeno di liquefazione può verificarsi solo se Vs1 è inferiore ad un valore di soglia di 215 m/s.

L'aumento della pressione neutra nel corso del sisma atteso sarebbe pressochè trascurabile e conseguentemente l'angolo d'attrito dei depositi incoerenti ghiaio-sabbiosi non sarebbe apprezzabilmente ridotto rispetto a quello caratteristico in assenza di sisma; è quindi ragionevole assumere:

$$\varphi'_{sis} = \varphi_{cv} - Df' = \varphi_{cv}$$

Fattori di pericolosità geologica

L'area interessata dal progetto in esame giace in area pianeggiante e stabile, non soggetta a rischio di esondazione né, tanto meno, per sommersione per risalita dell'acqua di falda che giace a oltre 12 m circa di profondità.

⁷ anche sulla base dei dati bibliografici in possesso al ns studio

L’accelerazione sismica orizzontale massima, sulla verticale del sito, tenendo conto dei coefficienti di amplificazione imposti dalle NTC medesime in merito alle condizioni stratigrafiche (categoria B) e topografiche (categoria T1) dell’area, per il summenzionato $T_r=475$ anni raggiunge il valore:

$$a_{\max} = a_g \times S = 0,093 \text{ g} \times 1,2 = 0,112 \text{ g}$$



Fasi di posizionamento della strumentazione per la prova SCPT1



Fasi di posizionamento della strumentazione per la prova SCPT3

SUGGERIMENTI E RACCOMANDAZIONI

L'area in esame sarà destinata ad un uso artigianale/industriale e pertanto le future costruzioni saranno presumibilmente costituite da edifici prefabbricati⁸; in assenza di indicazioni più precise è stato ipotizzato che i sovraccarichi possano essere distribuiti da pilastri gravanti su plinti isolati di fondazione.

Come precedentemente segnalato, l'area è stata in gran parte escavata e la fossa di scavo ritombata fino all'originaria quota del p.c. con materiale terroso di eterogenea ed elevata compressibilità.

In tale situazione, le nuove opere di fondazione dovranno sempre raggiungere il sottosuolo naturale ghiaio-sabbioso al di sotto dei materiali di riporto o della copertura naturale.

FONDAZIONI DIRETTE - CALCOLO PORTANZA

Formule utilizzate

Brich-Hansen (EC 7 – EC 8)

Affinché una fondazione possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale, per tutte le combinazioni di carico relative allo SLU (stato limite ultimo), deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$V_d \leq R_d$$

Dove V_d è il carico di progetto allo SLU, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso della fondazione stessa; mentre R_d è il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali, tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici ed applicando i coefficienti parziali imposti dalle NTC 2008 (cfr. Tab.6.2.II e 6.4.I)

Nella valutazione analitica del carico limite di progetto R_d si devono considerare le situazioni a breve e a lungo termine nei terreni a grana fine.

Il carico limite di progetto in condizioni non drenate si calcola come:

$$R/A' = (2 + \pi) c_u s_c i_c + q$$

dove:

$A' = B' L'$ area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.

c_u coesione non drenata.

q pressione litostatica totale sul piano di posa.

s_c Fattore di forma

$s_c = 1 + 0,2 (B'/L')$ per fondazioni rettangolari

⁸ capannoni

$s_c = 1,2$ per fondazioni quadrate o circolari.

i_c Fattore correttivo per l'inclinazione del carico dovuta ad un carico H.

$$i_c = 0,5 \left(1 + \sqrt{1 - H / A' c_u} \right)$$

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

$$R/A' = c' N_c s_c i_c + q' N_q s_q i_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma s_\gamma i_\gamma$$

dove:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi'} \tan^2 (45 + \phi' / 2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$

$$N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan \phi'$$

Fattori di forma:

$$s_q = 1 + (B'/L') \text{sen} \phi' \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_q = 1 + \text{sen} \phi' \quad \text{per forma quadrata o circolare}$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3(B'/L') \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_\gamma = 0,7 \quad \text{per forma quadrata o circolare}$$

$$s_c = (s_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1) \text{ per forma rettangolare, quadrata o circolare.}$$

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a L'

$$i_q = i_\gamma = 1 - H / (V + A' c' \cot \phi')$$

$$i_c = (i_q N_q - 1) / (N_q - 1)$$

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a B'

$$i_q = [1 - 0,7H / (V + A' c' \cot \phi')]^3$$

$$i_\gamma = [1 - H / (V + A' c' \cot \phi')]^3$$

$$i_c = (i_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1)$$

Oltre ai fattori correttivi di cui sopra sono considerati quelli complementari della profondità del piano di posa e dell'inclinazione del piano di posa e del piano campagna (Hansen).

Fattori correttivi Paolucci e Pecker

Per tener conto degli effetti inerziali indotti dal sisma sulla determinazione del q_{lim}

vengono introdotti i fattori correttivi z:

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

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

$$z_\gamma = z_q$$

dove K_h è il coefficiente sismico orizzontale.

Calcolo coefficienti sismici

Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti K_h e K_v in dipendenza di vari fattori:

$$K_h = \beta \times (a_{max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_h$$

β = coefficiente di riduzione accelerazione massima attesa al sito;
 a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità;

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S \times S_T \times a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq S_S \leq 1.80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

S_T (effetto di amplificazione topografica) per fondazioni in prossimità di pendii.

Il valore di S_T varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

T1 ($S_T = 1.0$) T2 ($S_T = 1.20$) T3 ($S_T = 1.20$) T4 ($S_T = 1.40$).

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni. Per l'applicazione dell'Eurocodice 8 (progettazione geotecnica in campo sismico) il coefficiente sismico orizzontale viene così definito:

$$K_h = a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S / (g)$$

a_{gR} : accelerazione di picco di riferimento su suolo rigido affiorante,

γ_I : fattore di importanza,

S: soil factor e dipende dal tipo di terreno (da A ad E).

$$a_g = a_{gR} \cdot \gamma_I$$

è la "design ground acceleration on type A ground".

Il coefficiente sismico verticale K_v è definito in funzione di K_h , e vale:

$$K_v = \pm 0.5 \cdot K_h$$

In modo da semplificare l'equazione (1) si introduce il coefficiente I_S :

Cedimenti di Burland e Burbidge

Il carico ammissibile va commisurato anche al cedimento ammesso dalla struttura; questo sarà una frazione del cedimento assoluto provocato dai sovraccarichi indotti dalle fondazioni per addensamento di quello ghiaio-sabbioso.

Qualora si disponga di dati ottenuti da prove penetrometriche dinamiche (come nel caso in esame), per il calcolo dei cedimenti è possibile fare affidamento al metodo di Burland

e Burbidge (1985), nel quale viene correlato un indice di compressibilità I_C al risultato N della prova penetrometrica dinamica. L'espressione del cedimento proposta dai due autori è la seguente:

$$S = f_S \cdot f_H \cdot f_t \cdot \left[\sigma'_{v0} \cdot B^{0.7} \cdot I_C / 3 + (q' - \sigma'_{v0}) \cdot B^{0.7} \cdot I_C \right]$$

nella quale:

q' = pressione efficace lorda;

σ'_{vo} = tensione verticale efficace alla quota d'imposta della fondazione;

B = larghezza della fondazione;

I_C = indice di compressibilità;

f_S, f_H, f_t = fattori correttivi che tengono conto rispettivamente della forma, dello spessore dello strato compressibile e del tempo, per la componente viscosa.

L'indice di compressibilità I_C è legato al valore medio N_{AV} di N_{spt} all'interno di una profondità significativa z :

$$I_C = \frac{1.706}{N_{AV}^{1.4}}$$

Per quanto riguarda i valori di N_{spt} da utilizzare nel calcolo del valore medio N_{AV} va precisato che i valori vanno corretti, per sabbie con componente limosa sotto falda e $N_{spt} > 15$, secondo l'indicazione di Terzaghi e Peck (1948)

$$N_c = 15 + 0.5 (N_{spt} - 15)$$

dove N_c è il valore corretto da usare nei calcoli.

Per depositi ghiaiosi o sabbioso-ghiaiosi il valore corretto è pari a:

$$N_c = 1.25 N_{spt}$$

Le espressioni dei fattori correttivi f_S, f_H ed f_t sono rispettivamente:

$$f_S = \left(\frac{1.25 \cdot L / B}{L / B + 0.25} \right)^2$$

$$f_H = \frac{H}{z_i} \left(2 - \frac{H}{z_i} \right)$$

$$f_t = \left(1 + R_3 + R \cdot \log \frac{t}{3} \right)$$

Con:

t = tempo in anni > 3 ;

R_3 = costante pari a 0.3 per carichi statici e 0.7 per carichi dinamici;

R = 0.2 nel caso di carichi statici e 0.8 per carichi dinamici.

Carico limite

Con i parametri e le relazioni summenzionate, si è eseguita un ipotesi di calcolo del carico limite (escluso il peso proprio della fondazione e nelle condizioni più sfavorevoli ovvero quelle "drenate"), alla base di plinti quadrati di

altezza ipotizzata $H = 1\text{m}$, di larghezza efficace $B' = B-2e$ ed $L'=L-2e$, crescente da 1,5 a 2,5 m con piano di posa posto a -6m dall'attuale piano di campagna.

E' stato quindi verificato che a tale carico unitario corrispondesse un coeff. di sicurezza a rottura $F_s = q_{lim}/(q_{amm}-q_o) > 1,1$; in tale situazione il cedimento indotto da un carico di esercizio $q = q_{lim}$ raggiungerebbe valori non trascurabili per la struttura in progetto.

Carico ammissibile e cedimenti

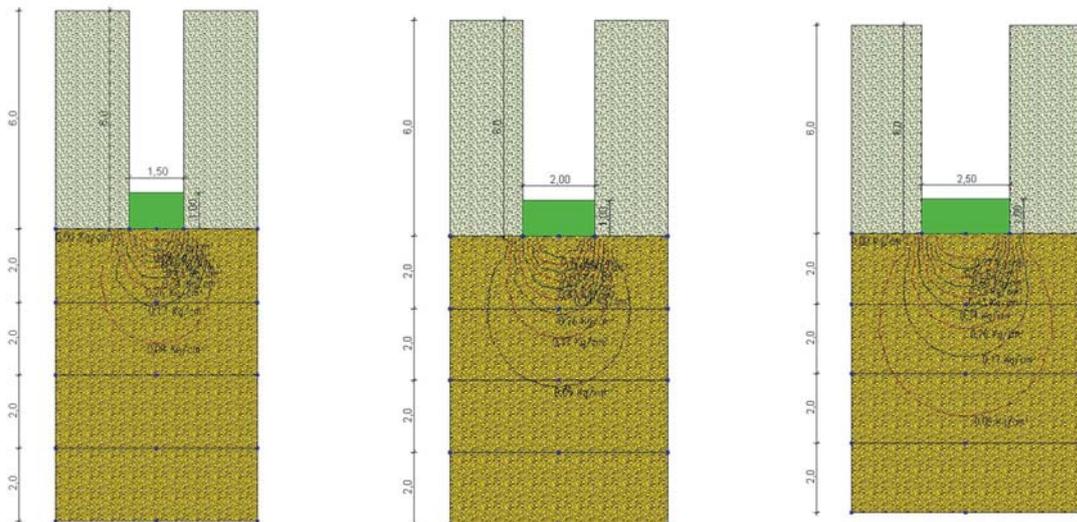
Ciò premesso, con i parametri summenzionati, si è quindi verificato il carico unitario ammissibile alla base del plinto ipotizzato incrementando il sovraccarico da 2,0 a 3,0 kg/cmq, utilizzando la relazione di BRINCH-HANSEN (cfr. Annex D dell'EC7 in prEN 1997-1), con i coefficienti parziali delle NTC 2008 (cfr. Tab.6.2.II e 6.4.I), verificando che il cedimento indotto da tali fondazioni sia contenuto ed ammissibile dalla struttura.

Plinto Quadrato $B' = L'$	Condizioni	Approccio1 Combinazioni	Carico Limite Kg/cmq	CARICO D'ESERCIZIO AMMISSIBILE IN FUNZIONE DEL CEDIMENTO		
				Carico Assiale T	Cedimenti Kg/cmq	mm
$B'=B-2e=1,5\text{ m}$ Incastro $\geq 6\text{m}$	Drenate	A1+M1+R1	89,30	45	2,0	4
		A2+M2+R2	42,96	56	2.5	6
		Sisma	42,35	67	3,0	8
$B'=B-2e=2\text{m}$ Incastro $\geq 6\text{m}$	Drenate	A1+M1+R1	89,30	80	2,0	5
		A2+M2+R2	42,67	100	2.5	7
		sisma	42,07	120	3,0	9
$B'=B-2e=2,5\text{m}$ Incastro $\geq 6\text{m}$	Drenate	A1+M1+R1	88,82	125	2,0	6
		A2+M2+R2	42,44	156	2.5	8
		sisma	41,82	187	3,0	11

Il coeff. di sottofondo o di Winkler di tali fondazioni, pari al rapporto tra il sovraccarico agente sul piano di posa al netto del peso del terreno rimosso dagli scavi, ed il corrispondente cedimento assoluto, può essere calcolato con la relazione:

$$K_r = \Delta q/w$$

Schema di calcolo cedimenti PLINTO carico trasmesso 2kg/cm²



Dim. 1,5mx1,5m
h=1m

Dim. 2mx2m
h=1m

Dim. 2,5mx2,5m
h=1m

Scorrimento

Per la verifica della sicurezza allo scorrimento sul terreno di fondazione dotato un angolo d'attrito drenato a volume costante assunto pari a $\varphi_{cv} \approx 35^\circ$, ai sensi del D.M.14/01/08 e sulla scorta del paragr.6.5.3. dell'EC7, si farà riferimento alle seguenti resistenze al taglio:

- per la combinazione A1+M1+R1:

$$S_d = N' \times \tan(\varphi_{cv}) / \gamma M / \gamma R = N' \times \tan(35^\circ) / 1,0 / 1,0 = N' \times 0,70$$

- per la combinazione A2+M2+R2:

$$S_d = N' \times \tan(\varphi_{cv}) / \gamma M / \gamma R = N' \times \tan(35^\circ) / 1,25 / 1,1 = N' \times 0,50$$

- per la combinazione A1+M1+R3:

$$S_d = N' \times \tan(\varphi_{cv}) / \gamma M / \gamma R = N' \times \tan(35^\circ) / 1,0 / 1,1 = N' \times 0,63$$

essendo N' il carico verticale trasmesso sull'area efficace della base di fondazione, γM i coeff. di sicurezza parziali di Tab.6.2.II. delle NTC 2008 e γR i coeff. di sicurezza parziali di Tab.6.4.I. delle NTC medesime.

CONCLUSIONI

In primo luogo si sottolinea che, in assenza di progetto, i calcoli precedentemente riportati devono ritenersi puramente indicativi anche, e soprattutto, in considerazione del fatto che le indagini preliminari eseguite consentono, allo stato, di caratterizzare l'area unicamente sotto l'aspetto geologico e stratigrafico generale.

Ciò premesso:

- viste le attività che in passato hanno investito l'area, in fase di progettazione esecutiva dovrà essere eseguito rilievo topografico di dettaglio con preciso picchettamento dell'area di intervento in modo da poter predisporre una approfondita campagna geognostica su entrambi i capannoni in progetto.
- dovranno essere eseguiti, ai sensi delle “Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni” di cui al D.M.14 gennaio 2008, almeno due sondaggi⁹ a carotaggio continuo al fine della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel “volume significativo”¹⁰ al di sotto del piano di posa
- il piano di posa degli elementi strutturali di fondazione dovrà comunque sempre raggiungere il substrato ghiaioso.



⁹ un sondaggio nell'area interessata da attività estrattiva pregressa ed un secondo nell'area naturale, del pari approfonditi per non meno di 10 m entro il substrato ghiaioso al di sotto del piano di posa delle fondazioni

¹⁰ “Per volume significativo di terreno si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso” (cfr. paragr.3.2.2. del citato D.M. 14 gennaio 2008)

**AMPLIAMENTO
STABILIMENTO LPR
IN LOCALITA' CATTAGNINA**

**Relazione
geologica e sismica
di prefattibilità**

**Diagrammi Prove
Penetrometriche**

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SCPT

attrezzatura: PAGANI DPSH R TG 73-200 (rendimento $E_r = 73\%$)

Simboli:

$N/30$ cm = numero di colpi per l'infissione di 30 cm della punta o del rivestimento

$NSPT = N60 = N \times 73/60 = N \times 1,217$ = valore normalizzato per rendimento $E_r=60\%$

$N' = N60 \times C_n$ = valore normalizzato a $\sigma'_{vo} = 1,0$ kg/cmq (cfr. LIAO & WHITMAN) essendo:

$C_n = (1/\sigma'_{vo})^{0,5} <= 1,7$ per $\sigma'_{vo} < 20$ t/mq; $C_n = 2,2/(1,2 + \sigma'_{vo})$ per $\sigma'_{vo} \geq 20$ t/mq (cfr. SEED & IDRISSE)

$Dr\%$ = densità relativa = $(N60 \times K/60)^{0,5}$ (cfr. SKEMPTON) essendo:

per sabbie fino o limose: $K = 2/(1 + \sigma'_{vo}/100)$; per sabbie grosse: $K = 3/(2 + \sigma'_{vo}/100)$ (N.B.: σ'_{vo} in Kpa)

Parametri geotecnici:

peso di volume secco: $\gamma_d = f(N60, \text{granulometria})$ (rif. GIROUD 1972)

peso di volume immerso: $\gamma' = 0,63 \times \gamma_d$ (rif. GIROUD 1972)

peso di volume saturo: $\gamma_{sat} = \gamma' + 1$

carico geostatico effettivo: σ_{vo}'

sabbie: angolo d'attrito di picco $\phi_p = (15,4 \times N')^{0,5} + 20^\circ$ (rif. MAYNE)

sabbie: angolo d'attrito residuo: $\phi_r = f(\sigma'_{vo}, K_o = 1 - \sin \phi_p, Dr, \phi_p)$ (rif. BOLTON)

limi: coesione non drenata $c_u = 0,037 \times N60$ kg/cmq (rif. NAVFAC)

limi: modulo edometrico $E_{ed} = 6,0 \times N60$ kg/cmq (rif. STROUD & BUTLER)

argille: coesione non drenata $c_u = 0,074 \times N60$ kg/cmq (rif. NAVFAC)

argille: modulo edometrico $E_{ed} = 4,5 \times N60$ kg/cmq (rif. STROUD & BUTLER)

grado di sovraconsolidazione: $OCR = c_u / (\sigma'_{vo} \times 0,25)^{1,25}$ rif. LADD

modulo di taglio $G_o = 155,6 \times (N60)^{0,68}$ in kg/cmq (rif. FHWA 2002)

modulo elastico $E_o = 2 \times G_o \times (1 + \nu) \approx 2,4 \times G_o$ (rif. FHWA 2002 per $\nu \approx 0,2$; TATSUOKA & SHIBUYA 1992))

velocità onde di taglio: $V_s = (G_o / (\gamma^* / g))^{0,5}$ ove $\gamma^* = \gamma$ sopra falda; $\gamma^* = \gamma_{sat}$ sotto falda

PROVA SCPT

n.1

- parametri geotecnici -

profondità superficie piezometrica: metri **>10**

profondità m	punta N/30 cm	punta N60	granulometria presunta	comportamento meccanico	γ_d t/mc	γ_{sat} t/mc	γ' t/mc	σ_{vo}' kg/cmq	σ_{vo} kg/cmq	Cn f(σ_{vo})	N=N60 x Cn f(σ_{vo})	Dr %	ϕ_p °	ϕ_r °	cu kg/cmq	Eed kg/cmq	Go kg/cmq	Eo kg/cmq	Vs m/s
0,3	8	10	limi	coesivo	1,6	2,0	1,0	0,03	0,03	1,70	17		0,0	0,0	0,4	58	1049	2517	239
0,6	8	10	limi	coesivo	1,6	2,0	1,0	0,09	0,09	1,70	17		0,0	0,0	0,4	58	1049	2517	239
0,9	9	11	limi	coesivo	1,6	2,0	1,0	0,15	0,15	1,70	19		0,0	0,0	0,4	66	1136	2727	249
1,2	8	10	limi	coesivo	1,6	2,0	1,0	0,21	0,21	1,70	17		0,0	0,0	0,4	58	1049	2517	239
1,5	12	15	argille	coesivo	1,6	2,0	1,0	0,27	0,27	1,70	25		0,0	0,0	1,1	66	1382	3317	274
1,8	15	18	argille	coesivo	1,7	2,1	1,1	0,33	0,33	1,70	31		0,0	0,0	1,4	82	1608	3860	296
2,1	13	16	argille	coesivo	1,6	2,0	1,0	0,39	0,39	1,59	25		0,0	0,0	1,2	71	1397	3352	276
2,4	9	11	limi	coesivo	1,6	2,0	1,0	0,45	0,45	1,48	16		0,0	0,0	0,4	66	1036	2487	238
2,7	8	10	limi	coesivo	1,6	2,0	1,0	0,51	0,51	1,39	14		0,0	0,0	0,4	58	917	2201	224
3,0	11	13	argille	coesivo	1,6	2,0	1,0	0,57	0,57	1,32	18		0,0	0,0	1,0	60	1096	2632	244
3,3	10	12	argille	coesivo	1,6	2,0	1,0	0,63	0,63	1,26	15		0,0	0,0	0,9	55	993	2384	233
3,6	7	9	limi	coesivo	1,5	1,9	0,9	0,69	0,69	1,20	10		0,0	0,0	0,3	51	756	1815	203
3,9	8	10	limi	coesivo	1,6	2,0	1,0	0,75	0,75	1,15	11		0,0	0,0	0,4	58	805	1933	209
4,2	10	12	argille	coesivo	1,6	2,0	1,0	0,81	0,81	1,11	13		0,0	0,0	0,9	55	913	2191	223
4,5	11	13	argille	coesivo	1,6	2,0	1,0	0,87	0,87	1,07	14		0,0	0,0	1,0	60	951	2282	228
4,8	13	16	argille	coesivo	1,6	2,0	1,0	0,93	0,93	1,03	16		0,0	0,0	1,2	71	1041	2499	238
5,1	15	18	argille	coesivo	1,7	2,1	1,1	0,99	0,99	1,00	18		0,0	0,0	1,4	82	1123	2695	247
5,4	16	19	argille	coesivo	1,7	2,1	1,1	1,06	1,06	0,97	19		0,0	0,0	1,4	88	1150	2759	250
5,7	25	30	ghiaie	incoerente	1,7	2,1	1,1	1,11	1,11	0,95	29	70	41,1	31,8	0,0		1532	3678	289
6,0	25	30	ghiaie	incoerente	1,7	2,1	1,1	1,16	1,16	0,93	28	69	40,9	31,7	0,0		1509	3622	287

PROVA SCPT

n.1

- parametri geotecnici medi -

profondità superficie piezometrica: metri **>10**

profondità m	punta N60	granulometria presunta	comportamento prevalente	spessore m	punta N60	N=N60 x Cn f(σ_{vo})	Dr %	ϕ_p °	ϕ_r °	cu kg/cmq	Eed kg/cmq	Go kg/cmq	Eo kg/cmq	Vs m/s	OCR
0,3	10	limi													
0,6	10	limi													
0,9	11	limi													
1,2	10	limi													
1,5	15	argille													
1,8	18	argille													
2,1	16	argille													
2,4	11	limi													
2,7	10	limi													
3,0	13	argille													
3,3	12	argille													
3,6	9	limi													
3,9	10	limi													
4,2	12	argille													
4,5	13	argille													
4,8	16	argille													
5,1	18	argille													
5,4	19	argille	coesivo	5,40	13	17				0,8	65	1081	2594	242	22,5
5,7	30	ghiate	incoerente	0,60	30	29	70	41,0	31,8			1521	3650	288	
6,0	30	ghiate													

PROVA SCPT

- parametri geotecnici -

profondità superficie piezometrica: metri **>10**

profondità	punta N/30 cm	punta N60	granulometria presunta	comportamento meccanico	γ_d t/mc	γ_{sat} t/mc	γ' t/mc	σ'_{vo} kg/cmq	σ_{vo} kg/cmq	f(σ'_{vo})	Cn	f(σ_{vo})	N=N60 x Cn	Dr %	ϕ_p °	ϕ_r °	cu kg/cmq	Eed kg/cmq	Go kg/cmq	Eo kg/cmq	Vs m/s
0,3	3	4	limi	coesivo	1,3	1,8	0,8	0,03	0,03	1,70	1,70	6		0,0	0,0	0,1	22	538	1292	171	
0,6	7	9	limi	coesivo	1,5	1,9	0,9	0,08	0,08	1,70	1,70	14		0,0	0,0	0,3	51	958	2299	228	
0,9	10	12	limi	coesivo	1,6	2,0	1,0	0,14	0,14	1,70	1,70	21		0,0	0,0	0,5	73	1221	2930	258	
1,2	7	9	argille	coesivo	1,5	1,9	0,9	0,20	0,20	1,70	1,70	14		0,0	0,0	0,6	38	958	2299	228	
1,5	7	9	argille	coesivo	1,5	1,9	0,9	0,26	0,26	1,70	1,70	14		0,0	0,0	0,6	38	958	2299	228	
1,8	6	7	argille	coesivo	1,5	1,9	0,9	0,32	0,32	1,70	1,70	12		0,0	0,0	0,5	33	863	2070	217	
2,1	3	4	limi	coesivo	1,3	1,8	0,8	0,38	0,38	1,63	1,63	6		0,0	0,0	0,1	22	524	1257	169	
2,4	4	5	argille	coesivo	1,3	1,8	0,8	0,43	0,43	1,52	1,52	7		0,0	0,0	0,4	22	608	1459	182	
2,7	3	4	limi	coesivo	1,3	1,8	0,8	0,48	0,48	1,44	1,44	5		0,0	0,0	0,1	22	480	1152	162	
3,0	4	5	argille	coesivo	1,3	1,8	0,8	0,54	0,54	1,36	1,36	7		0,0	0,0	0,4	22	563	1351	175	
3,3	4	5	argille	coesivo	1,3	1,8	0,8	0,59	0,59	1,30	1,30	6		0,0	0,0	0,4	22	545	1308	172	
3,6	4	5	argille	coesivo	1,3	1,8	0,8	0,65	0,65	1,24	1,24	6		0,0	0,0	0,4	22	529	1269	170	
3,9	4	5	argille	coesivo	1,3	1,8	0,8	0,70	0,70	1,19	1,19	6		0,0	0,0	0,4	22	514	1235	167	
4,2	4	5	argille	coesivo	1,3	1,8	0,8	0,76	0,76	1,15	1,15	6		0,0	0,0	0,4	22	502	1204	165	
4,5	3	4	limi	coesivo	1,3	1,8	0,8	0,81	0,81	1,11	1,11	4		0,0	0,0	0,1	22	403	967	148	
4,8	3	4	limi	coesivo	1,3	1,8	0,8	0,87	0,87	1,07	1,07	4		0,0	0,0	0,1	22	394	946	147	
5,1	4	5	argille	coesivo	1,3	1,8	0,8	0,92	0,92	1,04	1,04	5		0,0	0,0	0,4	22	469	1126	160	
5,4	4	5	argille	coesivo	1,3	1,8	0,8	0,98	0,98	1,01	1,01	5		0,0	0,0	0,4	22	460	1104	158	
5,7	4	5	argille	coesivo	1,3	1,8	0,8	1,03	1,03	0,99	0,99	5		0,0	0,0	0,4	22	452	1084	157	
6,0	6	7	argille	coesivo	1,5	1,9	0,9	1,09	1,09	0,96	0,96	7		0,0	0,0	0,5	33	584	1403	178	
6,3	10	12	ghiaie	incoerente	1,6	2,0	1,0	1,13	1,13	0,94	0,94	11	44	33,3	28,7	0,0		816	1957	211	
6,6	15	18	ghiaie	incoerente	1,6	2,0	1,0	1,18	1,18	0,92	0,92	17	54	36,1	29,9	0,0		1059	2543	240	
6,9	20	24	ghiaie	incoerente	1,7	2,1	1,1	1,23	1,23	0,90	0,90	22	61	38,4	30,8	0,0		1270	3049	263	

PROVA SCPT

n.2

- parametri geotecnici medi -

profondità superficie piezometrica: metri

>10

profondità m	punta N60	granulometria presunta	comportamento prevalente	spessore m	punta N60	N=N60 x Cn f(cvc)	Dr %	φp °	φr °	cu kg/cmq	Eed kg/cmq	Go kg/cmq	Eo kg/cmq	Vs m/s	OCR
0,3	4	limi													
0,6	9	limi													
0,9	12	limi													
1,2	9	argille													
1,5	9	argille													
1,8	7	argille													
2,1	4	limi													
2,4	5	argille													
2,7	4	limi													
3,0	5	argille													
3,3	5	argille													
3,6	5	argille													
3,9	5	argille													
4,2	5	argille													
4,5	4	limi													
4,8	4	limi													
5,1	5	argille													
5,4	5	argille													
5,7	5	argille													
6,0	7	argille	coesivo	6,00	6	8				0,4	29	626	1503	182	10,3
6,3	12	ghiate													
6,6	18	ghiate													
6,9	24	ghiate	incoerente	0,90	18	17	53	35,9	29,8			1048	2516	238	

PROVA SCPT **n.3**

- parametri geotecnici -

profondità superficie piezometrica: metri **>10**

profondità m	punta N/30 cm	punta N60	granulometria presunta	comportamento meccanico	γ_d t/mc	γ_{sat} t/mc	γ' t/mc	σ_{vo}' kg/cmq	σ_{vo} kg/cmq	Cn f(σ_{vo})	N=N60 x Cn f(σ_{vo})	Dr %	ϕ_p °	ϕ_r °	cu kg/cmq	Eed kg/cmq	Go kg/cmq	Eo kg/cmq	Vs m/s
0,3	2	2	limi	coesivo	1,0	1,6	0,6	0,02	0,02	1,70	4		0,0	0,0	0,1	15	409	981	149
0,6	5	6	argille	coesivo	1,5	1,9	0,9	0,08	0,08	1,70	10		0,0	0,0	0,5	27	762	1829	204
0,9	5	6	limi	coesivo	1,5	1,9	0,9	0,14	0,14	1,70	10		0,0	0,0	0,2	37	762	1829	204
1,2	17	21	ghiaie	incoerente	1,6	2,0	1,0	0,18	0,18	1,70	35	69	43,3	30,4	0,0		1751	4203	309
1,5	29	35	ghiaie	incoerente	1,8	2,1	1,1	0,23	0,23	1,70	60	89	50,0	32,8	0,0		2518	6043	370

PROVA SCPT**n.3****- parametri geotecnici medi -****>10**

profondità superficie piezometrica: metri

profondità m	punta N60	granulometria presunta	comportamento prevalente	spessore m	punta N60	N=N60 x Cn f(σvo)	Dr %	φp °	φr °	cu kg/cmq	Eed kg/cmq	Go kg/cmq	Eo kg/cmq	Vs m/s	OCR
0,3	2	limi													
0,6	6	argille													
0,9	6	limi	coesivo	0,90	5	8				0,3	26	644	1546	186	35,2
1,2	21	ghiaie													
1,5	35	ghiaie	incoerente	0,60	28	48	79	46,6	31,6			2135	5123	340	

PROVA SCPT

n.4 - parametri geotecnici -

profondità superficie piezometrica: metri **>10**

profondità m	punta N/30 cm	punta N60	granulometria presunta	comportamento meccanico	γ_d t/mc	γ_{sat} t/mc	γ' t/mc	σ_{vo}' kg/cmq	σ_{vo} kg/cmq	$f(\sigma_{vo})$	Cn	N=N60 x Cn	Dr %	ϕ_p °	ϕ_r °	cu kg/cmq	Eed kg/cmq	Go kg/cmq	Eo kg/cmq	Vs m/s
0,3	3	4	limi	coesivo	1,3	1,8	0,8	0,03	0,03	1,70	6	6	0,0	0,0	0,1	22	538	1292	171	
0,6	5	6	argille	coesivo	1,5	1,9	0,9	0,08	0,08	1,70	10	10	0,0	0,0	0,5	27	762	1829	204	
0,9	3	4	limi	coesivo	1,3	1,8	0,8	0,14	0,14	1,70	6	6	0,0	0,0	0,1	22	538	1292	171	
1,2	3	4	argille	coesivo	1,3	1,8	0,8	0,19	0,19	1,70	6	6	0,0	0,0	0,3	16	538	1292	171	
1,5	4	5	argille	coesivo	1,3	1,8	0,8	0,25	0,25	1,70	8	8	0,0	0,0	0,4	22	655	1571	189	
1,8	3	4	limi	coesivo	1,3	1,8	0,8	0,30	0,30	1,70	6	6	0,0	0,0	0,1	22	538	1292	171	
2,1	21	26	ghiaie	incoerente	1,7	2,1	1,1	0,35	0,35	1,69	43	74	45,8	33,1	0,0		2016	4839	331	
2,4	38	46	ghiaie	incoerente	1,8	2,1	1,1	0,40	0,40	1,58	73	98	50,0	32,3	0,0		2877	6905	396	

PROVA SCPT

n.4

- parametri geotecnici medi -

profondità superficie piezometrica: metri

>10

profondità m	punta N60	granulometria presunta	comportamento prevalente	spessore m	punta N60	N=N60 x Cn f(ovo)	Dr %	φp °	φr °	cu kg/cmq	Eed kg/cmq	Go kg/cmq	Eo kg/cmq	Vs m/s	OCR
0,3	4	limi													
0,6	6	argille													
0,9	4	limi													
1,2	4	argille													
1,5	5	argille													
1,8	4	limi	coesivo	1,80	4	7				0,2	22	595	1428	180	22,1
2,1	26	ghiaie	incoerente	0,60	36	58	86	47,9	32,7			2447	5872	364	
2,4	46	ghiaie													

**AMPLIAMENTO
STABILIMENTO LPR
IN LOCALITA' CATTAGNINA**

**Relazione
geologica e sismica
di prefattibilità**

**INDAGINE SISMICA
MASW**

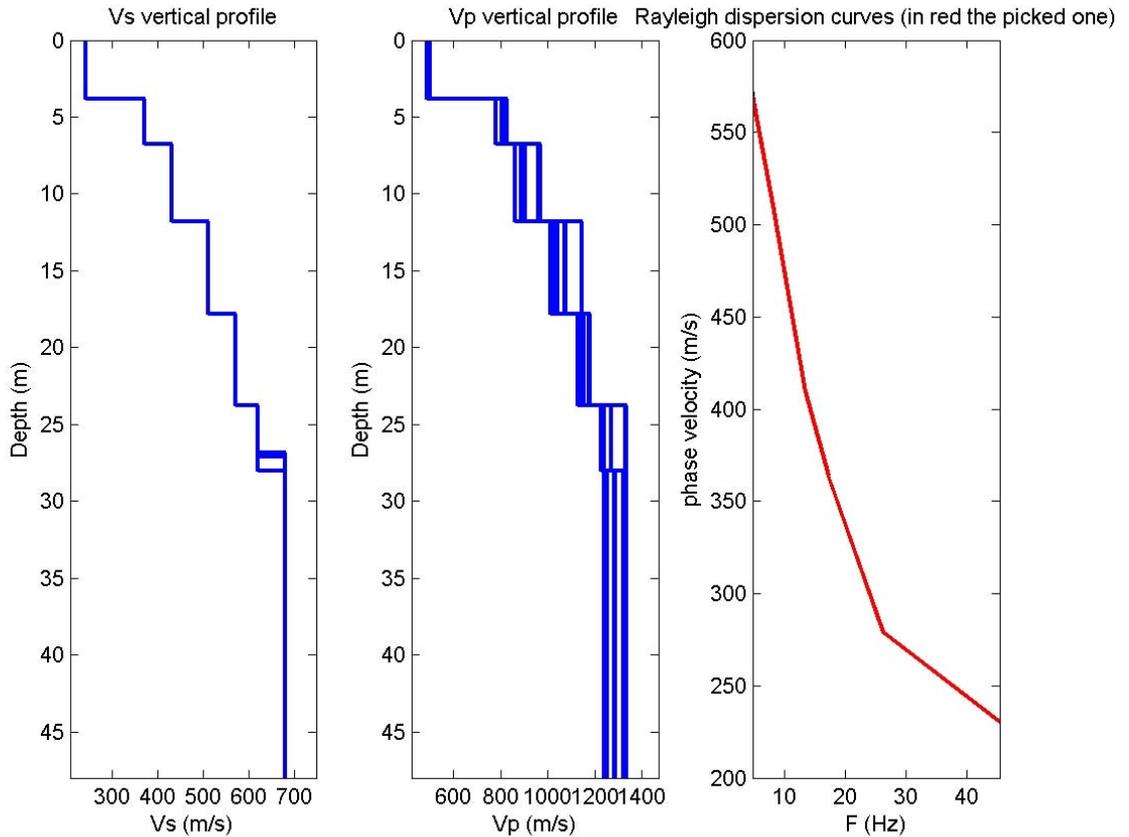
winMASW 4.1.1 Pro - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curveswin - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

Main results MASW Loc. Cattagnina (Rottofreno)

Date: 21 6 2016
 Time: 9 54
 Dataset: -5b.SGY
 Considered dispersion curve: pick.cdp

Mean model

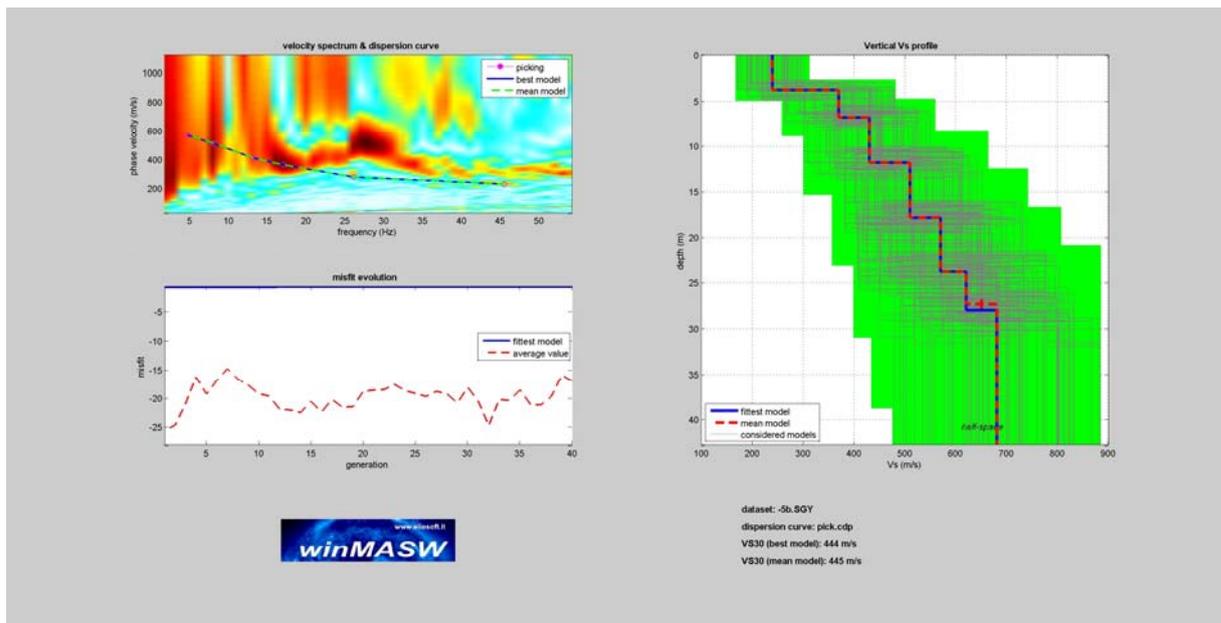
Vs (m/s):	240, 370, 430, 510, 570, 620, 680
Thickness (m):	3.8, 3.0, 5.0, 6.0, 6.0, 3.5, 2.7
Standard deviations (m/s):	0.0, 0.0, 0.4, 0.0, 0.0, 0.5
Density (gr/cm3):	1.88, 2.00, 2.04, 2.06, 2.09, 2.11, 2.12
Shear modulus (MPa):	109, 274, 377, 536, 679, 811, 978



Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and elastic moduli

Vp (m/s):	497, 796, 933, 1030, 1155, 1255, 1286
Poisson:	0.35, 0.36, 0.37, 0.34, 0.34, 0.34, 0.31
Bulk modulus (MPa):	321, 902, 1271, 1472, 1882, 2241, 2194
Young's modulus (MPa):	293, 745, 1028, 1434, 1818, 2170, 2554
Lamé (MPa):	248, 719, 1020, 1114, 1429, 1700, 1542



VS30 (m/s): 445

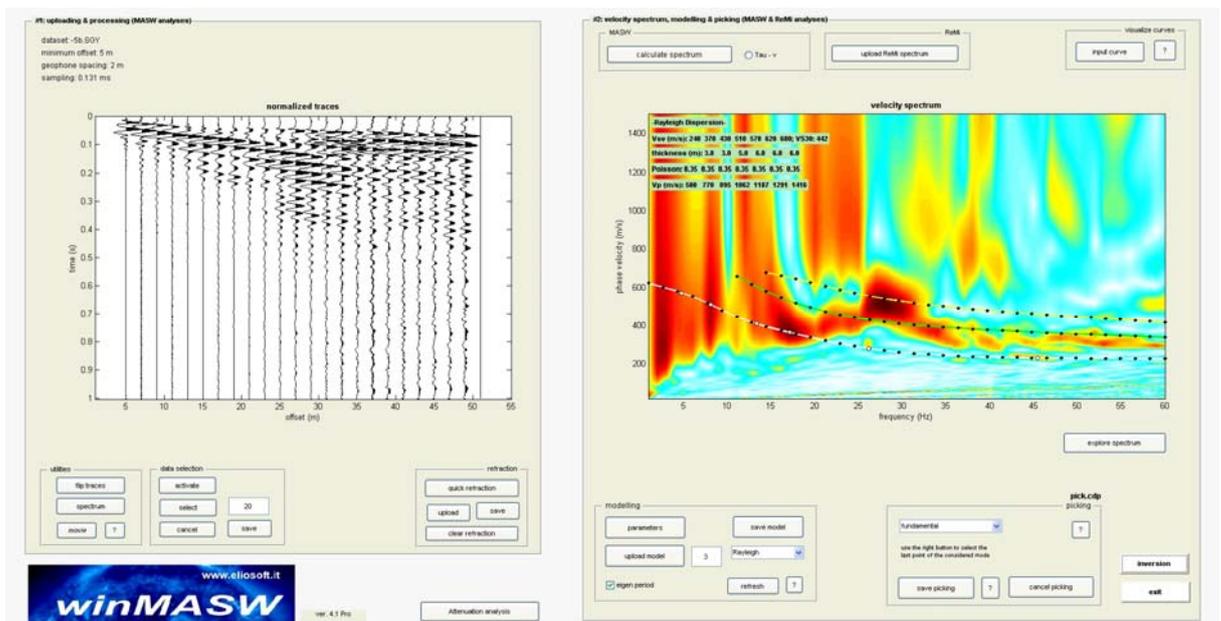
Possible Soil Type: B

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

- A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.
- B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
- C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 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 - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la

profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).

- E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).
- S1 - Depositi di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s(ovvero 10 < cuS30 < 20 kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.
- S2 - Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.



COMUNE DI ROTTOFRENO

Provincia di Piacenza

**AMPLIAMENTO
LPR
IN LOCALITA' CATTAGNINA**

***Approfondimenti geologici e supplemento di indagini con
caratterizzazione chimica dei materiali da movimentare***

Committente:

Geom. MAURO FIORANI

studio

Iusignani

geologia, cave ed ambiente

NOVEMBRE 2016

INDICE

PREMESSA	pag. 3
CARATTERISTICHE GEOTECNICHE TERRENO DI RIPORTO.	pag. 8
• prove penetrometriche statiche CPT	
• parametri geotecnica desunti dalle prove CPT	
CARATTERIZZAZIONE CHIMICA DEL PRIMO SOTTOSUOLO DI RIPORTO	pag. 16
• trincee geognostiche	
• analisi di Laboratorio	
• riutilizzo terre e rocce da scavo	

ALLEGATI:

1. diagrammi e tabelle dei parametri geotecnici desunti dalle prove penetrometriche statiche CPT
2. certificati delle analisi di Laboratorio
3. modulistica dichiarazione riutilizzo terre e rocce da scavo *Legge N° 98 del 9 agosto 2013*

PREMESSA

L'area in esame insiste sui mappali n. 688 e 708 al Foglio 16° del catasto del comune di Rottofreno ed è situata in località Cattagnina; essa si estende in fregio e a sud della Strada Statale n°10 e confina lungo il suo lato occidentale con l'attuale stabilimento LPR di cui rappresenta il naturale ampliamento verso San Nicolò.



Panoramica aerea dell'area di intervento

Il progetto in esame prevede la realizzazione di due distinti corpi di fabbrica che si estenderanno su di una superficie complessiva pari a circa 18.000 mq.

L'ubicazione e la forma in pianta dei due capannoni è condizionata dalla presenza di una linea elettrica ad alta tensione, che interseca l'area pressoché diagonalmente da SW a NE, e dal tracciato di un metanodotto e di un acquedotto, le cui tubazioni, tra loro parallele, si svolgono nella porzione meridionale dell'area con andamento da W ad E.

Il capannone principale di maggiori dimensioni (capannone "E" pari a 13.670 mq), presenta una pianta articolata con lato maggiore pari a m 210 m in lunghezza, parallelo al tracciato del metanodotto e da cui resterà a 10 m di distanza.

Il capannone di minore dimensione (capannone "D" pari a 4.327 mq), sarà realizzato nella porzione sud-occidentale dell'area, tra il tracciato dell'acquedotto e il confine meridionale della proprietà.

Esso si estenderà su di un'area a pianta rettangolare di circa m 32 x 135 restando a non meno di 8 m dal confine di proprietà a SW.

L'area nel giugno 2016 è stata interessata da uno studio geologico e sismico preliminare, redatto dallo scrivente, che era consistito nell'esecuzione di n. 4 prove penetrometriche dinamiche SCPT e n.1 linea sismica Masw.

In base ai risultati emersi dal precedente studio, la Committenza ha ritenuto di richiedere un "*approfondimento d'indagine*" volto:

1. alla caratterizzazione litostratigrafia e chimica del primo sottosuolo (0 – 2 m), ovvero del terreno che sarà movimentato nel corso della fase esecutiva dei lavori.
2. alla determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di riporto

Ciò in quanto, com'è noto, a fine anni 90', l'area fu parzialmente assoggettata ad escavazione di ghiaia (vedi ortofoto "Volo Italia 98" di seguito allegata) e al termine ritombata fino all'originario piano di campagna con terreni di riporto.

La presente relazione, dietro specifiche richieste da parte della Committenza, si è avvalsa dell'esecuzione di n.3 prove penetrometriche statiche CPT distribuite nella ex area scavata e di una serie di trincee con escavatore (n.15).

Nelle trincee geognostiche, eseguite con escavatore idraulico, sono stati prelevati n.5 campioni di terreno tra 0 e 2 m di profondità.

I campioni di terra sono stati avviati al Laboratorio STUDIO MM di Traversatolo (PR) per la verifica chimica dei limiti di cui al D.Lgs.152 All.5, Tab.5, parte IV, Tab.1.



LEGENDA:



Capannoni in progetto



Area assoggettata ad attività estrattiva fine anni '90



Immagine satellitare dell'area d'intervento

INQUADRAMENTO TERRITORIALE scala 1:10.000



LEGENDA:



Capannoni in progetto



Area assoggettata ad attività estrattiva fine anni '90



Inquadramento territoriale

ORTOFOTO VOLO ITALIA 1998
scala 1:5.000



LEGENDA:



Capannoni in progetto



Area assoggettata ad attività estrattiva fine anni '90



Ortofoto 1998 che evidenzia l'attività estrattiva in corso sull'area

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI DI RIPORTO

Prove penetrometriche statiche CPT

Le prove sono state condotte con penetrometro tipo GOUDA da 10 tonn attrezzato con punta meccanica, le cui caratteristiche standard (a Norme A.G.I.) sono:

- lunghezza aste 1 m
- peso fisso "esterno" 10 kg
- peso totale aste 6.5 kg/m
- peso aste interne 1.38 kg/m
- velocità di avanzamento costante $V=2$ cm/sec (± 0.5 cm/sec)

Le dimensioni punta/manicotto "Begemann"(ISSMFE 1974) sono:

- diametro di base del cono: $\varnothing = 35.7$ mm
- area della punta conica: $A_p = 10$ cmq
- angolo apertura del cono: $\beta = 60^\circ$
- superficie laterale manicotto: $A_m = 150$ cmq
- lunghezza manicotto: $h = 133$ mm
- diametro del manicotto: $\varnothing = 35.7$ mm



fasi dell'esecuzione della prova CPT1

La prova penetrometrica statica CPT con punta meccanica consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v=2$ cm/s \pm

0.5 cm/s); la penetrazione avviene con un dispositivo di spinta (martinetto idraulico) opportunamente ancorato al suolo, che agisce su una batteria doppia di aste (esterne cave e interne piene coassiali), alla cui estremità inferiore è collegata la punta.

Lo sforzo necessario per l'infissione viene determinato a mezzo di un opportuno sistema di misura, collegato al martinetto idraulico: la punta conica (di tipo telescopico) è dotata di un manicotto laterale (punta/manicotto tipo "Begemann").

Nel corso della prova si sono rilevate ogni 20 cm le seguenti letture manometriche:

- L1 = resistenza richiesta per l'avanzamento della sola punta penetrometrica (di sezione conica standard pari a 10 cmq.);
- L2 = corrispondente alla resistenza dovuta al successivo avanzamento della punta e del manicotto (di superficie laterale standard pari a 150 cmq)

Risulta quindi:

- resistenza unitaria di punta: $q_c = L1 / 150$ kg/cmq
- resistenza unitaria laterale: $fs = 10 \times (L1 - L2) / 150$ kg/cmq

Assumendo $q_c \leq q_t$ (ove q_t è la resistenza unitaria totale comprensiva della pressione interstiziale u_2 che si potrebbe misurare in una prova con piezocono CPTU), con le relazioni riportate in "Interpretation of in-situ tests - some insights" (ROBERTSON, 2012) si è dapprima valutato il parametro:

$$I_c = ((3,47 - \log(Q_{t1}))^2 + (1,22 + \log(Fr))^2)^{0,5}$$

ove: $Q_{t1} = (q_c - \sigma'_{vo}) / \sigma'_{vo}$

$$Fr = fs / (q_c - \sigma'_{vo}) \times 100\%$$

essendo σ'_{vo} la pressione geostatica effettiva alla profondità di prova.

I valori unitari della resistenza di punta q_c sono stati quindi normalizzati alla pressione atmosferica ed alla profondità di prova con la relazione:

$$Q_{tn} = ((q_c - \sigma'_{vo}) / Pa) \times (Pa / \sigma'_{vo})^n$$

ove $Pa = 1$ atm

$$n = 0,381 \times I_c + 0,05 \times (\sigma'_{vo} / Pa) - 0,15 \leq 1,0$$

I valori di q_{tn} registrati in presenza di orizzonti attritivi sono stati quindi corretti a quelli equivalenti per sabbia pulita con la relazione:

$$Q_{tnCS} = K_c \times Q_{tn}$$

ove K_c è funzione del summenzionato parametro I_c essendo:

$$K_c = 1,0 \text{ per } I_c \leq 1,64$$

$$K_c = -0,403 \times (I_c)^4 + 5,581 \times (I_c)^3 - 21,63 \times (I_c)^2 + 33,75 \times I_c - 17,88 \text{ per } I_c > 1,64$$

Si è altresì calcolato il valore stimato N_{60} che, a parità di q_c ed l_c , si sarebbe registrato con prove penetrometriche dinamiche S.P.T., con la relazione empirica:

$$N_{60} = q_c/Pa/10^{(1,1268-0,2817 \times l_c)}$$

Le prove hanno evidenziato come il substrato ghiaioso e ciottoloso inalterato e molto addensato, nell'area interessata dall'attività estrattiva pregressa, si attesti tra i 5 e i 6 metri di profondità,.

A tali profondità tutte le prove CPT hanno immediatamente conseguito il rifiuto all'infissione.

Le prove tra il p.c. e detto substrato ghiaioso hanno evidenziato litologie limo-sabbiose e limo-argillose di eterogenea consistenza (valori di resistenza all'avanzamento della punta penetrometrica q_c compresi tra 126 e 11 kg/cmq), tipica dei terreni di riporto: eventuali "picchi" di resistenza sono da attribuire alla presenza di sparsi ciottoli o inclusi di diversa natura, più che al reale addensamento del deposito.



Fasi dell'esecuzione della prova CPT3

Parametri geotecnici desunti dalle prove statiche CPT

I valori della resistenza di punta q_c e della resistenza laterale unitaria f_s e quelli dei parametri da essi derivati con le relazioni di ROBERTSON 2012 possono essere empiricamente correlati, oltreché alla granulometria, anche ad alcune delle caratteristiche geotecniche del terreno indagato: i dati ricavati da tali correlazioni sono riportati nelle allegate schede redatte per ciascuna prova CPT, ove si sono altresì riportati i valori medi di q_c ed f_s relativi ad ogni strato omogeneo individuato.

Il peso di volume totale è stato stimato con la relazione (GREGG: "Guide to cone penetration testing" 2010):

$$\gamma = 0,27 \times \log(R_f) + 0,36 \times \log(q_c/P_a)$$

ove:

$R_f = 100 \times f_s / q_c$ e P_a = pressione atmosferica alla quota di prova.

Tale parametro corrisponde al peso di volume naturale sopra falda ed a quello saturo in falda; il peso di volume in falda va calcolato con la relazione:

$$\gamma = \gamma_{\text{sat}} - u_o$$

essendo u_o la pressione idrostatica alla profondità considerata, mentre il peso di volume immerso vale invece:

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - 1$$

Gli orizzonti sabbio-ghiaiosi e limo-sabbiosi (che in base a ROBERTSON, 2012 corrispondono ai terreni caratterizzati da $I_c < 2,6$) sono assimilabili a mezzi incoerenti od attritivi, quelli limo-argillosi a mezzi coesivi.

La densità relativa degli orizzonti incoerenti è stata valutata con la relazione empirica (GREGG, 2010):

$$D_r \% = 100 \times (Q_{tn}/350)^{0,5}$$

L'angolo d'attrito drenato di picco ϕ_p di tali terreni è stimato con la relazione (GREGG, 2010):

$$\phi_p = 17,6^\circ + 11 \times \log(Q_{tn})$$

mentre il loro angolo d'attrito drenato residuo (a volume costante) ϕ_{cv} , cui è opportuno riferirsi per il calcolo del carico limite di fondazioni dirette, è stato stimato in funzione di ϕ_p con la relazione (ROBERTSON 2012):

$$\phi_{cv} = \phi_p - 15,84 \times \log(Q_{tn}CS) + 26,88^\circ$$

Il modulo elastico dei terreni incoerenti è stato stimato con la relazione (ROBERTSON, 2012);

$$E' = 0,015 \times (q_c - \sigma_{vo}) \times 10^{(0,55 \times I_c + 0,68)}$$

Per quanto riguarda invece i terreni coesivi (cioè caratterizzati da $I_c > 2,6$), la coesione non drenata c_u è stata valutata con la relazione (ROBERTSON, 2012):

$$c_u = (q_c - \sigma_{vo})/Nk$$

ove:

$Nk=10,5+7x\log(Fr)$ essendo σ_{vo} il carico geostatico totale.

L'angolo d'attrito drenato di picco φ_{clay} dei terreni coesivi è stato grossolanamente valutato con la relazione empirica (MAYNE, 2001):

$$\varphi_{clay} = \arcsen[2 \times c_u / (\sigma_{vo}' \times OCR^{0,8})]$$

ove:

OCR è il grado di sovraconsolidazione dei terreni coesivi calcolato con la relazione (CSSM in ROBERTSON, 2012):

$$OCR = 0,25 \times (Qt1)^{1,2}$$

La sensitività St degli orizzonti limo-argillosi (cui corrisponde il rapporto tra i valori iniziale e residuo della coesione non drenata), è stata approssimativamente stimata con la correlazione empirica (suggerita da GREGG, 2010):

$$St = 7/Fr$$

che nel caso in esame resta inferiore a 2; vi corrispondono (in base alla classificazione di DAS riportata in "Advanced soil mech.", ISE 1985) terreni di bassa sensitività.

Il modulo edometrico è stato stimato con la relazione:

$E_{ed} = \alpha M \times (q_c - \sigma_{vo})$ assumendo (cfr. ROBERTSON, 2012):

- $\alpha M = 14$ se $I_c > 2,2$ e $Q_{tn} > 14$;
- $\alpha M = Q_{tn}$ se $I_c > 2,2$ e $Q_{tn} < 14$;
- $\alpha M = 0,03 \times 10^{(0,55 \times I_c + 1,68)}$ se $I_c < 2,2$

Il modulo di taglio a piccole deformazioni è calcolato con la relazione (ROBERTSON, 2012):

$$G_o = 0,0188 \times (q_c - \sigma_{vo}) \times 10^{(0,55 \times I_c + 1,68)}$$

Sempre in funzione di I_c si è stimato il coeff. di permeabilità dei terreni indagati con le correlazioni empiriche (GREGG, 2010):

$$k \text{ (m/s)} = 10^{(0,952 - 3,04 \times I_c)} \text{ se } 1 < I_c < 3,27;$$

$$k \text{ (m/s)} = 10^{(-4,52 - 1,37 \times I_c)} \text{ se } 3,27 < I_c < 4$$

che risulta modesto non solo per le intercalazioni argillose, ma anche per quelli limo-sabbiosi superficiali che sono evidentemente ricchi di frazione fine $< 0,074$ mm.

Infine, la velocità di propagazione delle onde trasversali o di taglio V_s è stata calcolata con la relazione empirica (pure suggerita da ROBERTSON, 2012):

$$V_s \text{ (m/s)} = [10^{(1,68 + 0,55 \times I_c)} \times Q_{tn}]^{0,5}$$

che fornisce valori scadenti inferiori a 200 m/s.

Come precedentemente segnalato, i terreni di riporto attraversati, sono caratterizzati da eterogenea resistenza e comportamento meccanico, nonché elevata e non trascurabile compressibilità.

Gli orizzonti a comportamento meccanico coesivo presentano valori di coesione non drenata c_u variabili tra 0,67 kg/cmq a oltre 2 kg/cmq: l'angolo d'attrito drenato di picco ϕ_{clay} di tali terreni coesivi varia da 18° a 27°.

Gli orizzonti a comportamento meccanico incoerente presentano valori di angolo d'attrito drenato residuo (a volume costante) ϕ_{cv} tra 29° e 32° circa.

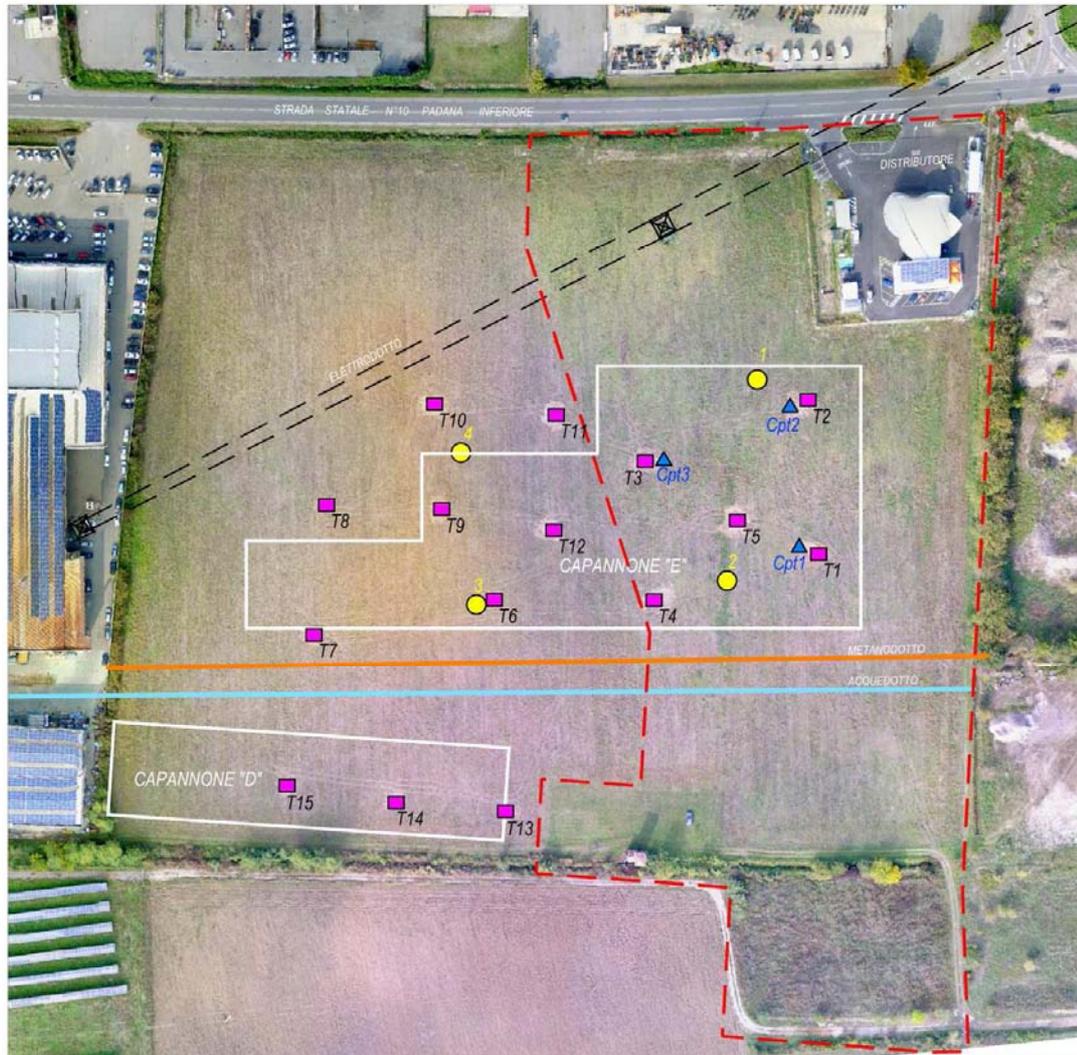
Il valore stimato di N_{60} in funzione di q_c varia da 9 a 28.

I valori più elevati sono verosimilmente da attribuire alla presenza di ciottoli o inclusioni di varia natura.

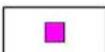
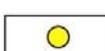
Profondità tetto delle ghiaie

Interpolando i risultati delle prove penetrometriche dinamiche SCPT eseguite nel giugno 2016 (a corredo del precedente studio), nonché quelli delle trincee geognostiche e delle prove penetrometriche statiche CPT recentemente eseguite, si è redatta l'allegata "Carta della profondità del tetto delle ghiaie" che evidenzia lo spessore della copertura/materiali di riporto che ricopre il substrato ghiaioso.

UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE
(SU BASE ORTOFOTO VOLO DRONE 18/10/2016)

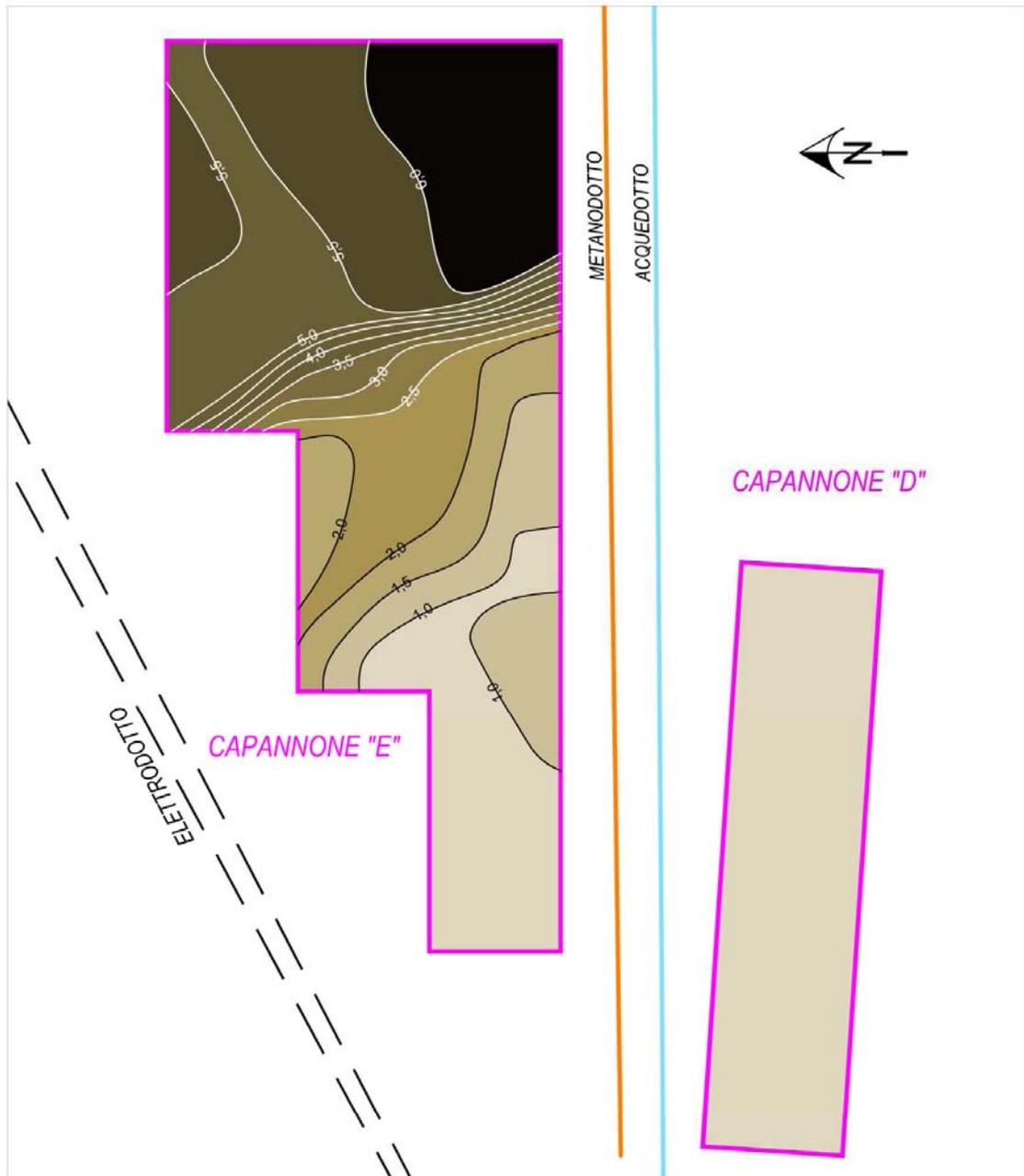


LEGENDA:

-  Capannoni in progetto
-  Area assoggettata ad attività estrattiva fine anni '90
-  Trincee geognostiche
-  Prove penetrometriche CPT
-  Prove penetrometriche SCPT



CARTA DELLA PROFONDITA' DEL TETTO DELLE GHIAIE



LEGENDA:

-  Capannoni in progetto
-  Isopache del tetto delle ghiaie (equidistanza 0,5m)

Profondità del tetto delle ghiaie (in m. dal p.c.):

	Compresa tra 0,5m e 1m		Compresa tra 2,5m e 3m
	Compresa tra 1m e 1,5m		Compresa tra 3m e 3,5m
	Compresa tra 1,5m e 2m		Compresa tra 3,5m e 5m
	Compresa tra 2m e 2,5m		Compresa tra 5m e 5,5m
			Compresa tra 5,5m e 6m

CARATTERIZZAZIONE CHIMICA DEL PRIMO SOTTOSUOLO DI RIPORTO (0 – 2m)

Trincee geognostiche

Come segnalato in premessa, entro l'area in esame sono state eseguite n.15 trincee geognostiche al fine di meglio definire la profondità del tetto delle ghiaie inalterate e di prelevare, come da incarico ricevuto, n.5 campioni entro i primi 2 metri del terreno di riporto.

Come meglio evidenziato nelle stratigrafie di seguito allegate, al di sotto dello strato di agrario di spessore pari a circa 0,4-0,5m, i terreni di riporto per i primi 2 metri circa, sono costituiti da prevalenti limi-sabbiosi che verosimilmente costituivano l'originaria copertura accantonata¹ durante le fasi di coltivazione della cava.

Al di sotto si rinvengono invece litologie argillose di colore rossastro e/o grigiastro con sparsi ciottoli, ghiaie e inclusi di varia natura, non riconducibili all'area in studio.

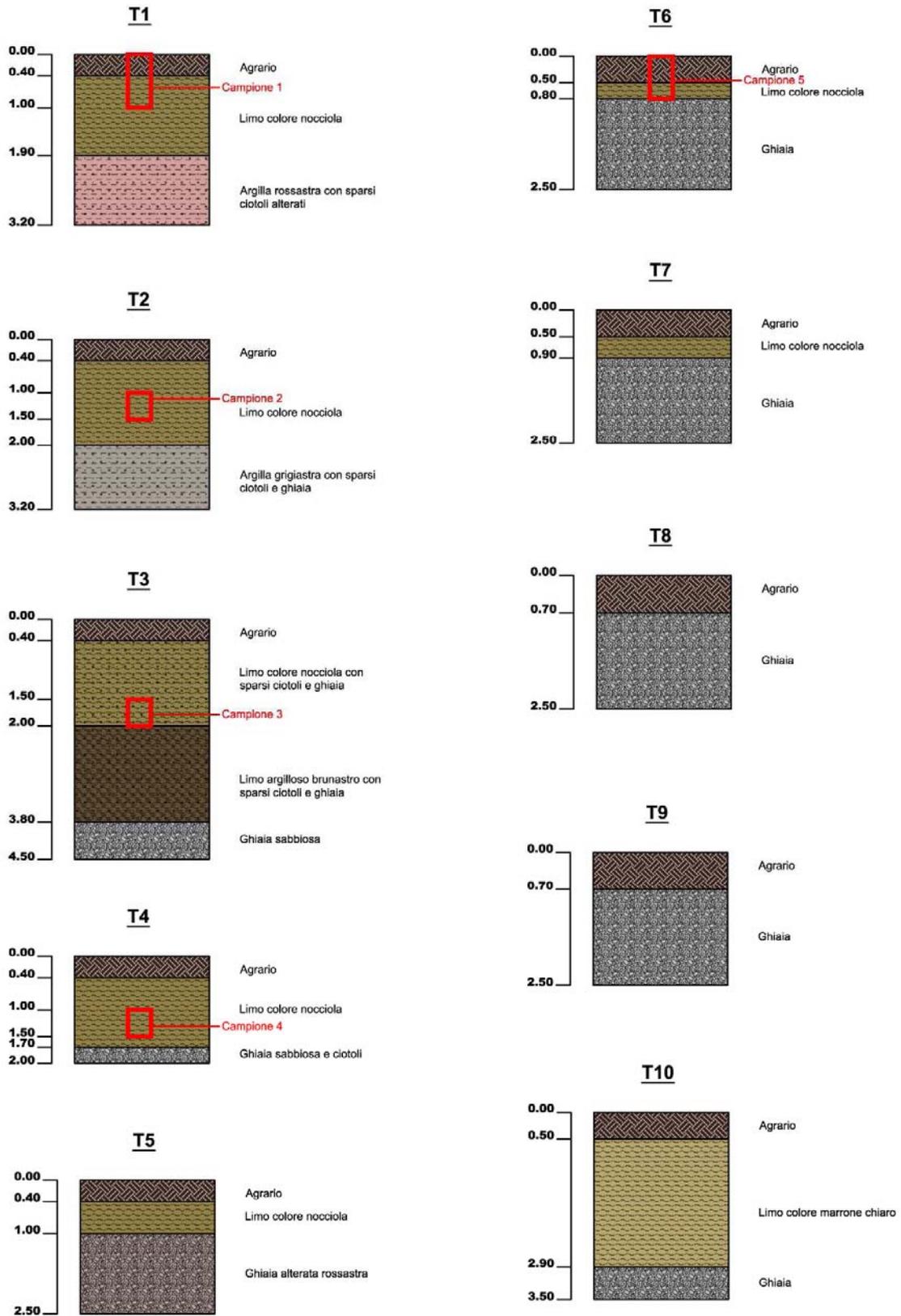
Nella porzione occidentale dell'area, non interessata da attività estrattiva pregressa, le trincee hanno rivelato come, al di sotto di una coltre di copertura generalmente inferiore al metro (con la sola eccezione delle trincee T10 e T12), è presente il substrato ghiaio-sabbioso² inalterato e molto addensato, appartenente ai depositi alluvionali del F.Trebbia.

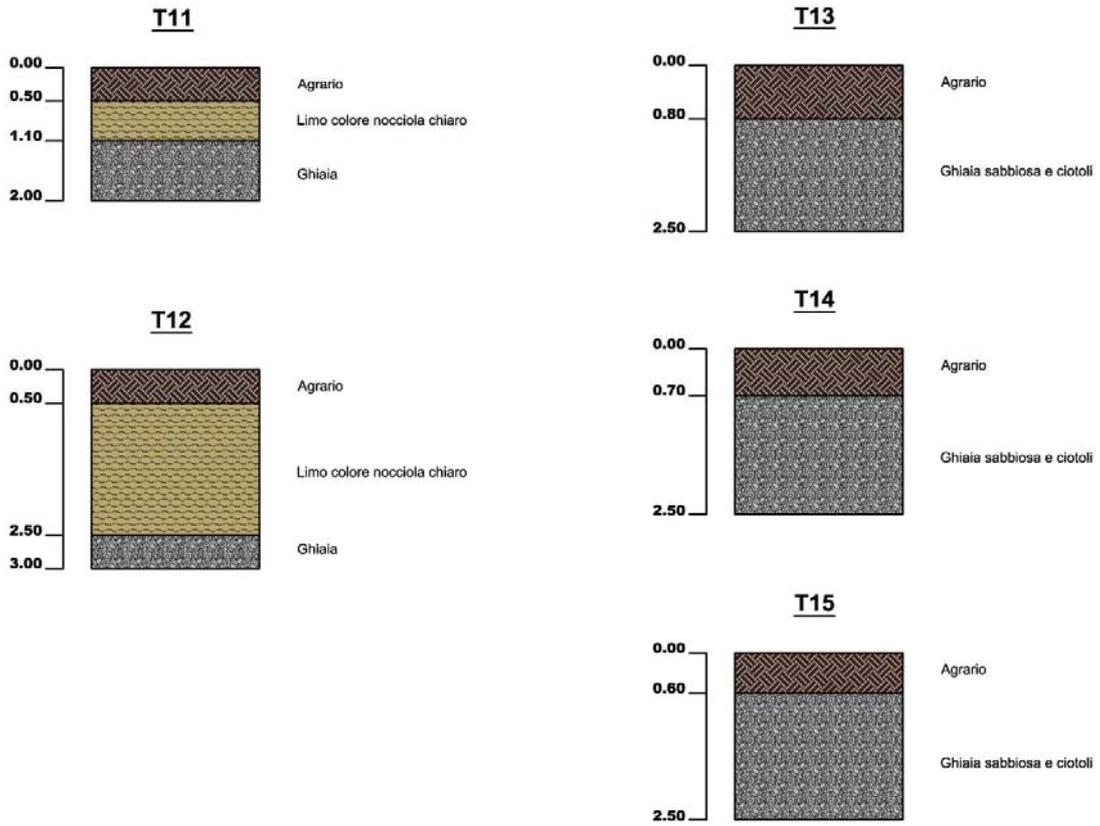


Fasi dell'esecuzione della campagna di trincee geognostiche

¹ che è stata successivamente ridistesa nel corso del recupero ambientale dell'area

² e ciottoloso





Analisi di Laboratorio

Come precedentemente segnalato, entro le Trincee da T1 a T5 distribuite nella porzione di area oggetto di pregressa attività estrattiva, sono stati prelevati n.5 campioni a profondità compresa tra 0 e 2 metri:

- Campione n.1: Trincea T1: rappresentativo tra 0 – 1 m
- Campione n.2: Trincea T2: rappresentativo tra 1 – 1,5 m
- Campione n.3: Trincea T3: rappresentativo tra 1,5 – 2 m
- Campione n.4: Trincea T4: rappresentativo tra 1 – 1,5 m
- Campione n.5: Trincea T5: rappresentativo tra 0 – 0,8 m

Come previsto dall'All.4 del Decreto del 10 agosto 2012 n.161: "Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo", i campioni sono stati consegnati al Laboratorio Certificato "STUDIO MM" di Traversatolo di PR.

Il set di parametri analitici ricercati, in base alle possibili sostanze ricollegabili alle attività antropiche svolte sul sito, sono stati:

- Arsenico
- Cadmio
- Cobalto
- Nichel
- Piombo
- Rame
- Zinco
- Mercurio
- Idrocarburi C>12
- Cromo Totale
- Cromo VI
- Amianto

I risultati delle analisi sui campioni (vedi Certificati di Laboratorio allegati), sono stati confrontati con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione di cui alle colonne A e B della Tab.1, All.5, Titolo V, parte IV del D. Lgs. N.152/2006 e s.m.i. da cui risulta che tutti i campioni analizzati rientrano nei limiti della Colonna A.

Ciò premesso, vista la passata attività³ che ha interessato parte dell'area, si consiglia, in fase esecutiva dei lavori, di eseguire ulteriori indagini al fine di verificare con maggior dettaglio la veridicità dei risultati ottenuti nel presente lavoro.

³ escavazione di ghiaia e successivo ritombamento con materiali di varia provenienza

Riutilizzo terre e rocce da scavo

Qualora, le terre di scavo fossero riutilizzate in siti diversi da quelli di produzione, il Proponente dovrà avviare l'iter ai sensi dell'art. 41 bis della Legge 98/13⁴, con l'utilizzo di apposita modulistica (allegata al presente contributo

⁴ Art. 41-bis. Ulteriori disposizioni in materia di terre e rocce da scavo

1. In relazione a quanto disposto dall'articolo 266, comma 7, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e successive modificazioni, in deroga a quanto previsto dal regolamento di cui al decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare 10 agosto 2012, n. 161, i materiali da scavo di cui all'articolo 1, comma 1, lettera b), del citato regolamento, prodotti nel corso di attività e interventi autorizzati in base alle norme vigenti, sono sottoposti al regime di cui all'articolo 184-bis del decreto legislativo n. 152 del 2006, e successive modificazioni, se il produttore dimostra:

a) che è certa la destinazione all'utilizzo direttamente presso uno o più siti o cicli produttivi determinati;

b) che, in caso di destinazione a recuperi, ripristini, rimodellamenti, riempimenti ambientali o altri utilizzi sul suolo, non sono superati i valori delle concentrazioni soglia di contaminazione di cui alle colonne A e B della tabella 1 dell'allegato 5 alla parte IV del decreto legislativo n. 152 del 2006, con riferimento alle caratteristiche delle matrici ambientali e alla destinazione d'uso urbanistica del sito di destinazione e i materiali non costituiscono fonte di contaminazione diretta o indiretta per le acque sotterranee, fatti salvi i valori di fondo naturale;

c) che, in caso di destinazione ad un successivo ciclo di produzione, l'utilizzo non determina rischi per la salute né variazioni qualitative o quantitative delle emissioni rispetto al normale utilizzo delle materie prime;

d) che ai fini di cui alle lettere b) e c) non è necessario sottoporre i materiali da scavo ad alcun preventivo trattamento, fatte salve le normali pratiche industriali e di cantiere.

2. Il proponente o il produttore attesta il rispetto delle condizioni di cui al comma 1 tramite dichiarazione resa all'Agenzia regionale per la protezione ambientale ai sensi e per gli effetti del testo unico di cui al d.P.R. 28 dicembre 2000, n. 445, precisando le quantità destinate all'utilizzo, il sito di deposito e i tempi previsti per l'utilizzo, che non possono comunque superare un anno dalla data di produzione, salvo il caso in cui l'opera nella quale il materiale è destinato ad essere utilizzato preveda un termine di esecuzione superiore. Le attività di scavo e di utilizzo devono essere autorizzate in conformità alla vigente disciplina urbanistica e igienico-sanitaria. La modifica dei requisiti e delle condizioni indicati nella dichiarazione di cui al primo periodo è comunicata entro trenta giorni al comune del luogo di produzione.

3. Il produttore deve, in ogni caso, confermare alle autorità di cui al comma 2, territorialmente competenti con riferimento al luogo di produzione e di utilizzo, che i materiali da scavo sono stati completamente utilizzati secondo le previsioni comunicate.

4. L'utilizzo dei materiali da scavo come sottoprodotto resta assoggettato al regime proprio dei beni e dei prodotti. A tal fine il trasporto di tali materiali è accompagnato, qualora previsto, dal documento di trasporto o da copia del contratto di trasporto redatto in forma scritta o dalla scheda di trasporto di cui agli articoli 6 e 7-bis del decreto legislativo 21 novembre 2005, n. 286, e successive modificazioni.

5. Le disposizioni di cui ai commi da 1 a 4 si applicano anche ai materiali da scavo derivanti da attività e opere non rientranti nel campo di applicazione del comma 2-bis dell'articolo 184-bis del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, introdotto dal comma 2 dell'articolo 41 del presente decreto.

6. L'articolo 8-bis del decreto-legge 26 aprile 2013, n. 43, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2013, n. 71, è abrogato.

7. L'articolo 1 del regolamento di cui al decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare 10 agosto 2012, n. 161, recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo, nel definire al comma 1, lettera b), i materiali da scavo integra, a tutti gli effetti, le corrispondenti disposizioni del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

tecnico - "Dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà per riutilizzo di terre e rocce da scavo").

Le attività di scavo dovranno essere autorizzate dagli enti competenti in quanto attività edilizie e quindi il processo di autocertificazione dovrà comunque essere coordinato con l'iter edilizio.

Il trasporto (comma 4) dovrà avvenire come bene/prodotto.

La dichiarazione dovrà contenere sufficienti indicazioni sulla quantità e qualità dei materiali da scavo e sui siti interessati (produzione, deposito e utilizzo), al fine di permettere la verifica del rispetto delle quattro condizioni (indicate nel comma 1 dell'art. 41bis) indispensabili per poter classificare il materiale come sottoprodotto.

A conclusione dei lavori di scavo e riutilizzo, come previsto dal comma 3, dell'art. 41 bis, il proponente/produttore, dovrà confermare alle autorità competenti, Arpa e Comune, il completo utilizzo dei materiali da scavo secondo le previsioni comunicate, utilizzando preferibilmente l'allegato modulo "Dichiarazione di conferma del completo utilizzo delle terre e rocce da scavo".

Tanto si doveva per l'incarico ricevuto

in fede





Trincea n°1



Trincea n°2



Trincea n°3



Trincea n°4



Trincea n°5



Trincea n°6



Trincea n°7



Trincea n°8



Trincea n°9



Trincea n°10



Trincea n°12



Trincea n°11



Trincea n°13



Trincea n°14



Trincea n°15

**AMPLIAMENTO LPR
LOCALITA' "CATTAGNINA"**

PROVE PENETROMETRICHE CPT

Simboli:

qc = resistenza unitaria alla punta
 qt >= qc = qc + u2 x (1+a) = resistenza corretta in funzione della pressione interstiziale u2
 fs = resistenza unitaria laterale
 Rf = 100 x fs/qc
 uo = pressione idrostatica; Pa = pressione atmosferica

peso di volume totale: $\gamma = 0,27 \times \log(Rf) + 0,36 \times \log(qt/Pa) + 1,236$ (GREGG, 2010)
 carico geostatico totale: $\sigma_{vo} = \gamma \times z$ alla profondità z
 carico geostatico effettivo: $\sigma'_{vo} = \gamma \times z - u_o$ a profondità z > livello di falda
 $Qt1 = (qt - \sigma_{vo}) / (\sigma'_{vo})$
 $Fr = fs / (qt - \sigma_{vo}) \times 100\%$
 $lc = (3,47 - \log Qt1)^2 + (1,22 + \log Fr)^2)^{0,5}$ (ROBERTSON, 2012)
 $Qtn = [(qt - \sigma_{vo}) / Pa] / (Pa / \sigma'_{vo})^n$ ove $n = 0,381 \times lc + 0,05 \times (\sigma_{vo}' / Pa) - 0,15 \leq 1,0$ (ROBERTSON, 2012)
 $Qtn\ CS = Kc \times Qtn$ ove $Kc = f(lc) =$ resistenza equivalente per sabbie pulite (ROBERTSON 1998, 2012)
 $N60 = qt / Pa / 10^{(1,1268 - 0,2817 \times lc)} = NSPT$ (ROBERTSON, 2012)

terreni incoerenti = $lc < 2,6$ (ROBERTSON, 2012):
 densità relativa: $Dr \% = 100 \times (Qtn / 350)^{0,5}$ (GREGG, 2010)
 angolo d'attrito di picco: $\phi_p = 17,6^\circ + 11 \times \log(Qtn)$ (GREGG, 2010)
 angolo d'attrito a volume costante: $\phi_{cv} = \phi_p' - 15,84 \times \log(Qtn\ CS) + 26,88$ (ROBERTSON, 2012)
 modulo elastico $E' = 0,015 \times (qt - \sigma_{vo}) \times 10^{(0,55 \times lc + 0,68)}$ (ROBERTSON, 2012)

terreni coesivi = $lc > 2,6$ (ROBERTSON, 2012):
 coesione non drenata: $c_u = (qt - \sigma_{vo}) / N_k$ ove $N_k = 10,5 + 7 \times \log(Fr)$ (ROBERTSON, 2012)
 angolo d'attrito di picco: $\phi_p = \arcsin(2 \times c_u / (\sigma_{vo}' \times OCR^{0,8}))$ (rif. MAYNE 2001)
 sensitività: $St = c_u / c_{ur}$ ove $c_{ur} =$ coesione non drenata residua (GREGG, 2010)
 grado di sovraconsolidazione: $OCR = 0,25 \times (Qt1)^{1,2}$ (CSSM in Robertson 2012)

tutti i terreni:
 modulo edometrico: $E_{ed} = \alpha M \times (qt - \sigma_{vo})$ ove:
 $\alpha M = 14$ se $lc > 2,2$, $Qtn > 14$; $\alpha M = Qtn$ se $lc > 2,2$, $Qtn < 14$; $\alpha M = 0,03 \times 10^{(0,55 \times lc + 1,68)}$ se $lc < 2,2$ (ROBERTSON, 2012)
 modulo di taglio a piccole deformazioni: $G_o = 0,0188 \times (qt - \sigma_{vo}) \times 10^{(0,55 \times lc + 1,68)}$ (ROBERTSON, 2012)
 coeff. di permeabilità: $K (m/s) = 10^{(0,952 - 3,04 \times lc)}$ se $1 < lc < 3,27$; $K = 10^{(-4,52 - 1,37 \times lc)}$ se $3,27 < lc < 4$ (GREGG, 2010)
 velocità onde di taglio: $V_s (m/s) = (10^{(0,55 \times lc + 1,68)} \times Qtn)^{0,5}$ (ROBERTSON, 2012)

Classificazione di ROBERTSON

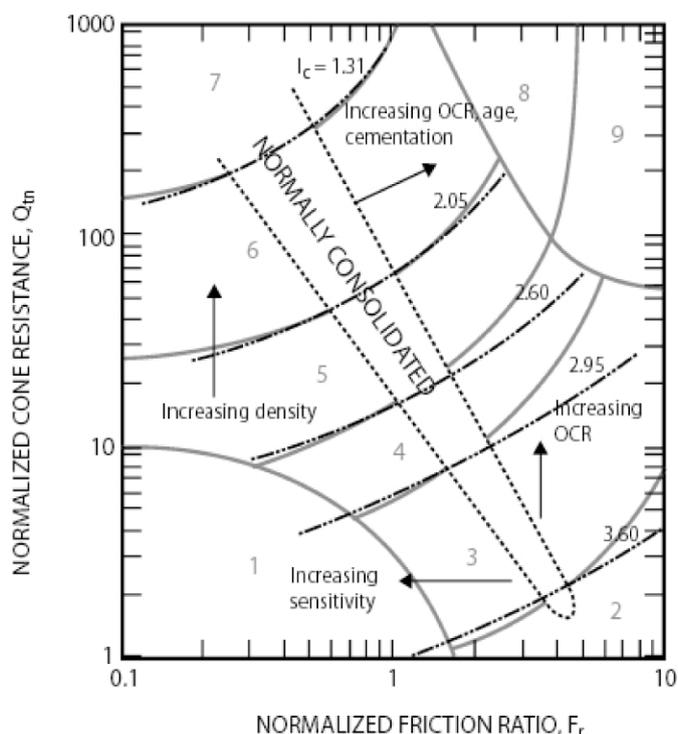


Fig. 1. SBT chart based on normalized CPT parameters (modified from Robertson 1990)

CPT **n.1**

profondità superficie piezometrica: metri **>10,0**

- parametri geotecnici locali -

profondità	qc	fs	Rf =	γ	uo	ovo'	ovo	Qt1	Fr	lc	N60	Classif di Robertson	n	Qtn	Kc	QtnCS	Dr	φp	φcv	Nk	cu	φ clay	St	OCR	αM	Eed	Go	E'	K	Vs	
m	kg/cmq	kg/cmq	100xfs/qc	t/mc	t/mq	kg/cmqa	kg/cmqa	-	%	-	colpi/30 cm	n.	descrizione	-	-	-	%	°	°	-	kg/cmqa	°	cu/cu r	-	-	kg/cmqa	kg/cmqa	kg/cmqa	m/s	m/s	
0,20	0	0,93		0,00	0,00	0,00																									
0,40	21	0,33	1,6	1,8	0,00	0,02	0,02	1188	1,6	1,5	4,1	8	sabbie cementate	0,41	111	1,0	111	56	40	≈34,6					9	195	122	98	≈2,9E-04	81	
0,60	55	1,20	2,2	2,0	0,00	0,05	0,05	1001	2,2	1,6	11,8	8	sabbie cementate	0,47	217	1,0	217	79	43	≈33,2					11	620	389	310	≈1,0E-04	144	
0,80	70	1,80	2,6	2,0	0,00	0,09	0,09	740	2,6	1,7	16,1	8	sabbie cementate	0,52	237	1,1	252	82	44	≈32,6					13	907	568	453	≈4,7E-05	174	
1,00	39	1,07	2,7	1,9	0,00	0,13	0,13	290	2,7	1,9	10,3	6	sabbie	0,60	129	1,2	158	61	41	≈32,8					17	651	408	326	≈1,1E-05	147	
1,20	39	1,07	2,7	1,9	0,00	0,17	0,17	225	2,7	2,0	10,7	6	sabbie	0,62	116	1,3	150	57	40	≈32,7					18	702	440	351	≈7,4E-06	153	
1,40	36	1,33	3,7	1,9	0,00	0,21	0,21	169	3,7	2,2	11,0	9	terre cementate o n.d.	0,69	105	1,6	169	55	40	≈31,4					23	812	509	406	≈2,1E-06	164	
1,60	39	1,87	4,8	2,0	0,00	0,25	0,25	155	4,8	2,3	12,9	9	terre cementate o n.d.	0,74	107	1,9	207	55	40	≈30,1					14	542	637	508	≈9,5E-07	184	
1,80	31	2,73	8,8	2,0	0,00	0,29	0,29	106	8,9	2,6	12,6	9	terre cementate o n.d.	0,86	89	5,7	503				17,1	1,79	≈25	0,8	67	14	430	751	≈1,1E-07	200	
2,00	147	1,33	0,9	2,0	0,00	0,33	0,33	443	0,9	1,4	27,9	6	sabbie	0,41	232	1,0	232	81	44	≈33,0					9	1301	815	651	≈3,8E-04	208	
2,20	20	0,80	4,0	1,9	0,00	0,37	0,37	53	4,1	2,5	7,7	5	limi sabbiosi	0,83	45	3,4	153	36	36	≈28,1					14	275	434	347	≈1,8E-07	152	
2,40	15	0,73	4,9	1,8	0,00	0,41	0,41	36	5,0	2,7	6,5	4	argille limose	0,90	33	4,1	135				15,4	0,95	≈27	1,4	18	14	204	408	≈5,1E-08	147	
2,60	11	0,80	7,3	1,8	0,00	0,44	0,44	24	7,6	3,0	5,6	3	argille	1,00	24	6,4	151				16,7	0,63	≈24	0,9	11	14	148	406	≈8,7E-09	147	
2,80	12	1,13	9,4	1,9	0,00	0,48	0,48	24	9,8	3,0	6,5	3	argille	1,00	24	7,3	174				17,5	0,66	≈23	0,7	11	14	161	490	≈5,0E-09	161	
3,00	15	0,73	4,9	1,8	0,00	0,52	0,52	28	5,1	2,8	6,9	4	argille limose	0,94	27	4,7	127				15,4	0,94	≈27	1,4	14	14	203	448	≈2,9E-08	154	
3,20	9	0,93	10,4	1,9	0,00	0,56	0,56	15	11,1	3,2	5,4	3	argille	1,00	15	9,5	145				17,8	0,47	≈22	0,6	7	14	118	448	≈1,5E-09	154	
3,40	8	0,80	10,0	1,8	0,00	0,59	0,59	13	10,8	3,3	5,0	3	argille	1,00	13	10,3	129				17,7	0,42	≈22	0,6	5	13	93	420	≈9,9E-10	150	
3,60	12	0,73	6,1	1,8	0,00	0,63	0,63	18	6,4	3,0	6,3	3	argille	1,00	18	6,8	122				16,2	0,70	≈25	1,1	8	14	159	459	≈6,7E-09	156	
3,80	10	0,47	4,7	1,8	0,00	0,67	0,67	14	5,0	3,0	5,3	3	argille	1,00	14	6,9	97				15,4	0,61	≈26	1,4	6	14	131	381	≈6,2E-09	142	
4,00	39	0,47	1,2	1,8	0,00	0,70	0,70	55	1,2	2,2	11,9	5	limi sabbiosi	0,71	49	1,6	79	38	36	≈33,1					22	858	538	429	≈2,3E-06	169	
4,20	19	0,40	2,1	1,8	0,00	0,74	0,74	25	2,2	2,6	7,6	5	limi sabbiosi	0,88	24	5,3	127	26	33	≈26,3					14	256	441	352	≈1,1E-07	153	
4,40	16	0,80	5,0	1,9	0,00	0,77	0,77	20	5,3	2,9	7,9	4	argille limose	1,00	20	5,9	115				15,5	0,98	≈26	1,3	9	14	213	550	≈1,2E-08	171	
4,60	15	1,00	6,7	1,9	0,00	0,81	0,81	17	7,0	3,0	8,0	3	argille	1,00	17	7,2	126				16,4	0,86	≈24	1,0	8	14	199	599	≈5,2E-09	179	
4,80	28	0,87	3,1	1,9	0,00	0,85	0,85	32	3,2	2,6	11,4	4	argille limose	0,89	31	5,9	186				14,0	1,94	≈30	2,2	16	14	380	669	≈1,0E-07	189	
5,00	11	0,73	6,7	1,8	0,00	0,89	0,89	11	7,3	3,2	6,5	3	argille	1,00	11	9,1	103				16,5	0,61	≈24	1,0	5	11	115	514	≈1,9E-09	165	
5,20	12	0,93	7,8	1,9	0,00	0,92	0,92	12	8,4	3,2	7,2	3	argille	1,00	12	9,4	113				17,0	0,65	≈23	0,8	5	12	133	583	≈1,5E-09	176	
5,40	27	0,40	1,5	1,8	0,00	0,96	0,96	27	1,5	2,5	10,0	5	limi sabbiosi	0,84	27	2,6	71	28	33	≈30,9					14	365	538	429	≈2,7E-07	169	
5,60	37	0,87	2,3	1,9	0,00	1,00	1,00	36	2,4	2,5	13,9	5	limi sabbiosi	0,85	36	2,7	99	32	35	≈30,0					14	504	763	609	≈2,3E-07	201	
5,80	22	0,20	0,9	1,7	0,00	1,03	1,03	20	1,0	2,5	8,2	5	limi sabbiosi	0,84	20	2,6	54	24	32	≈31,5					14	294	432	345	≈2,7E-07	152	
6,00	17	7,60	44,7	2,1	0,00	1,07	1,07	15	47,7	3,7	14,0	2	argille organiche	1,00	15	18,0	268				22,3	0,72	≈18	0,1	6	14	223	1551	≈2,6E-10	287	
6,20	299	0,87	0,3	2,0	0,00	1,11	1,11	268	0,3	1,2	50,1	7	sabbie dense o ghiaiose	0,38	286	1,0	286	90	45	≈32,6					7	2074	1299	1037	≈1,5E-03	263	

PROVA CPT **n.1**

profondità superficie piezometrica: metri **>10,0**

- parametri geotecnici medi -

profondità da m	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	lc -	granulometria (cfr. ROBERTSON 1990)	comportamento prevalente	spessore m	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	N60 colpi/30 cm	Dr %	φp °	φcv °	cu kg/cm ²	φ clay °	St -	OCR cu/cu r	Eed kg/cm ²	Go kg/cm ²	E' kg/cm ²	k m/s	Vs m/s	
0,2		0,93																				
0,4	21	0,33	1,5	sabbie cementate																		
0,6	55	1,20	1,6	sabbie cementate																		
0,8	70	1,80	1,7	sabbie cementate																		
1,0	39	1,07	1,9	sabbie																		
1,2	39	1,07	2,0	sabbie																		
1,4	36	1,33	2,2	terre cementate o n.d.																		
1,6	39	1,87	2,3	terre cementate o n.d.																		
1,8	31	2,73	2,6	terre cementate o n.d.	incoerente	1,6	41	1,38	11	64	41	32,5					607	478	350	≈5,8E-05	156	
2,0	147	1,33	1,4	sabbie																		
2,2	20	0,80	2,5	limi sabbiosi	incoerente	0,4	84	1,07	18	59	40	30,6					788	625	499	≈1,9E-04	180	
2,4	15	0,73	2,7	argille limose																		
2,6	11	0,80	3,0	argille																		
2,8	12	1,13	3,0	argille																		
3,0	15	0,73	2,8	argille limose																		
3,2	9	0,93	3,2	argille																		
3,4	8	0,80	3,3	argille																		
3,6	12	0,73	3,0	argille																		
3,8	10	0,47	3,0	argille	coesivo	1,6	12	0,79	6				0,67	≈25	1,0	10	152	432		≈1,4E-08	152	
4,0	39	0,47	2,2	limi sabbiosi																		
4,2	19	0,40	2,6	limi sabbiosi	incoerente	0,4	29	0,43	9,77	32	34	29,7					557	489	390	≈1,2E-06	161	
4,4	16	0,80	2,9	argille limose																		
4,6	15	1,00	3,0	argille																		
4,8	28	0,87	2,6	argille limose																		
5,0	11	0,73	3,2	argille																		
5,2	12	0,93	3,2	argille	coesivo	1,0	16	0,87	8,21				1,01	≈25	1,3	8	208	583		≈2,4E-08	176	
5,4	27	0,40	2,5	limi sabbiosi																		
5,6	37	0,87	2,5	limi sabbiosi																		
5,8	22	0,20	2,5	limi sabbiosi	incoerente	0,6	29	0,49	10,71	28	33	30,8					387	578	461	≈2,6E-07	174	
6,0	17	7,60	3,7	argille organiche	coesivo	0,2	17	7,60	13,98				0,72	≈18	0,1	6	223	1551		≈2,6E-10	287	
6,2	299	0,87	1,2	sabbie dense o ghiaiose	incoerente	0,2	299	0,87	50,12	90	45	32,6					2074	1299	1037	≈1,5E-03	263	

CPT **n.2**

profondità superficie piezometrica: metri **>10,0**

- parametri geotecnici locali -

profondità	qc	fs	Rf =	γ	u _o	σ _v '	σ _{vo}	Qt1	Fr	lc	N60	Classif di Robertson	n	Qtn	Kc	QtnCS	Dr	φ _p	φ _{cv}	Nk	cu	φ clay	St	OCR	αM	Eed	Go	E'	K	Vs	
m	kg/cmq	kg/cmq	100xf _s /q _c	t/mc	t/mq	kg/cmq	kg/cmq	-	%	-	colpi/30 cm	n.	descrizione	-	-	-	%	°	°	-	kg/cmq	°	cu/cu r	-	-	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	m/s	m/s	
0,20	0	0,67			0,00	0,00	0,00																								
0,40	11	1,07	9,7	1,9	0,00	0,02	0,02	585	9,7	2,3	3,7	9	terre cementate o n.d.	0,73	203	2,0	406	76	43	≈28,5					14	154	186	148	≈8,1E-07	99	
0,60	39	1,07	2,7	1,9	0,00	0,06	0,06	685	2,7	1,8	9,2	8	sabbie cementate	0,53	178	1,1	193	71	42	≈33,0					14	529	332	265	≈3,6E-05	133	
0,80	39	1,00	2,6	1,9	0,00	0,10	0,10	408	2,6	1,8	9,6	8	sabbie cementate	0,56	144	1,1	164	64	41	≈33,1					15	576	361	288	≈2,2E-05	139	
1,00	30	1,53	5,1	2,0	0,00	0,13	0,13	223	5,1	2,2	9,5	9	terre cementate o n.d.	0,71	124	1,8	217	59	41	≈30,5					14	418	454	363	≈1,5E-06	155	
1,20	37	2,87	7,7	2,0	0,00	0,17	0,17	212	7,8	2,4	13,1	9	terre cementate o n.d.	0,77	142	2,3	330	64	41	≈28,3					14	516	694	553	≈4,5E-07	192	
1,40	32	1,07	3,3	1,9	0,00	0,21	0,21	149	3,4	2,2	9,8	5	limi sabbiosi	0,69	92	1,6	148	51	39	≈31,7					23	717	449	359	≈2,2E-06	155	
1,60	23	2,93	12,8	2,0	0,00	0,25	0,25	90	12,9	2,8	10,4	9	terre cementate o n.d.	0,92	81	4,6	373				18,3	1,24	≈23	0,5	55	14	318	692	≈3,2E-08	192	
1,80	48	2,53	5,3	2,0	0,00	0,29	0,29	162	5,3	2,3	16,1	9	terre cementate o n.d.	0,75	119	2,0	239	58	40	≈29,6					14	668	808	644	≈8,1E-07	207	
2,00	19	3,47	18,2	2,0	0,00	0,33	0,33	56	18,6	3,0	10,1	3	argille	1,00	56	7,1	394				19,4	0,96	≈22	0,4	31	14	261	777	≈5,6E-09	203	
2,20	70	3,20	4,6	2,1	0,00	0,38	0,38	185	4,6	2,2	22,3	9	terre cementate o n.d.	0,72	141	1,8	247	63	41	≈30,2					14	975	1060	846	≈1,5E-06	237	
2,40	58	2,20	3,8	2,0	0,00	0,42	0,42	138	3,8	2,2	18,5	9	terre cementate o n.d.	0,72	109	1,8	192	56	40	≈30,7					14	806	883	705	≈1,4E-06	217	
2,60	20	1,60	8,0	1,9	0,00	0,46	0,46	43	8,2	2,8	9,3	4	argille limose	0,95	41	4,9	202				16,9	1,16	≈25	0,9	23	14	274	622	≈2,5E-08	182	
2,80	26	1,33	5,1	1,9	0,00	0,50	0,50	51	5,2	2,6	10,6	4	argille limose	0,87	47	6,0	284				15,5	1,64	≈27	1,3	28	14	357	631	≈9,9E-08	183	
3,00	98	2,60	2,7	2,1	0,00	0,54	0,54	182	2,7	2,0	27,5	6	sabbie	0,66	147	1,4	200	65	41	≈31,9					19	1860	1166	930	≈5,5E-06	249	
3,20	34	2,00	5,9	2,0	0,00	0,58	0,58	58	6,0	2,6	14,0	4	argille limose	0,88	54	6,4	348				15,9	2,10	≈27	1,2	33	14	468	837	≈9,3E-08	211	
3,40	26	1,40	5,4	1,9	0,00	0,62	0,62	41	5,5	2,7	11,2	4	argille limose	0,91	39	10,1	401				15,7	1,62	≈27	1,3	22	14	355	697	≈5,6E-08	193	
3,60	49	0,40	0,8	1,8	0,00	0,65	0,65	74	0,8	2,0	13,1	6	sabbie	0,63	63	1,3	79	43	37	≈34,2					17	835	523	417	≈9,6E-06	167	
3,80	38	1,07	2,8	1,9	0,00	0,69	0,69	54	2,9	2,4	13,6	5	limi sabbiosi	0,80	50	2,4	119	38	36	≈30,3					14	522	714	570	≈4,1E-07	195	
4,00	15	0,73	4,9	1,8	0,00	0,73	0,73	20	5,1	2,9	7,4	4	argille limose	1,00	20	5,8	114				15,5	0,92	≈26	1,4	9	14	200	512	≈1,3E-08	165	
4,20	47	1,07	2,3	1,9	0,00	0,77	0,77	60	2,3	2,3	15,8	5	limi sabbiosi	0,77	57	2,0	113	40	37	≈31,2					14	647	781	623	≈8,2E-07	204	
4,40	25	0,47	1,9	1,8	0,00	0,80	0,80	30	1,9	2,5	9,4	5	limi sabbiosi	0,84	29	2,7	80	29	34	≈30,4					14	339	514	410	≈2,3E-07	165	
4,60	19	0,27	1,4	1,7	0,00	0,84	0,84	22	1,5	2,5	7,4	5	limi sabbiosi	0,86	21	3,8	80	25	32	≈28,9					14	254	411	328	≈1,6E-07	148	
4,80	18	0,47	2,6	1,8	0,00	0,87	0,87	20	2,7	2,7	7,9	4	argille limose	0,94	19	4,3	83				13,5	1,26	≈30	2,6	9	14	240	493	≈4,3E-08	162	
5,00	17	1,40	8,2	1,9	0,00	0,91	0,91	18	8,7	3,1	9,5	3	argille	1,00	18	7,9	140				17,1	0,94	≈23	0,8	8	14	225	733	≈3,4E-09	198	
5,20	97	9,00	9,3	2,2	0,00	0,95	0,95	101	9,4	2,6	40,1	9	terre cementate o n.d.	0,90	100	6,9	688				17,3	5,55	≈25	0,7	63	14	1345	2438	≈8,6E-08	360	
5,40	320	0,40	0,1	1,9	0,00	0,99	0,99	321	0,1	1,0	46,2	7	sabbie dense o ghiaiose	0,29	320	1,0	320	96	45	≈32,4					5	1656	1038	828	≈7,4E-03	235	

PROVA CPT **n.2**

profondità superficie piezometrica: metri **>10,0**

- parametri geotecnici medi -

profondità da m	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	lc -	granulometria (cfr. ROBERTSON 1990)	comportamento prevalente	spessore m	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	N60 colp/30 cm	Dr %	φp °	φcv °	cu kg/cm ²	φ clay °	St -	OCR cu/cu r	Eed kg/cm ²	Go kg/cm ²	E' kg/cm ²	k m/s	Vs m/s	
0,2		0,67																				
0,4	11	1,07	2,3	terre cementate o n.d.																		
0,6	39	1,07	1,8	sabbie cementate																		
0,8	39	1,00	1,8	sabbie cementate																		
1,0	30	1,53	2,2	terre cementate o n.d.																		
1,2	37	2,87	2,4	terre cementate o n.d.																		
1,4	32	1,07	2,2	limi sabbiosi	incoerente	1,2	31	1,26	9	64	41	30,9					485	413	329	≈1,1E-05	145	
1,6	23	2,93	2,8	terre cementate o n.d.																		
1,8	48	2,53	2,3	terre cementate o n.d.																		
2,0	19	3,47	3,0	argille	coesivo	0,6	30	2,98	12				1,10	≈22	0,5	43	416	759		≈2,8E-07	201	
2,2	70	3,20	2,2	terre cementate o n.d.																		
2,4	58	2,20	2,2	terre cementate o n.d.	incoerente	0,4	64	2,70	20	60	41	30,5					890	972	775	≈1,4E-06	227	
2,6	20	1,60	2,8	argille limose																		
2,8	26	1,33	2,6	argille limose	coesivo	0,4	23	1,47	10				1,40	≈26	1,1	26	315	627		≈6,2E-08	183	
3,0	98	2,60	2,0	sabbie	incoerente	0,2	98	2,60	28	65	41	31,9					1860	1166	930	≈5,5E-06	249	
3,2	34	2,00	2,6	argille limose																		
3,4	26	1,40	2,7	argille limose	coesivo	0,4	30	1,70	13				1,86	≈27	1,2	27	412	767		≈7,4E-08	202	
3,6	49	0,40	2,0	sabbie																		
3,8	38	1,07	2,4	limi sabbiosi																		
4,0	15	0,73	2,9	argille limose																		
4,2	47	1,07	2,3	limi sabbiosi																		
4,4	25	0,47	2,5	limi sabbiosi																		
4,6	19	0,27	2,5	limi sabbiosi	incoerente	1,2	32	0,67	11,11	35	35	31,0					466	576	469	≈1,9E-06	174	
4,8	18	0,47	2,7	argille limose																		
5,0	17	1,40	3,1	argille																		
5,2	97	9,00	2,6	terre cementate o n.d.	coesivo	0,6	44	3,62	19,16				2,59	≈26	1,4	27	603	1221		≈4,4E-08	240	
5,4	320	0,40	1,0	sabbie dense o ghiaiose	incoerente	0,2	320	0,40	46,15	96	45	32,4					1656	1038	828	≈7,4E-03	235	

CPT **n.3**

profondità superficie piezometrica: metri **>10.0**

- parametri geotecnici locali -

profondità	qc	fs	Rf =	γ	uo	σvo'	σvo	Qt1	Fr	lc	N60	Classif di Robertson	n	Qtn	Kc	QtnCS	Dr	φp	φcv	Nk	cu	φ clay	St	OCR	αM	Eed	Go	E'	K	Vs			
m	kg/cmq	kg/cmq	100xfs/qc	t/mc	t/mq	kg/cmq	kg/cmq	-	%	-	colpi/30 cm	n.	descrizione	-	-	-	%	°	°	-	kg/cmq	°	cu/cu r	-	-	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	m/s	m/s			
0,20	0	0,40			0,00	0,00	0,00																										
0,40	22	0,67	3,0	1,8	0,00	0,02	0,02	1189	3,0	1,7	5,1	8	sabbie cementate	0,52	173	1,1	185	70	42						13	288	181	144	=4,4E-05	98			
0,60	98	3,20	3,3	2,1	0,00	0,06	0,06	1692	3,3	1,8	22,8	8	sabbie cementate	0,52	431	1,1	462	111	47						13	1292	809	646	=4,3E-05	207			
0,80	158	2,53	1,6	2,1	0,00	0,10	0,10	1585	1,6	1,5	30,2	8	sabbie cementate	0,41	404	1,0	404	107	46					9	1424	892	712	=3,5E-04	218				
1,00	95	1,67	1,8	2,0	0,00	0,14	0,14	675	1,8	1,6	20,0	8	sabbie cementate	0,47	237	1,0	237	82	44					11	1032	647	516	=1,2E-04	185				
1,20	126	2,93	2,3	2,1	0,00	0,18	0,18	693	2,3	1,7	28,5	8	sabbie cementate	0,51	300	1,0	313	93	45					12	1571	985	786	=5,8E-05	229				
1,40	74	3,47	4,7	2,1	0,00	0,22	0,22	330	4,7	2,1	21,8	9	terre cementate o n.d.	0,67	201	1,5	299	76	43					21	1548	970	774	=3,3E-06	227				
1,60	57	1,00	1,8	1,9	0,00	0,26	0,26	215	1,8	1,9	14,2	6	sabbie	0,57	121	1,1	139	59	41					15	854	535	427	=2,0E-05	169				
1,80	52	1,40	2,7	2,0	0,00	0,30	0,30	171	2,7	2,1	14,8	5	limi sabbiosi	0,65	113	1,4	157	57	40					20	1014	636	507	=4,7E-06	184				
2,00	33	4,53	13,7	2,1	0,00	0,34	0,34	95	13,9	2,8	15,1	9	terre cementate o n.d.	0,93	88	4,7	419							18,5	1,77	=23	0,5	59	14	457	1011	=2,9E-08	232
2,20	120	2,27	1,9	2,1	0,00	0,38	0,38	311	1,9	1,8	28,6	6	sabbie	0,55	202	1,1	222	76	43					14	1654	1036	827	=3,3E-05	235				
2,40	16	1,60	10,0	1,9	0,00	0,42	0,42	37	10,3	2,9	8,0	4	argille limose	0,99	36	6,0	220							17,6	0,89	=23	0,7	19	14	218	576	=1,1E-08	175
2,60	19	2,20	11,6	2,0	0,00	0,46	0,46	40	11,9	3,0	9,7	3	argille	1,00	40	6,3	252							18,0	1,03	=23	0,6	21	14	260	707	=9,0E-09	194
2,80	35	1,80	5,1	2,0	0,00	0,50	0,50	68	5,2	2,5	13,5	5	limi sabbiosi	0,84	61	3,5	217	42	37					14	483	769	614	=1,8E-07	202				
3,00	26	0,87	3,3	1,9	0,00	0,54	0,54	47	3,4	2,5	9,9	5	limi sabbiosi	0,83	42	3,0	128	35	36					14	356	551	439	=2,1E-07	171				
3,20	35	0,60	1,7	1,9	0,00	0,58	0,58	59	1,7	2,2	11,2	5	limi sabbiosi	0,73	51	1,8	91	38	36					14	482	528	421	=1,4E-06	168				
3,40	30	1,53	5,1	2,0	0,00	0,62	0,62	48	5,2	2,6	12,4	4	argille limose	0,89	45	7,0	314							15,5	1,89	=27	1,3	26	14	411	748	=8,5E-08	200
3,60	52	2,13	4,1	2,0	0,00	0,66	0,66	78	4,2	2,4	18,7	5	limi sabbiosi	0,81	72	2,4	173	45	38					14	719	993	793	=3,9E-07	230				
3,80	24	0,53	2,2	1,8	0,00	0,70	0,70	33	2,3	2,5	9,1	5	limi sabbiosi	0,84	32	2,9	92	30	34					14	326	501	400	=2,2E-07	163				
4,00	9	0,60	6,7	1,8	0,00	0,73	0,73	11	7,3	3,2	5,3	3	argille	1,00	11	9,1	103							16,5	0,50	=24	1,0	5	11	93	422	=1,8E-09	150
4,20	11	0,20	1,8	1,7	0,00	0,77	0,77	13	2,0	2,8	5,0	4	argille limose	0,95	13	4,7	62							12,5	0,82	=32	3,6	6	13	136	315	=3,0E-08	129
4,40	11	0,27	2,4	1,7	0,00	0,80	0,80	13	2,6	2,9	5,3	4	argille limose	0,99	13	5,5	69							13,4	0,76	=30	2,7	5	13	130	351	=1,6E-08	137
4,60	11	0,87	7,9	1,9	0,00	0,84	0,84	12	8,5	3,2	6,6	3	argille	1,00	12	9,4	114							17,0	0,60	=23	0,8	5	12	123	534	=1,5E-09	169
4,80	73	1,67	2,3	2,0	0,00	0,88	0,88	82	2,3	2,2	23,0	5	limi sabbiosi	0,74	80	1,7	136	48	39					14	1010	1078	860	=1,6E-06	239				
5,00	53	1,73	3,3	2,0	0,00	0,92	0,92	57	3,3	2,4	19,3	5	limi sabbiosi	0,83	56	2,5	140	40	37					14	729	1036	827	=3,3E-07	235				
5,20	151	9,00	6,0	2,2	0,00	0,96	0,96	157	6,0	2,4	52,5	9	terre cementate o n.d.	0,80	155	2,2	341	67	42					14	2101	2716	2167	=5,6E-07	380				

PROVA CPT **n.3**

profondità superficie piezometrica: metri **>10,0**

- parametri geotecnici medi -

profondità da m	qc kg/cmq	fs kg/cmq	lc -	granulometria (cfr. ROBERTSON 1990)	comportamento prevalente	spessore m	qc kg/cmq	fs kg/cmq	N60 colpi/30 cm	Dr %	φp °	φcv °	cu kg/cmq	φ clay °	St -	OCR cu/cu r	Eed kg/cmq	Go kg/cmq	E' kg/cmq	k m/s	Vs m/s	
0,2		0,40																				
0,4	22	0,67	1,7	sabbie cementate	incoerente	0,4	60	1,60	14	91	44	32,2					790	495	395	≈4,3E-05	153	
0,6	98	3,20	1,8	sabbie cementate																		
0,8	158	2,53	1,5	sabbie cementate																		
1,0	95	1,67	1,6	sabbie cementate	incoerente	0,6	126	2,38	26	94	45	32,4					1342	841	671	≈1,8E-04	211	
1,2	126	2,93	1,7	sabbie cementate																		
1,4	74	3,47	2,1	terre cementate o n.d.																		
1,6	57	1,00	1,9	sabbie	incoerente	0,6	61	1,96	17	64	41	32,1					1139	714	569	≈9,5E-06	193	
1,8	52	1,40	2,1	limi sabbiosi																		
2,0	33	4,53	2,8	terre cementate o n.d.																		
2,2	120	2,27	1,8	sabbie	incoerente	0,4	77	3,40	22	76	43	32,7					1056	1024	827	≈1,6E-05	233	
2,4	16	1,60	2,9	argille limose																		
2,6	19	2,20	3,0	argille																		
2,8	35	1,80	2,5	limi sabbiosi	coesivo	0,4	18	1,90	9				0,96	≈23	0,6	20	239	642		≈9,9E-09	185	
3,0	26	0,87	2,5	limi sabbiosi																		
3,2	35	0,60	2,2	limi sabbiosi																		
3,4	30	1,53	2,6	argille limose																		
3,6	52	2,13	2,4	limi sabbiosi																		
3,8	24	0,53	2,5	limi sabbiosi																		
4,0	9	0,60	3,2	argille																		
4,2	11	0,20	2,8	argille limose																		
4,4	11	0,27	2,9	argille limose																		
4,6	11	0,87	3,2	argille																		
4,8	73	1,67	2,2	limi sabbiosi	incoerente	1,2	34	1,24	12	38	36	29,5					463	682	533	≈4,1E-07	189	
5,0	53	1,73	2,4	limi sabbiosi																		
5,2	151	9,00	2,4	terre cementate o n.d.																		
4,2	11	0,20	2,8	argille limose	coesivo	0,8	11	0,48	5,56				0,67	≈27	2,0	5	121	406		≈1,2E-08	146	
4,4	11	0,27	2,9	argille limose																		
4,6	11	0,87	3,2	argille																		
4,8	73	1,67	2,2	limi sabbiosi																		
5,0	53	1,73	2,4	limi sabbiosi																		
5,2	151	9,00	2,4	terre cementate o n.d.	incoerente	0,2	151	9,00	52,46	67	42	28,5					2101	2716	2167	≈5,6E-07	380	

**AMPLIAMENTO LPR
LOCALITA' "CATTAGNINA"**

CERTIFICATI ANALISI DI LABORATORIO



Studio MM S.r.l.
Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)
Tel. 0521/844092 - Fax. 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n. 7618/2010 - Concessione n. 5953

Rapporto di prova LUS_2016-642/SC1 provvisorio

Pagina 1 di 1

Denominazione campione: Stab. LPR, Loc. Cattagnina, Rottofreno (PC); C1 da 0,0 a -1,0 m da p.c.

Codice interno: LUS_2016-642/SC1

Prelevatore: Cliente

Data prelievo: 18/10/2016

Data fine analisi: 03/11/2016

RISULTATI ANALITICI determinati sulla frazione fine passante ai 2 mm e rapportati alla massa totale del campione

Prova	Metodo	Valore	Um	Col. A [§]	Col. B [§]
Residuo secco a 105 °C	IRSACNR Q64 Vol. 2/2 r 00/'84	82.3	%		
Scheletro	DM 13/09/99 Met. II.1 r 00/'99	< 0.5	%		
Arsenico (As)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	4.2	mg/kg s.s.	20	50
Cadmio (Cd)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	< 0.1	mg/kg s.s.	2	15
Cobalto (Co)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	15.1	mg/kg s.s.	20	250
Cromo totale (Cr)	EPA 3050B + EPA 6010C r.00/'96 + r. 00/'07	98.7	mg/kg s.s.	150	800
Cromo VI	MP 047 CrVI TER r.00/'13	< 0.5	mg/kg s.s.	2	15
Mercurio (Hg)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	< 0.05	mg/kg s.s.	1	5
Nichel (Ni)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	116.0	mg/kg s.s.	120	500
Piombo (Pb)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	10.1	mg/kg s.s.	100	1000
Rame (Cu)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	33.5	mg/kg s.s.	120	600
Zinco (Zn)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	80.1	mg/kg s.s.	150	1500
Idrocarburi pesanti C >12	ISO 16703 r. 00/'04	31	mg/kg s.s.	50	750
Amianto	CNR IRSA App. III Q 64 Vol. 3 1996	< 1000	mg/kg s.s.	1000	1000

- Fine rapporto di prova -

Giudizio: i valori sopra riportati rientrano nei lim. Previsti dalla colonna A tab.1 all.5 alla parte IV D.Lgs152/06 (terreni uso residenziale)

Legenda: MP = Metodo di Prova interno; r. = Revisione (n°/anno)

NOTE: § Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo dei siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale (Col. A) o dei siti ad uso Commerciale e Industriale (Col. B) come indicato dalla tabella 1 dell'all. 5 al titolo V della parte quarta del D.Lgs 152/06

* Le Concentrazioni soglia di contaminazione per il parametro (23) valgono per la somma dei paramteri m+p-Xilene e o-Xilene

MP 047CRVI estrazione mediante soluzione contenente NaOH, Na2CO3, MgSO4 e tampone fosfato seguita da determinazione spettrofotometrica in ambiente acido

Nulla da rilevare

Il Chimico Grandi Dott. Mauro

Il Responsabile Studio MM



Studio tecnologico M & M
Consulenza materie prime e prove materiali
Dott. Geol. Mazzoni Michele

I risultati contenuti nel presente rapporto di prova si riferiscono esclusivamente al campione oggetto di prova.

Questo rapporto non può essere riprodotto anche parzialmente salvo autorizzazione scritta da parte del Responsabile del Laboratorio.

Studio MM S.r.l. Soc. unipersonale - P.IVA 02417780349 Iscr. C.C.I.A. n. 236371 Cap. soc. € 10.000,00 i.v.



Studio MM S.r.l.
Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)
Tel. 0521/844092 - Fax. 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n. 7618/2010 - Concessione n. 5953

Rapporto di prova LUS_2016-642/SC2 provvisorio

Pagina 1 di 1

Denominazione campione: Stab. LPR, Loc. Cattagnina, Rottofreno (PC); C2 da -1,0 a -1,5 m da p.c.

Codice interno: LUS_2016-642/SC2

Prelevatore: Cliente

Data prelievo: 18/10/2016

Data fine analisi: 03/11/2016

RISULTATI ANALITICI determinati sulla frazione fine passante ai 2 mm e rapportati alla massa totale del campione

Prova	Metodo	Valore	Um	Col. A [§]	Col. B [§]
Residuo secco a 105 °C	IRSACNR Q64 Vol. 2/2 r 00/'84	87.3	%		
Scheletro	DM 13/09/99 Met. II.1 r 00/'99	10.1	%		
Arsenico (As)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	3.6	mg/kg s.s.	20	50
Cadmio (Cd)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	< 0.1	mg/kg s.s.	2	15
Cobalto (Co)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	11.3	mg/kg s.s.	20	250
Cromo totale (Cr)	EPA 3050B + EPA 6010C r.00/'96 + r. 00/'07	76.8	mg/kg s.s.	150	800
Cromo VI	MP 047 CrVI TER r.00/'13	< 0.5	mg/kg s.s.	2	15
Mercurio (Hg)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	< 0.05	mg/kg s.s.	1	5
Nichel (Ni)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	96.4	mg/kg s.s.	120	500
Piombo (Pb)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	12.0	mg/kg s.s.	100	1000
Rame (Cu)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	31.1	mg/kg s.s.	120	600
Zinco (Zn)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	73.5	mg/kg s.s.	150	1500
Idrocarburi pesanti C >12	ISO 16703 r. 00/'04	32	mg/kg s.s.	50	750
Amianto	CNR IRSA App. III Q 64 Vol. 3 1996	< 1000	mg/kg s.s.	1000	1000

- Fine rapporto di prova -

Giudizio: i valori sopra riportati rientrano nei lim. Previsti dalla colonna A tab.1 all.5 alla parte IV D.Lgs152/06 (terreni uso residenziale)

Legenda: MP = Metodo di Prova interno; r. = Revisione (n°/anno)

NOTE: § Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo dei siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale (Col. A) o dei siti ad uso Commerciale e Industriale (Col. B) come indicato dalla tabella 1 dell'all. 5 al titolo V della parte quarta del D.Lgs 152/06

* Le Concentrazioni soglia di contaminazione per il parametro (23) valgono per la somma dei paramteri m+p-Xilene e o-Xilene

MP 047CRVI estrazione mediante soluzione contenente NaOH, Na2CO3, MgSO4 e tampone fosfato seguita da determinazione spettrofotometrica in ambiente acido

Nulla da rilevare

Il Chimico Grandi Dott. Mauro

Il Responsabile Studio MM



Studio tecnologico M & M
Consulenza materie prime e prove materiali
Dott. Geol. Mazzoni Michele

I risultati contenuti nel presente rapporto di prova si riferiscono esclusivamente al campione oggetto di prova.

Questo rapporto non può essere riprodotto anche parzialmente salvo autorizzazione scritta da parte del Responsabile del Laboratorio.

Studio MM S.r.l. Soc. unipersonale - P.IVA 02417780349 Iscr. C.C.I.A. n. 236371 Cap. soc. € 10.000,00 i.v.



Studio MM S.r.l.
Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)
Tel. 0521/844092 - Fax. 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n. 7618/2010 - Concessione n. 5953

Rapporto di prova LUS_2016-642/SC3 provvisorio

Pagina 1 di 1

Denominazione campione: Stab. LPR, Loc. Cattagnina, Rottofreno (PC); C3 da -1,5 a -2,0 m da p.c.

Codice interno: LUS_2016-642/SC3

Prelevatore: Cliente

Data prelievo: 18/10/2016

Data fine analisi: 03/11/2016

RISULTATI ANALITICI determinati sulla frazione fine passante ai 2 mm e rapportati alla massa totale del campione

Prova	Metodo	Valore	Um	Col. A [§]	Col. B [§]
Residuo secco a 105 °C	IRSACNR Q64 Vol. 2/2 r 00/'84	90.4	%		
Scheletro	DM 13/09/99 Met. II.1 r 00/ '99	1.9	%		
Arsenico (As)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	3.8	mg/kg s.s.	20	50
Cadmio (Cd)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	< 0.1	mg/kg s.s.	2	15
Cobalto (Co)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	13.3	mg/kg s.s.	20	250
Cromo totale (Cr)	EPA 3050B + EPA 6010C r.00/'96 + r. 00/'07	78.9	mg/kg s.s.	150	800
Cromo VI	MP 047 CrVI TER r.00/'13	< 0.5	mg/kg s.s.	2	15
Mercurio (Hg)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	< 0.05	mg/kg s.s.	1	5
Nichel (Ni)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	110.9	mg/kg s.s.	120	500
Piombo (Pb)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	11.0	mg/kg s.s.	100	1000
Rame (Cu)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	28.2	mg/kg s.s.	120	600
Zinco (Zn)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	61.9	mg/kg s.s.	150	1500
Idrocarburi pesanti C >12	ISO 16703 r. 00/'04	42	mg/kg s.s.	50	750
Amianto	CNR IRSA App. III Q 64 Vol. 3 1996	< 1000	mg/kg s.s.	1000	1000

- Fine rapporto di prova -

Giudizio: i valori sopra riportati rientrano nei lim. Previsti dalla colonna A tab.1 all.5 alla parte IV D.Lgs152/06 (terreni uso residenziale)

Legenda: MP = Metodo di Prova interno; r. = Revisione (n°/anno)

NOTE: § Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo dei siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale (Col. A) o dei siti ad uso Commerciale e Industriale (Col. B) come indicato dalla tabella 1 dell'all. 5 al titolo V della parte quarta del D.Lgs 152/06

* Le Concentrazioni soglia di contaminazione per il parametro (23) valgono per la somma dei paramteri m+p-Xilene e o-Xilene

MP 047CRVI estrazione mediante soluzione contenente NaOH, Na2CO3, MgSO4 e tampone fosfato seguita da determinazione spettrofotometrica in ambiente acido

Nulla da rilevare

Il Chimico Grandi Dott. Mauro

Il Responsabile Studio MM



Studio tecnologico M & M
Consulenza materie prime e prove materiali
Dott. Geol. Mazzoni Michele

I risultati contenuti nel presente rapporto di prova si riferiscono esclusivamente al campione oggetto di prova.

Questo rapporto non può essere riprodotto anche parzialmente salvo autorizzazione scritta da parte del Responsabile del Laboratorio.

Studio MM S.r.l. Soc. unipersonale - P.IVA 02417780349 Iscr. C.C.I.A. n. 236371 Cap. soc. € 10.000,00 i.v.



Studio MM S.r.l.
Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)
Tel. 0521/844092 - Fax. 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n. 7618/2010 - Concessione n. 5953

Rapporto di prova LUS_2016-642/SC4 provvisorio

Pagina 1 di 1

Denominazione campione: Stab. LPR, Loc. Cattagnina, Rottofreno (PC); C4 da -1,0 a -1,5 m da p.c.

Codice interno: LUS_2016-642/SC4

Prelevatore: Cliente

Data prelievo: 18/10/2016

Data fine analisi: 03/11/2016

RISULTATI ANALITICI determinati sulla frazione fine passante ai 2 mm e rapportati alla massa totale del campione

Prova	Metodo	Valore	Um	Col. A [§]	Col. B [§]
Residuo secco a 105 °C	IRSACNR Q64 Vol. 2/2 r 00/'84	88.6	%		
Scheletro	DM 13/09/99 Met. II.1 r 00/'99	< 0.5	%		
Arsenico (As)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	3.7	mg/kg s.s.	20	50
Cadmio (Cd)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	< 0.1	mg/kg s.s.	2	15
Cobalto (Co)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	14.8	mg/kg s.s.	20	250
Cromo totale (Cr)	EPA 3050B + EPA 6010C r.00/'96 + r. 00/'07	96.5	mg/kg s.s.	150	800
Cromo VI	MP 047 CrVI TER r.00/'13	< 0.5	mg/kg s.s.	2	15
Mercurio (Hg)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	< 0.05	mg/kg s.s.	1	5
Nichel (Ni)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	117.2	mg/kg s.s.	120	500
Piombo (Pb)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	8.4	mg/kg s.s.	100	1000
Rame (Cu)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	30.1	mg/kg s.s.	120	600
Zinco (Zn)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	54.6	mg/kg s.s.	150	1500
Idrocarburi pesanti C >12	ISO 16703 r. 00/'04	32	mg/kg s.s.	50	750
Amianto	CNR IRSA App. III Q 64 Vol. 3 1996	< 1000	mg/kg s.s.	1000	1000

- Fine rapporto di prova -

Giudizio: i valori sopra riportati rientrano nei lim. Previsti dalla colonna A tab.1 all.5 alla parte IV D.Lgs152/06 (terreni uso residenziale)

Legenda: MP = Metodo di Prova interno; r. = Revisione (n°/anno)

NOTE: § Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo dei siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale (Col. A) o dei siti ad uso Commerciale e Industriale (Col. B) come indicato dalla tabella 1 dell'all. 5 al titolo V della parte quarta del D.Lgs 152/06

* Le Concentrazioni soglia di contaminazione per il parametro (23) valgono per la somma dei paramteri m+p-Xilene e o-Xilene

MP 047CRVI estrazione mediante soluzione contenente NaOH, Na2CO3, MgSO4 e tampone fosfato seguita da determinazione spettrofotometrica in ambiente acido

Nulla da rilevare

Il Chimico Grandi Dott. Mauro

Il Responsabile Studio MM



Studio tecnologico M & M
Consulenza materie prime e prove materiali
Dott. Geol. Mazzoni Michele

I risultati contenuti nel presente rapporto di prova si riferiscono esclusivamente al campione oggetto di prova.

Questo rapporto non può essere riprodotto anche parzialmente salvo autorizzazione scritta da parte del Responsabile del Laboratorio.

Studio MM S.r.l. Soc. unipersonale - P.IVA 02417780349 Iscr. C.C.I.A. n. 236371 Cap. soc. € 10.000,00 i.v.



Studio MM S.r.l.
Consulenza materie prime - Prove materiali

di Michele Mazzoni

Strada Pedemontana 40/s - 43029 Mamiano di Traversetolo (PR)
Tel. 0521/844092 - Fax. 0521/344744 - www.studio-mm.it - E-mail: info@studio-mm.it

Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti secondo la Circolare n. 7618/2010 - Concessione n. 5953

Rapporto di prova LUS_2016-642/SC5 provvisorio

Pagina 1 di 1

Denominazione campione: Stab. LPR, Loc. Cattagnina, Rottofreno (PC); C5 da 0,0 a -0,8 m da p.c.

Codice interno: LUS_2016-642/SC5

Prelevatore: Cliente

Data prelievo: 18/10/2016

Data fine analisi: 03/11/2016

RISULTATI ANALITICI determinati sulla frazione fine passante ai 2 mm e rapportati alla massa totale del campione

Prova	Metodo	Valore	Um	Col. A [§]	Col. B [§]
Residuo secco a 105 °C	IRSACNR Q64 Vol. 2/2 r 00/'84	82.8	%		
Scheletro	DM 13/09/99 Met. II.1 r 00/'99	< 0.5	%		
Arsenico (As)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	4.1	mg/kg s.s.	20	50
Cadmio (Cd)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	< 0.1	mg/kg s.s.	2	15
Cobalto (Co)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	15.9	mg/kg s.s.	20	250
Cromo totale (Cr)	EPA 3050B + EPA 6010C r.00/'96 + r. 00/'07	104.4	mg/kg s.s.	150	800
Cromo VI	MP 047 CrVI TER r.00/'13	< 0.5	mg/kg s.s.	2	15
Mercurio (Hg)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	< 0.05	mg/kg s.s.	1	5
Nichel (Ni)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	116.9	mg/kg s.s.	120	500
Piombo (Pb)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	12.5	mg/kg s.s.	100	1000
Rame (Cu)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	33.5	mg/kg s.s.	120	600
Zinco (Zn)	EPA 200.2 : 1994 + EPA 6010D : 2014	63.0	mg/kg s.s.	150	1500
Idrocarburi pesanti C >12	ISO 16703 r. 00/'04	30	mg/kg s.s.	50	750
Amianto	CNR IRSA App. III Q 64 Vol. 3 1996	< 1000	mg/kg s.s.	1000	1000

- Fine rapporto di prova -

Giudizio: i valori sopra riportati rientrano nei lim. Previsti dalla colonna A tab.1 all.5 alla parte IV D.Lgs152/06 (terreni uso residenziale)

Legenda: MP = Metodo di Prova interno; r. = Revisione (n°/anno)

NOTE: § Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo dei siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale (Col. A) o dei siti ad uso Commerciale e Industriale (Col. B) come indicato dalla tabella 1 dell'all. 5 al titolo V della parte quarta del D.Lgs 152/06

* Le Concentrazioni soglia di contaminazione per il parametro (23) valgono per la somma dei parametri m+p-Xilene e o-Xilene

MP 047CRVI estrazione mediante soluzione contenente NaOH, Na2CO3, MgSO4 e tampone fosfato seguita da determinazione spettrofotometrica in ambiente acido

Nulla da rilevare

Il Chimico Grandi Dott. Mauro

Il Responsabile Studio MM



Studio tecnologico M & M
Consulenza materie prime e prove materiali
Dott. Geol. Mazzoni Michele

I risultati contenuti nel presente rapporto di prova si riferiscono esclusivamente al campione oggetto di prova.

Questo rapporto non può essere riprodotto anche parzialmente salvo autorizzazione scritta da parte del Responsabile del Laboratorio.

Studio MM S.r.l. Soc. unipersonale - P.IVA 02417780349 Iscr. C.C.I.A. n. 236371 Cap. soc. € 10.000,00 i.v.

**AMPLIAMENTO LPR
LOCALITA' "CATTAGNINA"**

MODULISTICA RIUTILIZZO TERRE E ROCCE DA SCAVO

Alla Sezione Provinciale di
PEC.....

DICHIARAZIONE PER RIUTILIZZO DI TERRE E ROCCE DA SCAVO
DECRETO LEGGE 21 GIUGNO 2013, N° 69, ART. 41bis, COMMA 1, RECANTE DISPOSIZIONI URGENTI PER IL
RILANCIO DELL'ECONOMIA, CONVERTITO CON MODIFICHE NELLA LEGGE N° 98 DEL 9 AGOSTO 2013

DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DI ATTO DI NOTORIETÀ

(RESA AI SENSI DELL'ART. 47 E DELL'ART. 38 DEL D.P.R. 28/12/2000, N. 445)

Il proponente

Cognome	Nome
C.F.	
nato a	il
in qualità di	

Qualifica rivestita: proprietario, titolare, legale rappresentante, amministratore, ecc.

della:

Ragione sociale ditta, impresa, società, ente, ...

Residente in			n°
Via			
CAP	Comune		Provincia

DICHIARA

che i materiali da scavo provenienti dal sito di produzione, identificato nella "Sezione A" della presente dichiarazione, definiti all'art. 1 comma 1, lettera b) del D.M. 10 agosto 2012, n. 161, che verranno prodotti nel corso di attività e interventi autorizzati in base alle norme vigenti, **rientrano nel regime di cui all'art. 184 bis del D.lgs. 152/06 poiché sono rispettate le condizioni previste al comma 1 dell'art. 41bis del decreto legge 21 giugno 2013, n° 69 convertito con modifiche nella legge n° 98 del 9 agosto 2013.**

Sezione A: dati del sito di produzione

Sito di origine	Via	n°
-----------------	-----	----

CAP	Comune	Provincia
-----	--------	-----------

Tipo di intervento

Riferimenti catastali

Foglio, particelle, sub particelle, ...

Destinazione urbanistica

Del sito di produzione da PRGC

Autorizzato ¹ da

Autorità competente che ha autorizzato l'opera da cui originano i materiali di scavo

Mediante atto n.	del
Descrizione sintetica	

Riferimenti autorizzativi concernenti l'opera da cui si originano i materiali di scavo (tipologia atto, estremi, descrizione sintetica della relazione esistente tra l'atto citato e la produzione del materiale di scavo)

Dimensione dell'area

Indicare la dimensione dell'area in metri quadri

Coordinate dello scavo

Indicare le coordinate geografiche X,Y (UTM ETR S 89 Fuso 32)

Quantità prodotta

Indicare la quantità prodotta in metri cubi

¹ Come precisato nel comma 2 dell'art. 41bis, "Le attività di scavo e di utilizzo devono essere autorizzate in conformità alla vigente disciplina urbanistica e igienico-sanitaria".

Sezione B: dati del sito² di destinazione

I materiali di scavo verranno destinati a:

Sito di destinazione	Via	n°
----------------------	-----	----

CAP	Comune	Provincia
-----	--------	-----------

- ciclo produttivo

Descrizione: _____

- recuperi, ripristini, rimodellamenti, riempimenti ambientali o altri utilizzi sul suolo

Descrizione: _____

Riferimenti catastali

Foglio, particelle, sub particelle, ...

Coordinate del sito di destinazione

Indicare le coordinate geografiche X,Y (UTM ETR S 89 Fuso 32)

Destinazione urbanistica

del sito di destinazione

Autorizzato ³ da	atto n.	del
-----------------------------	---------	-----

Autorità competente che ha autorizzato l'opera/ciclo produttivo che prevede il riutilizzo di materiali di scavo (se pertinente)

Dimensione dell'area

Indicare la dimensione dell'area in metri quadri

Quantità utilizzata

Indicare la quantità utilizzata in metri cubi

Sezione C: tempi previsti per l'utilizzo

I tempi previsti per il riutilizzo rispetteranno quanto definito dal comma 2 dell'art. 41 bis della L.98/2013.

Si richiede di comunicare entro trenta giorni, anche ad ARPA competente per territorio, eventuali modifiche dei requisiti e delle condizioni indicate nella presente sezione.

I tempi previsti per il riutilizzo, conformemente a quanto riportato negli atti di autorizzazione, sono i seguenti:

Data inizio produzione delle terre (attività di scavo)
--

Data ultimazione attività di scavo

Data inizio attività riutilizzo

Data ultimazione attività di riutilizzo

² Nel caso siano presenti più destinazioni, fornire le informazioni richieste per ogni sito.

³ Come precisato nel comma 2 dell'art. 41bis, "Le attività di scavo e di utilizzo devono essere autorizzate in conformità alla vigente disciplina urbanistica e igienico-sanitaria".

Sezione D: dati dell'eventuale sito di deposito

I materiali di scavo saranno depositati presso:

- sito di produzione
- sito di destinazione
- il seguente sito di deposito, diverso da quelli di produzione e destinazione:

Via _____ n° _____

CAP _____ Comune _____ Provincia _____

Di proprietà di _____

Indicare la proprietà del sito

Gestito da _____

Indicare il responsabile della gestione del sito

Periodo di deposito _____

Coordinate del sito di deposito _____

Indicare le coordinate geografiche X,Y (UTM ETR S 89 Fuso 32)

Sezione E: qualità dei materiali da scavo

A tal proposito, precisa che la dimostrazione del rispetto dei limiti tabellari previsti dalla norma in relazione alla destinazione d'uso del sito a cui sono destinati i materiali stessi⁴:

- è stata verificata sulla base di un piano di accertamento analitico. Dello stesso si richiedono le seguenti informazioni:
 1. planimetrie con impianti, sottoservizi sia presenti che smantellati e da realizzare (preferibilmente scala 1:5.000);
 2. uso pregresso del sito e cronistoria delle attività antropiche svolte sul sito;
 3. eventuale ricostruzione stratigrafica del suolo/sottosuolo, indagini geognostiche e geofisiche già attuate. I riporti se presenti dovranno essere evidenziati nella ricostruzione stratigrafica del suolo/sottosuolo;
 4. descrizione delle modalità di esecuzione dei campionamenti;
 5. localizzazione dei punti di campionamento mediante planimetrie;
 6. elenco delle sostanze da ricercare/ricercate.
- ha portato ad accertare un superamento dei valori tabellari per alcuni parametri, attribuibile a caratteristiche naturali del terreno o a fenomeni naturali e, di conseguenza, le concentrazioni misurate nell'ambito di un apposito piano di accertamento analitico, di cui si indicano le modalità, sono relative a valori di fondo naturale⁵. Analogamente, è stato verificato che il sito di destinazione ha caratteristiche analoghe e confrontabili per tutti i parametri oggetto di superamento nella caratterizzazione del sito di produzione.

In merito all'eventuale interessamento del sito da parte di interventi di bonifica ai sensi della parte Quarta, Titolo V, del D. Lgs. 152/06 e s.m.i., precisa che:

- Il sito non è mai stato interessato da interventi di bonifica;
- Il sito è stato interessato da un intervento di bonifica, concluso e certificato, con rispetto di:
 - CSC (Colonna A – Residenziale, verde pubblico e privato, agricolo)
 - CSC (Colonna B – Commerciale o industriale)
 - CSR (Concentrazioni soglia di rischio sulla base di analisi di rischio sito specifica)

⁴ Indicare la/le alternativa/e prescelta/e.

⁵ In tal caso, il sito di destinazione dovrà essere nel medesimo ambito territoriale di quello di produzione per il quale è stato verificato che il superamento è dovuto a fondo naturale.

Il proponente si impegna:

a trasmettere anche ad ARPA la comunicazione prevista dall'art. 41 bis comma 2 relativa la modifica dei requisiti e delle condizioni indicate nella presente dichiarazione.

Dichiara infine:

Di essere consapevole delle sanzioni penali, previste in caso di dichiarazione non veritiere e di falsità negli atti dall'articolo 76 del DPR 445/2000, e della conseguente decadenza dei benefici di cui all'articolo 75 del DPR 445/2000.

Di essere informato che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con mezzi informatici, esclusivamente per il procedimento per il quale la dichiarazione viene resa (art. 13 d. lgs. 196/2003).

Data

Firma del proponente⁶

⁶ La presente dichiarazione deve essere sottoscritta dall'interessato, unitamente alla fotocopia non autenticata di un documento di identità valido del sottoscrittore, ed inviata alla Sezione Provinciale ARPA competente per territorio, utilizzando per la trasmissione il seguente indirizzo PEC:

Alla Sezione
 Provinciale di

 PEC.....

DICHIARAZIONE DI CONFERMA DEL COMPLETO UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO
 DECRETO LEGGE 21 GIUGNO 2013, N° 69, ART. 41bis, COMMA 3, RECANTE DISPOSIZIONI URGENTI PER IL
 RILANCIO DELL'ECONOMIA, CONVERTITO CON MODIFICHE NELLA LEGGE N° 98 DEL 9 AGOSTO 2013

1. DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DI ATTO DI NOTORIETÀ

(RESA AI SENSI DELL'ART. 47 E DELL'ART. 38 DEL D.P.R. 28/12/2000, N. 445)

Il produttore

Cognome	Nome	
C.F.		
nato a		il
in qualità di		

Qualifica rivestita: proprietario, titolare, legale rappresentante, amministratore, ecc.

della:		
Via		n°
CAP	Comune	Provincia

Ragione sociale ditta, impresa, società, ente, ...

2. DICHIARA

che i materiali da scavo di cui alla propria precedente comunicazione resa in data _____
 con pec: _____

Sono stati completamente riutilizzati secondo le previsioni comunicate.

Dichiara infine:

Di essere consapevole delle sanzioni penali, previste in caso di dichiarazione non veritiere e di falsità negli atti dall'articolo 76 del DPR 445/2000, e della conseguente decadenza dei benefici di cui all'articolo 75 del DPR 445/2000.

Di essere informato che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con mezzi informatici, esclusivamente per il procedimento per il quale la dichiarazione viene resa (art. 13 d. lgs. 196/2003).

Data

Firma del produttore¹

¹ La presente dichiarazione deve essere sottoscritta dall'interessato, unitamente alla fotocopia non autenticata di un documento di identità valido del sottoscrittore, ed inviata alla Sezione Provinciale ARPA competente per territorio.