



COMUNE DI FERRARA
SETTORE GOVERNO DEL TERRITORIO
SERVIZIO QUALITA' EDILIZIA - SUE SUAP -
PIANIFICAZIONE TERRITORIALE
SERVIZIO QUALITA' AMBIENTALE
U.O. PIANIFICAZIONE ATTUATIVA

Alan Fabbri - Sindaco

Nicola Lodi - Vice Sindaco. Deleghe: Sicurezza, Protezione Civile, Frazioni, Mobilità, Urbanistica, Edilizia, Rigenerazione Urbana, Palio



2° VARIANTE AL PIANO DI RECUPERO
DI INIZIATIVA PUBBLICA (L. 457/78)
AREA EX MOF - DARSENА

GRUPPO DI PROGETTO
SETTORE GOVERNO DEL TERRITORIO
Arch. Fabrizio Magnani - Dirigente di Settore

U.O. PIANIFICAZIONE ATTUATIVA
Arch. Barbara Bonora - Responsabile U.O.
Arch. Paola Barillari
Arch. Davide Manfredini
Dis. Massimo Scapoli

SERVIZIO QUALITA' AMBIENTALE
Ing. Alessio Stabellini - Dirigente di Servizio
Ing. Francesca Borea
Ing. Cristian Rizzi

RELAZIONE GEOLOGICO-
GEOTECNICA E SISMICA

R 05_V2

Aprile 2021



elletipi s.r.l.

Sede legale, operativa ed amm.va:
Via Annibale Zucchini, 69 - 44122 FERRARA
tel. 0532/56771 – fax 0532/56119
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387
e-mail: info@elletipi.it sito web: www.elletipi.it

UNI EN ISO 9001:2008
UNI EN ISO 14001:2004
BS OHSAS 18001:2007



SISTEMI DI GESTIONE
CERTIFICATI

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC
Laboratorio aut. dal Ministero Infrastrutture e Trasporti P.C.S. LL.PP. S.T.C. in base al D.P.R. n. 380/01 art. 59 circ. n. 349/99 Dec. n° 53362 del 06/05/2005
Organismo Notificato n° 1308 (Decreto 826149 del 22 Marzo 2004 del Ministero delle Attività Produttive) ai sensi della Direttiva 89/106/CEE, Decreto del
Presidente della Repubblica n° 246/1993, Decreto Ministeriale 156/2003

COMUNE DI FERRARA



**Indagini geognostiche e ambientali presso cantiere del parcheggio Ex Mof di Via
Darsena, Ferrara (FE)**

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

dott. geol. Gianluca Ferioli

INDICE

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO DELL'AREA	3
3. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA.....	4
4. SISMICITA'	7
5. RISCHIO ALLUVIONI	9
6. PIANO DELLE INDAGINI	12
7. CARATTERI STRATIGRAFICI DEL SITO	17
8. PARAMETRI GEOTECNICI: VALORI CARATTERISTICI.....	18
9. PARAMETRI SISMICI	20
10. CEDIMENTI POST-SISMICI	27
11. VALUTAZIONE DELLA LIQUEFACIBILITA' DEI TERRENI	28
12. ELENCO ALLEGATI	34

1. PREMESSA

Su incarico della Committenza, il Comune di Ferrara, con sede in Via G. Marconi, 37 - 44122 Ferrara, la scrivente ha eseguito una indagine geotecnica, sismica e ambientale, per la caratterizzazione dei terreni su cui verrà edificato un parcheggio multipiano, nell'attuale area del parcheggio denominato "Ex Mof" in Via Darsena a Ferrara.

Per la stesura della seguente relazione e per l'esecuzione delle relative indagini in situ e prove di laboratorio, si sono seguite le disposizioni delle seguenti normative:

Regio Decreto Legislativo 30 dicembre 1923, n. 3267 «Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani»;

O.P.C.M. 20.03.2003 n°3274 *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"* e O.P.C.M 2.10.2003 n° 3316, *"Modifiche ed integrazioni all' n°3274 O.P.C.M. del 20.03.2003"* ;

A.G.I.: *"Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica, Linee Guida – 2005"*;

Decreto Legislativo 23 febbraio 2010 , n. 49 Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni - Piani di Gestione del Rischio di Alluvioni approvati dai Comitati Istituzionali delle Autorità di Bacino Nazionali il 3 marzo 2016;

D.M. 17.01.2008 *"Nuove norme tecniche per le costruzioni"*;

Piani di gestione del territorio e dell'ambiente emanati dalle Amministrazioni Locali;

Varie norme di prova ASTM, UNI, CNR, DIN e BS, richiamate nei relativi rapporti di prova allegati.

2. INQUADRAMENTO DELL'AREA

Il sito oggetto di indagine è ubicato in via Darsena, nella zona ovest della Città di Ferrara, a circa 800m dal centro storico, in un'area pianeggiante e ad una quota di circa 8 m s.l.m., come evidenziato in figura 1.

Le coordinate geografiche baricentriche del sito, che verranno utilizzate per la valutazioni sismiche sono:

44.835678° N – 11.609710° E (WGS 84) = 44.836606° N – 11.610703° E (ED50)

al movimento NE vergente della catena appenninica tutt'ora in atto. Questo andamento ad archi e pieghe del fronte sepolto dell'Appennino, di messa in posto sempre più recente man mano che si procede verso le aree più esterne, è da correlarsi con il movimento di rotazione della catena in senso antiorario, che genera raccorciamenti crostali di crescente intensità spostandosi dai settori occidentali a quelli orientali.

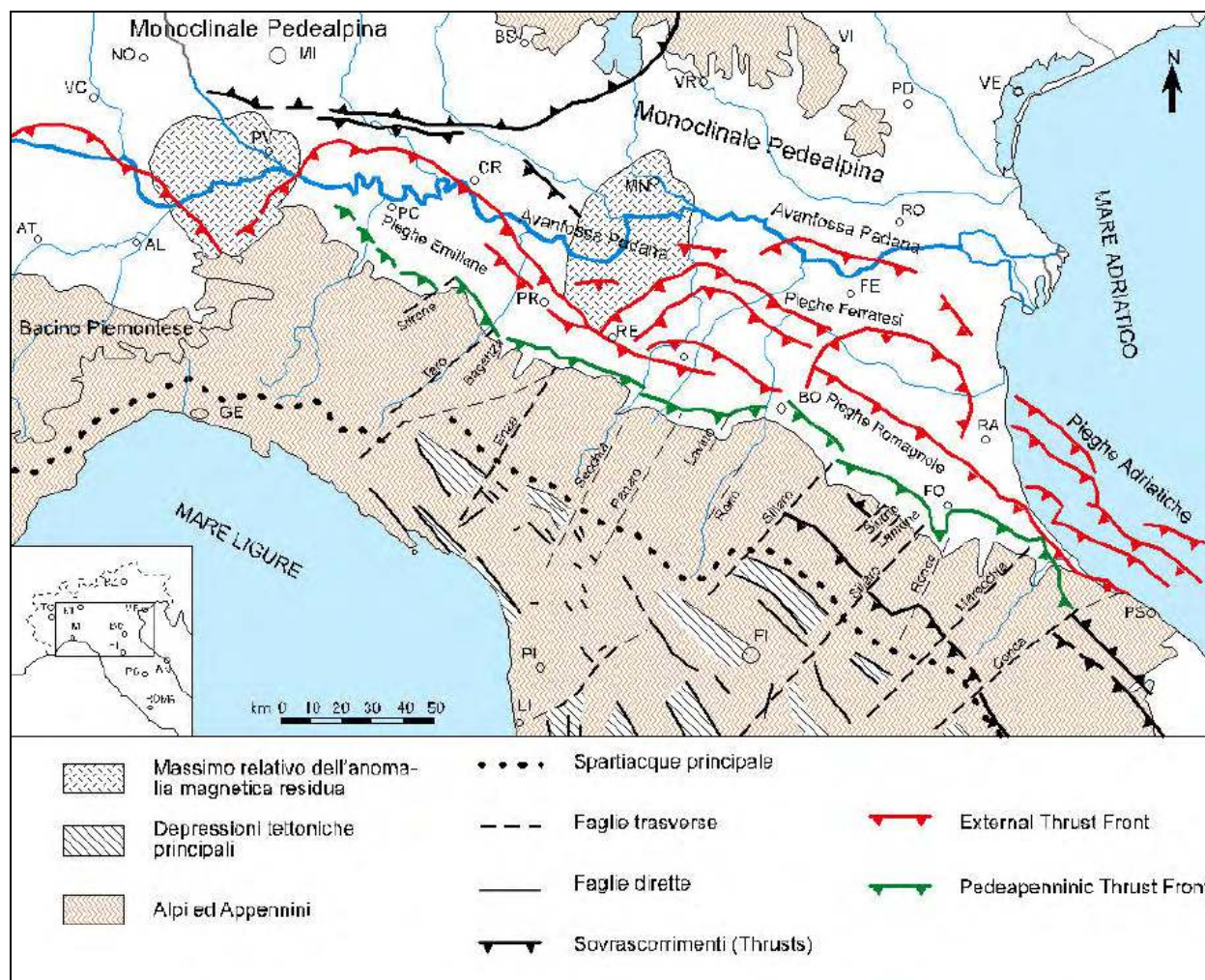


Figura 2: carta strutturale della Pianura Padana.

Il territorio di Ferrara infatti (fig. 3), si trova sulla sommità di una dorsale sepolta costituita da pieghe fagliate note con la denominazione di “Pieghe Ferraresi”. Questa dorsale, in pianta, costituisce un arco il cui fronte si estende verso ovest fino a oltre Reggio Emilia, dove si unisce alle “Pieghe Emiliane”, verso nord fino al Polesine e verso est fino alla costa adriatica dove, a sud-est di Ravenna, si unisce alle “Pieghe Adriatiche” (Pieri & Groppi, 1981). L'insieme di queste pieghe sepolte (Pieghe Emiliane-Ferraresi-Adriatiche) costituisce il vero fronte della catena appenninica; infatti le unità che costituiscono la catena appenninica proseguono nel sottosuolo ben oltre il limite morfologico tra catena e pianura (margine appenninico-padano) e sono attualmente sepolte dai sedimenti quaternari padani.

La morfologia di questa parte della medio bassa pianura degrada lievemente da ovest verso est, fino alla linea di costa, alternando alti topografici con sedimenti sabbiosi depositati lungo le aste fluviali a depressioni

con sedimenti più fini, limoso-argillosi, formati da acque stagnanti, quali quelle delle paludi e dei meandri abbandonati. I dislivelli topografici tra queste due famiglie di depositi sono limitati a pochi metri, e anche se ancora percepibili, sono stati quasi sempre modificati dall'attività dell'uomo.

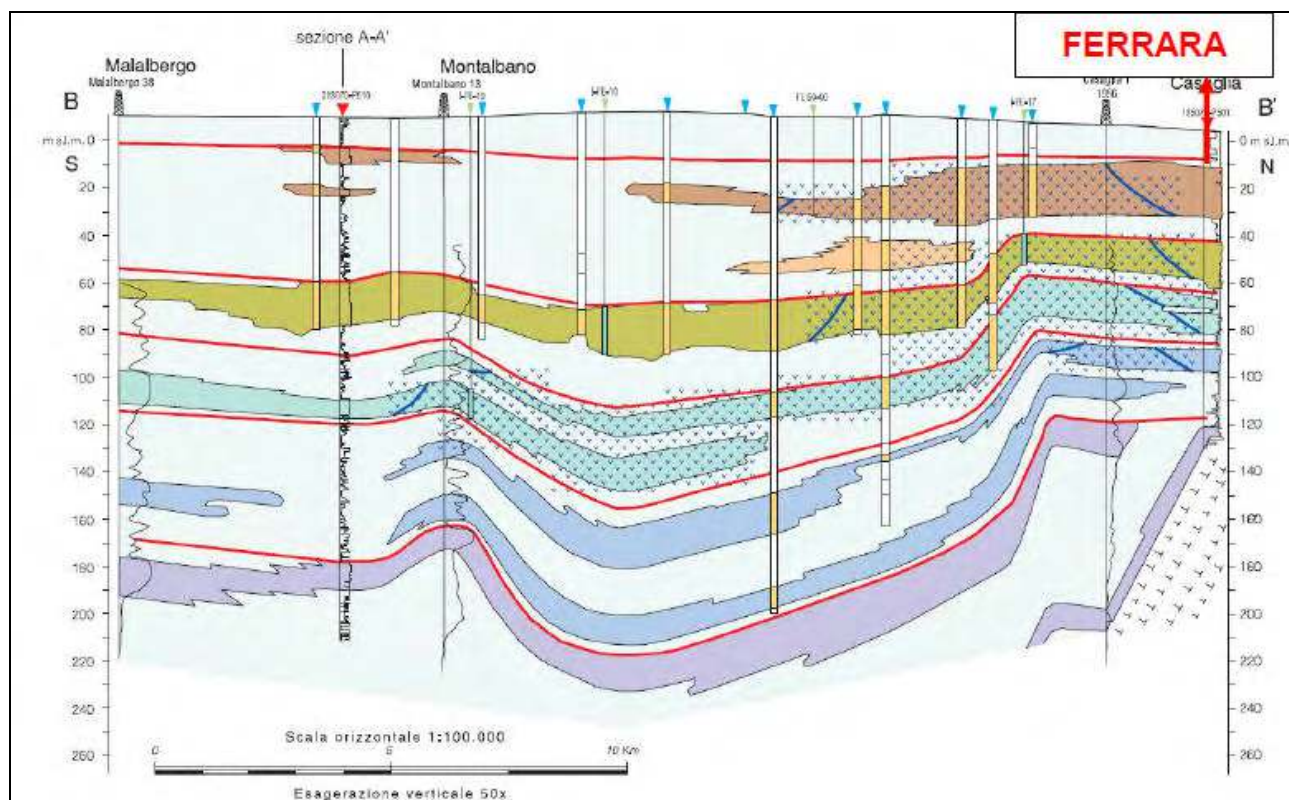


Figura 3: Profilo geologico del ferrarese. Sezione geologica N 67 Regione Emilia Romagna

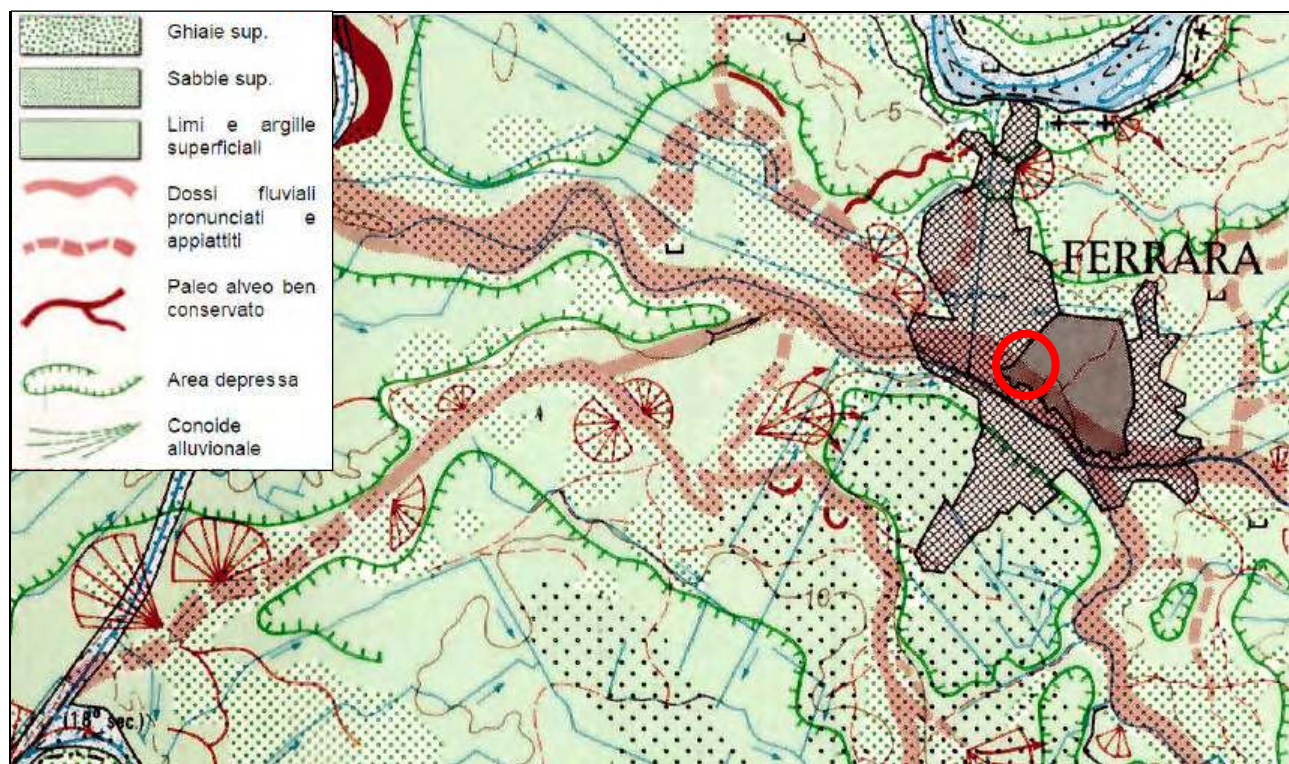


Figura 4: carta dei depositi fluviali del ferrarese.

La figura 4, che rappresenta uno stralcio della “Carta Geomorfologica della Pianura Padana”, evidenzia in tratteggio rosso i tracciati di antichi corsi d’acqua che formavano il sistema di deflusso superficiale della bassa pianura padana. Come si può notare l’area oggetto di indagine si trova in corrispondenza del paleo alveo del Fiume Po.

4. SISMICITA’

La sismicità dell’Emilia Romagna può essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, poichè i terremoti storici hanno avuto magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e intensità del IX-X grado della scala MCS. I maggiori terremoti (Magnitudo > 5,5) si sono verificati nel settore sud-orientale, in particolare nell’Appennino Romagnolo e lungo la costa riminese. Altri settori interessati da sismicità frequente ma generalmente di minore energia (Magnitudo < 5,5) sono il margine appenninico-padano tra la Val d’Arda e Bologna, l’arco della dorsale ferrarese e il crinale appenninico.

L’area in oggetto ricade all’interno della Zona Sismogenetica 912, che rappresenta la porzione più esterna della fascia in compressione dell’arco appenninico settentrionale, comprendente le Pieghe Ferraresi e l’alto di Mirandola. Responsabili della sismicità sono strutture compressive (prevalentemente thrust), ma anche transpressive, allineate lungo il margine appenninico a breve distanza da esso.

La magnitudo massima attesa nella ZS 912 è di Maw 6.14 Richter. Per quanto riguarda la profondità efficace, cioè lo strato sismogenetico, ovvero l’intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti, nell’area in esame l’analisi sismologica individua detto valore a circa 7 Km di profondità.

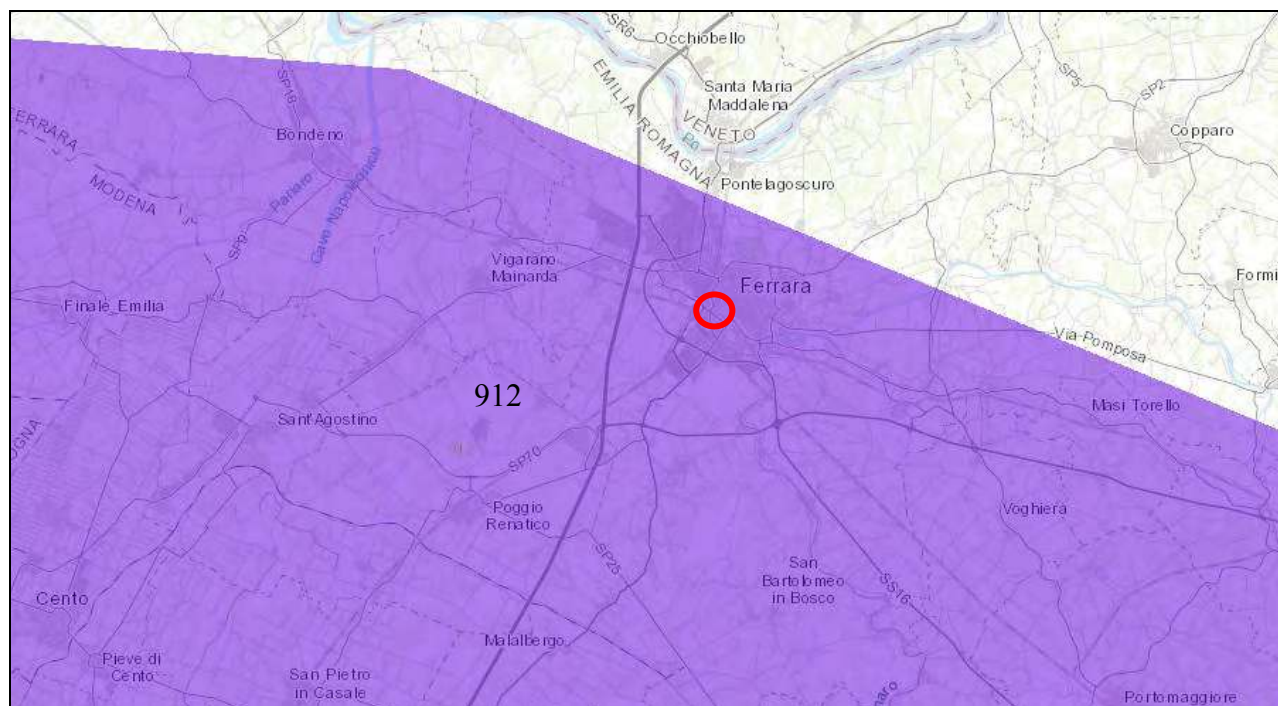


Figura 5: Stralcio ArcGIS Carta Sismogenetica d’Italia – Zone ZS9.

Nella tabella sottostante sono riportati i terremoti più intensi verificatisi in un raggio di 30 chilometri dal baricentro del sito oggetto di studio, come registrati nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2004, dell'INGV.

I maggiori terremoti manifestatisi in epoca storica nel ferrarese sono stati il terremoto di Ferrara del 1570 e dell'Emilia Orientale del 1796 rispettivamente di intensità di 7.5 e 7.0 gradi della scala Mercalli, stimati di magnitudo 5.48 e 5.63 della scala Richter.

Tali eventi storici sono perfettamente coerenti con i recenti sismi del 20 e 29 maggio 2012, che confermano l'intensità sismica dell'areale emiliano romagnolo.

Anno	Areale	Io	Maw	Lat.	Lon.
1570	Ferrara	75	5.48	44.820	11.630
1624	Argenta	75	5.43	44.650	11.850
1234	Ferrara	70	5.17	44.836	11.618
1574	Finale Emilia	70	5.12	44.833	11.294
1796	Emilia orientale	70	5.63	44.620	11.670
1285	Ferrara	65	5.03	44.836	11.618
1410	Ferrara	65	5.03	44.836	11.618
1743	Ferrara	65	5.03	44.836	11.618
1898	Romagna sette	65	5.03	44.650	11.770
1909	Bassa padana	65	5.53	44.579	11.688
1425	Ferrara sud	60	4.83	44.833	11.667
1508	Ferrara sud	60	4.83	44.833	11.667
1908	Finale Emilia	60	4.83	44.800	11.300

Il territorio del comune di Ferrara è classificato secondo l'OPCM 3274 del 20.03.2003, in zona 3, le cui azioni sismiche sono governate dalle accelerazioni riportate nella tabella sottostante.

ZONA	a_g = accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A
1	0,35 g
2	0,25 g
3	0,15 g
4	0,05 g

Tale classificazione ora è utilizzata solo a fini amministrativi per la pianificazione territoriale.

Per la definizione dei parametri sismici di progetto verrà utilizzata la carta della pericolosità sismica dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia entrata in vigore con l'Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 dalla G.U. n.108 del 11/05/06 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".

5. RISCHIO ALLUVIONI

Secondo il Piano di gestione del rischio di alluvioni, l'area oggetto di studio fa parte delle competenze dell'Autorità di Bacino del Fiume Po (UoM ITN008), e dei suoi principali affluenti nei tratti di pianura.

Gli ambiti territoriali di pericolosità si dividono in:

- Reticolo naturale principale di pianura (RP), costituito dall'asta del Fiume Po e dai suoi principali affluenti nei tratti di pianura;
- Reticolo secondario di Pianura: il reticolo secondario di pianura (RSP), costituito dai corsi d'acqua secondari di pianura gestiti dai Consorzi di bonifica e irrigui nella medio-bassa pianura padana.

Di seguito si riportano, per ogni ambito territoriale, le cartografie della:

- "Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti"
- "Mappa del rischio potenziale"

MAPPA DELLA PERICOLOSITÀ E DEGLI ELEMENTI POTENZIALMENTE ESPOSTI



Figura 6: RETICOLO NATURALE PRINCIPALE E SECONDARIO

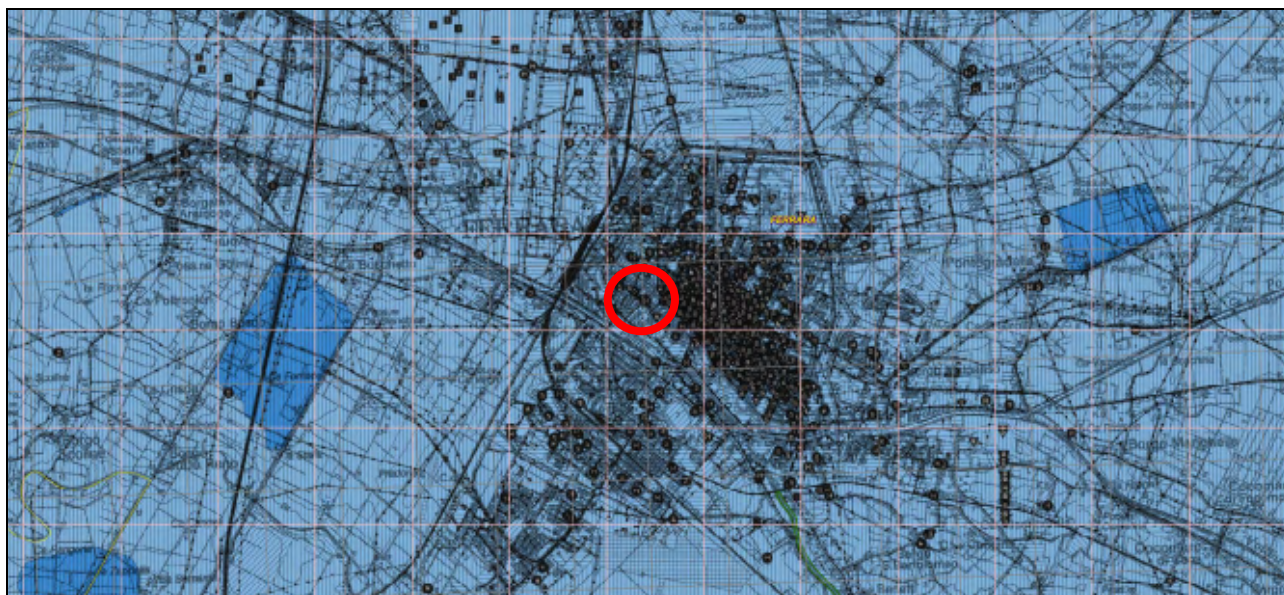


Figura 7: RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA

Scenari di Pericolosità

- P3 – H (Alluvioni frequenti: tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità)
- P2 – M (Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità)
- P1 – L (Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi)

Legenda

Aree Protette

- Zone Parco
- SIC - ZPS

Elementi Potenzialmente Esposti

	areali	puntuali	lineari
Zone urbanizzate			
Attività produttive			
Strutture strategiche e sedi di attività collettive		 	
Infrastrutture strategiche			
Insedimenti produttivi o impianti tecnologici, potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale		 	
Beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse			

MAPPA DEL RISCHIO POTENZIALE

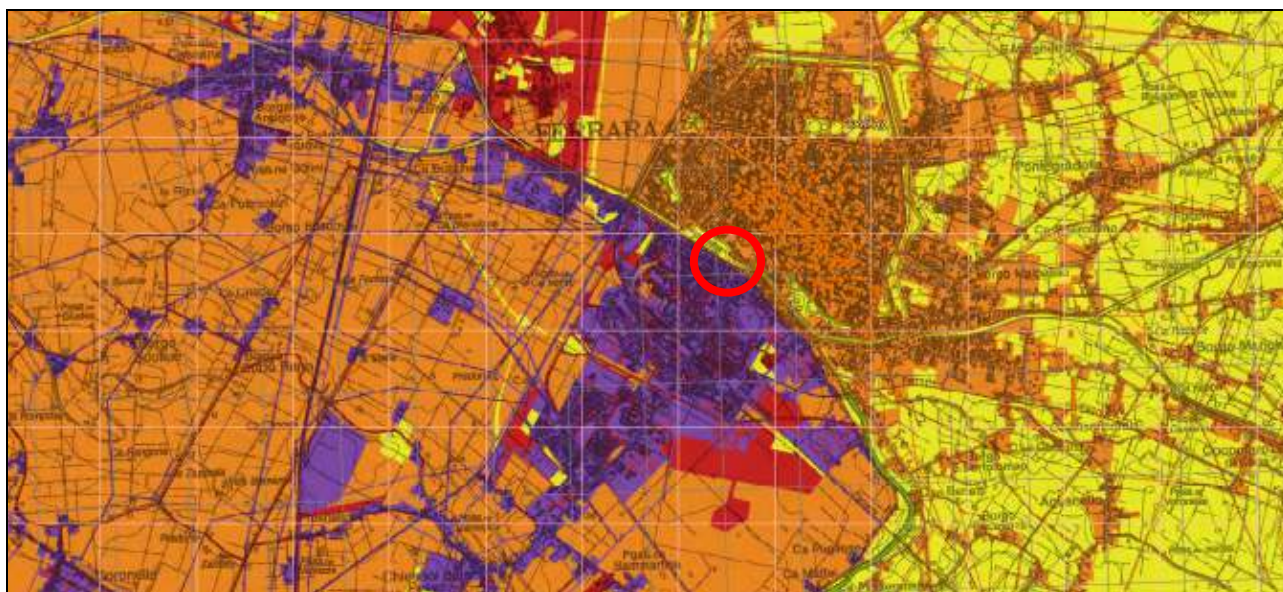


Figura 8: RETICOLO NATURALE PRINCIPALE E SECONDARIO

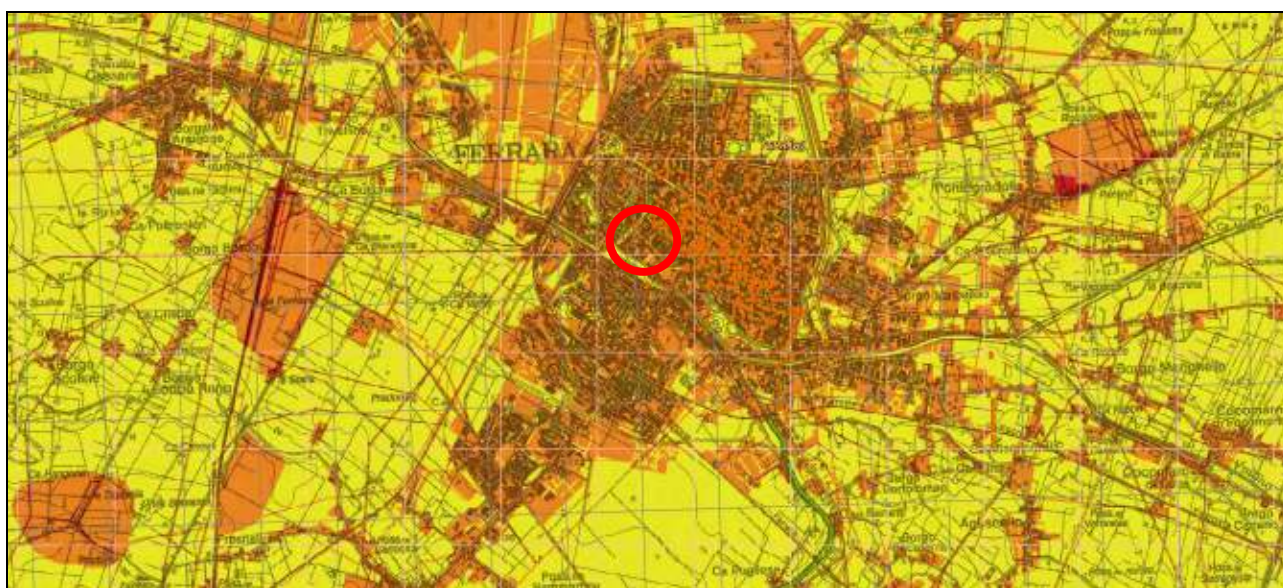


Figura 9: RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA



Le cartografie rappresentate nelle figure 6 e 7 consistono nel quadro conoscitivo della pericolosità di alluvioni relativa al reticolo idrografico naturale e degli elementi potenzialmente esposti a seconda dell'ambito territoriale considerato. Come si evince nelle mappe riportate alle pagine precedenti, l'area oggetto di studio è

identificata in uno scenario **P1 L (scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi)** nell'ambito territoriale del Reticolo naturale principale e secondario (RP) e in uno scenario **P2 – M (Alluvioni poco frequenti, tempo di ritorno 100 – 200 anni, media probabilità)** per il Reticolo secondario di Pianura.

Le cartografie rappresentate nelle figure 8 e 9 consistono nella mappatura del rischio di alluvioni. Tali mappe indicano le potenziali conseguenze negative derivanti dalle alluvioni, nell'ambito degli scenari, prevedendo n°4 classi di rischio:

- R4 (rischio molto elevato): per il quale sono possibili perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche.
- R3 (rischio elevato): per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socioeconomiche e danni relativi al patrimonio ambientale.
- R2 (rischio medio): per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.
- R1 (rischio moderato o nullo): per il quale i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono trascurabili o nulli.

Le mappe del rischio elaborate sono costituite da tre tematismi:

- Copertura poligonale: derivante dall'intersezione effettuata tra pericolosità ed elementi esposti di tipo areale (uso del suolo, ecc.);
- Copertura lineare: derivante dall'intersezione effettuata tra pericolosità ed elementi esposti di tipo lineare (p.e. viabilità stradale e ferroviaria, ecc.);
- Copertura puntuale: derivante dall'intersezione effettuata tra pericolosità ed elementi esposti di tipo areale (istituti scolastici, strutture sanitarie ed ospedaliere, impianti IED, ecc.).

Gli elementi a rischio di tipo puntuale (p.e. istituti scolastici) e lineari (p.e. viabilità stradale) sono stati rappresentati attribuendo al punto o alla linea il colore corrispondente al livello di rischio derivante dal calcolo.

Sulla base delle cartografie riportate alle pagine precedenti (figure 8 e 9), l'area oggetto di studio si colloca all'interno della classe di rischio **R2 (rischio medio)** relativamente sia al Reticolo naturale principale e secondario (RP) che al Reticolo secondario di Pianura.

Sarà pertanto compito del Tecnico Progettista valutare la compatibilità dell'intervento in progetto con le condizioni di pericolosità dell'area oggetto di studio, adottando se necessario alcuni accorgimenti per rendere l'intervento compatibile con le criticità idrauliche rilevate, in base al tipo di pericolosità e al livello di esposizione.

6. PIANO DELLE INDAGINI

Sulla base della normativa vigente e delle relative informazioni geotecniche e sismiche necessarie ad una sufficiente modellazione dei terreni oggetto di indagine è stato eseguito il seguente piano di indagini:

Nome file:	Cod. Doc	N° Comm.	Rev.	bm	Rif. segreteria	Pag. 12 di 34
RELgeo-18089-18_COMUNE_FE.doc	Rel_01	18089/18	00	20/07/18	bb	

- n.° 1 prova penetrometrica statica con sismocono a 39,56 metri di profondità;
- n.° 1 prova dilatometrica a 25 metri di profondità;
- n.° 4 sondaggi ambientali a 2 metri di profondità (vedi relazione Terre e rocce da scavo).

ubicati come indicato nella planimetria di fig. 10.



Figura 10: Ubicazione indagini

6.1 PENETROMETRIA STATICA CON PIEZOCONO E SISMOCONO

La prova penetrometrica è stata eseguita utilizzando un penetrometro GeoMill da 200 kN di spinta massima, dotato di punta elettrica, montato su autocarro Mercedes Unimog 4 X 4.

La prova SCPTU (S = Seismic; CPT = Cone Penetration Test; U = con misura della pressione neutra U) consiste, come per le prove CPTU standard, nell'infissione nel terreno del piezocono per la misura, ogni 2 cm, dei classici parametri qc (resistenza di punta), fs (resistenza laterale) ed U (pressione neutra).

Ad ogni metro di profondità (od eventualmente a profondità prestabilite a seconda delle necessità progettuali) viene sospesa l'infissione del piezocono ed a piano campagna, tramite adeguato sistema di energizzazione, vengono generate delle vibrazioni artificiali nel terreno.

Tramite i sensori sismici (geofoni) presenti all'interno del piezocono ed adeguato acquisitore sismico è possibile quindi rilevare e registrare tali segnali sismici e di conseguenza determinare i tempi necessari alle onde sismiche per percorrere il tratto da piano campagna fino alla profondità a cui si trova il piezocono (tempi di arrivo).

La punta penetrometrica utilizzata nel presente lavoro, è dotata di una coppia di sensori sismici distanziati l'uno dall'altro di esattamente un metro (come raccomandato dalla normativa di riferimento, la ASTM D 7400), che consente con una unica energizzazione di rilevare i tempi di arrivo a due diverse profondità, applicando la metodologia del "true – interval". Con questa modalità operativa si evitano i cosiddetti errori di

trigger, migliorando molto la precisione di misura della velocità nel singolo metro, e di conseguenza di tutta la verticale.

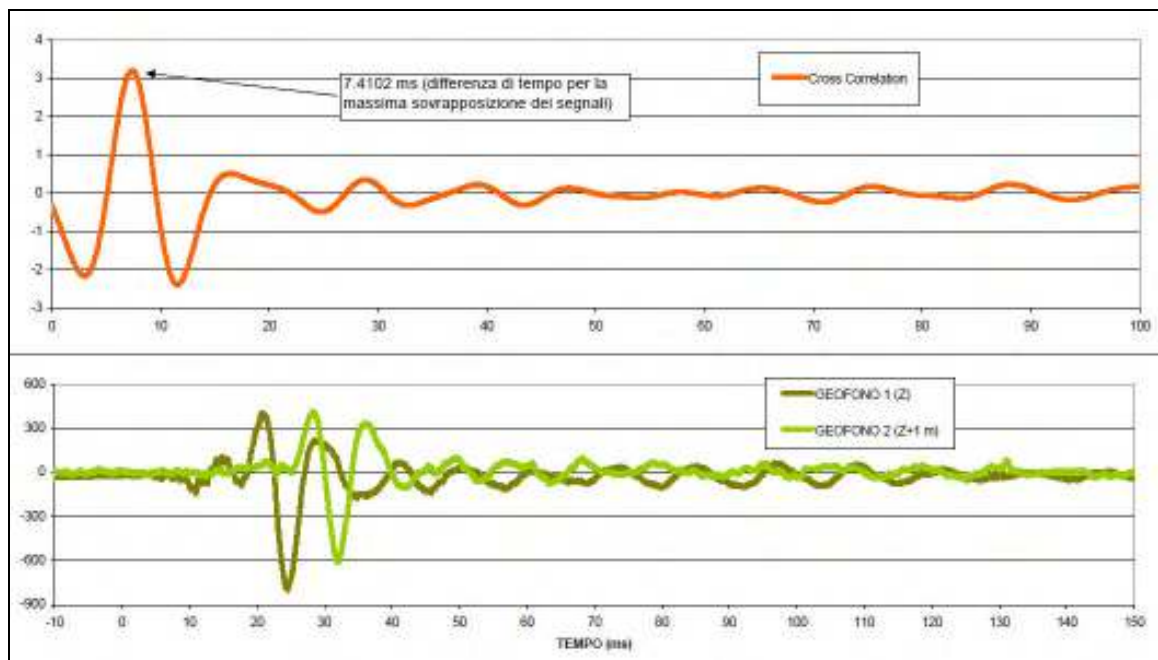


Figura 11: Interpretazione segnale sismocono

La misura del tempo di viaggio dell'onda sismica viene eseguita attraverso l'analisi numerica del segnale con il metodo della "Correlazione Incrociata" (Cross Correlation – CC). Con questa analisi si esegue, per ogni intervallo di tempo in cui viene registrato il segnale, la media della sommatoria del segnale di riferimento, solitamente quello del geofono superiore, sul segnale registrato nel geofono inferiore (ad un metro esatto di distanza). In corrispondenza del massimo valore di detta somma, si ha la massima sovrapposizione del segnale, cui corrisponde in ascissa la distanza di tempo che l'onda rilevata impiega per viaggiare dal geofono superiore a quello inferiore.

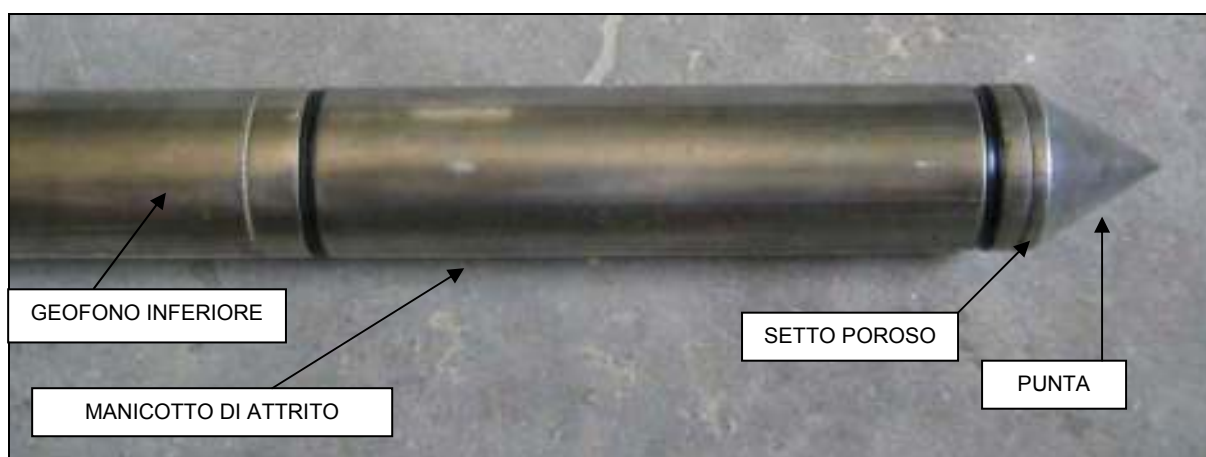


Figura 12: Punta Sismocono impiegata

Con questa metodologia si utilizza per ogni determinazione una sola energizzazione, eliminando quindi problematiche legate a differenti misure di tempo causate da ritardi o anticipi del geofono trigger, e non dovendo determinate manualmente il tempo di arrivo dell'onda, mediante sovrapposizione delle tracce di due

energizzazioni differenti, necessari nella metodologia della Inversione di Polarità, si elimina anche l'errore dovuto alla discrezionalità dell'operatore che esegue la valutazione del momento di arrivo.

Ottenuti i tempi di arrivo è possibile quindi calcolare la velocità di propagazione delle onde S, e con molta cautela delle onde P (molto poco affidabile con il sismocono, in particolare in presenza di falda).

La penetrazione nel terreno avviene attraverso un dispositivo di spinta, che agisce su una batteria di aste (aste cave con il cavo di trasmissione dati all'interno), alla cui estremità inferiore è collegata la punta con piezocono.

Lo sforzo necessario per l'infissione viene determinato a mezzo di un opportuno sistema di misura estensimetrico collegato alla punta ed al manicotto dell'attrito laterale, e da un trasduttore di pressione che registra le sovra-pressioni dell'acqua di falda indotte durante l'infissione della punta, attraverso un setto poroso opportunamente saturato e disareato.

I dati delle resistenze alla punta, al manicotto laterale, della pressione dei pori e dell'inclinazione della punta vengono registrate su supporti magnetici ed e successivamente elaborati.

Le dimensioni della punta/manicotto sono standardizzate, e precisamente:

- diametro di base del cono $f = 35.7 \text{ mm}$
- area della punta conica $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo apertura del cono $B = 60^\circ$
- superficie laterale manicotto $A_m = 150 \text{ cm}^2$

Nei diagrammi e tabelle allegate sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture di campagna, durante l'infissione dello strumento):

- $q_c \text{ (kg/cm}^2\text{)} = \text{resistenza alla punta (conica);}$
- $f_s \text{ (kg/cm}^2\text{)} = \text{resistenza laterale (manicotto);}$
- $U \text{ (kg/cm}^2\text{)} = \text{pressione dei pori (setto poroso);}$
- $f_s/q_c \text{ (\%)} = \text{rapporto attrito laterale / resistenza alla punta;}$
- $\Delta U/q_c = \text{variazione pressione dei pori in funzione della resistenza alla punta.}$

Oltre all'elaborazione dei valori di resistenza del sottosuolo, vengono fornite utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni attraversati (stratigrafia), in base al rapporto q_c/f_s fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale del penetrometro, ovvero in base ai valori di q_c e del rapporto $FR = (f_s/q_c) \%$.

Sempre con riferimento alle prove penetrometriche statiche con piezocono CPTU, nelle tavole allegate sono riportate indicazioni concernenti i principali parametri geotecnici (coesione non drenata C_u , angolo di attrito interno efficace, densità relativa D_r , peso di volume γ , ecc).

6.2 PROVA CON DILATOMETRO PIATTO MARCHETTI

La prova con Dilatometro Marchetti, consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno, mediante spinta statica, uno strumento di prova a lama, espandendo con del gas in pressione una membrana circolare situata su di un lato dello strumento e misurando le pressioni corrispondenti a due livelli di deformazione predeterminati della membrana.

La prova è regolata dalle seguenti normative internazionali: ASTM (2001) "D 6635-01 Standard Test Method for Performing DMT", Book of Standards Volume 04.09, e CEN-Eurocode 7 (1999) - "Flat dilatometer test (DMT)", Part 3, Section 9.

Il dispositivo di spinta è lo stesso penetrometro statico da 20 t di spinta effettiva, montato su autocarro Unimog Mercedes 4 X 4, utilizzato per le prove penetrometriche tradizionali, completo di batteria di aste di spinta (ϕ est 36 mm).

La strumentazione specifica di prova è costituita dalle parti di seguito descritte.

- Lama dilatometrica tipo Marchetti (95 x 200 x 15 mm), con membrana metallica laterale espandibile per 1.1 mm al centro;
- Centralina di misura tipo Marchetti;
- Cavo elettropneumatico di collegamento del dilatometro con la centralina
- Bombola di gas azoto, con riduttore di pressione con uscita regolabile almeno fino a 80 bar.

Prima dell'esecuzione della prova viene sempre verificato che la lama di prova sia dritta, senza concavità o convessità maggiori di 0.5 mm rispetto alla corda, e la tenuta del sistema complessivo collegato lama-cavo-centralina. A tal fine si pressurizza il sistema a 2 bar chiudendo la mandata.

Prima dell'infissione della lama nel terreno, vengono misurati, tramite il dispositivo di taratura, i valori di depressione (ΔA) e di pressione (ΔB) necessari per portare la membrana, della lama libera in aria, nelle posizioni A e B, corrispondenti rispettivamente agli spostamenti 0.05 mm e 1,1 mm del centro membrana. Deve risultare $\Delta A=5-30$ kPa; $\Delta B=5-80$ kPa. Membrane con caratteristiche diverse non possono essere utilizzate e devono essere sostituite.

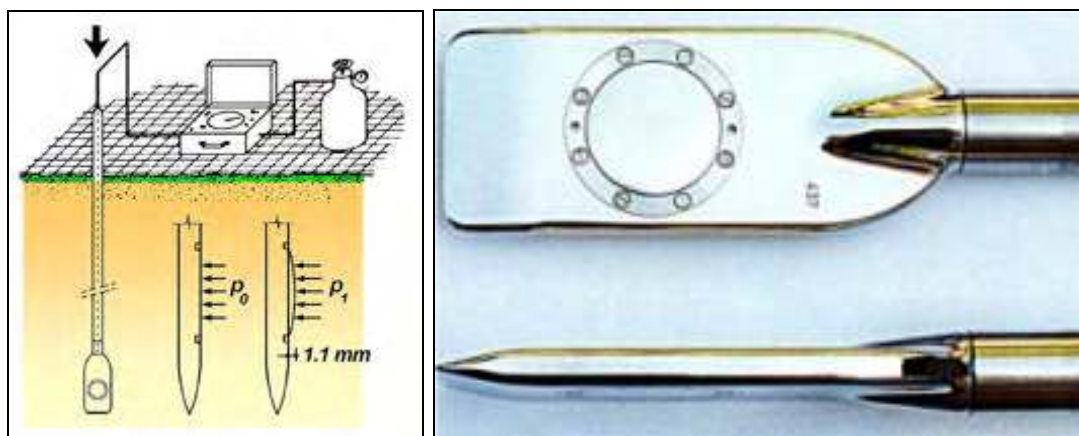


Figura 13: dilatometro Marchetti

In fase di prova il dilatometro viene spinto verticalmente nel terreno arrestando la penetrazione ad intervalli di 20 cm per l'esecuzione delle misure.

Raggiunta la quota di prova, si arresta l'infissione e si scarica la spinta sulle aste. Entro 20 secondi dall'arresto si invia gas alla membrana misurando, tramite la centralina elettro-pneumatica di superficie:

- la pressione alla quale si ha il distacco della membrana (lettura A);
- la pressione necessaria per espandere di 1.1 mm il centro della membrana (lettura B).

Se richiesto, può anche essere misurato ed annotato il valore C della pressione che agisce sulla membrana quando, durante lo scarico del gas (dapprima immesso per ottenere le letture A e B), la membrana si richiude sulla posizione A di riposo riattivando il segnale acustico.

Per ogni prova vengono fornite le seguenti determinazioni:

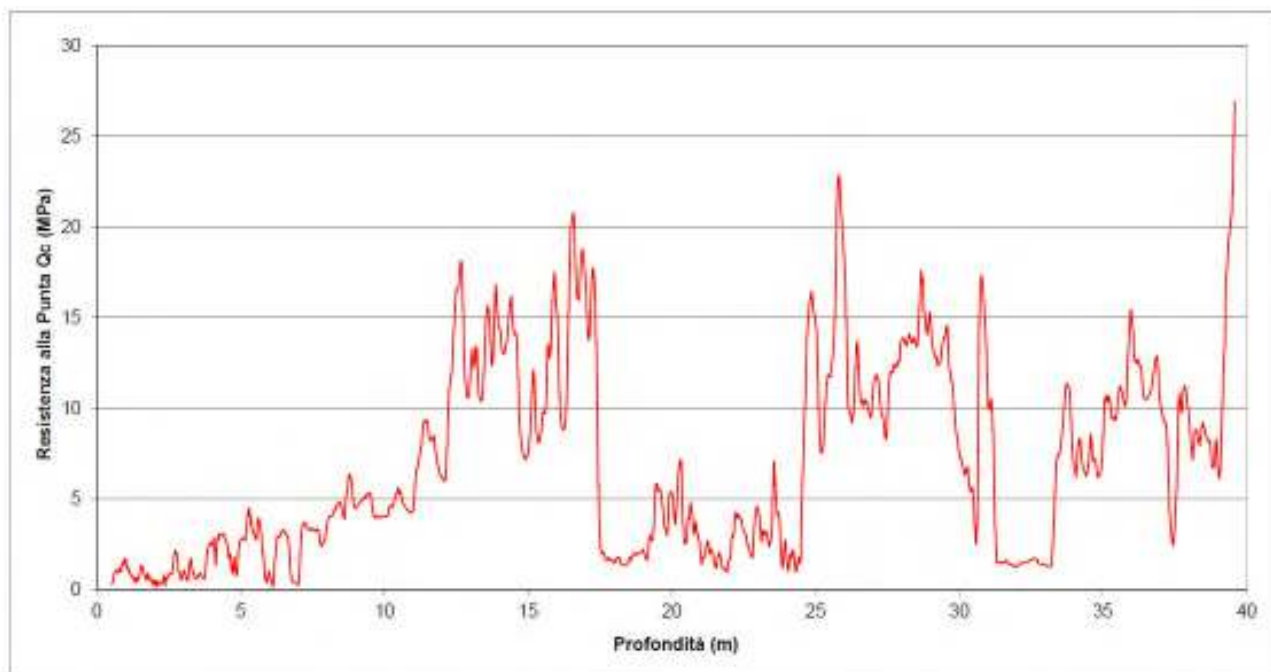
- valori di A e B rilevati a ciascuna profondità;
- valori di DeltaA e DeltaB iniziali e finali di ciascuna verticale

Le letture (A e B) vengono elaborate e diagrammate in modo da produrre profili di:

- indice di materiale I_d , correlato alla granulometria del materiale (sabbia, limo, argilla);
- indice di spinta orizzontale K_d ;
- modulo dilatometrico E_d ;
- modulo edometrico $M = 1/mv$;
- coesione non drenata C_u (nei soli terreni coesivi);
- angolo di attrito (solo nei terreni incoerenti);
- coefficiente di spinta orizzontale K_o (nei soli terreni coesivi);
- grado di sovraconsolidazione (nei soli terreni coesivi).

I dati della prova dilatometrica con relative elaborazioni sono riportate in Allegato 2.

7. CARATTERI STRATIGRAFICI DEL SITO



Nella figura sopra riportata viene rappresentato il grafico di resistenza alla punta ricavato dalla prova penetrometrica eseguita. Nel grafico l'approfondimento della prova viene rappresentato sull'asse delle ascisse in metri, mentre in ordinata la resistenza alla punta espressa in MPa.

Valori bassi di resistenza alla punta solitamente indicano la presenza di terreni fini (argille e limi), mentre i valori più alti (oltre i 3/5 MPa) indicano la presenza di terreni sabbiosi.

Sinteticamente i terreni incontrati si possono dividere nei seguenti gruppi:

1. da – 0.00 a – 17.40 m Sabbie e limi sabbiosi;
2. da – 17.40 a – 24.80 m Limi argillosi e sabbiosi con livelli sabbiosi;
3. da – 24.80 a – 31.20 m sabbie;
4. da – 31.20 a – 33.20 m argille;
5. da – 33.20 a – 39.50 m sabbie.

La profondità della falda è stata rilevata nei fori di prova della penetrometrica e nel corso dell'esecuzione del sondaggio come indicato nella tabella sottostante.

Punto di rilievo	Profondità da p.c. (m)	Data rilievo
SCPTU 1	– 3.30 m	12.07.18
DMT 1	– 3.30 m	12.07.18

8. PARAMETRI GEOTECNICI: VALORI CARATTERISTICI

L'Eurocodice 7 definisce il valore caratteristico di una particolare grandezza del terreno nel seguente modo: "Il valore caratteristico di un parametro geotecnico sarà scelto come stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite".

L'approccio che si segue in questo lavoro per la stima dei valori caratteristici è quello statistico suggerito dall'EC7. Perciò i valori caratteristici verranno selezionati come 5° percentile della distribuzione della media. La distribuzione del valor medio, nel caso di distribuzione normale, viene calcolata utilizzando la 't' di Student ad n-1 gradi di libertà ed ipotizzando che la media del campione coincida con la media della popolazione, usando la seguente relazione:

$$x_k = \bar{x} \pm t_{n-1}^{0.95} \left(\frac{s}{\sqrt{n-1}} \right)$$

Dove:

x_k è il valore caratteristico desiderato;

x con barra il valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione. Ipotesi che si ritiene corretta dato l'alto numero di campioni che si ottengono dalla prova penetrometrica elettrica (1 ogni 2 centimetri);

t è il valore della distribuzione di student ad n-1 gradi di libertà con probabilità u = 95% (ossia, 1-a = 0.95 o alternativamente, a = 0.05)

s è la deviazione standard del campione

n il numero di dati.

Come si può notare, la grande mole di dati che si ricavano da un penetrometria elettrica (10 volte quella meccanica) rende il metodo statistico più affidabile, e consentono di ottenere valori caratteristici prossimi alla media, cioè non eccessivamente cautelativi.

Un altro vantaggio dato da un numero di dati sufficientemente elevato è la coincidenza di valori ricavata da una distribuzione normale rispetto una distribuzione lognormale.

Le tabelle sottostanti riportano i valori caratteristici dei parametri geotecnici. Detti parametri sono calcolati sulla base delle correlazioni proposte da P. K. Robertson in "Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering" (5rd edition, 2012).

Penetrometria	UNITA' 1	UNITA' 2	UNITA' 3	UNITA' 4	UNITA' 5
	SABBIE E LIMI	LIMI ARGILLOSI	SABBIE	ARGILLE	SABBIE
Limite sup. (m)	0.0	17.4	24.4	31.1	33.3
Limite inf. (m)	17.4	24.4	31.1	33.3	39.5
γ (Mg/m ³)	1.96	1.91	1.99	1.94	2.00
media dati	1.96	1.91	1.99	1.94	2.00
dev. Stand	0.03	0.00	0.01	0.00	0.01
n° dati	695	305	328	82	270
Cu (kPa)	-	138	-	93	-
media dati	-	144	-	109	-
dev. Stand	-	66	-	89	-
n° dati	-	305	-	82	-
Φ (°)	37.1	-	35.1	-	32.3
media dati	37.3	-	35.2	-	32.5
dev. Stand	2.8	-	2.0	-	1.8
n° dati	695	-	328	-	270
G ₀ (Mpa)	70.4	82.6	152.3	93.6	155.3
media dati	72.6	84.8	154.4	97.6	157.8
dev. Stand	35.5	23.5	22.4	21.7	25.4
n° dati	695	305	328	82	270
M (MPa)	66.2	21.3	138.3	7.6	125.0
media dati	68.4	22.9	140.9	11.6	128.2
dev. Stand	34.1	17.4	28.1	21.5	31.9
n° dati	695	305	328	82	270
Eu (MPa)	53.6	89.2	115.0	49.9	116.6
media dati	55.3	96.1	116.5	66.2	118.5
dev. Stand	26.5	72.8	16.6	88.5	18.8
n° dati	695	305	328	82	270
Dr (%)	51.8	-	60.0	-	47.6
media dati	53.2	-	61.2	-	48.8
dev. Stand	22.6	-	12.7	-	11.6
n° dati	695	-	328	-	270
OCR	-	1.9	-	1.1	-
media dati	-	2.0	-	1.2	-
dev. Stand	-	0.9	-	0.7	-
n° dati	-	305	-	82	-

9. PARAMETRI SISMICI

9.1. CATEGORIA SISMICA DEL SOTTOSUOLO

L'NTC 2008 (successivamente riconfermato nelle NTC 2018) ha cambiato l'approccio alla valutazione del rischio sismico, introducendo la necessità della sua valutazione in funzione del sito.

A meno di casi particolarmente complessi da un punto di vista geologico/stratigrafico, e quando le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella tabella 3.2.11 delle NTC 2018, qui di seguito riportata, per la definizione dell'azione sismica di progetto si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s .

Categoria di suolo	
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D con profondità del substrato non superiore a 30 m</i>

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

dove:

h_i è lo spessore (in metri) dell' i -esimo strato;

$V_{s,i}$ velocità (in m/s) delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Essendo nel sito in esame il substrato roccioso collocato a profondità maggiori di 30 metri dal piano di imposta delle fondazioni o dalla testa dei pali, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ viene qui definita dal parametro V_{s30} .

La Vs30 è stata determinata attraverso misura diretta della velocità delle onde di taglio con piezocono sismico, ed è risultata essere di **198 m/s** che consente di attribuire al **sottosuolo la categoria sismica "C"**.

9.2. AZIONE SISMICA

La categoria di suolo sismico consente di definire l'amplificazione sito dipendente che un sisma di riferimento può sviluppare, la pericolosità sismica del sito fornisce le l'intensità delle azioni sismiche da attendersi.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento V_R .

Nell'NTC 2018 le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;

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.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella.

Stati Limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

I suddetti parametri si possono ricavare dalla mappa della pericolosità sismica realizzata dall'INGV, e che si compone di una maglia di 16000 punti i cui essi sono definiti, attraverso la media pesata alle coordinate geografiche del sito in esame rispetto ai vertici della maglia entro cui esso si trova.

Il periodo di riferimento V_R è dato da: $V_R = V_N \times C_U$

Dove V_N è la vita nominale di un'opera strutturale, intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, ed è definita dalla tabella sottostante.

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

C_U è il valore del coefficiente d'uso, definito al variare della classe d'uso come indicato nella sottostante tabella.

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Quale che sia la probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata, lo spettro di risposta elastico in accelerazione, della componente orizzontale, è definito dalle espressioni seguenti:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

nelle quali T ed S_e sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale.

Inoltre:

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente

$$S = S_S \times S_T,$$

essendo S_S il coefficiente di amplificazione stratigrafica e S_T il coefficiente di amplificazione topografica;

η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione $\eta = (10/(5 + \xi))^{0.5} \geq 0.55$

dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

F_0 è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2;

T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da

$$T_C^* = C_C \times T_C,$$

dove T_C^* è definito al § 3.2 delle NTC e C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo ;

T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante,

$$T_B = T_C / 3,$$

T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6.$$

L'amplificazione stratigrafica è definita dai coefficienti S_s e C_c , per le varie categorie di suolo sismico come riportato nella tabella sottostante.

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Mentre l'amplificazione topografica è dimensionata secondo le seguenti tabelle.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Con la definizione delle componenti spettrali ricavata dalle correlazioni sito dipendenti, si possono così calcolare i valori dello spostamento orizzontale d_g e della velocità orizzontale v_g massimo dalle seguenti espressioni:

$$d_g = 0.025 \times a_g \times S \times T_C \times T_D$$

$$v_g = 0.16 \times a_g \times S \times T_C$$

9.3. PARAMETRI DELL'AZIONE SISMICA

Dalla mappa della pericolosità sismica dell'INGV, considerando:

vita nominale dell'opera, $V_n = 50$ anni;

Classe d'uso, $C_u = II$;

vita di riferimento, $V_r = 50$ anni

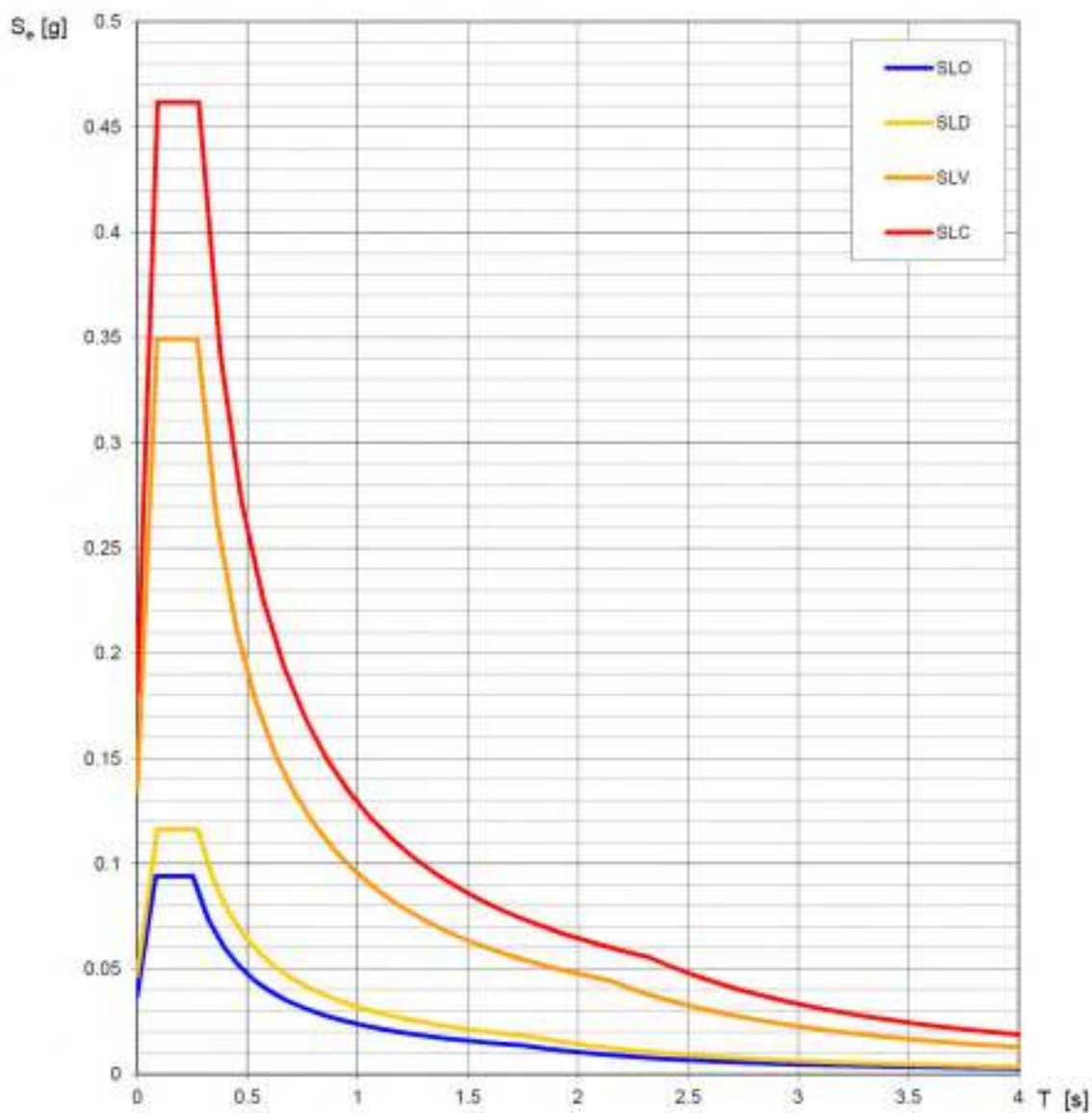
si ricavano i seguenti parametri dell'azione sismica per ciascuna delle verticali indagate:

Gli spettri elastici che si ricavano dai suddetti parametri al substrato di riferimento e per i diversi Stati Limite sono i seguenti:

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C [s]
30	0.037	2.548	0.252
50	0.046	2.503	0.275
72	0.056	2.484	0.281
101	0.066	2.507	0.282
140	0.077	2.569	0.274
201	0.092	2.582	0.272
475	0.135	2.595	0.273
975	0.181	2.549	0.279
2475	0.260	2.486	0.290

In particolare per gli SLD e SLV per il suolo di categoria "C":



Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0.046 g
F_o	2.503
T_c^*	0.275 s
S_g	1.500
C_c	1.608
S_r	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.500
η	1.000
T_B	0.147 s
T_C	0.442 s
T_D	1.786 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_g \cdot S_r \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0.55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c^* / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.070
$T_B \leftarrow$	0.147	0.174
$T_C \leftarrow$	0.442	0.174
	0.506	0.152
	0.570	0.135
	0.634	0.122
	0.698	0.110
	0.762	0.101
	0.826	0.093
	0.890	0.087
	0.954	0.081
	1.018	0.076
	1.082	0.071
	1.146	0.067
	1.210	0.064
	1.274	0.060
	1.338	0.058
	1.402	0.055
	1.466	0.053
	1.530	0.050
	1.594	0.048
	1.658	0.046
	1.722	0.045
$T_D \leftarrow$	1.786	0.043
	1.891	0.038
	1.997	0.035
	2.102	0.031
	2.207	0.028
	2.313	0.026
	2.418	0.024
	2.524	0.022
	2.629	0.020
	2.735	0.018
	2.840	0.017
	2.946	0.016
	3.051	0.015
	3.156	0.014
	3.262	0.013
	3.367	0.012
	3.473	0.011
	3.578	0.011
	3.684	0.010
	3.789	0.010
	3.895	0.009
	4.000	0.009

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.135 g
F_2	2.595
T_c^*	0.273 s
S_s	1.491
C_c	1.611
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.491
η	1.000
T_B	0.147 s
T_C	0.440 s
T_D	2.138 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0.55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_g(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.201
$T_B \leftarrow$	0.147	0.520
$T_C \leftarrow$	0.440	0.520
	0.521	0.440
	0.602	0.381
	0.683	0.335
	0.764	0.300
	0.844	0.271
	0.925	0.248
	1.006	0.228
	1.087	0.211
	1.168	0.196
	1.249	0.183
	1.330	0.172
	1.410	0.162
	1.491	0.154
	1.572	0.146
	1.653	0.139
	1.734	0.132
	1.815	0.126
	1.896	0.121
	1.977	0.116
	2.057	0.111
$T_D \leftarrow$	2.138	0.107
	2.227	0.099
	2.316	0.091
	2.404	0.085
	2.493	0.079
	2.582	0.073
	2.670	0.069
	2.759	0.064
	2.847	0.060
	2.936	0.057
	3.025	0.054
	3.113	0.051
	3.202	0.048
	3.291	0.045
	3.379	0.043
	3.468	0.041
	3.557	0.039
	3.645	0.037
	3.734	0.035
	3.823	0.034
	3.911	0.032
	4.000	0.031

10. CEDIMENTI POST-SISMICI

Dalle interpretazioni della prova penetrometrica si individuano come orizzonti suscettibili di cedimenti post-sismici significativi, gli strati di terreno caratterizzati da terreni argillosi con C_u inferiore ai 70 KPa, e da sabbie con N_{SPT} equivalente stimato inferiore a 15 colpi.

Il cedimento di consolidazione post-sismica è dato dall'espressione:

$$\Delta H = \varepsilon_{vr} H$$

Dove: H = altezza dello strato omogeneo;

ε_{vr} = deformazione volumetrica post-ciclica percentuale, dove:

$$\varepsilon_{vr} = (\alpha Cr / (1 + e_0)) \log(1 / (1 - \Delta u / \sigma'_0))$$

α = costante sperimentale variabile da 1 a 1,5;

e_0 = indice dei vuoti iniziale;

Cr = indice di riconsolidazione, che può essere ipotizzato pari a $0,225 \cdot C_c$ (indice di consolidazione);

$\Delta u / \sigma'_0$ = rapporto di pressione interstiziale (aumento di pressione neutra indotta dal sisma di progetto).

Per il calcolo dei cedimenti verranno adottati i seguenti parametri:

α = compreso tra 1 e 1,5;

$e_0 = 1$: indice dei vuoti medio per terreni argilloso limosi con sostanza organica sparsa;

$e_0 = 0.6$: indice dei vuoti medio per terreni sabbioso limosi;

Indici di consolidazione calcolati dal modulo edometrico stimato dalle penetrometrie ($C_c = (1 + e_0) \sigma_{va} / 0,435M$).

Il calcolo di $\Delta u / \sigma'_0$ (ru) richiede l'esecuzione di alcuni passaggi intermedi.

Determinazione ampiezza della deformazione di taglio massima indotta dal sisma:

$$\gamma_{max} = 0,65 a_{max,s/g} \sigma_v \text{ rd } 1/G$$

dove:

$a_{max,s}$ = picco di accelerazione al piano campagna del sisma di riferimento;

g = accelerazione di gravità;

σ_v = tensione totale verticale;

rd = coefficiente riduttivo dell'azione sismica = $1 - 0,015 z$;

G = modulo di taglio corrispondente alla deformazione γ_{max} .

$$a_{max,s} = a_{ref,g} S_S S_T = 1.324 * 1.491 * 1 = 1.974 \text{ m/s}^2$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$rd = 0.850$$

$$G/G_0 = 0.508 \text{ (tabella 3 allegato A3);}$$

essendo G_0 (medio) = 40.65 MPa.

Inserendo le grandezze determinate precedentemente l'ampiezza delle deformazioni ricavate delle prove penetrometriche è:

$$\gamma_{\max} = 1.02 \times 10^{-3}$$

Inserendo i valori di deformazione ricavati nella tabella γ - $\gamma\%$ di (tabella 2 degli atti di indirizzo) si ricava un rapporto di incremento della pressione di circa 0.41.

Utilizzando i parametri sopra riportati, i massimi cedimenti post sismici attesi sulla verticale indagata, per lo spessore di terreno comprimibile, sono quindi stimati in:

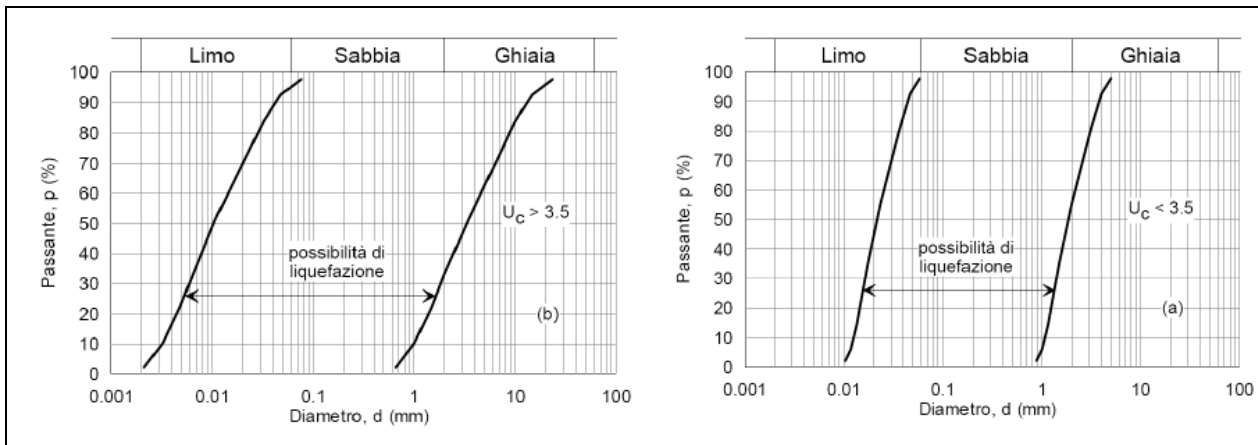
$$\Delta H = \varepsilon_{vr} H = 0.011 \text{ m}$$

11. VALUTAZIONE DELLA LIQUEFACIBILITA' DEI TERRENI

La liquefazione dei terreni è il comportamento dei suoli prevalentemente sabbiosi che, a causa di un aumento della pressione interstiziale (qui considerata come indotta dallo scuotimento sismico), passano improvvisamente da uno stato solido ad un fluido, con conseguente temporanea perdita totale di resistenza al taglio.

Una stima preliminare viene eseguita valutando le sotto riportate condizioni di esclusione della liquefazione nei terreni. Se almeno una delle seguenti condizioni è presente si può ragionevolmente escludere la possibilità che si manifestino fenomeni di liquefazione in caso di terremoto (cfr- NTC 2018 - Capitolo 7.11.3.4.2).

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g; - NON PRESENTE
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali; - NON PRESENTE
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa; - NON PRESENTE
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) delle NTC 2018 (sottoriportate) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$; - NON PRESENTE (non determinabile)



Si procede quindi alla valutazione della liquefacibilità con il metodo di Robertson (1998, 2012), appositamente calibrato per le prove penetrometriche statiche.

Il rischio di manifestarsi del fenomeno della liquefazione viene valutato rapportando la sollecitazione sismica di riferimento Cyclic Strength Ratio (CSR), con la resistenza dei vari strati di terreno considerato Cyclic Resistance Ratio (CRR).

$FS_{liq} = CRR/CSR \cdot MSF$; dove FS rappresenta il fattore di sicurezza alla liquefazione.

Quando la sollecitazione sismica CSR è maggiore della resistenza del terreno CRR, si può verificare il fenomeno della liquefazione dei terreni.

Il numeratore del rapporto sopra riportato, il CRR, viene ricavato dall'interpretazione delle prove in sito.

La determinazione del rischio di liquefazione mediante l'utilizzo dei dati derivanti da prove CPT (intese come prove con piezocono, anche sismico. La punta meccanica non può utilizzare correttamente la procedura sotto riportata), è stata sviluppata principalmente da P. K. Robertson ed altri autori, mediante un procedimento che è ormai diventato un riferimento mondiale.

Il diagramma di flusso sotto riportato schematizza i vari passaggi, che dalle grandezze meccaniche misurate dalla punta penetrometrica, conducono al dimensionamento del CRR (Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering By P. K. Robertson and K.L. Cabal - 5a edizione Novembre 2012 - Gregg Drilling & Testing, Inc.). Si può notare che questa grandezza sia direttamente proporzionale alla q_c , alla f_s , agli stati tensionali nel terreno ed in misura minore ed indiretta alla U .

Al denominatore, del rapporto si trova il CSR, che dimensiona l'azione innescante la liquefazione. La funzione più utilizzata per dimensionare il CSR è quella proposta da Seed e Idriss (1971):

$$CSR_{7,5} = 0,65 (a_g/g) \times (\sigma_v0 / \sigma'v0) \times r_d \times (1 / MSF)$$

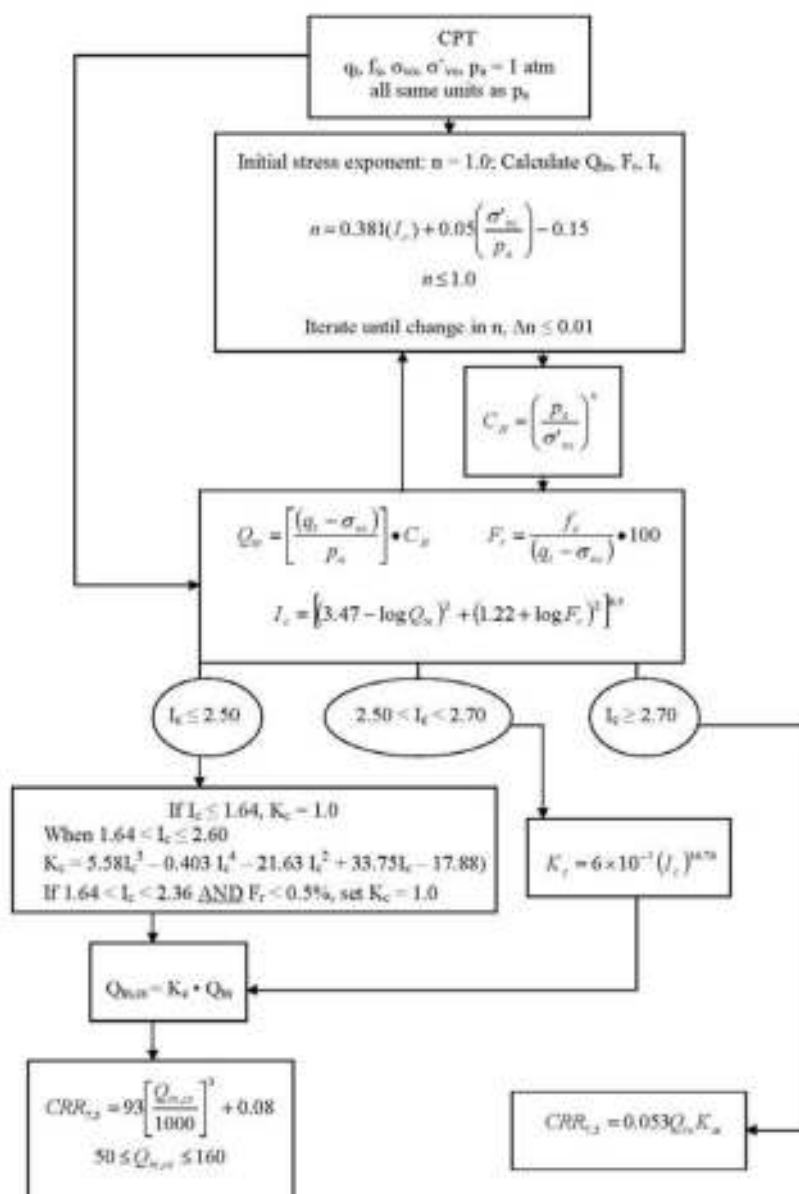
Dove:

σ_v0 = pressione litostatica totale;

σ'_{v0} = pressione litostatica efficace;

rd = coefficiente di riduzione della rigidezza con l'aumentare della profondità z;

MSF = (Magnitudo Scaling Factor) fattore di correzione per la magnitudo del sito di analisi.



L'MSF è un coefficiente empirico che riduce o aumenta il rapporto in funzione della magnitudo del terremoto di progetto, essendo state tutte le valutazioni della liquefazione studiate e calibrate su terremoti di magnitudo 7.5 della scala Richter.

Diversi autori propongono molteplici correlazioni per calcolare l'MSF. Nel presente elaborato si fa uso della relazione presentata da Seed (1997/2003), suggerita dal National Center for Earthquake Engineering Research (NCEER).

Il potenziale di liquefazione PL di uno strato esprime con un numero compreso tra 0 e 1, la pericolosità di liquefazione dello strato nei confronti dell'evento sismico atteso:

$$LP = F(z) \times w(z)$$

dove:

$F(z)$ = funzione che esprime il potenziale di liquefazione di ogni strato in rapporto al FS calcolato

$w(z)$ = funzione che tiene conto della profondità dello strato

con

$F = 0$ per $FS \geq 1$

$F = 1 - FS$ per $F < 1$

$w(z) = 10^{-0,5 z}$

Allo scopo di avere una valutazione complessiva dello spessore di terreno indagato, e per tenere conto del fatto che in superficie si risente dell'effetto cumulativo della liquefacibilità degli strati sottostanti, Iwasaki et alii (1982) introducono l'indice di liquefazione potenziale LPI.

$$LPI = \sum_{da\ 0\ a\ Z_{cr}} F(z) \times w(z) \times dz$$

Dove Z_{cr} è la profondità critica entro la quale si ritengono significativi gli effetti della liquefazione qui cautelativamente assunta come pari a 20 m.

Le classi di pericolosità di liquefazione secondo Sonmez (2003) sono riportate nella tabella sottostante.

Indice del potenziale di liquefazione, LPI	Pericolosità di liquefazione
$LPI = 0$	Nulla
$0 < LPI \leq 2$	Bassa
$2 < LPI \leq 5$	Moderata
$5 < LPI \leq 15$	Alta
$LPI > 15$	Molto alta

Dalla verifica numerica della possibilità di manifestazione di fenomeni di liquefazione vengono automaticamente escluse le unità argilloso limose incontrate, poiché detti terreni non possono essere soggetti a questo tipo di fenomeno.

L'accelerazione utilizzata per il calcolo del Cyclic Stress Ratio (CSR) è quella ricavata dalla mappa di pericolosità sismica dell'INGV per lo SLV, e corrispondente a 0.135g, moltiplicata per il fattore di amplificazione stratigrafico funzione della categoria sismica del terreno, mentre la magnitudo del sisma di progetto impiegata nel Magnitudo Scaling Factor (MSF) è 6.14, corrispondente a quella massima della zona sismogenetica 912 cui appartiene il territorio oggetto di indagine.

L'indice di liquefazione I_L del terreno (Iwasaki 1982) è risultato, per la verticale indagata:

SCPTU 1 = 3.426 (moderato)

Gli orizzonti in cui FL (fattore di sicurezza alla liquefazione) è inferiore all'unità sono contraddistinti dal colore rosso, e come si può notare nel primo elaborato grafico (colonna di sinistra) sono presenti alcuni livelli

potenzialmente liquefacibili, in particolare da 6 a 11 m. L'indice del potenziale si colloca dunque tra la soglia del 2% e del 5% (rischio di liquefazione moderato).

Il secondo grafico mostra l'andamento del fattore di sicurezza confrontato con la soglia di attenzione di 1.25 indicata dall'Eurocodice 8, e conferma le indicazioni già espresse.

Secondo le indicazioni della Regione Emilia Romagna (Ordinanza del Commissario Delegato – Presidente Della Regione Emilia-Romagna n. 70/2012 e relativi Allegati), i terreni in corrispondenza della verticale indagata possono essere classificati come:

L2: presenza di orizzonti liquefacibili spessi almeno 1 m tra 5 e 10 m;

con un indice di liquefazione tra 2% e 5% che comporta un rischio di liquefazione moderato.

Non si ritiene però di dover considerare il manifestarsi di fenomeni di liquefazione in sito in caso di terremoto pericolosi, in quanto lo strato di sabbie liquefacibili si colloca oltre i 5 metri di profondità, e su suolo con topografia piana, in assenza di rilievi anche modesti che possano innescare fenomeni di "lateral spreading".

Perché possano manifestarsi effetti superficiali della liquefazione dei livelli sabbiosi profondi è necessario che si verifichino eventi sismici con accelerazioni superiori agli 0.200/0.300 g (Ishihara 1985), non ritenuti possibili nella Zona Sismogenetica 912 in cui si trova il sito in esame.

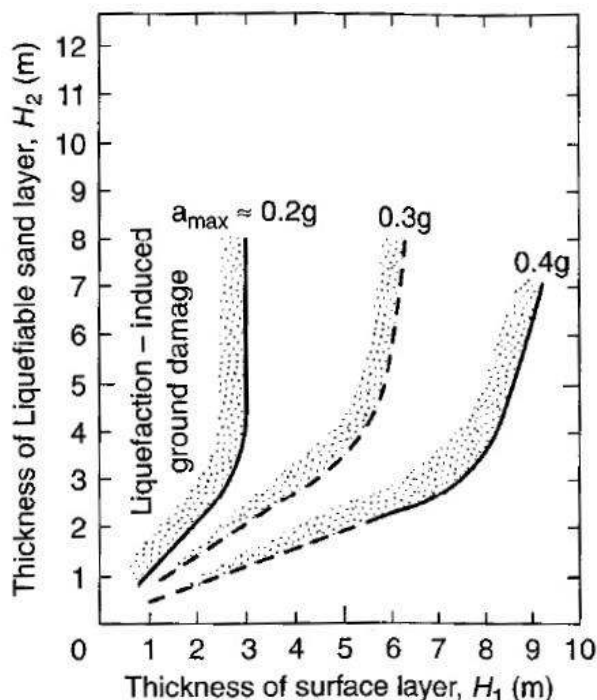
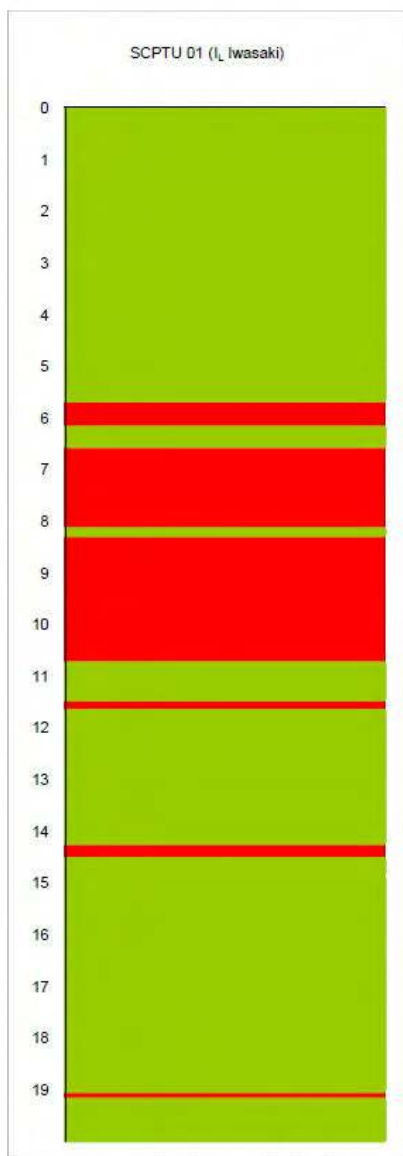
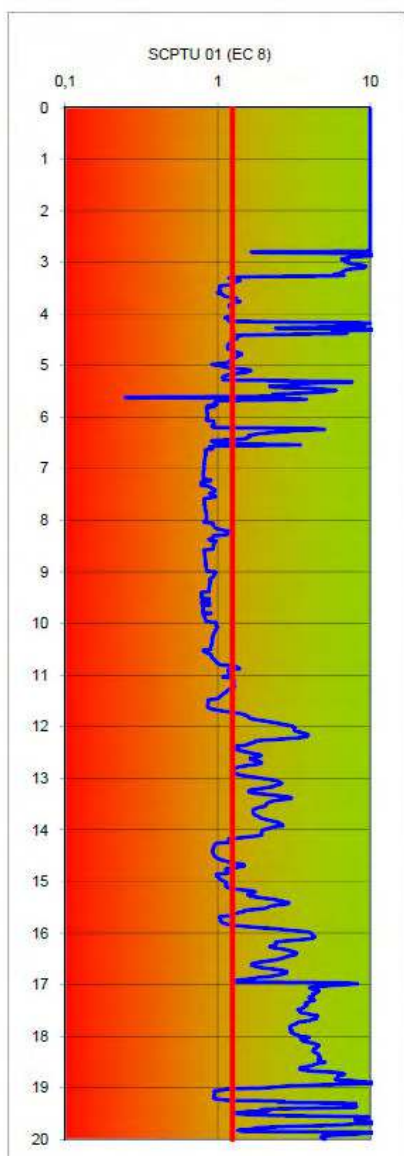


Figura 9: Diagramma della possibilità di effetti in superficie della liquefazione (Ishihara 1985)

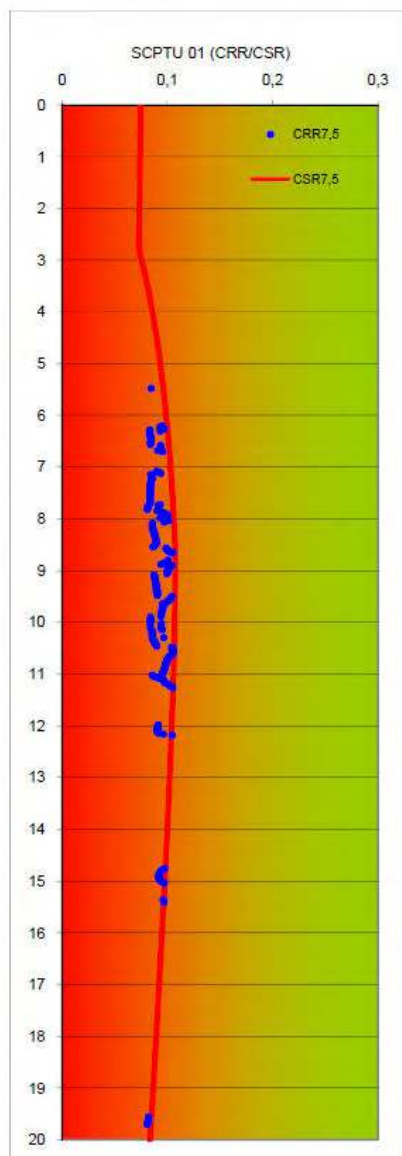
ANDAMENTO DI F_L PER TERREMOTI DI MAGNITUDO 6,14



INDICE POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE IL ►



3.426 ► Rischio di liquefazione moderato



12. ELENCO ALLEGATI

ALLEGATO 1	Prova penetrometrica
ALLEGATO 2	Prova dilatometrica



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it

P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

@ Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



COMMITTENTE: **Comue di Ferrara**

CANTIERE: **Indagini geonostiche presso area ex-Mof**

CPT N° SCPTU 01

PROF. FALDA (m da p.c.) 3.30

sismocono G1 - CPL2IN

DATA 12-07-18

PREFORO (m da p.c.) 0.50

LAT. (WGS 84): 44.835678°

COMMESSA 18089/18

C. SITO N°: S180489 del 13.07.18

LONG. (WGS 84): 11.609710°

prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.
m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi
0.52	0.31	3.46	16.67	0.23	2.52	0.82	18.32	6.67	2.63	4.52	2.53	25.37	32.67	3.07	6.52	3.26	14.39	30.00	3.73	8.52	4.54	20.92	8.67	4.81	8.54	4.25	16.59	8.00	4.83
0.54	0.40	3.13	17.33	0.57	2.54	0.85	18.66	8.67	2.63	4.54	2.36	25.15	35.33	3.06	6.54	3.19	14.72	29.33	3.71	8.54	4.25	16.59	8.00	4.83	8.56	4.21	22.92	7.33	4.86
0.56	0.44	3.36	16.67	0.37	2.56	0.90	22.78	5.33	2.63	4.56	2.03	19.26	33.33	3.06	6.56	3.10	14.16	28.67	3.74	8.56	4.21	22.92	7.33	4.86	8.58	4.01	23.48	6.67	4.87
0.58	0.68	3.46	10.00	0.38	2.58	0.92	22.45	4.00	2.63	4.58	1.75	15.93	35.33	3.09	6.58	3.03	14.94	31.33	3.72	8.58	4.01	23.48	6.67	4.87	8.60	3.89	26.03	8.67	4.87
0.60	0.87	2.87	9.33	0.41	2.60	0.86	24.34	2.00	2.63	4.60	1.86	22.71	38.67	3.08	6.60	2.99	15.50	29.33	3.74	8.60	3.89	26.03	8.67	4.87	8.62	3.98	27.03	6.67	4.87
0.62	0.92	7.20	12.67	0.44	2.62	0.92	26.68	2.00	2.63	4.62	1.98	20.72	36.67	3.09	6.62	2.98	15.61	28.67	3.75	8.62	3.98	27.03	6.67	4.87	8.64	4.45	26.36	10.67	4.89
0.64	0.93	12.98	2.00	0.36	2.64	1.16	26.24	3.33	2.63	4.64	1.86	21.39	36.67	3.08	6.64	2.91	16.28	28.00	3.77	8.64	4.45	26.36	10.67	4.89	8.66	4.91	28.03	11.33	4.91
0.66	1.04	15.64	38.67	0.37	2.66	1.55	27.24	2.00	2.64	4.66	1.51	27.17	36.67	3.08	6.66	2.70	17.17	27.33	3.78	8.66	5.33	33.25	12.00	4.93	8.68	5.33	33.25	12.00	4.93
0.68	1.05	18.31	57.33	0.35	2.68	1.80	29.69		2.66	4.68	1.25	37.06	37.33	3.08	6.68	2.42	12.94	28.67	3.78	8.68	5.45	44.80	14.00	4.94	8.70	5.45	44.80	14.00	4.94
0.70	1.09	18.53	64.67	0.35	2.70	2.00	27.14	25.33	2.68	4.70	1.00	45.06	38.67	3.08	6.70	1.92	17.94	28.67	3.82	8.70	5.54	55.36	14.67	4.95	8.72	5.54	55.36	14.67	4.95
0.72	1.04	18.98	74.67	1.04	2.72	2.16	28.81	27.33	2.68	4.72	0.92	48.17	38.67	3.10	6.72	1.39	20.05	29.33	3.81	8.72	5.93	45.02	16.67	4.97	8.74	5.93	45.02	16.67	4.97
0.74	0.93	18.98	110.00	1.65	2.74	2.15	28.37	26.00	2.66	4.74	1.15	40.62	39.33	3.12	6.74	0.98	22.39	30.00	3.81	8.74	6.20	41.47	15.33	4.98	8.76	6.20	41.47	15.33	4.98
0.76	1.00	21.31	89.33	1.95	2.76	1.98	23.04	28.00	2.67	4.76	1.65	34.95	36.67	3.11	6.76	0.67	28.83	32.67	3.82	8.76	6.37	39.25	16.67	4.99	8.78	6.37	39.25	16.67	4.99
0.78	1.09	19.54	100.00	2.04	2.78	1.97	27.16	28.67	2.68	4.78	1.80	35.18	36.67	3.10	6.78	0.58	33.39	30.00	3.84	8.78	6.32	30.47	18.00	5.00	8.80	6.32	30.47	18.00	5.00
0.80	1.04	18.54	95.33	2.03	2.80	1.75	27.27	29.33	2.71	4.80	1.42	34.40	38.67	3.11	6.80	0.49	35.28	32.67	3.85	8.80	6.24	24.57	18.00	5.01	8.82	6.24	24.57	18.00	5.01
0.82	1.23	26.98	88.67	2.03	2.82	1.27	20.61	28.67	2.68	4.82	1.10	21.95	39.33	3.12	6.82	0.42	39.05	32.00	3.87	8.82	6.06	21.46	16.67	5.03	8.84	6.06	21.46	16.67	5.03
0.84	0.97	24.43	75.33	2.05	2.84	1.03	20.73	31.33	2.71	4.84	0.80	21.95	39.33	3.12	6.84	0.40	33.27	24.00	3.87	8.84	5.88	23.46	18.00	5.06	8.86	5.88	23.46	18.00	5.06
0.86	1.37	21.93	86.00	2.04	2.86	0.95	26.95	31.33	2.71	4.86	0.75	26.95	39.33	3.12	6.86	0.38	24.27	18.00	3.89	8.86	5.55	23.90	16.67	5.08	8.88	5.55	23.90	16.67	5.08
0.88	1.39	23.61	71.33	2.03	2.88	0.81	29.62	32.67	2.70	4.88	0.92	28.51	40.00	3.14	6.88	0.39	19.94	16.67	3.89	8.88	5.20	25.24	14.67	5.09	8.90	5.20	25.24	14.67	5.09
0.90	1.39	26.83	72.00	2.06	2.90	0.66	29.18	32.67	2.71	4.90	1.48	24.62	39.33	3.14	6.90	0.38	12.94	14.00	3.92	8.90	4.89	25.90	14.67	5.09	8.92	4.89	25.90	14.67	5.09
0.92	1.60	25.05	6.00	2.14	2.92	0.57	27.63	35.33	2.73	4.92	1.97	29.40	38.67	3.18	6.92	0.38	6.94	12.67	3.92	8.92	4.70	25.68	14.00	5.11	8.94	4.70	25.68	14.00	5.11
0.94	1.36	27.94	2.00	2.21	2.94	0.54	21.63	32.00	2.72	4.94	2.35	29.51	37.33	3.22	6.94	0.32	4.94	11.33	3.93	8.94	4.54	24.46	14.00	5.11	8.96	4.54	24.46	14.00	5.11
0.96	1.61	27.50	9.33	2.21	2.96	0.58	15.19	32.00	2.74	4.96	2.58	36.07	38.67	3.26	6.96	0.27	3.05	11.33	3.94	8.96	4.48	24.57	16.00	5.11	8.98	4.48	24.57	16.00	5.11
0.98	1.73	27.50	5.33	2.21	2.98	0.72	12.53	31.33	2.74	4.98	2.66	34.96	39.33	3.20	6.98	0.29	2.39	9.33	3.96	8.98	4.48	25.34	15.33	5.12	9.00	4.48	25.34	15.33	5.12
1.00	1.67	27.95	3.33	2.20	3.00	0.92	10.43	29.33	2.76	5.00	2.72	33.63	38.67	3.21	7.00	0.29	3.50	8.00	3.98	9.00	4.49	24.23	15.33	5.15	9.02	4.49	24.23	15.33	5.15
1.02	1.45	31.51	7.33	2.20	3.02	1.06	13.65	29.33	2.79	5.02	2.78	30.96	38.67	3.20	7.02	0.35	3.72	6.00	3.99	9.02	4.56	24.01	16.00	5.16	9.04	4.56	24.01	16.00	5.16
1.04	1.22	34.62	8.00	2.22	3.04	1.04	15.54	30.00	2.78	5.04	2.81	29.41	38.67	3.20	7.04	0.75	8.83	5.33	4.01	9.04	4.59	23.01	16.67	5.15	9.06	4.59	23.01	16.67	5.15
1.06	1.13	37.73	10.00	2.21	3.06	0.95	15.66	32.00	2.77	5.06	2.84	28.52	39.33	3.23	7.06	1.42	10.72		4.01	9.06	4.62	22.12	18.00	5.16	9.08	4.62	22.12	18.00	5.16
1.08	1.13	33.74	9.33	2.22	3.08	0.81	14.11	32.00	2.80	5.08	2.84	26.52	39.33	3.23	7.08	2.26	11.83	2.67	4.01	9.08	4.67	21.67	16.67	5.16	9.10	4.67	21.67	16.67	5.16
1.10	1.21	22.35	20.67	2.23	3.10	0.66	11.67	32.67	2.80	5.10	2.86	25.75	39.33	3.24	7.10	2.74	15.72	6.67	4.01	9.10	4.74	21.45	18.00	5.18	9.12	4.74	21.45	18.00	5.18
1.12	1.05	22.13	2.00	2.25	3.12	0.54	7.78	32.67	2.82	5.12	2.82	24.86	38.67	3.24	7.12	3.07	16.16	6.00	4.03	9.12	4.79	20.22	18.67	5.20	9.14	4.79	20.22	18.67	5.20
1.14	0.93	24.92	2.00	2.23	3.14	0.55	7.62	100.67	2.83	5.14	2.79	25.64	39.33	3.25	7.14	3.33	10.50	6.00	4.03	9.14	4.82	20.78	19.33	5.19	9.16	4.82	20.78	19.33	5.19
1.16	0.85	28.92	5.33	2.24	3.16	0.47	6.60	106.67	2.83	5.16	2.70	26.30	38.67	3.23	7.16	3.62	14.39	6.00	4.06	9.16	4.84	18.67	20.00	5.21	9.18	4.84	18.67	20.00	5.21
1.18	0.77	32.36	5.33	2.19	3.18	0.81	11.07	112.67	2.85	5.18	3.11	26.32	39.33	3.24	7.18	3.55	7.73	7.33	4.07	9.18	4.88	20.55	20.00	5.21	9.20	4.88	20.55	20.00	5.21
1.20	0.74	37.92	6.00	2.28	3.20	0.89	13.26	52.67	2.82	5.20	3.40	29.54	40.00	3.27	7.20	3.67	7.40	6.00	4.08	9.20	4.92	20.55	18.67	5.22	9.22	4.92	20.55	18.67	5.22
1.22	0.64	40.37	3.33	2.24	3.22	1.43	5.85	12.67	2.85	5.22	3.70	33.32	38.67	3.27	7.22	3.68	7.62	8.00	4.07	9.22	5.02	22.11	18.67	5.23	9.24	5.02	22.11	18.6	



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it

P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

@ Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



COMMITTENTE: **Comue di Ferrara**

CANTIERE: **Indagini geonostiche presso area ex-Mof**

CPT N° SCPTU 01

PROF. FALDA (m da p.c.) 3.30

sismocono G1 - CPL2IN

DATA 12-07-18

PREFORO (m da p.c.) 0.50

LAT. (WGS 84): 44.835678°

COMMESSA 18089/18

C. SITO N°: S180489 del 13.07.18

LONG. (WGS 84): 11.609710°

prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.
m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi
10.52	5.27	32.14	16.00	5.56	12.52	16.58	52.73	97.33	6.43	14.52	14.05	50.76	106.67	7.46	16.52	20.31	61.81	148.00	8.15	18.52	1.76	43.11	578.67	8.76	18.54	1.66	43.34	508.67	8.75
10.54	5.45	30.03	16.67	5.56	12.54	16.55	55.39	100.00	6.46	14.54	14.09	50.31	104.00	7.47	16.54	20.49	65.81	152.00	8.15	18.54	1.66	43.34	508.67	8.75	18.56	1.64	46.12	460.00	8.76
10.56	5.36	34.03	16.67	5.58	12.56	16.58	55.28	99.33	6.45	14.56	14.06	53.32	101.33	7.48	16.56	20.68	68.81	158.00	8.16	18.56	1.64	46.12	460.00	8.76	18.58	1.65	49.45	511.33	8.78
10.58	5.26	34.36	16.67	5.60	12.58	16.70	58.17	95.33	6.46	14.58	14.14	53.31	100.67	7.48	16.58	20.78	73.03	162.67	8.18	18.58	1.65	49.45	511.33	8.78	18.60	1.69	53.01	563.33	8.78
10.60	5.09	34.14	16.00	5.60	12.60	17.08	61.05	102.67	6.46	14.60	13.97	50.98	97.33	7.48	16.60	20.46	75.59	163.33	8.18	18.60	1.69	53.01	563.33	8.78	18.62	1.77	56.01	667.33	8.78
10.62	4.90	33.92	16.00	5.62	12.62	17.54	62.71	112.67	6.48	14.62	13.39	48.09	89.33	7.49	16.62	19.86	80.58	161.33	8.19	18.62	1.77	56.01	667.33	8.78	18.64	1.90	60.90	590.00	8.78
10.64	4.80	33.81	16.67	5.62	12.64	17.93	64.15	120.00	6.49	14.64	12.43	47.98	79.33	7.50	16.64	18.56	84.24	149.33	8.19	18.64	1.90	60.90	590.00	8.78	18.66	1.96	65.46	642.67	8.79
10.66	4.73	31.36	16.67	5.63	12.66	18.11	64.15	127.33	6.50	14.66	11.26	46.09	70.00	7.51	16.66	17.28	83.13	138.00	8.21	18.66	1.96	65.46	642.67	8.79	18.68	2.01	67.46	626.67	8.79
10.68	4.67	30.25	18.00	5.62	12.68	18.05	63.48	130.00	6.51	14.68	10.12	45.64	60.00	7.51	16.68	16.56	80.91	133.33	8.21	18.68	2.01	67.46	626.67	8.79	18.70	1.99	68.13	588.67	8.81
10.70	4.65	29.69	18.00	5.64	12.70	17.66	62.70	130.00	6.50	14.70	9.30	45.31	53.33	7.53	16.70	16.33	80.35	134.00	8.22	18.70	1.99	68.13	588.67	8.81	18.72	2.01	70.13	509.33	8.81
10.72	4.59	29.03	16.67	5.62	12.72	16.78	62.03	124.67	6.51	14.72	8.79	42.87	48.00	7.52	16.72	16.08	80.35	134.00	8.22	18.72	2.01	70.13	509.33	8.81	18.74	1.94	72.80	538.67	8.83
10.74	4.53	28.91	18.00	5.64	12.74	15.44	62.03	115.33	6.52	14.74	8.43	40.98	44.67	7.53	16.74	15.97	79.23	138.00	8.23	18.74	1.94	72.80	538.67	8.83	18.76	1.92	77.57	645.33	8.83
10.76	4.48	28.25	18.00	5.64	12.76	13.92	63.47	103.33	6.53	14.76	8.12	38.87	42.67	7.55	16.76	15.96	75.89	141.33	8.25	18.76	1.92	77.57	645.33	8.83	18.78	1.89	79.91	646.67	8.83
10.78	4.43	27.68	18.67	5.65	12.78	12.75	60.80	96.67	6.55	14.78	7.89	35.20	38.67	7.55	16.78	16.31	72.55	148.00	8.25	18.78	1.89	79.91	646.67	8.83	18.80	1.92	81.13	630.00	8.84
10.80	4.41	27.57	18.67	5.69	12.80	11.97	60.35	92.00	6.56	14.80	7.65	31.54	34.67	7.55	16.80	16.96	71.10	161.33	8.25	18.80	1.92	81.13	630.00	8.84	18.82	1.97	83.24	597.33	8.84
10.82	4.35	27.35	20.67	5.68	12.82	11.43	58.24	88.67	6.57	14.82	7.51	29.42	34.67	7.55	16.82	17.67	71.99	171.33	8.26	18.82	1.97	83.24	597.33	8.84	18.84	2.03	81.13	609.33	8.85
10.84	4.32	27.57	19.33	5.67	12.84	11.04	56.01	86.67	6.59	14.84	7.43	26.76	32.67	7.57	16.84	18.06	71.65	174.67	8.27	18.84	2.03	81.13	609.33	8.85	18.86	2.04	80.35	651.33	8.87
10.86	4.26	27.24	19.33	5.68	12.86	10.78	53.34	86.67	6.60	14.86	7.32	25.32	31.33	7.57	16.86	18.46	68.20	172.67	8.28	18.86	2.04	80.35	651.33	8.87	18.88	2.04	78.91	633.33	8.87
10.88	4.29	27.57	20.00	5.69	12.88	10.62	48.01	86.67	6.60	14.88	7.25	24.10	30.00	7.58	16.88	18.76	64.42	171.33	8.29	18.88	2.04	78.91	633.33	8.87	18.90	2.06	78.57	651.33	8.87
10.90	4.27	26.35	19.33	5.71	12.90	10.55	43.56	88.67	6.62	14.90	7.20	22.54	27.33	7.59	16.90	18.76	63.19	166.67	8.29	18.90	2.06	78.57	651.33	8.87	18.92	2.06	79.35	668.00	8.87
10.92	4.25	25.68	19.33	5.70	12.92	10.62	40.56	92.67	6.64	14.92	7.18	22.21	26.67	7.60	16.92	18.59	64.07	162.00	8.31	18.92	2.06	79.35	668.00	8.87	18.94	2.06	82.46	570.67	8.89
10.94	4.24	24.57	20.67	5.72	12.94	10.74	39.33	94.00	6.64	14.94	7.23	21.10	25.33	7.60	16.94	18.08	65.74	154.67	8.31	18.94	2.06	82.46	570.67	8.89	18.96	2.09	89.68	527.33	8.89
10.96	4.25	23.68	22.00	5.74	12.96	11.06	38.22	97.33	6.66	14.96	7.33	21.44	23.33	7.60	16.96	17.74	66.52	149.33	8.31	18.96	2.09	89.68	527.33	8.89	18.98	2.08	93.02	664.00	8.90
10.98	4.31	22.90	22.00	5.75	12.98	11.48	38.10	104.00	6.66	14.98	7.44	21.44	23.33	7.60	16.98	17.40	67.29	148.00	8.32	18.98	2.08	93.02	664.00	8.90	19.00	2.23	92.68	619.33	8.91
11.00	4.48	22.34	23.33	5.74	13.00	11.98	36.43	110.67	6.69	15.00	7.54	21.44	23.33	7.63	17.00	17.02	66.52	144.00	8.31	19.00	2.23	92.68	619.33	8.91	19.02	2.13	94.24	468.00	8.91
11.02	4.72	21.68	24.00	5.76	13.02	12.56	36.65	118.00	6.68	15.02	7.80	21.34	22.67	7.62	17.02	16.54	66.41	140.67	8.33	19.02	2.13	94.24	468.00	8.91	19.04	2.02	97.24	561.33	8.91
11.04	5.06	21.01	26.00	5.76	13.04	13.05	35.76	123.33	6.69	15.04	8.04	21.34	22.67	7.63	17.04	15.64	62.07	130.67	8.33	19.04	2.02	97.24	561.33	8.91	19.06	1.94	98.46	596.67	8.93
11.06	5.56	21.01	29.33	5.78	13.06	13.30	36.43	127.33	6.70	15.06	8.46	22.01	23.33	7.63	17.06	14.90	61.96	125.33	8.35	19.06	1.94	98.46	596.67	8.93	19.08	1.84	93.35	624.67	8.92
11.08	6.08	21.56	31.33	5.77	13.08	13.02	36.76	123.33	6.76	15.08	8.92	23.24	25.33	7.62	17.08	14.16	62.62	117.33	8.35	19.08	1.84	93.35	624.67	8.92	19.10	1.71	85.46	634.67	8.93
11.10	6.52	21.45	35.33	5.76	13.10	12.49	34.98	118.00	6.77	15.10	9.48	23.91	28.00	7.64	17.10	13.84	60.62	116.00	8.35	19.10	1.71	85.46	634.67	8.93	19.12	1.64	78.79	631.33	8.95
11.12	6.70	22.78	38.67	5.77	13.12	12.18	35.64	115.33	6.78	15.12	10.13	24.36	30.00	7.63	17.12	13.76	59.39	117.33	8.37	19.12	1.64	78.79	631.33	8.95	19.14	1.65	78.90	629.33	8.94
11.14	6.67	24.22	38.67	5.79	13.14	12.36	36.64	120.00	6.79	15.14	10.85	25.58	34.00	7.65	17.14	14.05	57.73	123.33	8.36	19.14	1.65	78.90	629.33	8.94	19.16	1.76	76.13	671.33	8.94
11.16	6.79	26.56	40.00	5.79	13.16	12.79	37.97	124.67	6.80	15.16	11.63	27.14	37.33	7.66	17.16	14.59	55.84	133.33	8.37	19.16	1.76	76.13	671.33	8.94	19.18	2.03	73.02	685.33	8.97
11.18	6.96	24.89	42.00	5.80	13.18	13.26	39.09	132.00	6.82	15.18	12.08	27.59	40.67	7.66	17.18	15.41	56.28	146.67	8.40	19.18	2.03	73.02	685.33	8.97	19.20	2.55	70.57	612.67	8.99
11.20	7.22	27.22	44.67	5.81	13.20	13.42	3																						



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it

P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

@ Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



COMMITTENTE: **Comue di Ferrara**

CANTIERE: **Indagini geonostiche presso area ex-Mof**

CPT N° SCPTU 01

PROF. FALDA (m da p.c.) 3.30

sismocono G1 - CPL2IN

DATA 12-07-18

PREFORO (m da p.c.) 0.50

LAT. (WGS 84): 44.835678°

COMMESSA 18089/18

C. SITO N°: S180489 del 13.07.18

LONG. (WGS 84): 11.609710°

prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi	prof. m	qc Mpa	fs kPa	U kPa	incl. gradi
20.52	2.73	128.64	51.33	9.45	22.52	3.21	91.53		10.08	24.52	4.67	44.19	115.33	10.67	26.52	11.66	71.91	156.67	11.04	28.52	13.40	57.78	287.33	11.53
20.54	3.22	109.42	72.00	9.44	22.54	3.16	91.64	2.67	10.07	24.54	5.76	54.19	70.67	10.69	26.54	11.01	70.47	144.67	11.05	28.54	13.49	59.67	295.33	11.55
20.56	3.83	96.74	72.00	9.45	22.56	3.11	91.75	5.33	10.08	24.56	6.60	54.19	77.33	10.71	26.56	10.57	69.91	136.00	11.05	28.56	13.82	58.56	312.67	11.53
20.58	3.97	99.52	30.00	9.46	22.58	3.00	57.74	4.00	10.10	24.58	7.45	42.97	88.67	10.70	26.58	10.37	69.25	132.67	11.06	28.58	14.39	55.78	338.67	11.55
20.60	3.87	103.29	28.00	9.46	22.60	2.85	62.74	3.33	10.07	24.60	8.65	29.20	174.00	10.72	26.60	10.33	68.14	134.00	11.07	28.60	15.00	59.67	368.00	11.55
20.62	4.26	109.85	31.33	9.46	22.62	2.60	73.74	11.33	10.05	24.62	9.52	29.76	188.67	10.72	26.62	10.41	65.81	136.67	11.07	28.62	15.71	63.67	402.00	11.56
20.64	4.67	124.18	30.00	9.46	22.64	2.45	84.19	14.67	10.10	24.64	10.46	27.65	208.00	10.73	26.64	10.05	54.60	247.33	11.06	28.64	16.39	70.23	404.67	11.56
20.66	4.79	131.95	30.00	9.46	22.66	2.39	82.85	16.67	10.10	24.66	11.43	28.32	224.67	10.75	26.66	10.41	55.49	193.33	11.08	28.66	17.09	74.33	406.67	11.56
20.68	4.49	137.51	23.33	9.47	22.68	2.34	72.52	16.67	10.11	24.68	12.46	31.10	243.33	10.75	26.68	10.45	55.94	184.00	11.09	28.68	17.60	74.89	399.33	11.57
20.70	4.28	135.17	19.33	9.47	22.70	2.15	62.74	16.67	10.11	24.70	13.56	34.21	260.00	10.75	26.70	10.39	56.16	175.33	11.09	28.70	16.95	61.35	284.00	11.57
20.72	4.03	134.50	16.00	9.49	22.72	2.03	58.74	14.67	10.12	24.72	14.41	36.54	256.00	10.75	26.72	10.32	57.72	166.67	11.09	28.72	17.33	64.68	265.33	11.57
20.74	3.59	140.39	12.67	9.49	22.74	1.90	66.74	14.67	10.12	24.74	14.82	39.76	265.33	10.75	26.74	10.27	57.83	161.33	11.10	28.74	16.97	72.36	251.33	11.58
20.76	3.17	143.16	10.67	9.50	22.76	1.80	69.41	15.33	10.13	24.76	15.15	44.21	233.33	10.75	26.76	10.44	57.94	162.67	11.11	28.76	16.07	79.47	225.33	11.60
20.78	3.05	125.60	8.00	9.52	22.78	1.76	59.29	14.67	10.13	24.78	15.51	46.31	254.67	10.78	26.78	10.30	56.72	161.33	11.10	28.78	15.36	80.91	206.00	11.59
20.80	3.30	124.71	11.33	9.51	22.80	1.76	55.29	12.67	10.15	24.80	15.87	48.42	276.00	10.79	26.80	10.16	57.94	158.67	11.11	28.80	15.09	73.81	199.33	11.60
20.82	3.72	116.04	14.00	9.53	22.82	1.94	51.07	10.00	10.17	24.82	15.99	58.42	292.67	10.77	26.82	10.03	57.05	158.00	11.11	28.82	14.69	72.25	190.00	11.62
20.84	3.63	101.26	12.00	9.55	22.84	2.52	49.96	7.33	10.15	24.84	16.27	62.08	270.67	10.78	26.84	9.90	56.39	156.67	11.13	28.84	14.51	69.81	189.33	11.62
20.86	3.39	102.71	4.67	9.55	22.86	3.21	50.07	5.33	10.17	24.86	16.44	67.53	258.00	10.77	26.86	9.80	56.05	156.00	11.14	28.86	14.21	68.25	187.33	11.64
20.88	3.16	104.71	1.33	9.55	22.88	3.66	59.29	3.33	10.17	24.88	16.22	72.53	244.67	10.77	26.88	9.65	55.83	155.33	11.14	28.88	14.04	63.14	187.33	11.64
20.90	3.03	85.26		9.58	22.90	4.01	58.29	4.00	10.18	24.90	16.00	77.53	231.33	10.77	26.90	9.55	55.83	154.67	11.14	28.90	14.25	59.47	193.33	11.66
20.92	2.93	77.48	3.33	9.61	22.92	4.16	55.51	2.00	10.20	24.92	15.55	76.40	243.33	10.78	26.92	9.47	55.94	156.00	11.15	28.92	14.51	56.91	204.00	11.69
20.94	2.79	80.36	4.00	9.58	22.94	4.40	50.51	0.67	10.20	24.94	15.31	78.84	258.67	10.78	26.94	9.55	60.39	160.00	11.15	28.94	14.83	54.02	215.33	11.71
20.96	2.61	72.03	5.33	9.61	22.96	4.56	45.84	2.00	10.22	24.96	15.12	76.84	250.67	10.76	26.96	9.88	63.94	170.67	11.16	28.96	15.15	54.02	230.00	11.75
20.98	2.26	67.14	6.67	9.62	22.98	4.58	45.73	0.67	10.22	24.98	15.04	77.94	245.33	10.75	26.98	10.40	67.72	184.00	11.15	28.98	15.30	53.02	239.33	11.77
21.00	1.88	60.91	7.33	9.62	23.00	4.45	46.07	2.00	10.24	25.00	14.82	79.82	250.67	10.77	27.00	10.94	64.94	196.67	11.16	29.00	15.01	50.79	231.33	11.81
21.02	1.59	51.69	7.33	9.64	23.02	4.29	41.40	2.67	10.24	25.02	14.52	74.81	250.00	10.78	27.02	11.32	64.72	206.00	11.16	29.02	14.37	51.35	214.00	11.82
21.04	1.38	37.80	8.00	9.65	23.04	4.09	34.51	2.67	10.24	25.04	14.18	68.47	251.33	10.76	27.04	11.52	68.83	213.33	11.16	29.04	13.86	49.79	196.00	11.83
21.06	1.63	31.70	47.33	9.65	23.06	3.90	33.40	3.33	10.26	25.06	13.24	67.25	236.00	10.78	27.06	11.57	66.16	214.67	11.17	29.06	13.55	48.01	187.33	11.84
21.08	1.69	35.70	42.67	9.65	23.08	3.48	33.73	6.00	10.26	25.08	11.90	67.58	208.00	10.79	27.08	11.68	66.94	218.67	11.18	29.08	13.38	50.23	185.33	11.85
21.10	1.78	42.70	42.00	9.65	23.10	2.94	39.96	6.67	10.26	25.10	10.66	65.46	186.00	10.79	27.10	11.80	68.05	221.33	11.17	29.10	13.22	49.01	182.00	11.86
21.12	1.75	52.48	20.67	9.66	23.12	2.63	46.96	6.00	10.27	25.12	9.54	62.13	166.00	10.80	27.12	11.84	69.94	224.67	11.18	29.12	12.98	49.34	180.00	11.87
21.14	1.81	56.15	10.67	9.67	23.14	2.73	62.74	7.33	10.27	25.14	8.62	59.45	156.00	10.80	27.14	11.82	71.72	225.33	11.19	29.14	12.94	49.34	180.67	11.87
21.16	1.93	52.15	8.67	9.66	23.16	3.10	67.07	6.67	10.26	25.16	8.02	57.79	154.00	10.80	27.16	11.73	68.38	226.00	11.19	29.16	12.94	47.34	182.00	11.89
21.18	2.14	48.71	8.00	9.67	23.18	3.32	56.85	6.00	10.26	25.18	7.69	56.67	154.00	10.78	27.18	11.63	68.27	224.67	11.21	29.18	12.75	46.67	178.67	11.88
21.20	2.35	46.26	8.00	9.69	23.20	3.16	59.96	6.00	10.26	25.20	7.52	55.22	156.67	10.79	27.20	11.38	67.38	218.67	11.22	29.20	12.80	45.45	182.67	11.89
21.22	2.56	41.93	7.33	9.70	23.22	3.08	59.74	6.00	10.27	25.22	7.55	52.54	162.00	10.80	27.22	11.00	68.38	210.00	11.21	29.22	12.83	45.56	184.67	11.90
21.24	2.70	38.38	8.67	9.71	23.24	3.04	63.96	6.00	10.26	25.24	7.70	51.10	168.00	10.80	27.24	10.55	67.38	200.67	11.21	29.24	12.38	39.13	235.33	11.91
21.26	2.63	35.15	7.33	9.70	23.26	3.04	71.96	6.00	10.27	25.26	7.90	49.31	171.33	10.81	27.26	10.08	65.60	188.67	11.23	29.26	12.36	40.58	218.67	11.90
21.28	2.39	25.71	4.00	9.72	23.28	3.20	79.18	6.67	10.29	25.28	8.27	49.20	182.67	10.80	27.28	9.76	64.04	182.67	11.23	29.28	12.40	42.03	204.00	11.91
21.30	2.10	19.93	4.00	9.72	23.30	3.16	80.85	6.00	10.28	25.30	8.84	48.64	197.33	10.80	27.30	9.63	62.60	184.00	11.25	29.30	12.41	41.92	192.67	11.95
21.32	1.97	19.82	4.67	9.71	23.32	2.98	79.29	6.67	10.27	25.32	9.31	44.63	185.33	10.81	27.32	9.58	61.82	184.00	11.25	29.32	12.45	42.92		



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it

P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

@ Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



COMMITTENTE: **Comue di Ferrara**

CANTIERE: **Indagini geonostiche presso area ex-Mof**

CPT N° SCPTU 01

DATA 12-07-18

COMMESSA 18089/18

PROF. FALDA (m da p.c.) 3.30

PREFORO (m da p.c.) 0.50

C. SITO N°: S180489 del 13.07.18

sismocono G1 - CPL2IN

LAT. (WGS 84): 44.835678°

LONG. (WGS 84): 11.609710°

prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.
m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi
30.52	4.44	29.52	105.33	12.14	32.52	1.65	72.20	792.00	12.67	34.52	7.12	86.71	39.33	13.12	36.52	10.52	31.43	152.67	13.79	38.52	8.92	48.18	64.00	14.46
30.54	3.64	36.52	95.33	12.12	32.54	1.67	74.64	794.00	12.67	34.54	7.86	110.71	44.67	13.11	36.54	10.52	29.54	156.67	13.79	38.54	8.83	51.51	62.67	14.45
30.56	3.11	43.74	92.67	12.14	32.56	1.68	76.42	790.00	12.68	34.56	8.41	130.83	49.33	13.12	36.56	10.59	30.21	162.67	13.79	38.56	8.70	53.85	60.00	14.46
30.58	2.48	65.85	88.67	12.16	32.58	1.70	77.09	782.67	12.68	34.58	8.57	146.16	49.33	13.14	36.58	10.66	29.54	170.00	13.81	38.58	8.57	55.29	55.33	14.46
30.60	2.62	84.74	174.00	12.15	32.60	1.71	77.64	769.33	12.69	34.60	8.30	145.83	45.33	13.13	36.60	10.68	27.87	176.67	13.83	38.60	8.46	52.51	52.67	14.46
30.62	3.46	82.40	394.67	12.15	32.62	1.74	78.31	748.67	12.70	34.62	7.84	128.49	40.67	13.14	36.62	10.78	28.31	191.33	13.82	38.62	8.33	51.07	50.00	14.46
30.64	5.34	93.29	402.00	12.14	32.64	1.70	79.65	734.00	12.71	34.64	7.30	96.04	36.67	13.16	36.64	10.81	26.75	196.67	13.83	38.64	8.23	49.18	48.00	14.50
30.66	7.98	120.29	390.67	12.16	32.66	1.69	80.42	716.00	12.71	34.66	7.14	54.82	36.67	13.16	36.66	10.97	25.31	206.67	13.82	38.66	8.23	44.51	48.00	14.47
30.68	12.40	122.96	298.00	12.16	32.68	1.67	80.76	712.00	12.72	34.68	7.10	34.38	38.67	13.17	36.68	11.03	26.42	213.33	13.86	38.68	8.16	40.62	47.33	14.49
30.70	14.67	145.84	218.67	12.16	32.70	1.68	80.53	711.33	12.71	34.70	7.22	36.93	42.00	13.18	36.70	11.20	26.98	225.33	13.89	38.70	8.11	37.51	46.00	14.50
30.72	15.98	157.29	133.33	12.16	32.72	1.65	81.87	699.33	12.72	34.72	7.20	53.37	41.33	13.18	36.72	11.49	24.98	241.33	13.87	38.72	8.22	31.51	44.67	14.49
30.74	16.85	145.17	151.33	12.19	32.74	1.47	63.66	636.67	12.72	34.74	7.09	70.82	40.00	13.18	36.74	11.66	25.97	251.33	13.88	38.74	7.99	38.96	41.33	14.49
30.76	17.14	119.28	174.00	12.20	32.76	1.44	61.99	642.00	12.73	34.76	6.90	87.37	37.33	13.17	36.76	11.90	27.20	267.33	13.87	38.76	7.56	43.07	35.33	14.50
30.78	17.31	96.72	197.33	12.20	32.78	1.41	59.99	650.00	12.74	34.78	6.72	97.04	34.67	13.20	36.78	12.20	27.31	286.67	13.88	38.78	6.99	45.74	26.67	14.50
30.80	17.21	77.61	218.67	12.20	32.80	1.40	59.99	656.00	12.72	34.80	6.44	94.70	32.67	13.18	36.80	12.38	28.97	296.67	13.90	38.80	6.76	44.63	24.00	14.52
30.82	16.81	68.72	239.33	12.19	32.82	1.41	59.55	661.33	12.72	34.82	6.21	77.36	30.67	13.22	36.82	12.60	29.64	310.00	13.89	38.82	6.75	45.52	24.00	14.54
30.84	16.26	50.50	252.67	12.20	32.84	1.40	57.99	672.00	12.74	34.84	6.18	49.14	29.33	13.22	36.84	12.72	29.30	317.33	13.89	38.84	6.73	41.74	20.67	14.57
30.86	15.79	38.16	260.00	12.23	32.86	1.40	57.77	677.33	12.72	34.86	6.23	43.92	30.67	13.22	36.86	12.85	27.64	326.00	13.89	38.86	6.73	46.40	20.67	14.54
30.88	15.19	35.83	267.33	12.23	32.88	1.40	57.22	677.33	12.74	34.88	6.32	60.36	29.33	13.25	36.88	12.86	28.52	324.67	13.90	38.88	7.02	49.40	19.33	14.56
30.90	14.67	34.38	273.33	12.24	32.90	1.41	57.11	674.67	12.75	34.90	6.36	87.48	29.33	13.25	36.90	12.84	28.85	326.00	13.91	38.90	7.60	54.07	23.33	14.54
30.92	14.25	35.83	281.33	12.26	32.92	1.40	56.67	671.33	12.74	34.92	6.38	105.36	28.00	13.25	36.92	12.22	28.07	308.67	13.91	38.92	8.07	59.96	25.33	14.49
30.94	13.39	32.93	268.67	12.25	32.94	1.40	56.67	668.00	12.74	34.94	6.63	121.92	29.33	13.26	36.94	11.38	30.19	274.00	13.92	38.94	8.30	71.18	26.00	14.54
30.96	12.33	29.71	246.67	12.27	32.96	1.39	56.89	666.00	12.75	34.96	6.98	135.70	30.67	13.26	36.96	10.54	32.30	239.33	13.91	38.96	7.95	77.18	22.67	14.58
30.98	11.44	27.71	232.67	12.27	32.98	1.35	56.22	661.33	12.76	34.98	7.47	150.59	34.00	13.26	36.98	10.58	30.18	262.00	13.93	38.98	7.23	76.07	15.33	14.58
31.00	10.55	25.70	218.67	12.28	33.00	1.35	56.56	666.00	12.76	35.00	8.17	159.92	40.67	13.28	37.00	10.23	27.85	254.00	13.94	39.00	6.66	70.07	10.67	14.59
31.02	9.98	23.03	216.67	12.28	33.02	1.33	57.11	673.33	12.76	35.02	8.95	149.14	48.00	13.28	37.02	9.97	29.85	255.33	13.94	39.02	6.37	53.74	8.00	14.60
31.04	9.90	24.47	225.33	12.30	33.04	1.31	57.11	678.00	12.76	35.04	9.80	121.81	56.00	13.29	37.04	9.83	27.85	255.33	13.94	39.04	6.23	43.96	6.67	14.60
31.06	10.05	25.69	240.00	12.31	33.06	1.31	56.22	686.00	12.76	35.06	10.54	104.58	64.00	13.29	37.06	9.70	25.85	255.33	13.94	39.06	6.11	52.40	7.33	14.62
31.08	10.23	20.34	239.33	12.31	33.08	1.30	54.44	689.33	12.78	35.08	10.50	37.58	71.33	13.32	37.08	9.61	26.17	233.33	13.94	39.08	6.63	70.74	12.67	14.58
31.10	10.51	29.12	191.33	12.31	33.10	1.30	53.44	694.67	12.78	35.10	10.71	33.36	74.67	13.31	37.10	9.27	25.51	250.67	13.95	39.10	7.34	93.40	18.67	14.63
31.12	10.42	38.01	122.67	12.34	33.12	1.30	52.56	701.33	12.78	35.12	10.61	31.59	76.67	13.33	37.12	9.30	27.18	233.33	13.94	39.12	8.16	121.62	27.33	14.66
31.14	10.00	42.34	86.67	12.34	33.14	1.29	51.67	707.33	12.78	35.14	10.41	33.81	77.33	13.34	37.14	9.30	29.51	218.67	13.93	39.14	9.25	142.07	34.67	14.63
31.16	9.64	42.12	67.33	12.35	33.16	1.29	50.34	710.67	12.79	35.16	10.33	31.04	79.33	13.35	37.16	9.21	28.95	202.67	13.93	39.16	10.30	161.18	44.67	14.59
31.18	8.59	48.12	50.00	12.35	33.18	1.29	48.56	716.67	12.79	35.18	10.45	29.15	84.67	13.35	37.18	9.18	29.84	191.33	13.94	39.18	11.63	153.84	56.00	14.66
31.20	6.96	43.23	32.67	12.35	33.20	1.29	47.56	725.33	12.79	35.20	10.62	25.93	89.33	13.42	37.20	9.10	29.51	181.33	13.93	39.20	12.46	129.07	64.00	14.68
31.22	5.32	53.45	22.67	12.36	33.22	1.46	45.67	786.00	12.79	35.22	10.68	25.71	95.33	13.43	37.22	8.80	29.18	171.33	13.93	39.22	12.86	86.18	72.00	14.68
31.24	3.91	42.45	14.67	12.37	33.24	2.03	47.56	922.67	12.79	35.24	10.47	28.93	97.33	13.45	37.24	8.03	28.51	148.00	13.94	39.24	13.37	65.39	86.67	14.66
31.26	3.07	51.57	14.00	12.38	33.26	2.70	47.67	428.67	12.80	35.26	10.15	30.37	99.33	13.46	37.26	7.18	27.28	130.00	13.95	39.26	16.69	44.97	182.49	14.67
31.28	2.35	70.57	23.33	12.38	33.28	3.28	53.12	105.33	12.79	35.28	9.80	30.48	99.33	13.46	37.28	6.21	22.28	112.00	13.95	39.28	17.09	43.97	203.66	14.66
31.30	1.66	84.34	281.33	12.39	33.30	3.94	61.57	60.00	12.81	35.30	9.56	29.48	100.67	13.46	37.30	5.20	16.95	97.33	13.97	39.30	17.44	45.08	222.38	14.68
31.32	1.47	77.01	574.67	12.39	33.32	4.95	70.46	56.67	12.81	35.32	9.42													



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

@ Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



COMMITTENTE: **Comue di Ferrara**

CANTIERE: **Indagini geognostiche presso area ex-Mof**

CPT N° SCPTU 01

DATA 12-07-18

COMMESSA 18089/18

PROF. FALDA (m da p.c.) 3.30

PREFORO (m da p.c.) 0.50

C. SITO N°:

3.30

0.50

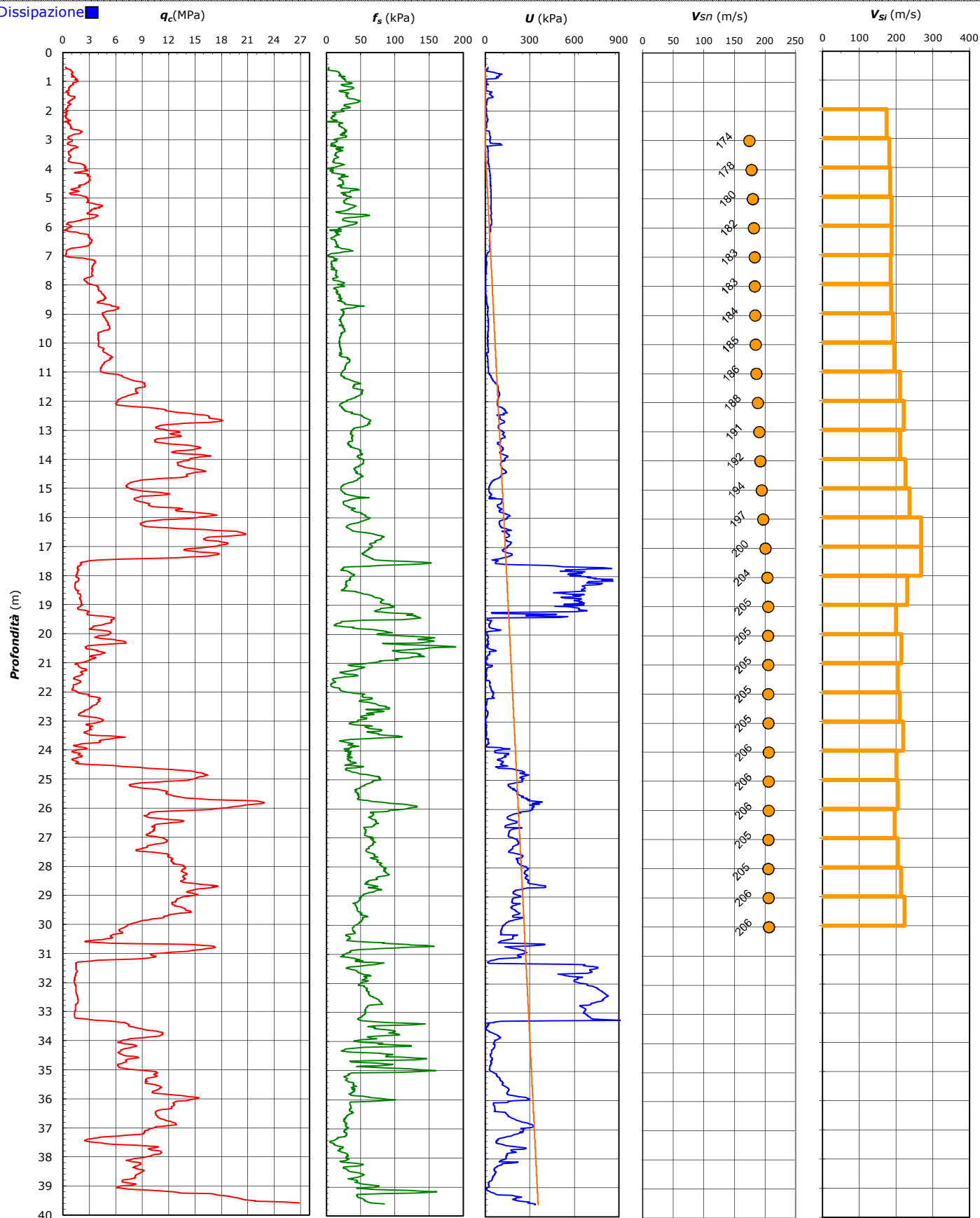
S180489 del 13.07.18

sismocono G1 - CPL2IN

LAT. (WGS 84): 44.835678°

LONG. (WGS 84): 11.609710°

Dissipazione



COMMITTENTE: **Comue di Ferrara**

CANTIERE: **Indagini geognostiche presso area ex-Mof**

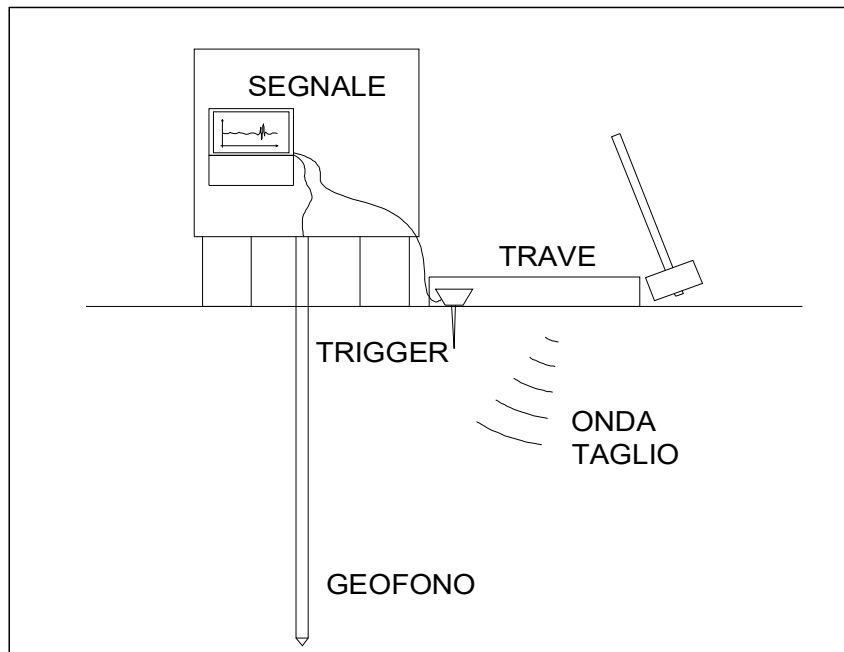
CPT N° SCPTU 01 PROF. FALDA (m da p.c.) 3.30
DATA 12-07-18 PREFORO (m da p.c.) 0.50
COMMESSA 18089/18 C. SITO N°: S180489 del 13.07.18

sismocono G1 - CPL2IN

LAT. (WGS 84): 44.835678°

LONG. (WGS 84): 11.609710°

Prova Down Hole ASTM D 7400



Profondità (m)	Ts (ms)	L (m)	Vsn (m/s)	Vis (m/s)
1.0	-	1.41	-	-
2.0	T0	2.22	-	-
3.0	5.29	3.14	174	174
4.0	10.57	4.10	178	181
5.0	15.86	5.07	180	184
6.0	21.10	6.05	182	187
7.0	26.35	7.04	183	188
8.0	31.69	8.02	183	185
9.0	37.00	9.01	184	186
10.0	42.18	10.00	185	191
11.0	47.28	11.00	186	195
12.0	51.97	11.99	188	211
13.0	56.47	12.98	191	221
14.0	61.16	13.97	192	211
15.0	65.57	14.96	194	225
16.0	69.77	15.96	197	236
17.0	73.48	16.95	200	268
18.0	77.18	17.94	204	268
19.0	81.49	18.93	205	230
20.0	86.46	19.92	205	199
21.0	91.09	20.92	205	214
22.0	95.92	21.91	205	205
23.0	100.65	22.90	205	210
24.0	105.18	23.89	206	219
25.0	110.11	24.88	206	201
26.0	114.94	25.87	206	205
27.0	119.98	26.86	205	197
28.0	124.82	27.85	205	205
29.0	129.45	28.84	206	214
30.0	133.89	29.84	206	223

CATEGORIA SOTTOSUOLO

C

V_{s,30} = 198 m/s

Intervallo di profondità considerato per il calcolo della Vs30: m 2.0 - 30.0

D = Distanza centro trave generatrice onde di taglio - verticale di prova m = 1.00
Profondità = Profondità punta da piano campagna
Ts = Tempo percorrenza onda di taglio
L = Lunghezza percorso onda di taglio
Vs = Velocità onde di taglio da piano campagna alla profondità "n"
Vis = Velocità onde di taglio nello strato di terreno compreso fra le due profondità indicate

COMMITTENTE: **Comue di Ferrara****CANTIERE:** **Indagini geognostiche presso area ex-Mof**

CPT N°	SCPTU 01	PROF. FALDA (m da p.c.)	3.30	sismocono G1 - CPL2IN
DATA	12-07-18	PREFORO (m da p.c.)	0.50	LAT. (WGS 84): 44.835678°
COMMESSA	18089/18	C. SITO N°:	S180489 del 13.07.18	LONG. (WGS 84): 11.609710°

UBICAZIONE

Località: Indagini geognostiche presso area ex-Mof



NOTE: Utilizzato 1 anello allargatore da inizio prova



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

@ Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



COMMITTENTE:

COMUNE DI FERRARA

CANTIERE:

Area "EX MOF" - Via Darsena - Ferrara

PROVA N°: DMT 1 PROF. FALDA (m da p.c.) 3.30
DATA: 13-07-18 PREFORO (m da p.c.): 1.60
COMMESSA: 18089/18 C. SITO N°: S180490 del 18.7.18

OPERATORE: L. Zanirato
LAT. (WGS 84): 44.835290°
LONG. (WGS 84): 11.610017°

PARAMETRI DI PROVA

Delta A = 20 kPa
Delta B = 35 kPa

prof. m	A kPa	B kPa	prof. m	A kPa	B kPa	prof. m	A kPa	B kPa
1.80	200	680	12.80	670	1800	23.80	770	950
2.00	250	540	13.00	710	1900	24.00	860	1200
2.20	250	500	13.20	920	2300	24.20	840	1200
2.40	220	350	13.40	830	2200	24.40	760	940
2.60	180	320	13.60	850	2250	24.60	750	940
2.80	150	280	13.80	950	2350	24.80	770	980
3.00	130	330	14.00	710	1800	25.00	780	1000
3.20	120	410	14.20	600	1600			
3.40	200	320	14.40	740	1900			
3.60	190	280	14.60	570	2000			
3.80	170	270	14.80	1200	2850			
4.00	200	370	15.00	1100	2750			
4.20	140	520	15.20	950	2450			
4.40	160	530	15.40	850	2000			
4.60	190	570	15.60	530	1200			
4.80	180	380	15.80	400	820			
5.00	160	450	16.00	530	630			
5.20	220	600	16.20	540	700			
5.40	220	590	16.40	560	750			
5.60	280	740	16.60	580	800			
5.80	340	890	16.80	600	800			
6.00	240	570	17.00	630	850			
6.20	260	440	17.20	640	890			
6.40	240	680	17.40	680	900			
6.60	260	390	17.60	700	980			
6.80	250	470	17.80	720	940			
7.00	250	670	18.00	700	1050			
7.20	240	650	18.20	720	1050			
7.40	230	570	18.40	700	990			
7.60	240	590	18.60	700	960			
7.80	210	290	18.80	690	940			
8.00	270	840	19.00	670	900			
8.20	290	710	19.20	570	650			
8.40	260	710	19.40	600	710			
8.60	330	920	19.60	700	950			
8.80	440	1200	19.80	800	1150			
9.00	390	940	20.00	790	1200			
9.20	390	960	20.20	730	950			
9.40	350	900	20.40	680	820			
9.60	690	1000	20.60	640	750			
9.80	660	930	20.80	550	640			
10.00	380	850	21.00	540	680			
10.20	350	860	21.20	500	640			
10.40	350	860	21.40	550	690			
10.60	410	750	21.60	700	1600			
10.80	430	1050	21.80	850	1250			
11.00	510	1300	22.00	730	900			
11.20	600	1700	22.20	660	790			
11.40	580	1350	22.40	690	790			
11.60	540	1800	22.60	750	1000			
11.80	690	1750	22.80	780	1050			
12.00	880	2150	23.00	790	1100			
12.20	800	1900	23.20	800	1150			
12.40	870	2200	23.40	710	950			
12.60	540	1800	23.60	690	860			

COMMITTENTE:
COMUNE DI FERRARA
CANTIERE:
Area "EX MOF" - Via Darsena - Ferrara

PROVA N°:

DMT 1

PROF. FALDA (m da p.c.)

3.30

OPERATORE:

L. Zanirato

DATA:

13-07-18

PREFORO (m da p.c.):

1.60

LAT. (WGS 84):

44.835290°

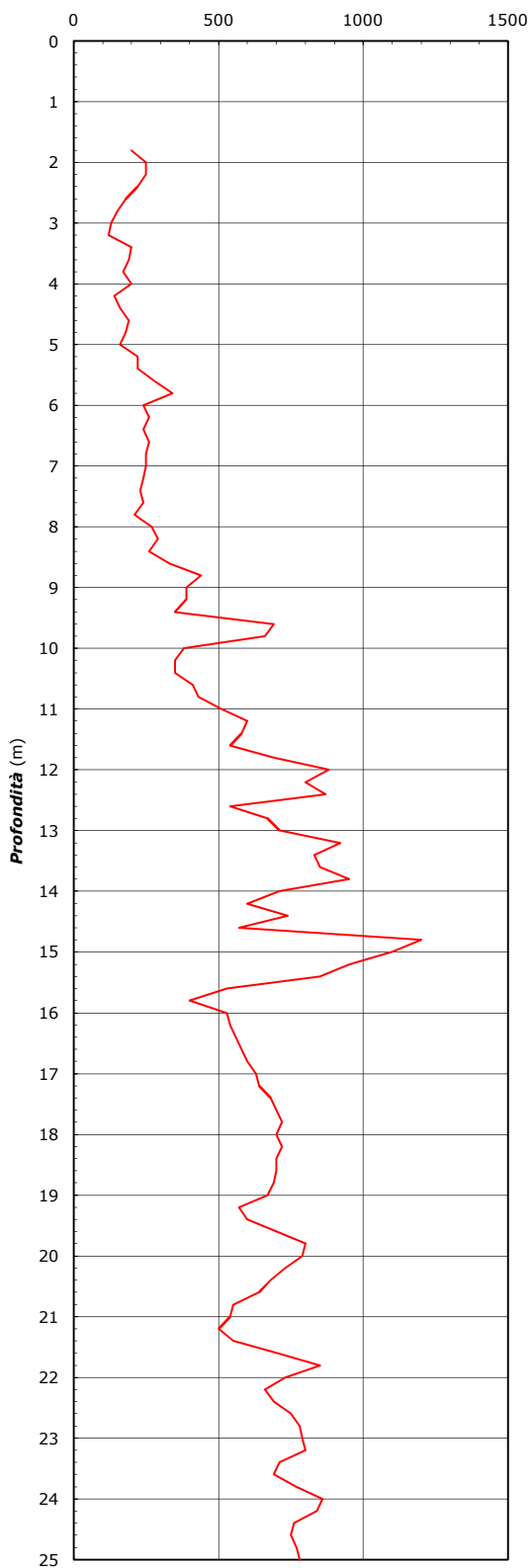
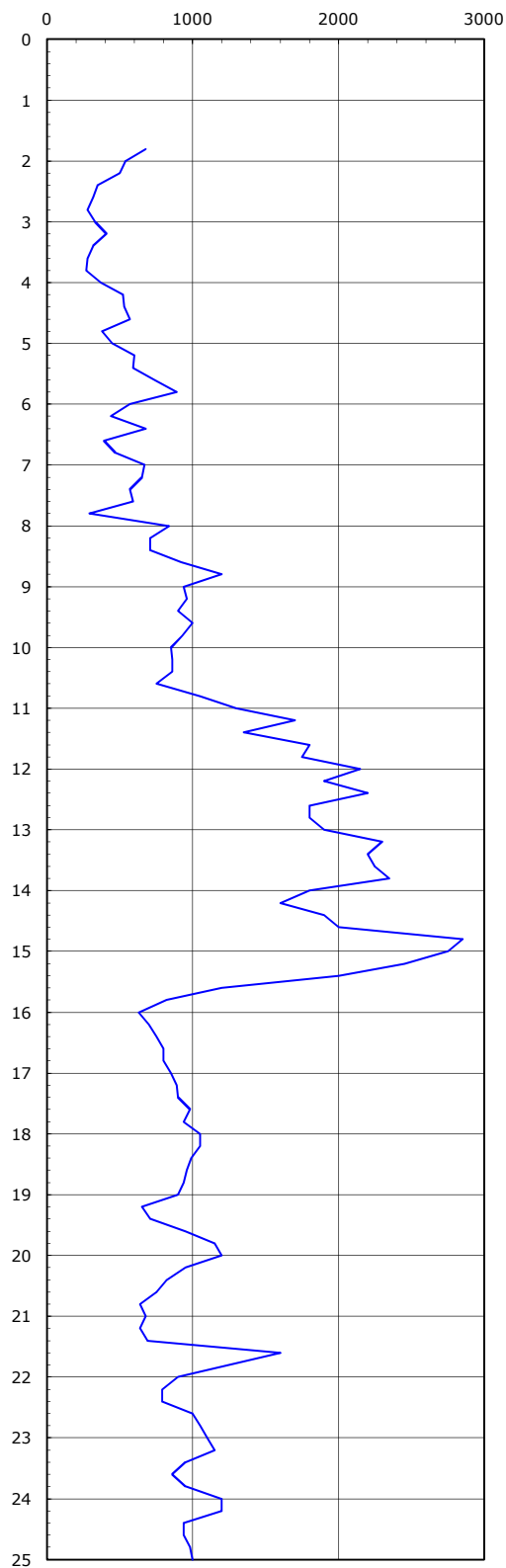
COMMESSA:

18089/18

C. SITO N°: S180490 del 18.7.18

LONG. (WGS 84):

11.610017°

Parametro A (kPa)

Parametro B (kPa)


COMMITTENTE:
COMUNE DI FERRARA
CANTIERE:
Area "EX MOF" - Via Darsena - Ferrara

PROVA N°:

DMT 1

PROF. FALDA (m da p.c.)

3.30

OPERATORE:

L. Zanirato

DATA:

13-07-18

PREFORO (m da p.c.):

1.60

LAT. (WGS 84):

44.835290°

COMMESSA:

18089/18

C. SITO N°: S180490 del 18.7.18

LONG. (WGS 84):

11.610017°

UBICAZIONE

Località: Area "EX MOF" - Via Darsena - Ferrara



NOTE: Utilizzato 1 anello allargatore da inizio prova

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE.....	3
2.2. LEGISLAZIONE REGIONALE DI RIFERIMENTO	5
2.3. NORMATIVA EUROPEA ED INTERNAZIONALE	5
2.4. RACCOMANDAZIONI	6
3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	6
4. INDAGINI GEOTECNICHE DI RIFERIMENTO	7
5. PARAMETRI SISMICI	8
5.1. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	8
5.2. CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	8
5.3. PERIODO DI RIFERIMENTO	8
6. STRATIGRAFIA.....	8
7. RISULTATI DELLE PROVE IN SITO.....	10
7.1. PROVE PENETROMETRICHE STATICHE - CPTU	10
7.2. PROVE DILATOMETRICHE	14
7.3. CARATTERIZZAZIONE FORMAZIONI GRANULARI	17
7.3.1. PROPRIETÀ MECCANICHE.....	17
7.3.2. PROPRIETÀ DEFORMATIVE	18
7.4. CARATTERIZZAZIONE FORMAZIONI COESIVE	19
7.4.1. PROPRIETÀ MECCANICHE.....	19
7.4.2. PROPRIETÀ DEFORMATIVE	20
8. MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO	22
9. CRITERI GENERALI DI VERIFICA	23
9.1. CRITERI DI CALCOLO DELLE FONDAZIONI SU PALI	23
9.1.1. RESISTENZA PALI SOGGETTI A CARICHI ASSIALI	24
9.1.2. RESISTENZA PALI SOGGETTI A CARICHI TRASVERSALI	26
9.1.3. VERIFICA AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO.....	27
9.2. CRITERI DI VERIFICA FONDAZIONI SUPERFICIALI	28
9.2.1. Calcolo capacità portante verticale.....	29
9.2.2. Verifica a scorrimento platea di fondazione	30
9.3. CRITERI DI PROGETTAZIONE IN ZONA SISMICA	31
10. DIMENSIONAMENTO DEI PLINTI SU PALI	34
10.1. PLINTO PL1.....	37
10.1.1. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E CARICHI AGENTI	37
10.1.2. Risultati SLE	38
10.1.3. Risultati SLU-SLV	38
10.2. PLINTO PL2.....	40
10.2.1. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E CARICHI AGENTI	40
10.2.2. Risultati SLE	41
10.2.3. Risultati SLU-SLV	42
10.3. PLATEA PT1.....	44
10.3.1. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E CARICHI AGENTI	44
10.3.2. Risultati SLE	45
10.3.3. Risultati SLU-SLV	46

10.4.	PLATEA PT2.....	49
10.4.1.	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E CARICHI AGENTI	49
10.4.2.	Risultati SLE	50
10.4.3.	Risultati SLU-SLV	50
11.	PALI DI FONDAZIONE – VERIFICHE GEOTECNICHE	53
11.1.	CALCOLO CAPACITA' PORTANTE VERTICALE PALO Ø620 - L= 14.00 M	53
11.1.1.	Condizioni statiche.....	53
11.1.1.	Condizione sismica	54
11.2.	CALCOLO CAPACITA' PORTANTE VERTICALE PALO Ø620 - L= 14.50 M	55
11.2.1.	Condizioni statiche.....	55
11.2.2.	Condizione sismica	56
11.3.	CALCOLO CAPACITA' PORTANTE ORIZZONTALE	58
11.4.	TABELLA DI SINTESI RESISTENZE E AZIONI DI PROGETTO	61
12.	PALI DI FONDAZIONE - VERIFICHE STRUTTURALI	62
12.1.	VERIFICA ARMATURA PALO 620 TIPO A	62
12.1.1.	Verifiche SLU	62
12.1.1.	Verifiche SLE – Fessurazione e limiti tensionali	64
12.2.	VERIFICA ARMATURA PALO 620 TIPO B	65
12.2.1.	Verifiche SLU	65
12.2.2.	Verifiche SLE – Fessurazione e limiti tensionali	67
13.	PLATEA ≠ 300 MM – VERIFICHE GEOTECNICHE	68
13.1.	VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE E DI SCORRIMENTO	69
13.2.	STIMA DEI CEDIMENTI – SLE.....	73

1. INTRODUZIONE

Il presente documento è redatto nell'ambito della progettazione di un nuovo parcheggio multipiano nell'area della Darsena di San Paolo, ex MOF e MEIS. Tale edificio occupa un'area di circa 5700 mq, comprensivi di un'area commerciale all'interno della quale è previsto l'insediamento di attività ricettive e di servizi, ancora da definire.



Figura 1 - Vista aerea dell'ubicazione dell'area di intervento.

Il documento riporta:

- inquadramento geologico geomorfologico dell'area;
- descrizione campagna di indagini geognostiche effettuate nell'area di intervento per la caratterizzazione geotecnica e sismica del terreno;
- rielaborazione risultati delle indagini e definizione del modello geotecnico di riferimento;
- verifiche geotecniche opere di fondazione.

Per quanto riguarda la caratterizzazione delle zone d'interesse si fa riferimento ai risultati della campagna di indagini effettuate nel Luglio 2018 dalla ditta Elletipi SRL di Ferrara.

L'area di imposta della nuova struttura è caratterizzata in affioramento da un orizzonte limo argilloso poco addensato che oltre ad essere contraddistinto da mediocri caratteristiche meccaniche potrebbe essere soggetto a cedimenti se sottoposto a sovraccarichi. Tale banco coesivo presenta uno spessore di circa 4 metri ed insiste al di sopra di uno strato di sabbia limosa sciolta che presenta un modesto rischio di liquefazione. Al di sotto di tale orizzonte è presente uno strato di sabbia con buone caratteristiche meccaniche a cui segue un banco di argilla dello spessore di circa 7 metri caratterizzato da mediocri caratteristiche geotecniche. A partire dalla profondità di circa 25 m da p.c. è poi presente uno strato di sabbia limosa mediamente addensato. All'interno di questo livello è poi presente un orizzonte coesivo molto compressibile dello spessore di circa 2 m alla profondità di -31 m da p.c.

La falda è stata riscontrata ad una profondità di circa -3.30m da piano campagna.

La stratigrafia investigata suggerisce quindi l'adozione di una soluzione fondazionale di tipo profondo ovvero di plinti su pali FDP ϕ 620 mm con funzione di trasferimento del carico allo strato di sabbia presente a circa 12 m dall'attuale piano campagna.

L'adozione di tale soluzione consente di identificare i seguenti vantaggi:

- Trasferimento dei carichi all'orizzonte delle sabbie svincolando quindi le strutture del nuovo fabbricato dalle eventuali conseguenze dei cedimenti degli orizzonti superficiali;
- Maggiore uniformità dei cedimenti tra le aree meno caricate e quelle maggiormente sollecitate;
- Possibilità di realizzare in futuro un ulteriore piano da adibire a parcheggio.

L'intera area di interesse è attualmente caratterizzata dalla presenza superficiale del pacchetto stradale avente spessore variabile da 60 cm.

L'area oggetto di studio è individuata dalle seguenti coordinate geografiche (gradi decimali):

Latitudine: 44.83°

Longitudine: 11.61°

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I criteri di progettazione, dimensionamento e verifica sono conformi alle seguenti direttive:

2.1. LEGGI, DECRETI E CIRCOLARI

- [1] D.M. 17 gennaio 2018 "Norme Tecniche per le costruzioni.

Circa le indicazioni applicative considerate per l'ottenimento dei requisiti prestazionali prescritti nel DM del 17/01/2018, ci si è riferiti, quando non direttamente alle indicazioni delle Norme Tecniche stesse, a normative di comprovata validità, quali le seguenti:

- [1] D.M. LL. PP. 11.3.1988 – "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- [2] Circ. Min. LL. PP. 24.9.88 – "Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- [3] Ordinanza P.C.M. del 20 marzo 2003 n°3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica".
- [4] Ordinanza P.C.M. n°3431 03 maggio 2005 "Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica»".
- [5] D.M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le costruzioni".
- [6] D.M. 6 maggio 2008 "Integrazione al decreto 14 gennaio 2008 di approvazione delle nuove «Norme tecniche per le costruzioni» (Gazzetta ufficiale 02/07/2008 n. 153)".
- [7] CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 "Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27)".

2.2. LEGISLAZIONE REGIONALE DI RIFERIMENTO

- [1] Delibera della giunta della Regione Emilia-Romagna del 21 luglio 2003 con oggetto: Prime disposizioni di attuazione dell'OPCM n. 3274/2003 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", con particolare riferimento all'allegato A, "Classificazione sismica dei comuni dell'Emilia Romagna";
- [2] "Considerazioni relative ad aspetti di classificazione sismica" Prot. N 21411 del 17 luglio 2003.
- [3] Delibera dell'Assemblea legislativa della Regione Emilia-Romagna progr. N. 112 – Oggetto n.3121 del 2 maggio 2007 "Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".
- [4] Delibera della giunta della Regione Emilia-Romagna del 21 dicembre 2015 n. 2193 "Approvazione Aggiornamento Dell'atto Di Coordinamento Tecnico Denominato "Indirizzi Per Gli Studi Di Microzonazione Sismica In Emilia-Romagna Per La Pianificazione Territoriale E Urbanistica", Di Cui Alla Deliberazione Dell'assemblea Legislativa 2 Maggio 2007, N. 112.

2.3. NORMATIVA EUROPEA ED INTERNAZIONALE

- [1] Eurocodice 7 – UNI ENV 1997 - "Progettazione geotecnica".
- [2] Eurocodice 8 – UNI ENV 1998-5 - "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici".

2.4. RACCOMANDAZIONI

- [1] Associazione Geotecnica Italiana (1977) "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche".
- [2] Associazione Geotecnica Italiana (1984) "Raccomandazioni sui pali di fondazione".

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

(NTC08 Tab. 4.1.1)		classe di resistenza	C25/30	
		resistenza cubica caratteristica a compressione	R_{ck}	30.00 MPa
		peso specifico	ρ	25.00 kN/mc
		classe d'esposizione	XC2	
(NTC08 §11.2.10.5)		coeff. espansione termica lineare	α	1x10⁻⁵ °C⁻¹
(NTC08 §11.2.10.4)		coeff. di Poisson	ν_{fess}	0.00
			ν_{non fess}	0.20
(NTC08 §11.2.10.3)		modulo elastico secante	E_{cm}	31476 MPa
(NTC08 §11.2.10.1)		resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f_{ck}	25.00 MPa
(NTC08 §11.2.10.1)		resistenza cilindrica media a compressione	f_{cm}	33.00 MPa
(NTC08 §4.1.2.1.1.1)		coeff. parziale per resistenze SLU	γ_c	1.50
(NTC08 §4.1.2.1.1.1)		coeff. riduttivo per resistenze di lunga durata	α_{cc}	0.85
(NTC08 §11.2.10.2)		resistenza media a trazione assiale	f_{ctm}	2.56 MPa
(NTC08 §11.2.10.2)		resistenza media a trazione per flessione	f_{ctm}	3.08 MPa
(NTC08 §11.2.10.2)		resistenza caratteristica a trazione frattile 5%	f_{ctk,0.05}	1.80 MPa
(NTC08 §11.2.10.2)		resistenza caratteristica a trazione frattile 95%	f_{ctk,0.95}	3.33 MPa
(NTC08 §4.1.2.1.1.1)		resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	14.17 MPa
(NTC08 §4.1.2.1.1.1)		resistenza di calcolo a compressione per spessori < 5cm	f_{cd,sp<5}	11.33 MPa
(NTC08 §4.1.2.1.1.2)		resistenza di calcolo a trazione	f_{ctd}	1.20 MPa
(NTC08 §4.1.2.1.1.2)		resistenza di calcolo a trazione per spessori < 5cm	f_{ctd,sp<5}	0.96 MPa
(NTC08 §4.1.2.2.5.1)		tensione ammissibile per combinazione caratteristica (rara)	σ_{c,rara}	15.00 MPa
(NTC08 §4.1.2.2.5.1)		tensione ammissibile per combinazione caratteristica (rara) per spessori < 5cm	σ_{c,rara,sp<5}	12.00 MPa
(NTC08 §4.1.2.2.5.1)		tensione ammissibile per combinazione quasi permanente	σ_{c,q.p.}	11.25 MPa
(NTC08 §4.1.2.2.5.1)		tensione ammissibile per combinazione quasi permanente per spessori < 5cm	σ_{c,q.p.,sp<5}	9.00 MPa
(NTC08 §4.1.2.1.1.4)		resistenza tangenziale caratteristica di aderenza per barre Ø≤32	f_{bk}	4.04 MPa
(NTC08 §4.1.2.1.1.4)		resistenza tangenziale di calcolo di aderenza per barre Ø≤32	f_{bd}	2.69 MPa

(NTC08 §11.3.2.1)		tipo	B450C	
(NTC08 §4.1.2.1.1.3)		coeff. parziale per le resistenze SLU	γ_M	1.15
(NTC08 §11.3.2.1)		resistenza caratteristica a snervamento	f_{yk}	450.00 MPa
(NTC08 §11.3.2.1)		resistenza caratteristica a rottura	f_{tk}	540.00 MPa
(NTC08 §11.3.2.1)		rapporto (f _t / f _y) _k	1,15 ≤ (f_t / f_y)_k	≤ 1,35
(NTC08 §11.3.2.1)		rapporto (f _y / f _{y,nom}) _k	(f_y / f_{y,nom})_k	≤ 1,25
(NTC08 §11.3.2.1)		allungamento (A _{gt}) _k	(A_{gt})_k	≥ 7,50 %
(NTC08 §4.1.2.1.1.3)		resistenza di calcolo	f_{yd}	391.30 MPa
(NTC08 §4.1.2.2.5.2)		tensione per combinazione caratteristica (rara)	σ_{s,rara}	360.00 MPa

4. INDAGINI GEOTECNICHE DI RIFERIMENTO

Per la modellazione geotecnica si fa riferimento ai risultati delle indagini riportati nella Relazione Geologica redatta nell'ambito del progetto esecutivo. In particolare, si dispongono delle risultanze delle prove condotte nel mese di luglio 2018.

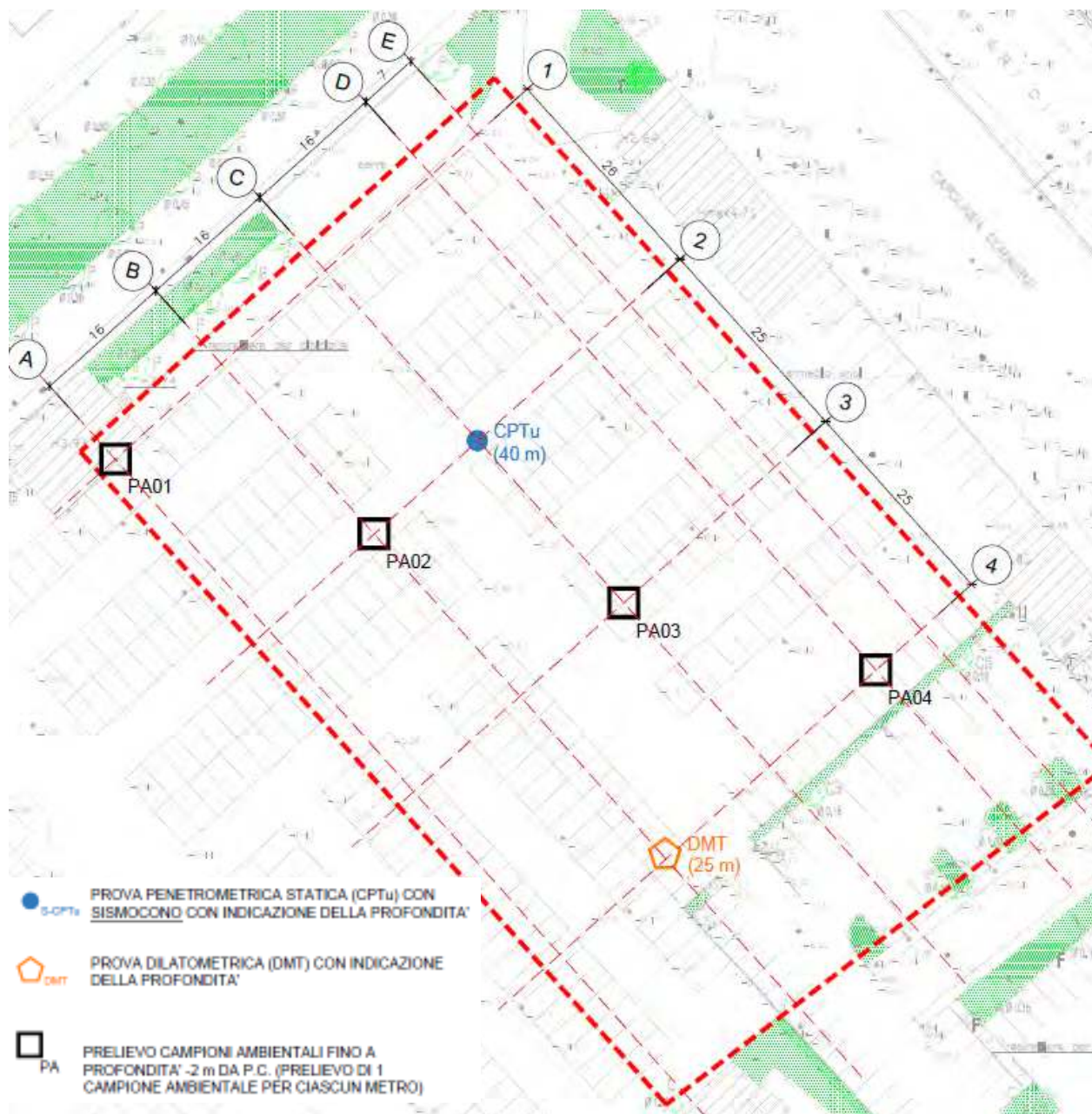


Figura 2 Ubicazione indagini di riferimento.

Complessivamente la campagna di indagine è consistita nell'esecuzione di:

- N° 1 prove penetrometriche statica CPTu con sismocono fino alla profondità di 40 m;
- N° 1 prova dilatometrica DMT fino alla profondità di 25 m;
- N° 4 scavi localizzati per il prelievo di campioni ambientali;

5. PARAMETRI SISMICI

5.1. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

La misura diretta delle velocità delle onde di taglio con piezocono sismico ha consentito di ottenere un parametro di $V_{s,30}$ pari a **198 m/sec** calcolato a partire da piano campagna.

Il valore di V_s è così determinato:

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

Coerentemente con quanto riportato nella relazione geologica e sismica si assume per il dimensionamento della paratia una categoria di sottosuolo tipo **"C"**.

A tale classe appartengono i "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Anmassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

5.2. CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Si assume una categoria topografica T1: "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$ ".

5.3. PERIODO DI RIFERIMENTO

Coerentemente con quanto riportato nella relazione di calcolo strutturale delle opere, per la determinazione delle azioni sismiche si assume una Vita Nominale $V_N = 50$ anni e una classe d'uso dell'edificio II; il periodo di riferimento per l'azione sismica vale:

$$V_R = 50 \times 1 = 50 \text{ anni.}$$

6. STRATIGRAFIA

Per la ricostruzione del profilo litostratigrafico si è fatto riferimento alla prova DMT e ai risultati delle prove penetrometrica CPTU spinta fino ad una profondità di 40 m.

Partendo da piano campagna si riscontrano le seguenti unità litostratigrafiche:

Livello	Quota da rif. (m)	Spessore (m)	Descrizione
A	Da 0 a -5	5.00	Limi argillosi
B	Da -5 a -10	5.0	Sabbia e limo
C	Da -10.0 a -11.5	1.50	Sabbia limosa
D	Da -11.50 a -16.8	5.30	Sabbia
E	Da -16.8 a -25.0	7.00	Argilla limosa
F	Da -25.0 a -31	6.00	Sabbia limosa
G	Da -31.0 a -33	2.00	Argilla
H	Da -33 a -40	7.00	Sabbia limosa

I paragrafi che seguono riportano la documentazione fotografica relativa alle cassette catalogatrici e i diagrammi di resistenza q_c e f_s misurati nel corso delle prove penetrometriche CPTU.

7. RISULTATI DELLE PROVE IN SITO

7.1. PROVE PENETROMETRICHE STATICHE - CPTU

La figura seguente riporta i risultati della prova penetrometrica statica CPTU spinta fino a -40 m da piano campagna, mediante l'impiego di penetrometro statico CPTU.

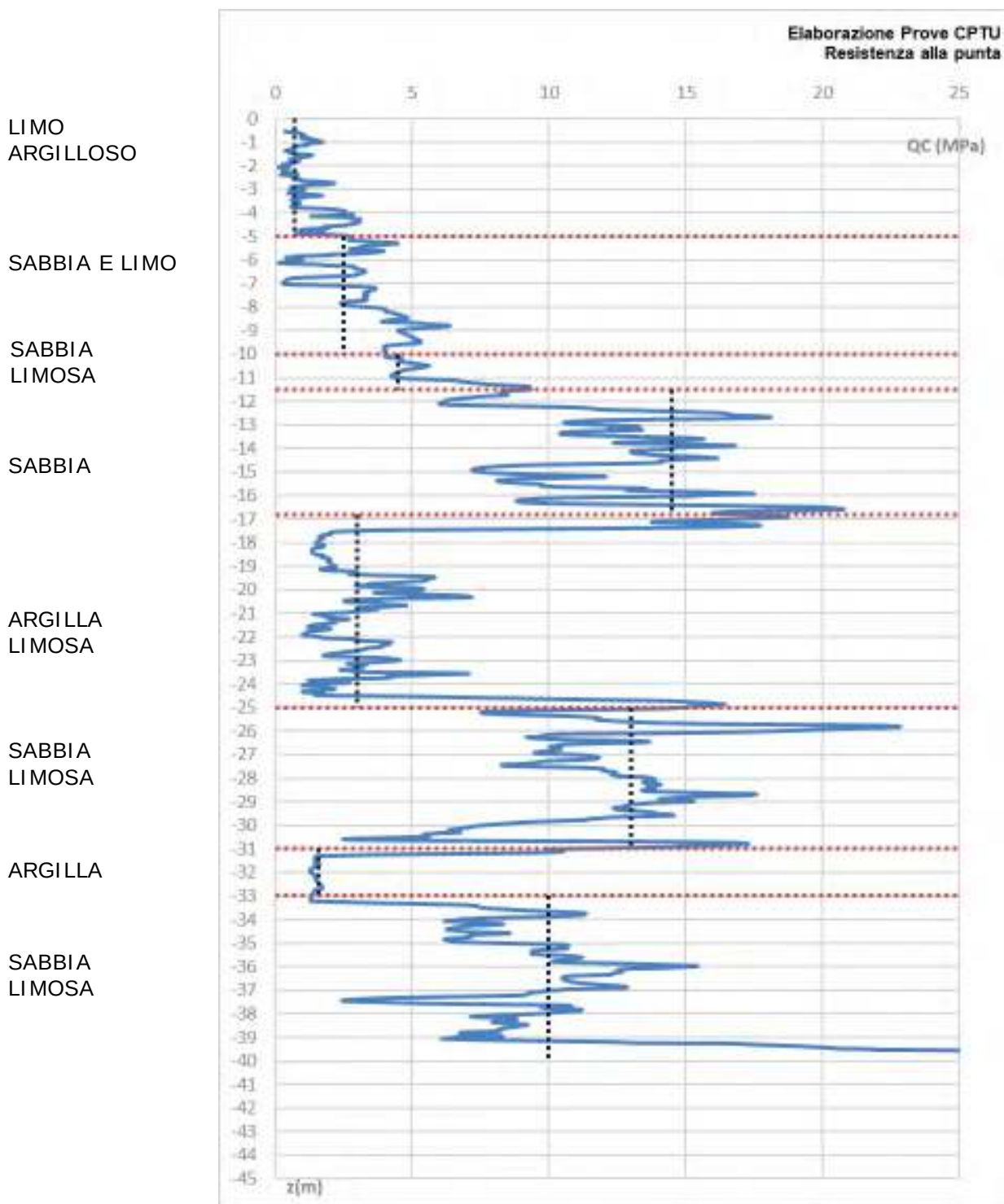


Figura 3. Risultati della prova penetrometrica statica CPTU.

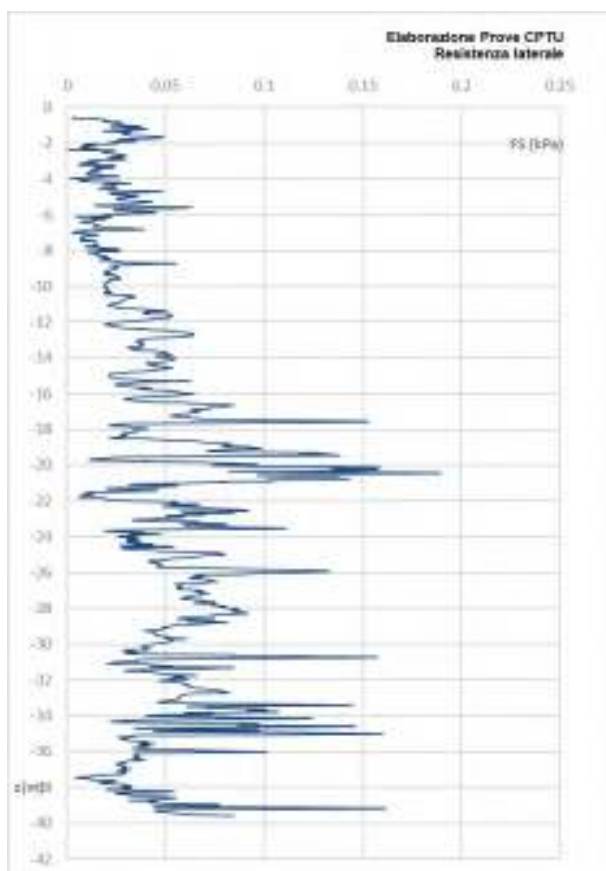


Figura 4. Resistenza laterale CPTU.

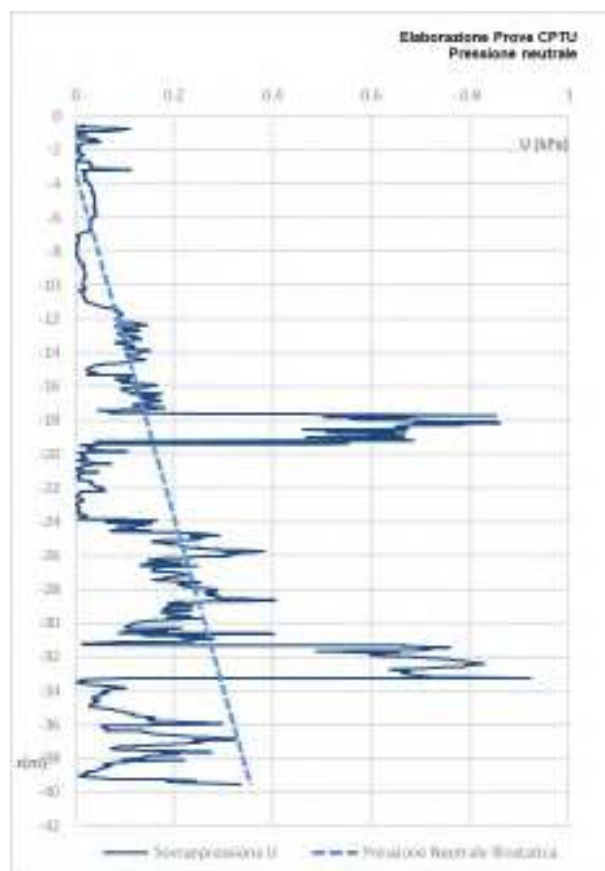


Figura 5. Pressione neutrale CPTU.

La prova penetrometrica è stata rielaborata secondo il metodo Robertson (1990), ricostruendo il diagramma logaritmico avente in ascissa il rapporto d'attrito normalizzato adimensionale F e in ordinata la resistenza di punta normalizzata adimensionale Q :

$$F = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}} \quad Q = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}}$$

dove:

q_c : resistenza di punta del penetrometro;

f_s : resistenza d'attrito laterale.

Il diagramma è diviso in 9 zone, a cui corrispondono altrettante classi di terreno.

Dal parametro I_C è possibile ricavare, in funzione della profondità, la classe di appartenenza del terreno e, di conseguenza, stabilire la natura coesiva o granulare dei vari orizzonti litostratigrafici.

Zona	Indice I_C del terreno	Descrizione
------	--------------------------	-------------

1	$\sqrt{(\log F + 1)^2 + \log(Q + 0.28)^2} = 1.28$	Terreni sensitivi
2	$I_c > 3.60$	Terreni organici - torbe
3	$2.95 < I_c < 3.60$	Argille - argille limose
4	$2.60 < I_c < 2.95$	Limi argillosi - argille limose
5	$2.05 < I_c < 2.60$	Sabbie limose - limi sabbiosi
6	$1.31 < I_c < 2.05$	Sabbie - sabbie limose
7	$I_c < 1.31$	Sabbie - sabbie con ghiaia
8	$\log Q = 2 \log^2 F - 4 \log F + 3.72$	Sabbie cementate - sabbie argillose (fortemente sovraconsolidate o cementate)
9	$\log Q = 2 \log^2 F - 4 \log F + 3.72$	Terreni a grana fine (fortemente sovraconsolidati o cementati)

Figura 6. Classificazione di Robertson.

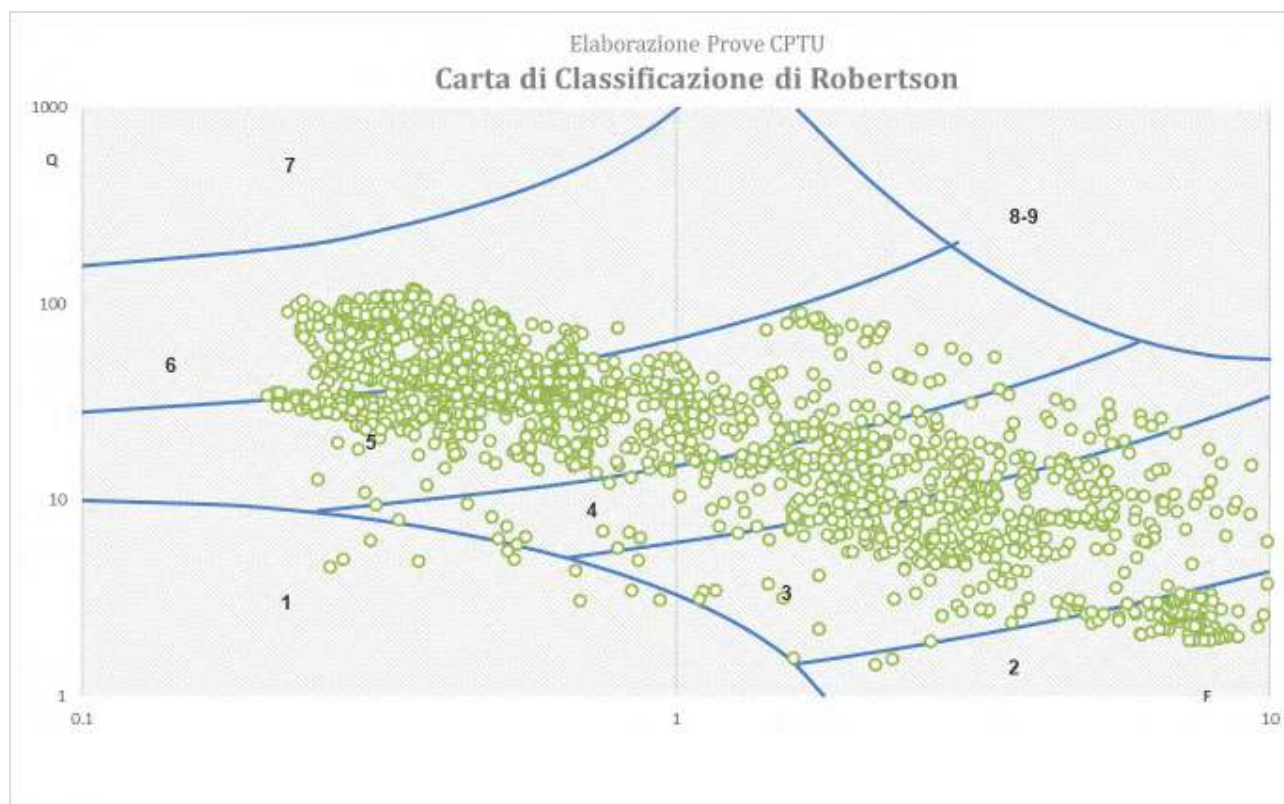


Figura 7. Carta di Classificazione di Robertson.

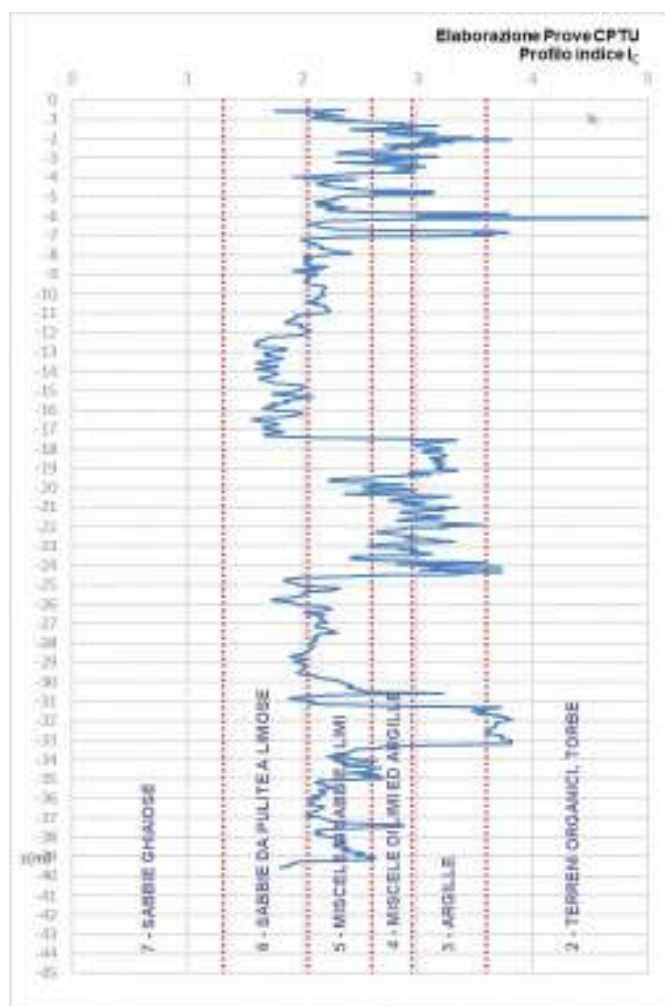


Figura 8. Parametro I_c diagrammato in funzione della profondità e della prova CPTU.

Dalla rielaborazione dei risultati delle prove penetrometriche CPTU e dalla loro interpretazione mediante la carta di Robertson, si evince una stratigrafia coerente con quella rilevata dal sondaggio S1 ovvero alternanze di orizzonti coesivi che passano da limi sabbioso-argillosi ad argille limose fino ad una profondità di 25.00 m da piano campagna. Di seguito, per le varie formazioni, si riporta il valore medio della resistenza q_c ricavata nel corso delle prove.

Strato A $\Rightarrow q_{c,media} = 0.6 \div 0.8$ MPa (Limo argilloso)

Strato B $\Rightarrow q_{c,media} = 2.4 \div 2.6$ MPa (Sabbia e limo)

Strato C $\Rightarrow q_{c,media} = 3.9 \div 5.0$ MPa (Sabbia limosa)

Strato D $\Rightarrow q_{c,media} = 10.0 \div 18.0$ MPa (Sabbia)

Strato E $\Rightarrow q_{c,media} = 2.5 \div 4.5$ MPa (Argilla limosa)

Strato F $\Rightarrow q_{c,media} = 10.0 \div 15.0$ MPa (Sabbia limosa)

Strato G $\Rightarrow q_{c,media} = 1.5 \div 1.6$ MPa (Argilla)

Strato H $\Rightarrow q_{c,media} = 7.0 \div 11.0$ MPa (Sabbia limosa)

Nei paragrafi che seguono vengono riportate le correlazioni utilizzate per la definizione dei parametri di resistenza meccanica e dei parametri di deformabilità del terreno a partire dalla resistenza q_c .

7.2. PROVE DI LATOMETRICHE

La prova dilatometrica DMT, introdotta originariamente da Marchetti (1980), consiste nell'espansione in direzione orizzontale di una membrana metallica fissata su di un lato di una lama d'acciaio, avente il bordo inferiore affilato (dilatometro piatto). Il dilatometro piatto viene fatto avanzare nel terreno agendo su una batteria di aste. La membrana, raggiunta la posizione di prova, viene fatta espandere immettendo gas nel circuito. Vengono quindi misurati i valori di pressione necessari per ottenere due predefiniti livelli di espansione:

A pressione necessaria per controbilanciare gli sforzi litostatici determinando il distacco della membrana dal supporto (pressione di distacco o lift-off);

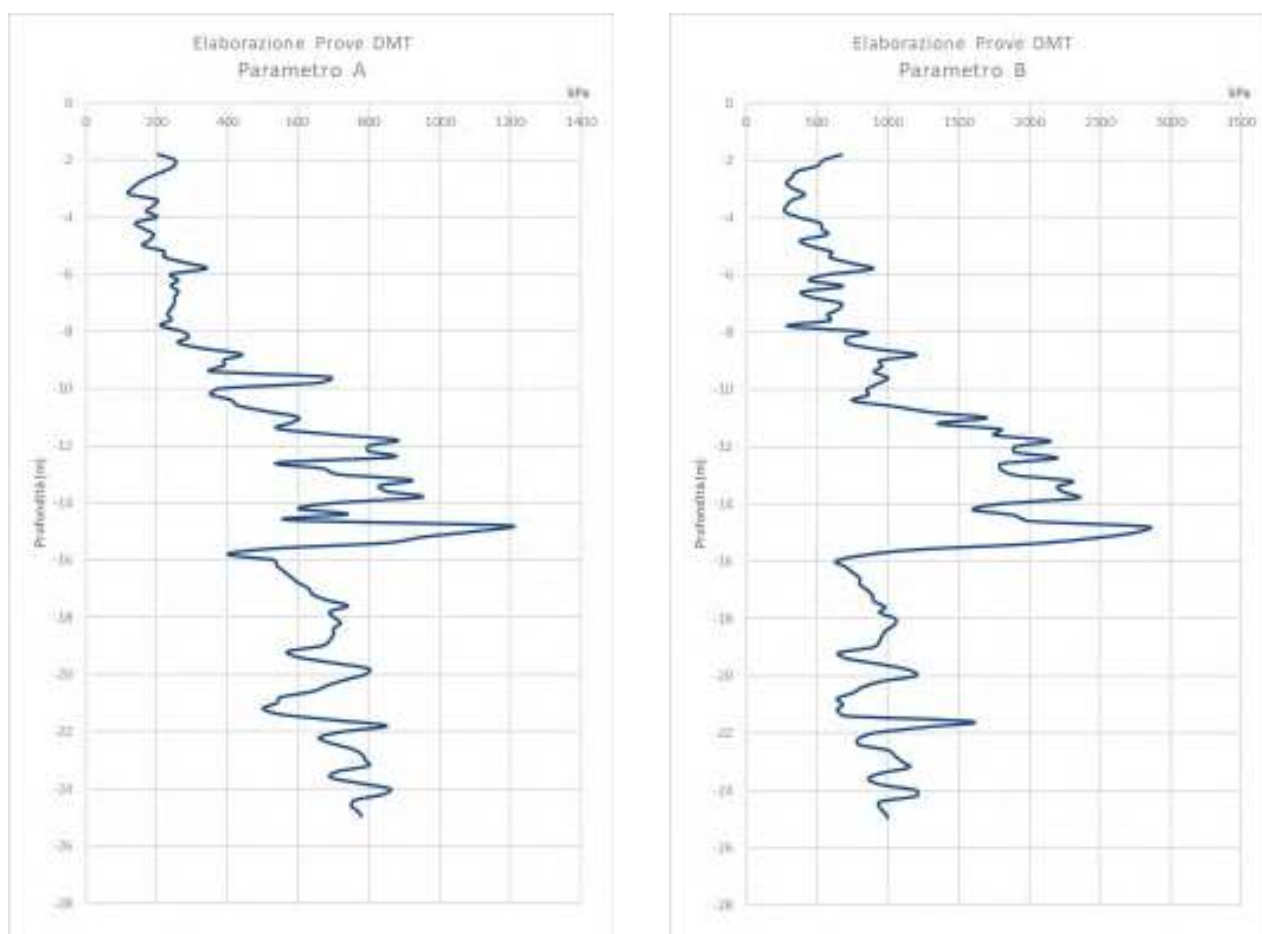
B pressione necessaria per espandere di 1,1 mm il centro della membrana.

Dai valori di A e B si ottengono i valori di pressione caratteristici di prova: p_0 e p_1 .

La procedura tipica di elaborazione della prova dilatometrica prevede di determinare in primo luogo tre "parametri indice" di seguito riportati:

$$I_D = \frac{(p_1 - p_0)}{(p_0 - u_0)} \quad \text{Indice di materiale}$$
$$K_D = \frac{(p_0 - u_0)}{(\sigma'_{v0})} \quad \text{Indice di spinta orizzontale}$$
$$E_D = 34.7(p_1 - p_0) \quad \text{Modulo dilatometrico}$$

La figura seguente riporta i risultati della prova dilatometrica DMT spinta fino a -25 m da piano campagna.



Si riporta quindi la classificazione litostratigrafica del terreno sulla base dell'indice dilatometrico (I_d) ricavato dalla prova dilatometrica DMT1 tramite i parametri A e B.

Argilla	$I_d \leq 0.6$
Limo	$0.6 \leq I_d \leq 1.2$
Limo sabbioso	$1.2 \leq I_d \leq 1.8$
sabbia	$I_d \geq 1.8$

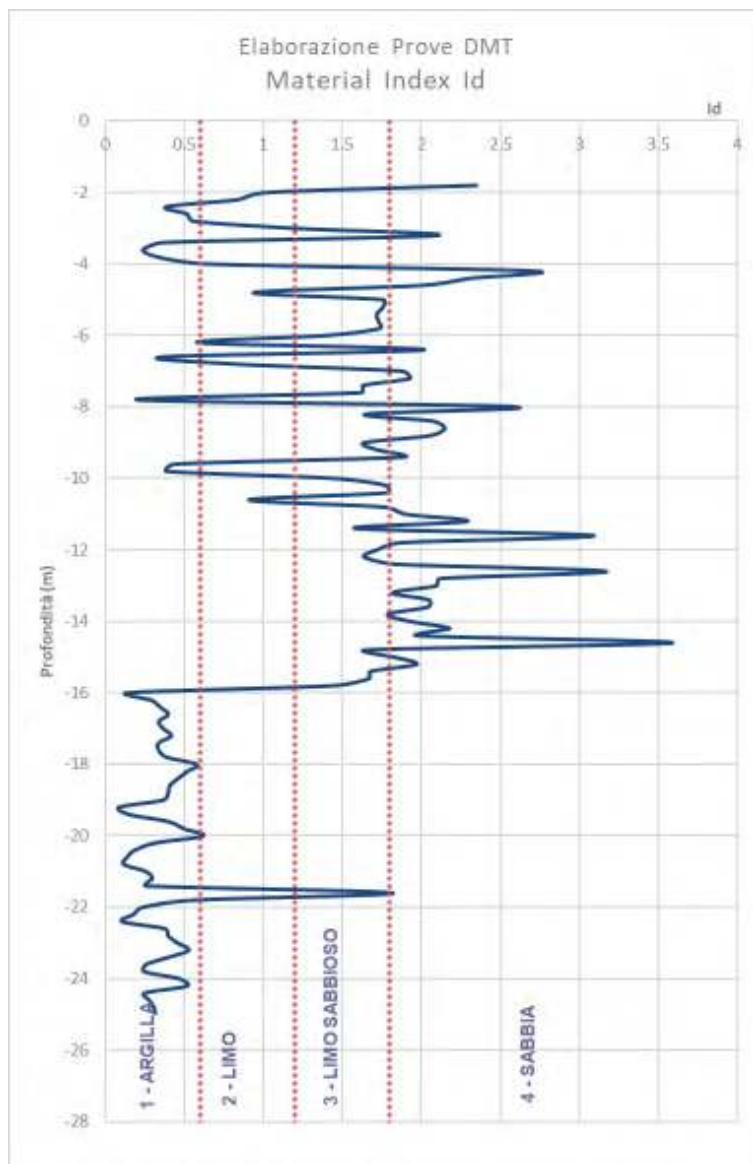


Figura 9. Parametro I_d diagrammato in funzione della profondità (prove DMT).

Le formule base per l'elaborazione dei dati DMT e le principali correlazioni sono riassunte nella seguente tabella.

SIMBOLO	DESCRIZIONE	FORMULE BASE DI ELABORAZIONE DMT	
p_0	Prima Lettura Corretta	$p_0 = 1.05 (A - Z_M + \Delta A) - 0.05 (B - Z_M - \Delta B)$	Z_M = Lettura al manometro quando "aperto" all'atm. Se ΔA , ΔB sono misurate con lo stesso manometro usato per le letture A, B correnti, porre $Z_M = 0$ (Z_M è compensata)
p_1	Seconda Lettura Corretta	$p_1 = B - Z_M - \Delta B$	
I_D	Indice di Materiale	$I_D = (p_1 - p_0) / (p_0 - u_0)$	u_0 = pressione neutra pre-inserimento
K_D	Indice di Spinta Orizzontale	$K_D = (p_0 - u_0) / \sigma'_{v0}$	σ'_{v0} = tensione geostatica pre-inserimento
E_D	Modulo Dilatometrico	$E_D = 34.7 (p_1 - p_0)$	E_D NON è un modulo di Young E. E_D deve essere usato solo DOPO averlo combinato con K_D (Storia Tensionale). Prima ricavare $M_{DMT} = R_M E_D$, poi ad es. $E \approx 0.8 M_{DMT}$
K_0	Coeff. Spinta Orizz. in Sito	$K_{0,DMT} = (K_D / 1.5)^{0.47} - 0.6$	per $I_D < 1.2$
OCR	Rapp. di Sovraconsolidazione	$OCR_{DMT} = (0.5 K_D)^{1.56}$	per $I_D < 1.2$
c_u	Res. al Taglio Non Drenata	$c_{u,DMT} = 0.22 \sigma'_{v0} (0.5 K_D)^{1.25}$	per $I_D < 1.2$
Φ'	Angolo di Resistenza al Taglio	$\Phi_{safe,DMT} = 28^\circ + 14.6^\circ \log K_D - 2.1^\circ \log^2 K_D$	per $I_D > 1.8$
c_h	Coeff. di Consolidazione	$c_{h,DMTA} \approx 7 \text{ cm}^2 / t_{flex}$	t_{flex} da curva di decadimento A-log t da DMTA
k_h	Coeff. di Permeabilità	$k_h = c_h \gamma_w / M_h$ ($M_h \approx K_0 M_{DMT}$)	
γ	Peso di Volume	(vedi grafico in TC16 2001)	
M	Modulo Verticale Drenato Confinato	$M_{DMT} = R_M E_D$	
		se $I_D \leq 0.6$ $R_M = 0.14 + 2.36 \log K_D$	
		se $I_D \geq 3$ $R_M = 0.5 + 2 \log K_D$	
		se $0.6 < I_D < 3$ $R_M = R_{M,0} + (2.5 - R_{M,0}) \log K_D$ con $R_{M,0} = 0.14 + 0.15 (I_D - 0.6)$	
		se $K_D > 10$ $R_M = 0.32 + 2.18 \log K_D$ se $R_M < 0.85$ porre $R_M = 0.85$	
u_0	Pressione Neutra di Equilibrio	$u_0 = p_2 - C - Z_M + \Delta A$	In terreni drenanti

I due valori di pressione determinati p_0 e p_1 vengono elaborati ottenendo tre "parametri indice":

- I_D Indice di Materiale
- K_D Indice di Spinta Orizzontale
- E_D Modulo Dilatometrico

Dai parametri indice I_D , K_D , E_D , applicando le correlazioni usuali (TC16 2001), sono ricavati i parametri:

- M Modulo edometrico (terreni sia coesivi che incoerenti)
- c_u Resistenza al taglio non drenata (terreni coesivi)
- K_0 Coefficiente di spinta a riposo (terreni coesivi)
- OCR Rapporto di sovraconsolidazione (terreni coesivi)
- Φ' Angolo di resistenza al taglio (terreni incoerenti)

Il modulo edometrico (M) e la resistenza non drenata (c_u) sono ritenuti i parametri più affidabili che si possono stimare da questa prova, mentre il valore dell'angolo d'attrito risulta più incerto.

A seguire si riporta l'andamento con la profondità del modulo edometrico, della resistenza al taglio non drenata e dell'angolo d'attrito confrontandoli anche con quanto desunto dalla prova penetrometrica statica CPT.

7.3. CARATTERIZZAZIONE FORMAZIONI GRANULARI

7.3.1. PROPRIETÀ MECCANICHE

L'angolo di resistenza a taglio è una caratteristica propria del terreno; esso misura la capacità che ha il terreno di opporsi allo scorrimento lungo una superficie.

Esistono diverse correlazioni e studi nella letteratura tecnica che consentono di determinare l'angolo d'attrito del terreno a partire dai valori della resistenza di punta determinati durante le prove penetrometriche statiche.

Con riferimento alla prova CPTU, è stata utilizzata la correlazione empirica proposta dagli autori Durgunoglu-Mitchell. Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$\phi = 14.4 + 4.8 \ln Q_c - 4.5 \ln \sigma + \Delta\sigma$$

dove Q_c (kg/cm²) è la resistenza di punta media misurata nello strato e σ (kg/cm²) è la pressione litostatica efficace a metà strato. Il termine addizionale ($\Delta\sigma$) è un'aliquota che per sabbie cementate viene posto pari a 2°.

Per confronto si riportano i valori dell'angolo d'attrito determinati attraverso i risultati delle prove dilatometriche:

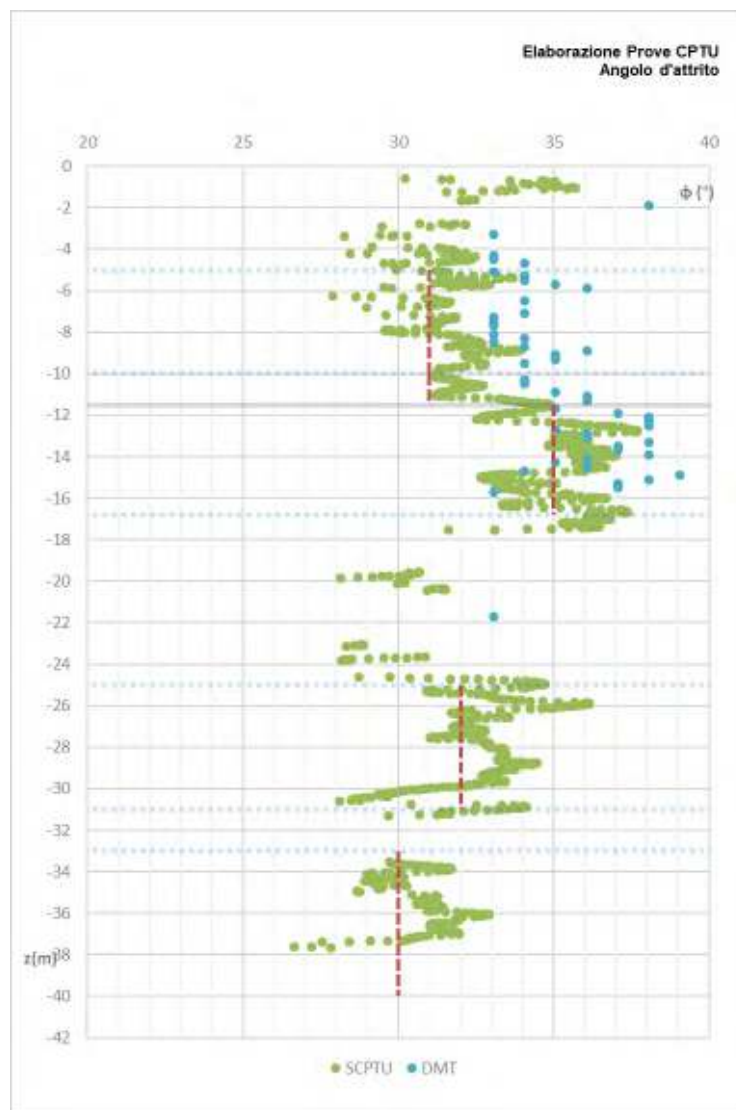


Figura 10 Angolo di attrito ϕ rispetto alla profondità

7.3.2. PROPRIETÀ DEFORMATIVE

I parametri di deformabilità degli orizzonti granulari sono ricavati dall'elaborazione delle prove penetrometriche statiche CPTU.

Il modulo di Young E mediante la formula di Schmertmann:

$$E = 2.5 q_c$$

Le figure seguenti riportano l'andamento della resistenza al taglio non drenata C_u diagrammata in funzione della profondità.

Per confronto si riportano i valori dell'angolo d'attrito determinati attraverso i risultati delle prove dilatometriche:

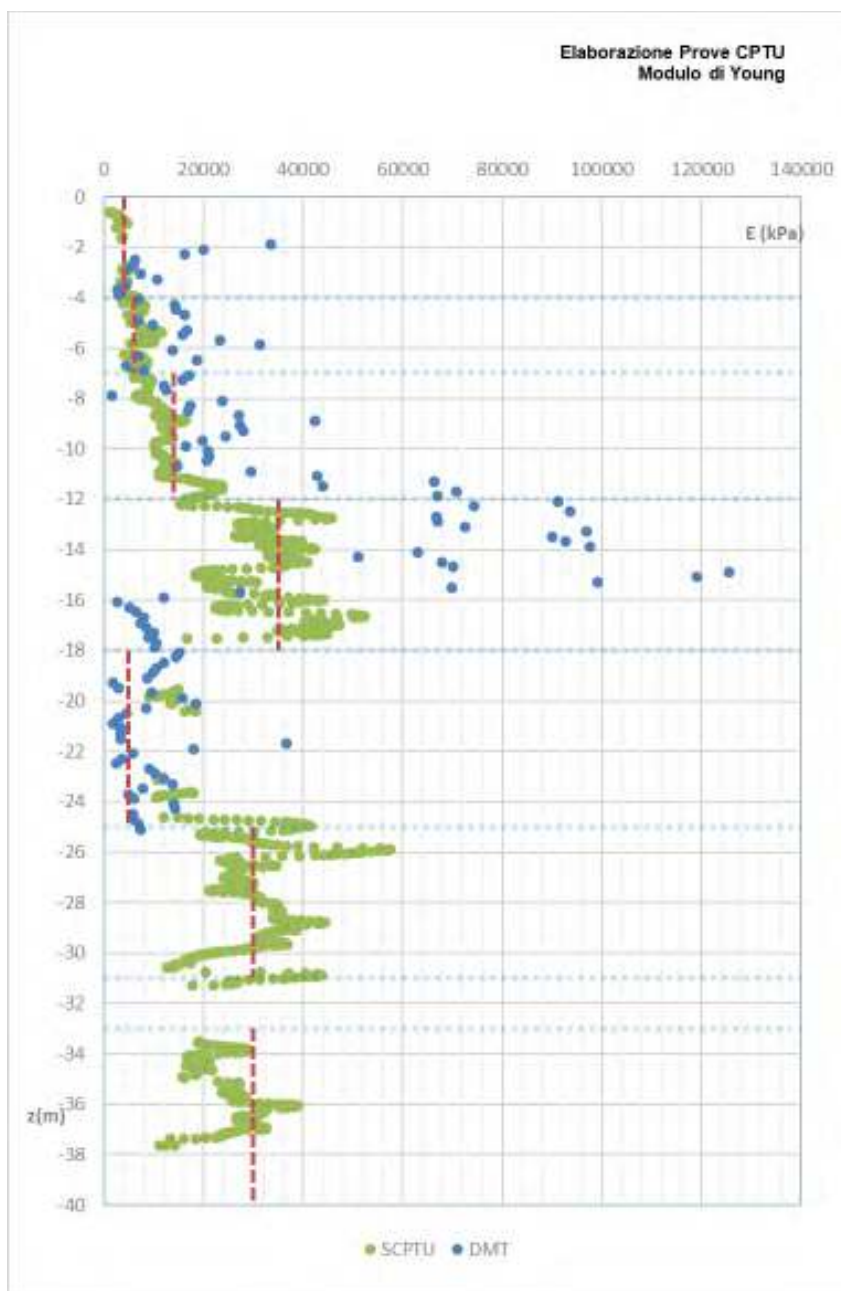


Figura 11 Modulo di Young rispetto alla profondità.

7.4. CARATTERIZZAZIONE FORMAZIONI COESIVE

7.4.1. PROPRIETÀ MECCANICHE

Per la determinazione delle caratteristiche meccaniche in condizioni non drenate, in particolare per la resistenza al taglio non drenata C_u , si è fatto riferimento ai risultati delle prove in situ.

La resistenza al taglio non drenata C_u non è un parametro caratteristico del terreno e dipende dalla storia tensionale del materiale.

Per la determinazione del valore di C_u si è fatto riferimento principalmente ai valori ricavati a partire dalla resistenza di punta Q_c , rilevata dalle prove CPTU, mediante la relazione:

$$C_u = \frac{Q_c - \sigma_{v0}}{N}$$

essendo:

- Q_c resistenza di punta misurata nel corso della prova penetrometrica;
- σ_{v0} pressione verticale totale;
- N_c fattore di capacità portante (considerato pari a 20).

Le figure seguenti riportano l'andamento della resistenza al taglio non drenata C_u diagrammata in funzione della profondità.

Per confronto si riportano inoltre i valori di C_u determinati con la prova dilatometrica DMT

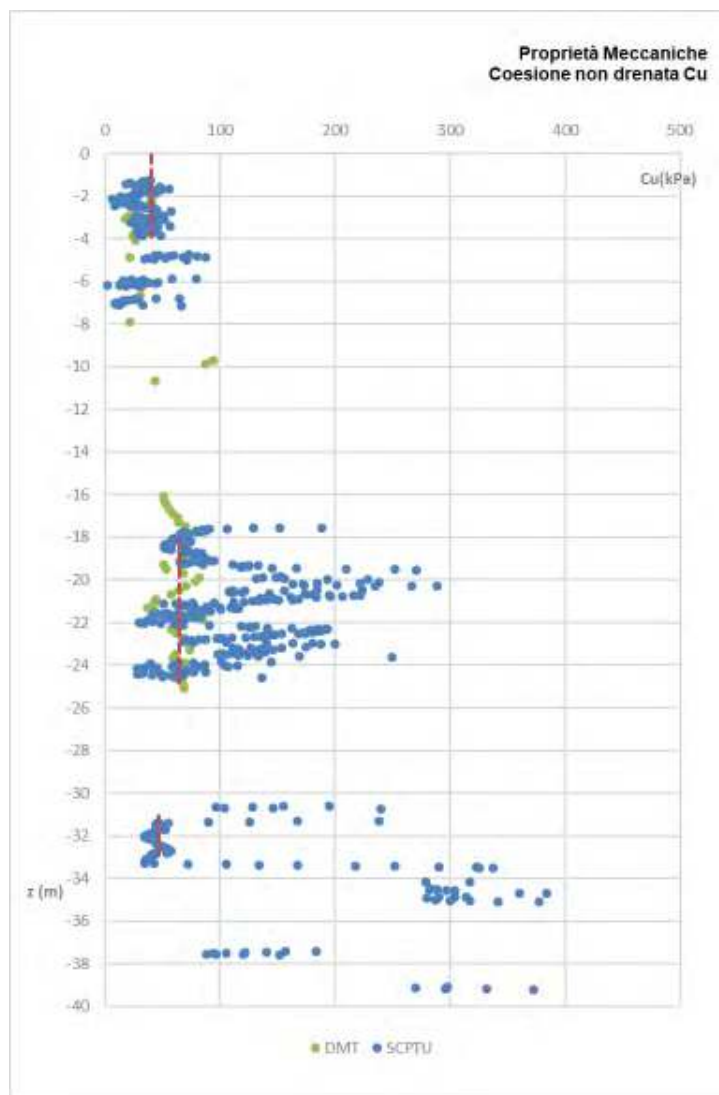


Figura 12 Coesione non drenata rispetto alla profondità.

7.4.2. PROPRIETÀ DEFORMATIVE

Il modulo edometrico M è stato stimato mediante la correlazione di Mitchell & Gardner:

$$M = \alpha \cdot q_c$$

dove:

$$\alpha = \begin{cases} 8 & q_c < 700 \text{ kPa} \\ 5 & 700 \text{ kPa} < q_c < 2000 \text{ kPa} \\ 2.5 & q_c > 2000 \text{ kPa} \end{cases}$$

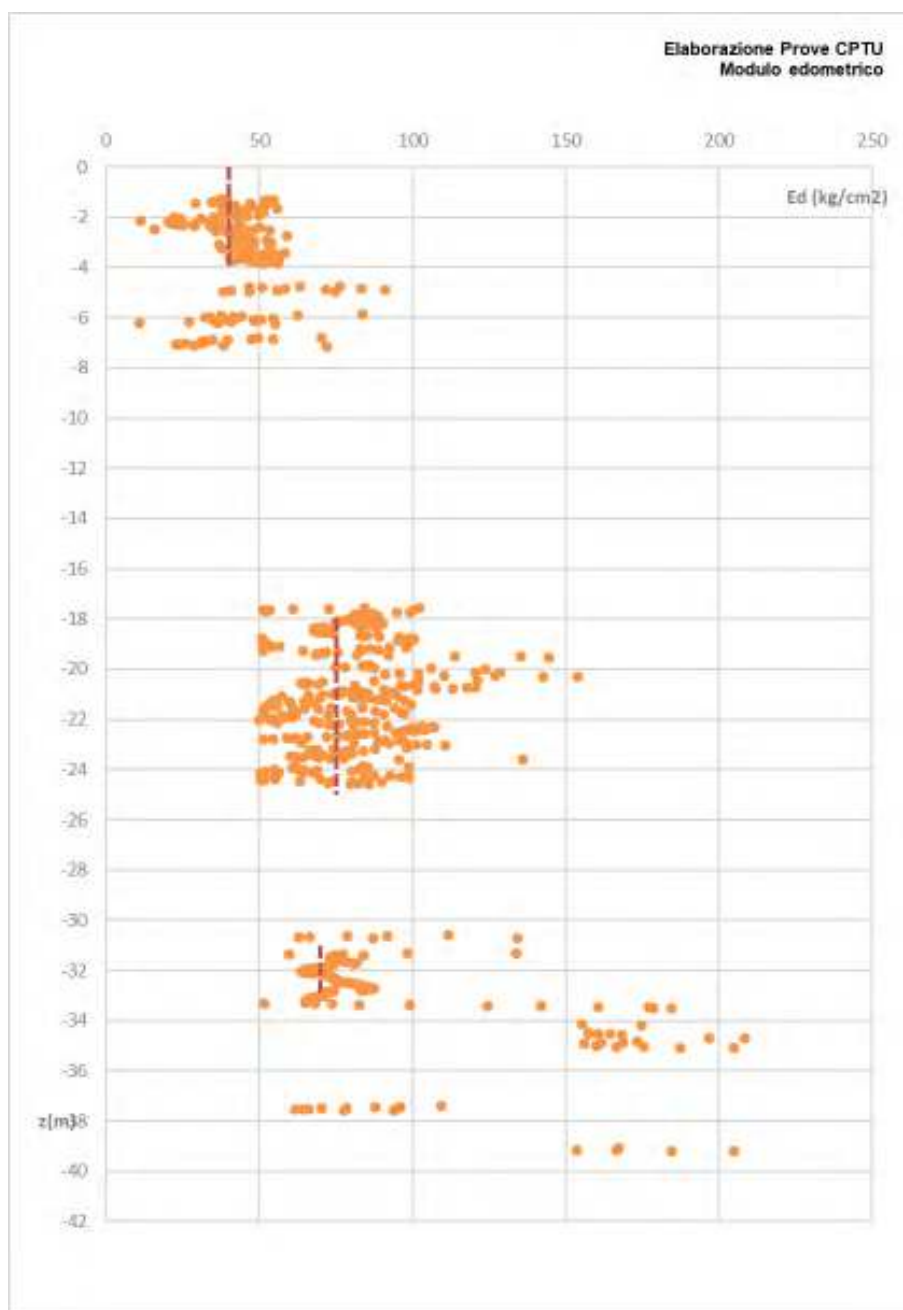


Figura 13 Modulo edometrico rispetto alla profondità.

Per la stima del grado di sovraconsolidazione delle formazioni litostratigrafiche presenti nell'area, è stata utilizzata la correlazione empirica di Ladd & Fott, Ladd & Altri (1977), normalmente utilizzata in letteratura, espressa attraverso la seguente relazione:

$$\frac{c_u}{\sigma'_v} = \alpha OCR^{0.8}$$

adottando per c_u i valori ricavati dalle prove penetrometriche ed $\alpha = 0,23$ nel caso di terreni normalconsolidati.

Per confronto si riportano inoltre i valori di c_u determinati con la prova dilatometrica DMT.

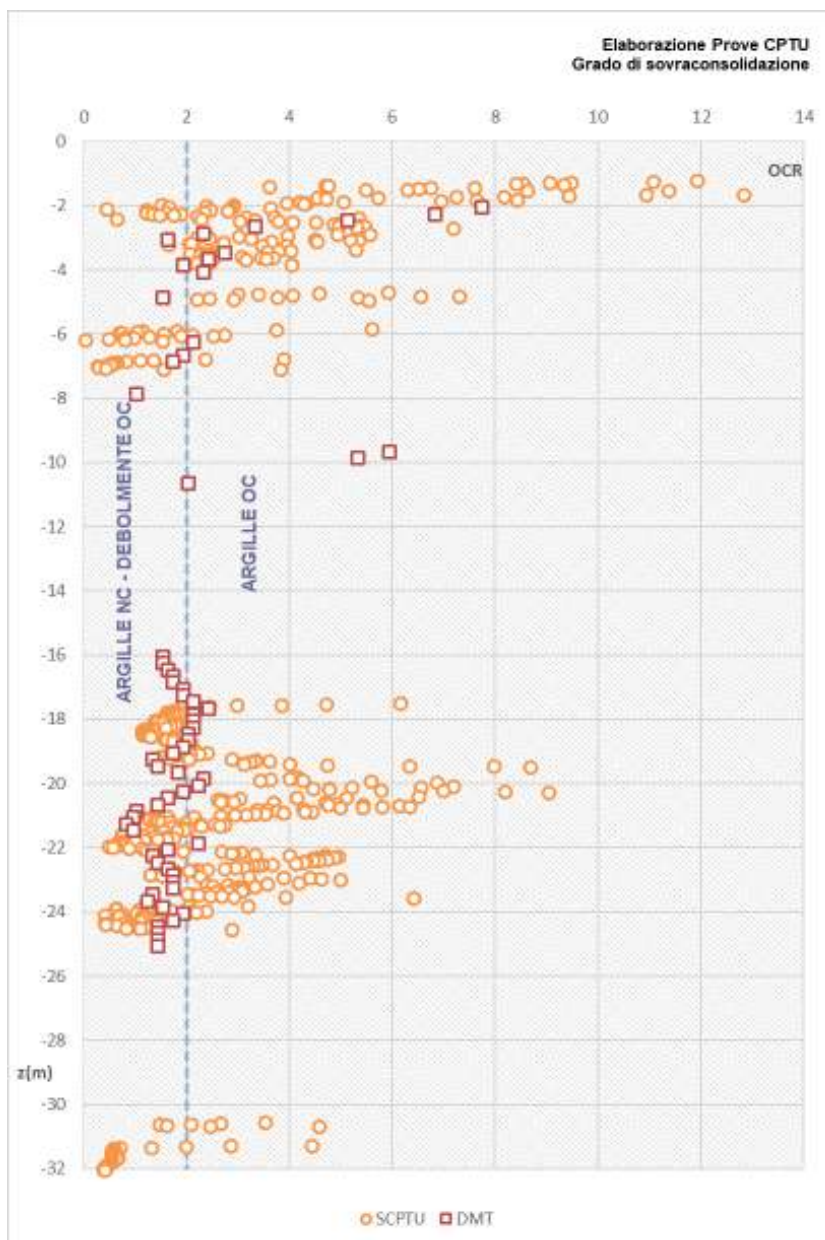


Figura 14 Grado di sovraconsolidazione rispetto alla profondità.

8. MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

Sulla base dei dati ad oggi disponibili sono stati definiti i seguenti modelli geotecnici:

N. Strato	Da (m)	A (m)	Descrizione e Strato	γ_k [kN/ m ³]	ϕ_k [°]	Cu (kPa)	E _k operativo [kPa]
0	0.0	5.0	Limo argilloso	18	24÷26	30÷50	4000
1	5.0	10.0	Sabbia e limo	19	30÷33	-	6000
2	10.0	11.5	Sabbia limosa	19	30÷33	-	14000
3	11.50	16.80	Sabbia	19	34÷36	-	35000
4	16.8	25.0	Argilla limosa	19	-	65	5000
5	25.0	31	Sabbia limosa	19	30÷33	-	30000
6	31	33	Argilla	19	-	47	7000
7	33	40	Sabbia limosa	19	28÷32	-	30000

La quota di falda assunta nelle verifiche è circa -3.30 m dal piano campagna.

9. CRITERI GENERALI DI VERIFICA

9.1. CRITERI DI CALCOLO DELLE FONDAZIONI SU PALI

Le verifiche delle opere di fondazione sono condotte secondo quanto disposto nel D.M. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni".

Per le fondazioni su pali devono essere considerati almeno ai seguenti stati limite quando pertinenti:

SLU di tipo geotecnico (GEO):

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

SLU di tipo strutturale (STR):

- raggiungimento della resistenza dei pali,
- raggiungimento della resistenza della struttura di collegamento dei pali;

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata secondo l'Approccio 1 Combinazione 2 tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II e 6.8.I. del D.M. 14.01.2008.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II, 6.4.II e 6.4.VI.

Nelle verifiche nei confronti di SLU di tipo strutturale, il coefficiente γ_R non deve essere portato in conto.

Per la determinazione dei carichi e delle resistenze di progetto si sono considerati i seguenti coefficienti parziali:

Coefficienti parziali relativi alle azioni per le verifiche di stati limite ultimi (SLU):

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

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_F^*)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{qs}

Coefficienti parziali per i parametri del terreno:

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

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_v	γ_γ	1,0	1,0

9.1.1. RESISTENZA PALI SOGGETTI A CARICHI ASSIALI

Il valore di progetto R_d della resistenza si ottiene a partire dal valore caratteristico R_k applicando i coefficienti parziali γ_R della tabella 6.4.II.:

Tab. 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
	γ_R	(R3)	(R3)	(R3)
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

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

Come consentito al paragrafo 6.4.3.1.1 del D.M. 2008 il calcolo della capacità portante è stato effettuato riferendosi ai risultati delle prove in sito.

Con riferimento alle procedure analitiche che prevedano l'utilizzo dei parametri geotecnici o dei risultati di prove in sito, il valore caratteristico della resistenza è dato dal minore dei valori ottenuti applicando alle resistenze calcolate i fattori di correlazione riportati nella tab.6.4.IV in funzione del numero di verticali indagate.

Tab. 6.4.IV - Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

L'espressione generica utilizzata per il calcolo della portanza di un palo con la punta in terreno granulare soggetto ad un carico verticale è la seguente:

$$Q_{tot} = Q_l + Q_p = \sum A_i (k \cdot \sigma'_{vz} \cdot \mu + \alpha \cdot C_u) + A_p \cdot N_q \cdot \sigma'_{vL}$$

dove:

- Q_p = portata di punta;
- Q_l = portata laterale;
- A_i = area laterale del concio i-esimo;
- k = coefficiente empirico dipendente dalla tecnologia esecutiva del palo;
- μ = coefficiente dipendente dalla scabrezza dell'interfaccia palo-terreno;
- σ'_{vz} = tensione litostatica efficace alla profondità z ;
- σ'_{vL} = tensione litostatica efficace alla base del palo;
- α = coefficiente di adesione $f(C_u)$;
- C_u = resistenza al taglio non drenata;
- A_p = area base;

- N_q = coefficiente di capacità portante (pali di grande diametro).

Per la determinazione dei coefficienti k , μ , α e N_q s'è fatto esplicito riferimento alle indicazioni riportate nelle Raccomandazioni A.G.I. sui pali di fondazione, di seguito riportate.

Valori di k e μ , per terreni granulari:

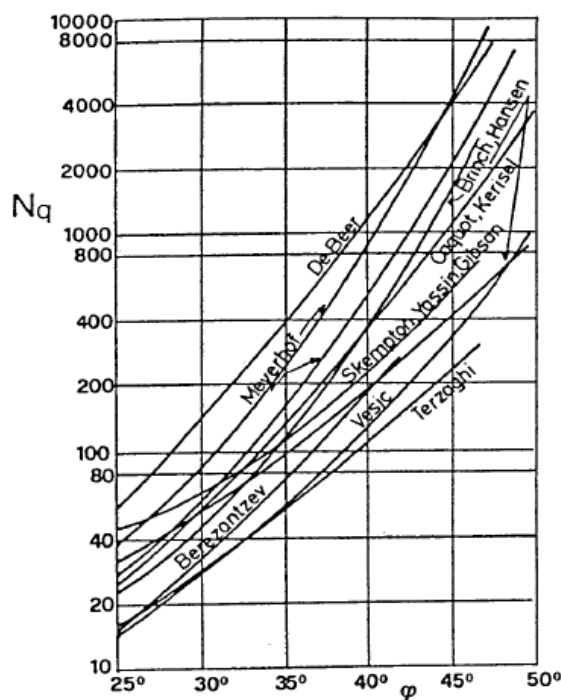
Tipo di palo		Valori di k	Valori di μ
BATTUTO	Acciaio	0.5 ÷ 1	tg 20°
	Calcestruzzo prefabbricato	1 ÷ 2	tg (3/4 φ')
	Calcestruzzo gettato in opera	1 ÷ 3	tg φ'
TRIVELLATO		0.4 ÷ 0.7 (*)	tg φ'

(*) Decrescente con la profondità.

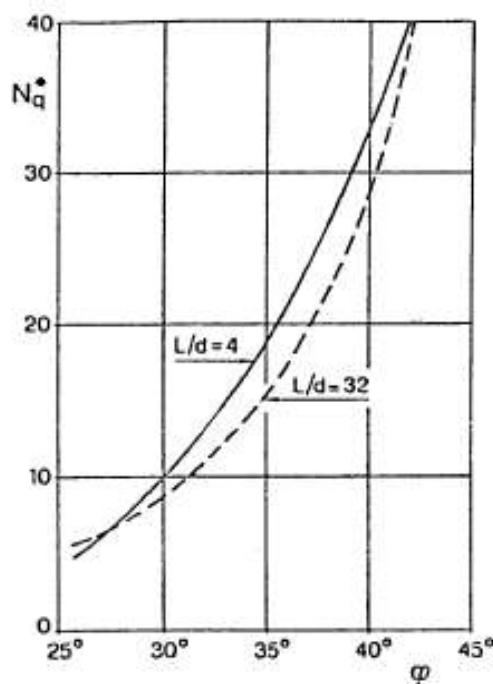
Valori di α per terreni coesivi:

Materiale		c_u (kPa)	q_s	q_{smax} (kPa)
PALI INFISSI	CLS	≤ 25	c_u	120
		25 ÷ 50	0.63 c_u	
		50 ÷ 75	0.65 c_u	
		≥ 75	0.50 c_u	
	ACCIAIO	≤ 25	c_u	100
		25 ÷ 50	0.80 c_u	
		50 ÷ 75	0.65 c_u	
		> 75	0.50 c_u	
TRIVELLATI	CLS	≤ 25	0.90 c_u	100
		25 ÷ 50	0.80 c_u	
		50 ÷ 75	0.60 c_u	
		≥ 75	0.40 c_u	

Valori del coefficiente N_q per pali infissi :



Valori del coefficiente N_q per pali trivellati corrispondenti all'insorgere delle deformazioni plastiche alla punta:



Per i pali ad elica si interpola come segue

$$N_{q(cfa)} = N_{q(t)} + 0,25 \cdot (N_{q(b)} - N_{q(t)})$$

Dove

$N_{q(b)}$ è il valore di N_q per i pali battuti (funzione di ϕ)

$N_{q(t)}$ è il valore di N_q per i pali trivellati (funzione di ϕ)

9.1.2. RESISTENZA PALI SOGGETTI A CARICHI TRASVERSALI

Per la determinazione del valore di progetto della resistenza dei pali soggetti ai carichi trasversali si applicano i coefficienti parziali γ_T della tab 6.4.VI.

Tab. 6.4.VI - Coefficiente parziale γ_T per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali

Coefficiente parziale (R3)
$\gamma_T = 1,3$

Il calcolo della capacità portante di un palo soggetto ad un carico orizzontale è condotto applicando la teoria di Broms (1964), considerando lo schema di palo vincolato in testa in terreno incoerente soggetto ad un carico orizzontale.

Secondo la teoria di Broms, lo stato tenso-deformativo del complesso palo terreno sotto azioni orizzontali, si presenta come un problema tridimensionale per la cui soluzione è necessario introdurre alcune ipotesi semplificative:

- il terreno è omogeneo;
- il comportamento dell'interfaccia palo-terreno è di tipo rigido-perfettamente plastico;
- la forma del palo è influente, l'interazione palo-terreno è determinata dalla dimensione caratteristica d della sezione del palo (diametro) misurata normalmente alla direzione del movimento;
- il palo ha un comportamento rigido-perfettamente plastico, ovvero si considerano trascurabili le deformazioni elastiche del palo.

L'ultima ipotesi comporta che il palo abbia solo moti rigidi finché non si raggiunge il momento di plasticizzazione M_y del palo. A questo punto si ha la formazione di una cerniera plastica in cui la rotazione continua per un tratto di lunghezza non definita con momento costante.

La verifica viene soddisfatta se viene rispettata la seguente condizione:

$$E_d < H_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione esterna calcolata applicando i coefficienti parziali γ_g e γ_Q alle azioni agenti, mentre H_d è il valore di progetto della resistenza del terreno.

9.1.3. VERIFICA AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Stato limite di fessurazione

In ordine di severità decrescente, per la combinazione di azioni prescelta, si distinguono i seguenti stati limite:

a) stato limite di decompressione, nel quale la tensione normale è ovunque di compressione ed al più uguale a 0;

b) stato limite di formazione delle fessure, nel quale la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata è $\sigma_t = \frac{f_{ctm}}{1.2}$

c) stato limite di apertura delle fessure, nel quale il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

$$w_1 = 0,2 \text{ mm} \quad w_2 = 0,3 \text{ mm} \quad w_3 = 0,4 \text{ mm}$$

Lo stato limite di fessurazione deve essere fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione, come descritto nel seguito.

Nella Tab. 4.1.IV sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alla combinazione di azioni da considerare, dalle condizioni ambientali presenti e dalla sensibilità delle armature alla corrosione.

Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Sensibile Stato limite	Armatura	
				Sensibile Stato limite w_k	Poco sensibile Stato limite w_k
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure $\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure $\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure $\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure $\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure $\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure $\leq w_1$

Nel caso in esame si considera:

- Condizioni ambientali ordinarie (XC2)
- Armature poco sensibili (acciai ordinari non da precompresso)

Stato limite di limitazione delle tensioni

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature; si deve verificare che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti di seguito riportati.

La massima tensione di compressione del calcestruzzo $\sigma_{c,max}$, deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_{c,max} \leq 0,60 f_{ck} \text{ per combinazione caratteristica}$$

$$\sigma_{c,max} \leq 0,45 f_{ck} \text{ per combinazione quasi permanente.}$$

La tensione massima, $\sigma_{s,max}$, per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_{s,max} \leq 0,8 f_{yk}$$

Nel caso in esame risulta:

Calcestruzzo

Combinazione caratteristica rara:

$$\sigma_c = 0.60 \times f_{ck} = 0.6 \times 0.83 \times R_{ck} = 0.6 \times 0.83 \times 30 = 14.94 \text{ MPa}$$

Combinazione quasi permanente:

$$\sigma_c = 0.45 \times f_{ck} = 0.45 \times 0.83 \times R_{ck} = 0.45 \times 0.83 \times 30 = 11.205 \text{ MPa}$$

Acciaio per armature

Barre ad aderenza migliorata in acciaio tipo B450C laminato a caldo:

$$\sigma_s = 0.80 \times f_{yk} = 0.8 \times 450 = 360 \text{ MPa}$$

9.2. CRITERI DI VERIFICA FONDAZIONI SUPERFICIALI

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

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

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

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

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

Le verifiche devono essere effettuate, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I, seguendo la combinazione dell'approccio 2 (A2+M2+R2):

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

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

9.2.1. Calcolo capacità portante verticale

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

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

dove:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

dove L è la lunghezza della fondazione.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

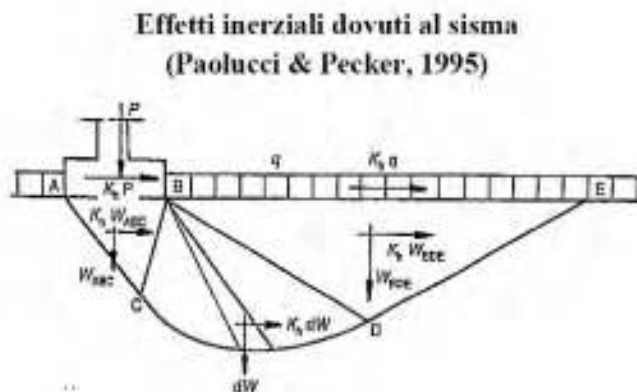
$$d_\gamma = 1$$

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

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

dove s è la profondità della fondazione nel terreno.

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



Effetti inerziali: fattori correttivi z

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

$$z_c = 1 - 0.32 k_b$$

$$z_q = z_\gamma = \left(1 - \frac{k_b}{\tan \varphi} \right)^{0.35}$$

$$k_b = \frac{\gamma_f \cdot S \cdot a_f}{g}$$

9.2.2. Verifica a scorrimento platea di fondazione

La resistenza a scorrimento è così calcolata:

$$\tau_{res} = (N/A) \times (\tan \phi) / \gamma_R$$

Dove:

N = carico verticale agente
 A = Area dell'impronta della fondazione
 ϕ = angolo di attrito terreno/fondazione
 $\gamma_R = 1.1$

Deve risultare $\tau_{res} > \tau_d$ (Combinazione A1+ M1+ R3)

Essendo

τ_d = tensione tangenziale di progetto

9.3. CRITERI DI PROGETTAZIONE IN ZONA SISMICA

La progettazione delle fondazioni è condotta unitamente alla progettazione dell'opera alla quale appartengono e richiede preliminarmente:

- la valutazione della sicurezza del sito nei confronti della liquefazione e della stabilità dei pendii;
- la valutazione della risposta sismica locale del sito.

Le azioni trasmesse in fondazione derivano dall'analisi del comportamento dell'intera opera, in genere condotta esaminando la sola struttura in elevazione alla quale sono applicate le azioni statiche e sismiche.

Per le strutture progettate sia per CD "A" sia per CD "B" il dimensionamento delle strutture di fondazione e la verifica di sicurezza del complesso fondazione-terreno devono essere eseguiti assumendo come azioni in fondazione una tra le seguenti:

- quella derivante dall'analisi strutturale eseguita ipotizzando comportamento strutturale non dissipativo;
- quella derivante dalla capacità di resistenza a flessione degli elementi (calcolata per la forza assiale derivante dalla combinazione delle azioni di cui al § 2.5.3), congiuntamente al taglio determinato da considerazioni di equilibrio;
- quella trasferita dagli elementi soprastanti nell'ipotesi di comportamento strutturale dissipativo, amplificata di un coefficiente pari a 1,30 in CD "A" e 1,10 in CD "B";.

Le fondazioni superficiali devono essere progettate per rimanere in campo elastico. Non sono quindi necessarie armature specifiche per ottenere un comportamento duttile. Le platee di fondazione in calcestruzzo armato devono avere armature longitudinali, secondo due direzioni ortogonali e per l'intera estensione, in percentuale non inferiore allo 0,1% dell'area della sezione trasversale della platea, sia inferiormente sia superiormente.

Le travi di fondazione in calcestruzzo armato devono avere, per l'intera lunghezza, armature longitudinali in percentuale non inferiore allo 0,2% dell'area della sezione trasversale della trave, sia inferiormente sia superiormente.

I pali in calcestruzzo devono essere armati, per tutta la lunghezza, con una armatura longitudinale in percentuale non inferiore allo 0,3% dell'area della sezione trasversale del palo e un'armatura trasversale costituita da staffe o da spirali di diametro non inferiore a 8 mm, passo non superiore a 8 volte il diametro delle barre longitudinali.

Nei casi in cui gli effetti dell'interazione cinematica terreno-struttura siano considerati rilevanti, sui pali deve essere assunta la condizione di sollecitazione più sfavorevole estesa a tutta la lunghezza del palo.

L'impiego di pali inclinati è da evitare. Nei casi in cui sia necessario farne uso, i pali devono essere dimensionati per sopportare con adeguato margine sicurezza le sollecitazioni che derivano dall'analisi del complesso fondazione-terreno in condizioni sismiche.

È da evitare la formazione di cerniere plastiche nei pali di fondazione. Qualora non fosse possibile escluderne la formazione, le corrispondenti sezioni devono essere progettate per un comportamento duttile e opportunamente confinate. L'armatura perimetrale di confinamento dei pali di fondazione, di diametro non inferiore a 8 mm, deve essere costituita da spirale continua per tutti i tratti interessati da potenziali cerniere plastiche. In tali tratti, assunti di dimensione almeno

pari a 3 volte il diametro, e comunque per uno sviluppo, a partire dalla testa del palo, di almeno 10 diametri, l'armatura longitudinale deve avere area non inferiore all'1% di quella del calcestruzzo.

Collegamenti orizzontali tra fondazioni:

Si deve tenere conto della presenza di spostamenti relativi del terreno di fondazione sul piano orizzontale, e dei possibili effetti da essi indotti nella sovrastruttura.

Il requisito si ritiene soddisfatto se le strutture di fondazione sono collegate tra loro da un reticolo di travi, o da una piastra dimensionata in modo adeguato, in grado di assorbire le forze assiali conseguenti. In assenza di valutazioni più accurate, si possono conservativamente assumere le seguenti azioni assiali:

$$\pm 0.3 \cdot N_{s,d} \cdot a_{\max} / g \quad (\text{per il profilo stratigrafico di tipo B})$$

$$\pm 0.4 \cdot N_{s,d} \cdot a_{\max} / g \quad (\text{per il profilo stratigrafico di tipo C})$$

$$\pm 0.6 \cdot N_{s,d} \cdot a_{\max} / g \quad (\text{per il profilo stratigrafico di tipo D})$$

dove

$N_{s,d}$: valore medio delle forze verticali agenti sugli elementi collegati;

$a_{\max}$: accelerazione orizzontale massima attesa al sito.

Ai fini dell'applicazione delle precedenti relazioni, il profilo stratigrafico di tipo E è assimilato a quello di tipo C se i terreni posti sul substrato di riferimento sono mediamente addensati (terreni a grana grossa) o mediamente consistenti (terreni a grana fina) e a quello di tipo D se i terreni posti su substrato di riferimento sono scarsamente addensati (terreni a grana grossa) o scarsamente consistenti (terreni a grana fina).

Il collegamento tra le strutture di fondazione non è necessario per profili stratigrafici di tipo A e per siti ricadenti in zona 4.

Travi o piastre di piano possono essere assimilate a elementi di collegamento se realizzate ad una distanza minore o uguale a 1 m dall'intradosso degli elementi di fondazione superficiali o dalla testa dei pali.

Le fondazioni su pali devono essere verificate agli stati limite ultimi sotto l'azione del moto sismico di riferimento. Nelle verifiche agli stati limite ultimi si devono prendere in considerazione tutti gli stati limite rilevanti e almeno i seguenti:

- collasso per carico limite verticale del complesso pali-terreno;
- collasso per carico limite orizzontale del complesso pali-terreno;
- liquefazione del terreno di fondazione;
- spostamenti o rotazioni eccessive che possano indurre il raggiungimento di uno stato limite ultimo nella struttura in elevazione;
- rottura di uno degli elementi strutturali della palificata (pali o struttura di collegamento).

Le verifiche nei confronti del collasso per carico limite (verticale e orizzontale) consistono nel raffronto tra le azioni (forza assiale e forza trasversale sul palo) e le corrispondenti resistenze.

Le azioni trasmesse in fondazione sono determinate, in accordo con quanto riportato al § 7.2.5, dalla corrispondente analisi della struttura in elevazione sotto la combinazione di carico sismico per stato limite ultimo.

La valutazione delle resistenze del complesso pali-terreno soggetto all'azione verticale e trasversale, deve essere effettuata nel rispetto delle indicazioni di cui ai §§ 7.11.2 e 7.11.5.2 del D.M.14/01/2008, tenendo conto di eventuali riduzioni di resistenza dei terreni per effetto dell'azione sismica.

Nelle verifiche condotte in termini di tensioni efficaci in terreni saturi si deve tenere conto degli eventuali incrementi di pressione interstiziale indotti dal moto sismico e, in particolare, si deve trascurare il contributo alla resistenza di eventuali strati di terreno suscettibili di liquefazione.

Nelle verifiche nei confronti del collasso per carico limite trasversale si deve porre particolare attenzione alla caratterizzazione geotecnica degli strati di terreno più superficiali.

In presenza di moto sismico, nei pali si sviluppano sollecitazioni dovute sia alle forze inerziali trasmesse dalla sovrastruttura (interazione inerziale) sia all'interazione tra palo e terreno (interazione cinematica).

È opportuno che i momenti flettenti dovuti all'interazione cinematica siano valutati per le costruzioni di classe d'uso III e IV, per sottosuoli di tipo D o peggiori, in siti a sismicità media o alta ($a_g > 0.25g$) e in presenza di elevati contrasti di rigidezza al contatto fra strati contigui di terreno.

Le analisi per la valutazione delle sollecitazioni e degli spostamenti dei pali (dovute alle azioni inerziali e all'interazione cinematica) devono tener conto della rigidezza flessionale del palo e della dipendenza della rigidezza del terreno dallo stato tensionale e deformativo.

10. DIMENSIONAMENTO DEI PLINTI SU PALI

Le fondazioni scelte sono plinti dello spessore di 1.00 m su pali FDP aventi lunghezza pari a 14.00 m o 15.50 m a seconda delle sollecitazioni gravanti su di essi.

La scelta di fondazioni di tipo profondo è dettata dall'entità considerevole delle azioni che derivano dalla struttura in relazione alle scarse caratteristiche geotecniche dei depositi superficiali che caratterizzano l'area.

Per il dimensionamento dei micropali di fondazione si sono considerate le seguenti sollecitazioni:

- Sollecitazioni opere in elevazione derivanti da analisi numeriche mediante software di calcolo MIDAS;
- Pesi opere di fondazione (plinti, platee e solette);

Di seguito si riporta la planimetria con indicazione dei plinti su pali oggetto del dimensionamento.

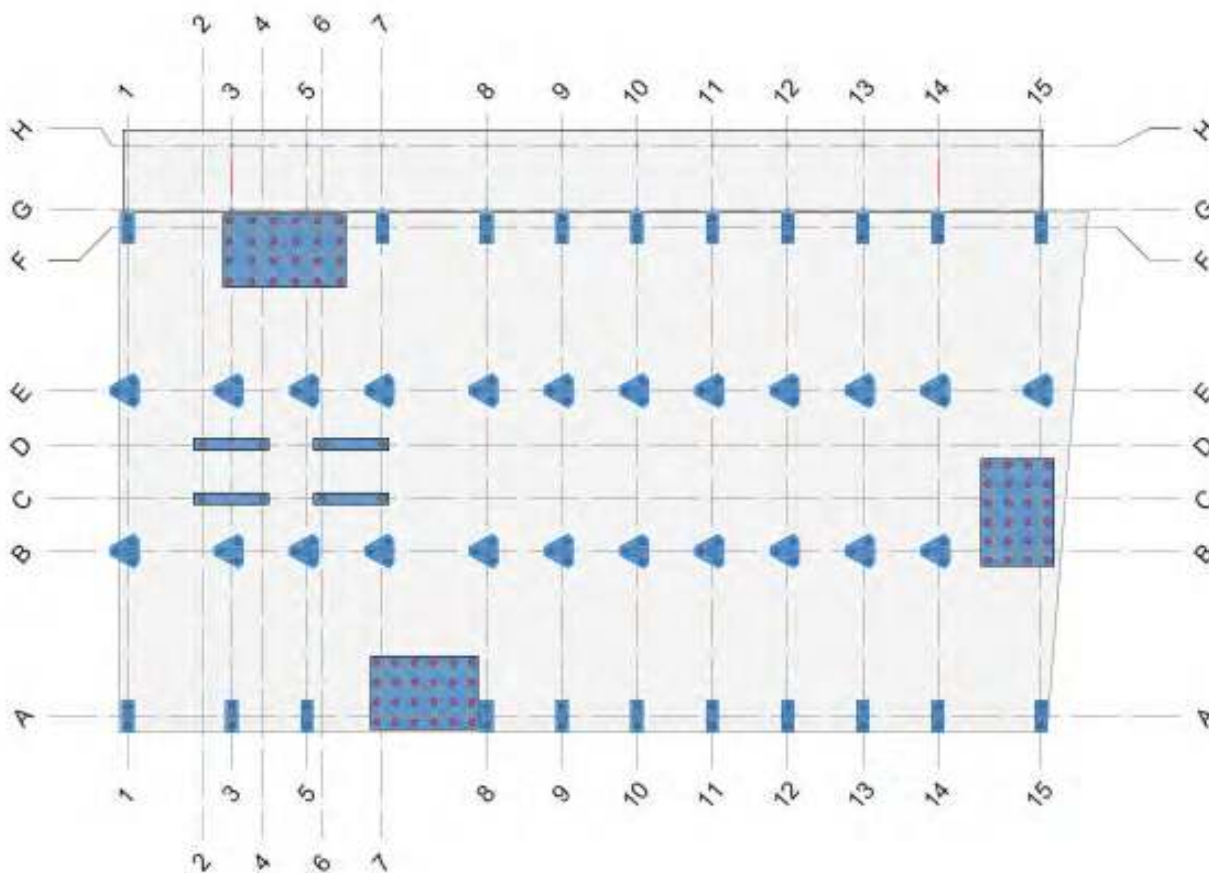


Figura 15 – Pianta con indicazione dei plinti su pali di progetto.

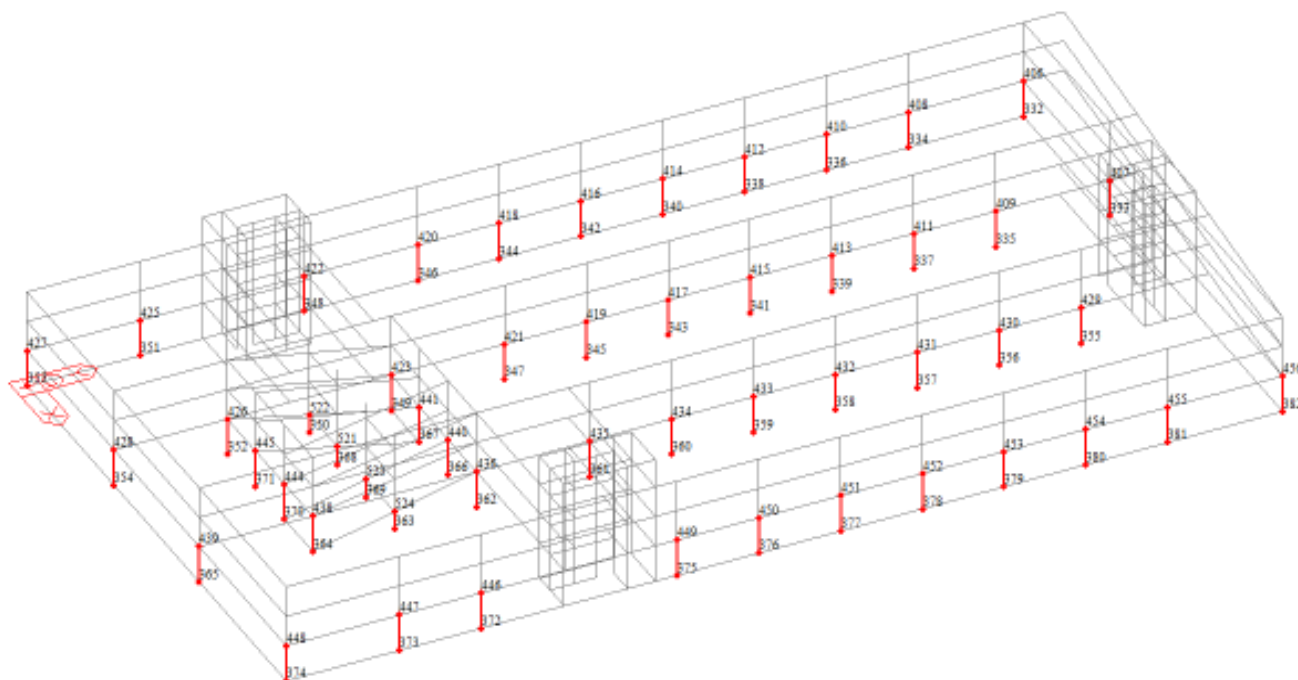


Figura 16 – Indicazione del numero dei nodi da modello MIDAS.

I pali di fondazione sono dimensionati per resistere alle azioni verticali e alle sollecitazioni di taglio trasmesse dalle strutture in elevazione.

Convenzioni (Groupile)

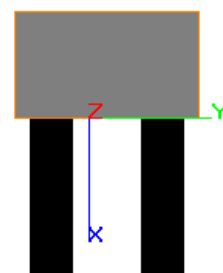
Asse x (asse verticale (+) verso il basso, (-) verso l'alto; quota testa palo X= 0)

Asse y e asse z (assi sul piano orizzontale, generano azioni di taglio)

N (+ compressione)

N (- trazione)

N, T [kN] – M [kNm]



Nella combinazione sismica le sollecitazioni sono state moltiplicate per il fattore 1.1 (cfr §7.2.5 NTC2018)

Loading Definition				
Load Cases Definition				
Load Case	Load Case Type	Load Case Name	Scale Factor	Run
Edit Load Case 1	Special, Sp	SLU	1	☒ yes
Edit Load Case 2	Special, Sp	SLV	1.1	☒ yes
Edit Load Case 3	Special, Sp	SLE	1	☒ yes

Nei paragrafi seguenti si riportano le verifiche dei pali maggiormente sollecitati. Per le verifiche strutturali dei plinti, travi e platee di fondazione, si rimanda alla specifica relazione di calcolo strutturale.

10.1. PLINTO PL1

10.1.1. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E CARICHI AGENTI

Geometria plinto: Plinto triangolare, spessore 100 cm, lato 2.5 cm

Pali: N. 3 pali TIPO FDP $\phi 620$ A, Lnetta 14.00m, Ltot= 14.50 m

Carichi agenti.

		slu					
		1	2	3	4	5	6
Node	Load	Fx-max	Fy-max	Fz-max	Mx-max	My-max	Mz-max
362	gLCB1	5.0	-16.0	3917.0	0.0	0.0	0.0
349	gLCB2	0.0	-62.0	4129.0	-218.0	-10.0	0.0
347	gLCB1	1.0	-1.0	4844.0	0.0	0.0	0.0
349	gLCB1	0.0	-59.0	4128.0	-218.0	-10.0	0.0
349	gLCB1	0.0	-59.0	4128.0	-218.0	-10.0	0.0
347	gLCB1	1.0	-1.0	4844.0	0.0	0.0	0.0

		sle					
		1	2	3	4	5	6
Node	Load	Fx-max	Fy-max	Fz-max	Mx-max	My-max	Mz-max
362	gLCB42	4.0	-12.0	2926.0	0.0	0.0	0.0
349	gLCB43	0.0	-46.0	3084.0	-162.0	-8.0	0.0
347	gLCB42	1.0	-1.0	3615.0	0.0	0.0	0.0
349	gLCB42	0.0	-44.0	3083.0	-162.0	-8.0	0.0
349	gLCB42	0.0	-44.0	3083.0	-162.0	-8.0	0.0
347	gLCB42	1.0	-1.0	3615.0	0.0	0.0	0.0

		slv					
		1	2	3	4	5	6
Node	Load	Fx-max	Fy-max	Fz-max	Mx-max	My-max	Mz-max
362	gLCB10	6.0	-10.0	2717.0	0.0	0.0	0.0
349	gLCB30	-1.0	-109.0	2814.0	-150.0	-8.0	0.0
347	gLCB10	3.0	0.0	3326.0	0.0	0.0	0.0
349	gLCB10	2.0	-14.0	2856.0	-150.0	-7.0	0.0
349	gLCB14	0.0	27.0	2874.0	-149.0	-8.0	0.0
347	gLCB10	3.0	0.0	3326.0	0.0	0.0	0.0

PESO PROPRIO PLINTO

158 kN

SLE SLV

205 kN

SLU

10.1.2. Risultati SLE

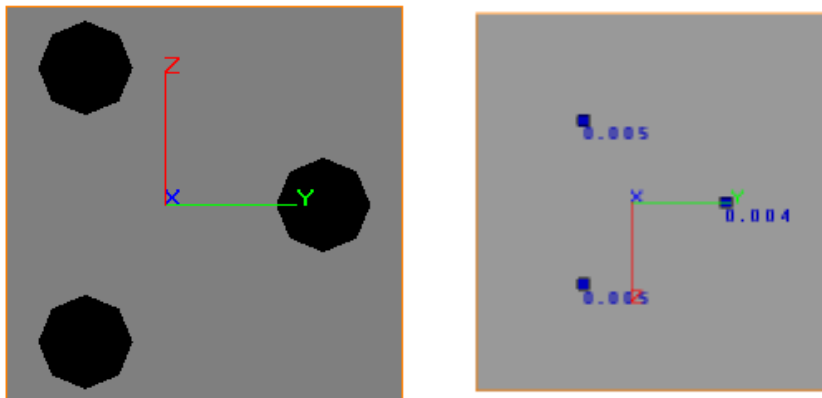


Figura 17 –Spostamenti verticali (mm)

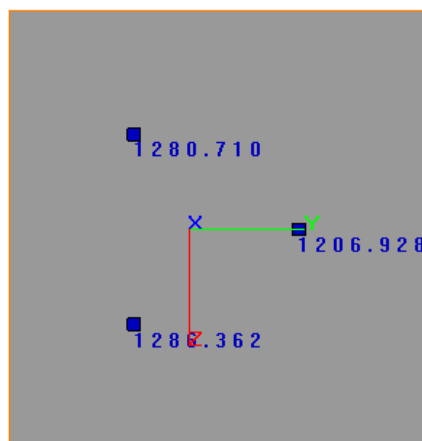


Figura 18 –Sforzo assiale (kN)

10.1.3. Risultati SLU-SLV

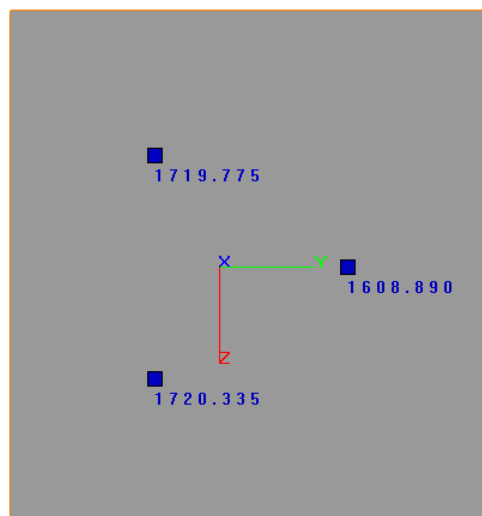


Figura 19 –Sforzo assiale SLU

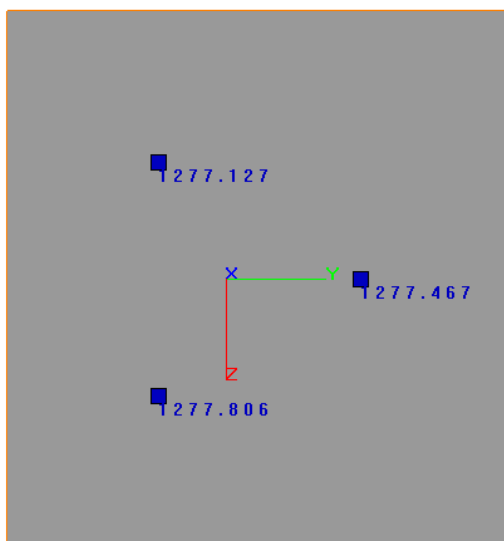


Figura 20 –Sforzo assiale SLV

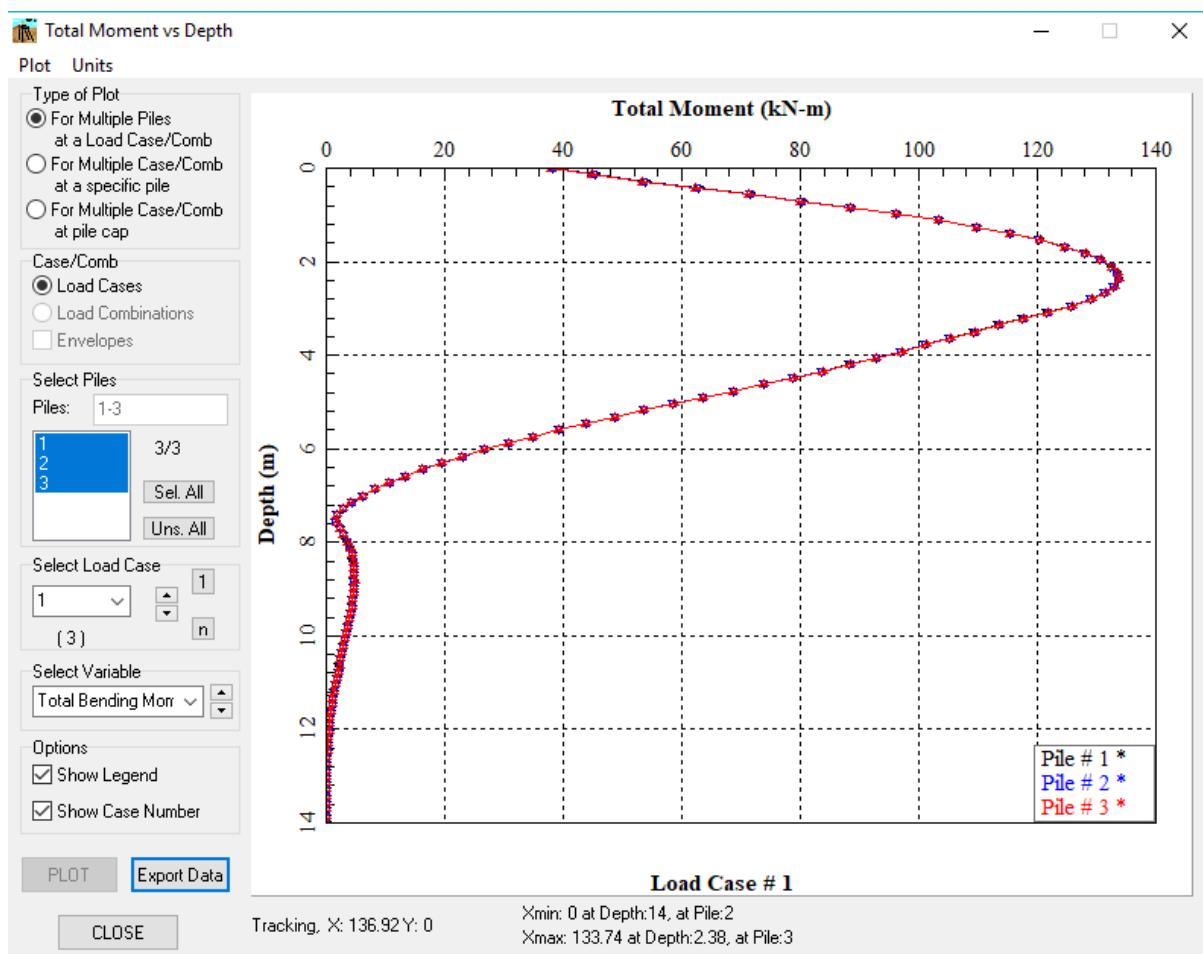


Figura 21 – Involuppo momento lungo il fusto del palo.

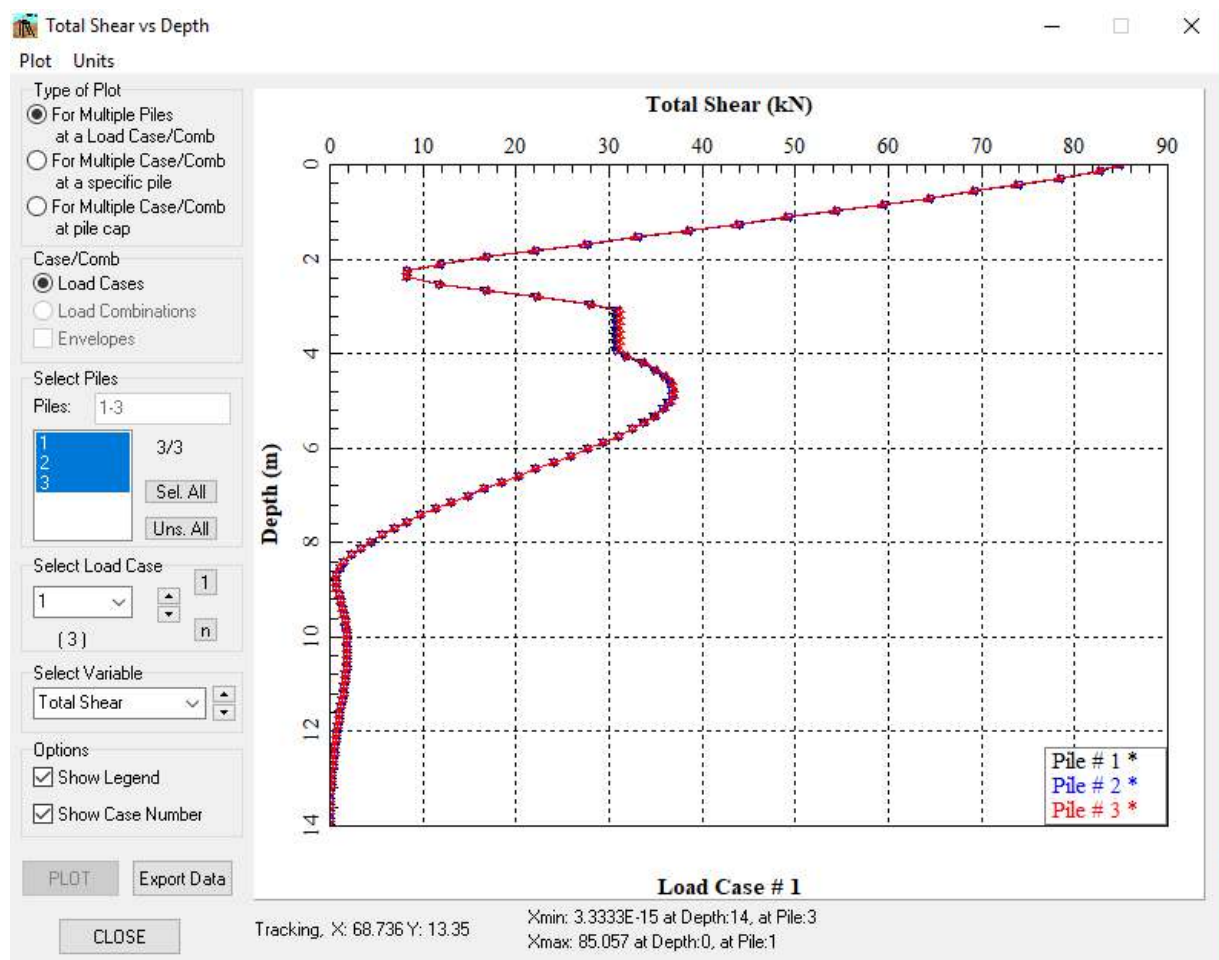


Figura 22 – Involuppo taglio lungo il fusto del palo

10.2. PLINTO PL2

10.2.1. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E CARICHI AGENTI

Geometria plinto: Plinto rettangolare, spessore 100 cm, lato 3.1 x 1.2 m

Pali: N. 2 pali TIPO FDP $\phi 620$ A, Lnetta 14.00m, Ltot= 14.50 m

Carichi agenti.

		slu					
		1	2	3	4	5	6
Node	Load	Fx-max	Fy-max	Fz-max	Mx-max	My-max	Mz-max
353	gLCB1	205.0	-1.0	2305.0	3.0	-7.0	0.0
332	gLCB1	15.0	-75.0	2854.0	-3.0	-7.0	0.0
332	gLCB1	15.0	-75.0	2854.0	-3.0	-7.0	0.0
348	gLCB1	1.0	-1.0	1772.0	3.0	0.0	0.0
374	gLCB1	-5.0	0.0	1553.0	3.0	7.0	0.0
332	gLCB1	15.0	-75.0	2854.0	-3.0	-7.0	0.0

sle

		1	2	3	4	5	6
Node	Load	Fx-max	Fy-max	Fz-max	Mx-max	My-max	Mz-max
353	gLCB42	152.0	-1.0	1723.0	2.0	-6.0	0.0
332	gLCB42	12.0	-56.0	2134.0	-2.0	-6.0	0.0
332	gLCB42	12.0	-56.0	2134.0	-2.0	-6.0	0.0
348	gLCB42	1.0	-1.0	1325.0	2.0	0.0	0.0
374	gLCB42	-4.0	0.0	1162.0	2.0	6.0	0.0
332	gLCB42	12.0	-56.0	2134.0	-2.0	-6.0	0.0

slv

		1	2	3	4	5	6
Node	Load	Fx-max	Fy-max	Fz-max	Mx-max	My-max	Mz-max
353	gLCB10	143.0	0.0	1591.0	2.0	-6.0	0.0
332	gLCB26	10.0	-52.0	1974.0	-2.0	-6.0	0.0
332	gLCB14	12.0	-50.0	1977.0	-2.0	-6.0	0.0
348	gLCB10	2.0	0.0	1227.0	2.0	0.0	0.0
374	gLCB10	-2.0	0.0	1077.0	2.0	6.0	0.0
332	gLCB10	12.0	-50.0	1976.0	-6.0	-6.0	0.0

PESO PROPRIO PLINTO

93 kN

SLE SLV

121 kN

SLU

10.2.2. Risultati SLE

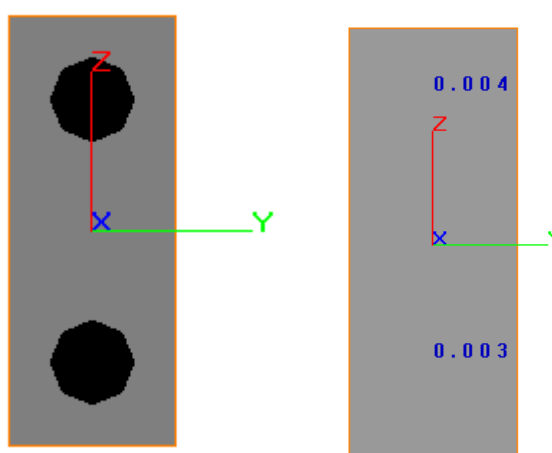


Figura 23 –Spostamenti verticali (mm)

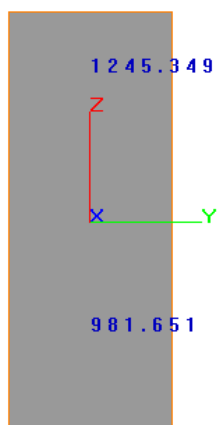


Figura 24 –Sforzo assiale (kN)

10.2.3. Risultati SLU-SLV

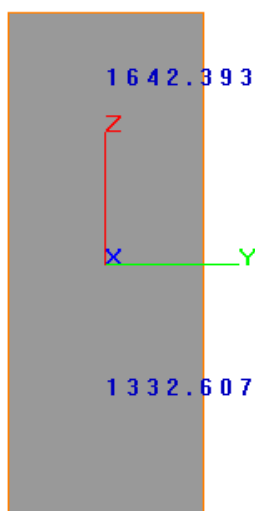


Figura 25 –Sforzo assiale SLU

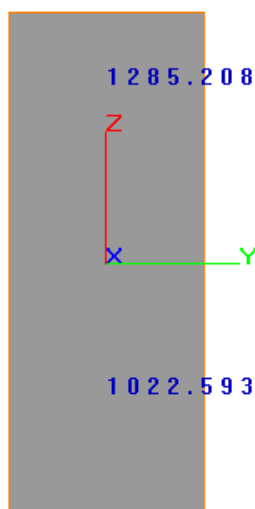


Figura 26 –Sforzo assiale SLV

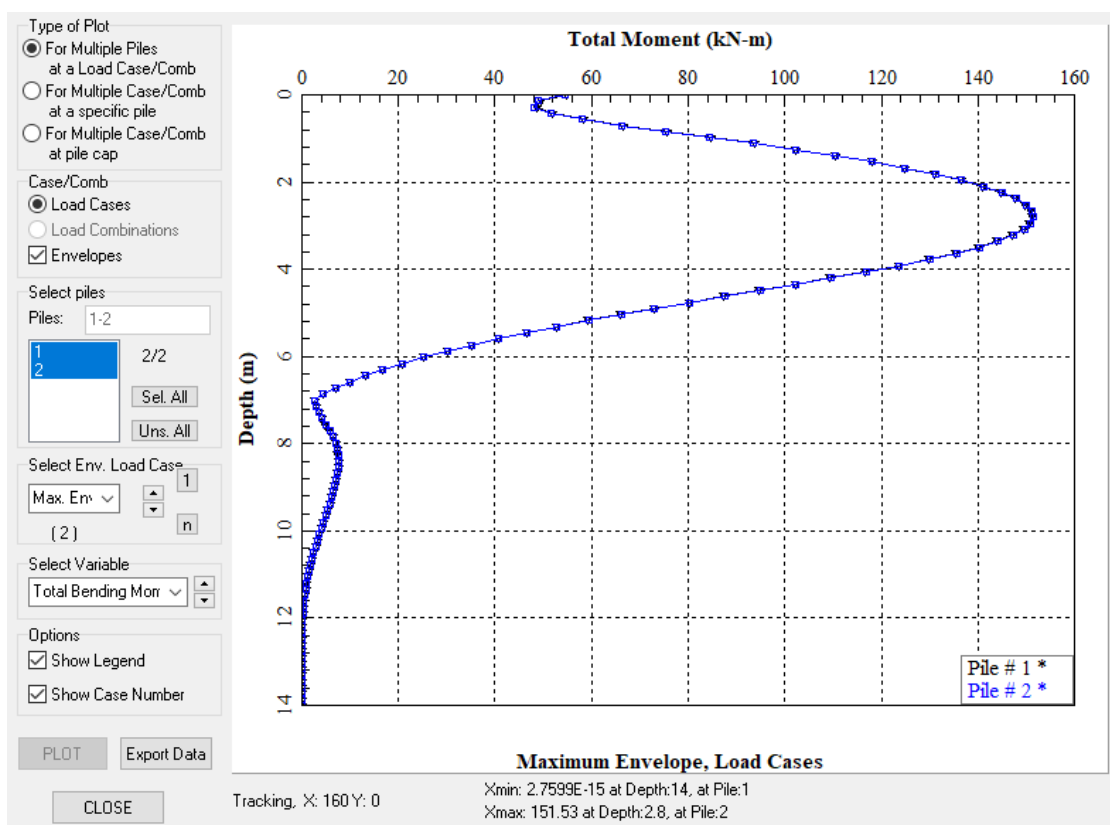


Figura 27 – Involuppo momento lungo il fusto del palo.

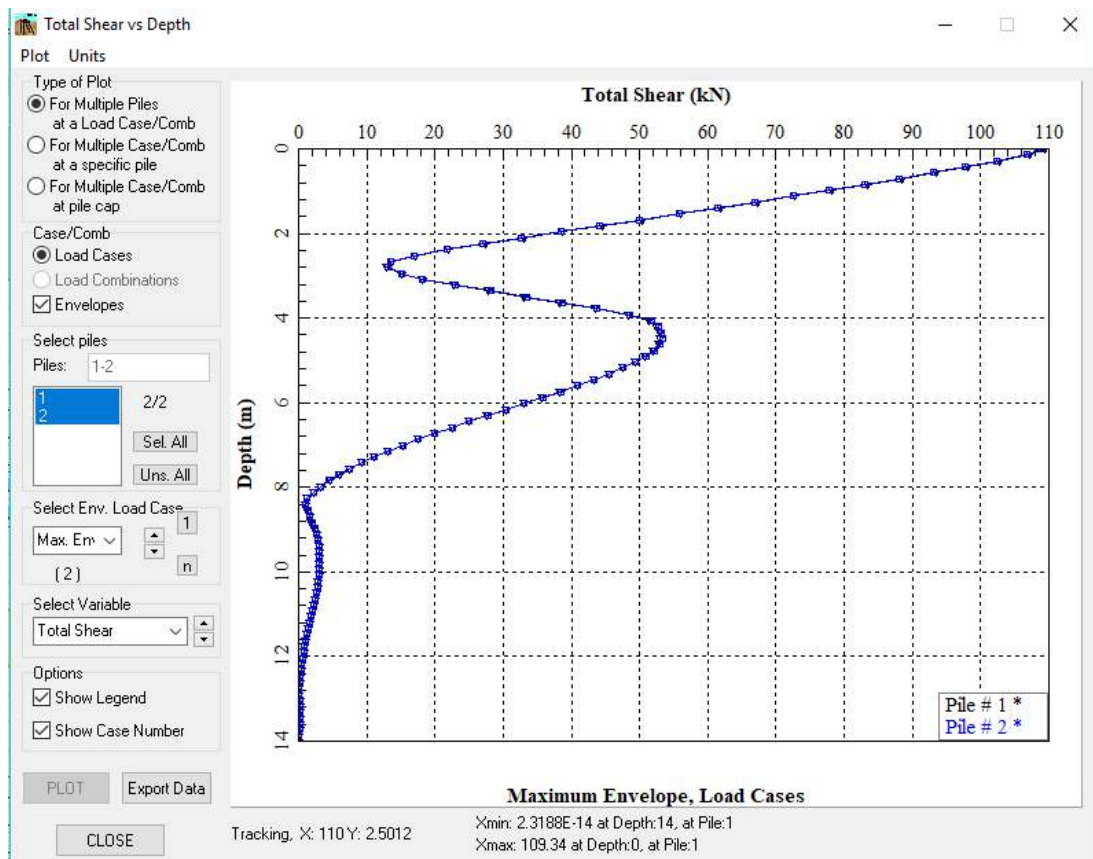


Figura 28 – Involuppo taglio lungo il fusto del palo

10.3. PLATEA PT1

10.3.1. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E CARICHI AGENTI

Geometria platea: Platea rettangolare, spessore 100 cm, lato 7.2 x 12.2 m

Pali: N. 24 pali TIPO FDP $\phi 620$ B, Lnetta 14.50m, Ltot= 15.00 m

Carichi agenti.

Setto 771

	1	2	3	4	5	6
Load	Fx-max	Fy-max	Fz-max	Mx-max	My-max	Mz-max
gLCB9	645.0	55.0	8182.0	-8061.0	-3394.0	1895.0
gLCB8	239.0	357.0	8182.0	-9404.0	-5103.0	1934.0
gLCB1	264.0	134.0	8664.0	-9190.0	-5465.0	2095.0
gLCB6	260.0	274.0	8664.0	-9774.0	-5487.0	2088.0
gLCB5	-154.0	195.0	8182.0	-8800.0	-6739.0	1993.0
gLCB3	24.0	176.0	8664.0	-9412.0	-6469.0	2124.0

sle

	1	2	3	4	5	6
Load	Fx-max	Fy-max	Fz-max	Mx-max	My-max	Mz-max
gLCB50	451.0	47.0	6178.0	-6057.0	-2687.0	1427.0
gLCB49	180.0	249.0	6178.0	-6952.0	-3826.0	1453.0
gLCB42	197.0	100.0	6500.0	-6810.0	-4068.0	1560.0
gLCB45	194.0	193.0	6500.0	-7199.0	-4082.0	1556.0
gLCB48	-82.0	140.0	6178.0	-6550.0	-4917.0	1492.0
gLCB44	37.0	128.0	6500.0	-6957.0	-4737.0	1580.0

slv

	1	2	3	4	5	6
Load	Fx-max	Fy-max	Fz-max	Mx-max	My-max	Mz-max
gLCB11	3451.0	1774.0	6072.0	7151.0	14382.0	2573.0
gLCB14	1072.0	3761.0	6072.0	11932.0	1344.0	1994.0
gLCB10	2886.0	2369.0	6072.0	3795.0	11375.0	2444.0
gLCB31	-1140.0	-3126.0	6071.0	-26755.0	-11059.0	760.0
gLCB27	-3089.0	-1591.0	6070.0	-19420.0	-21809.0	279.0
gLCB11	3451.0	1774.0	6072.0	7151.0	14382.0	2573.0

Nodo 351

slu

	1	2	3	4	5	6
Load	Fx-max	Fy-max	Fz-max	Mx-max	My-max	Mz-max
gLCB1	1.0	-1.0	4068.0	0.0	0.0	0.0
gLCB1	0.0	-1.0	2180.0	1.0	0.0	0.0
gLCB1	1.0	-1.0	224.0	-2.0	0.0	0.0
gLCB1	1.0	-1.0	224.0	-2.0	0.0	0.0
gLCB1	0.0	-1.0	2180.0	1.0	0.0	0.0
gLCB1	15.0	-75.0	2854.0	-3.0	-7.0	0.0

sle

	1	2	3	4	5	6
Load	Fx-max	Fy-max	Fz-max	Mx-max	My-max	Mz-max
gLCB42	1.0	-1.0	3036.0	0.0	0.0	0.0
gLCB42	0.0	-1.0	1628.0	1.0	0.0	0.0
gLCB42	1.0	-1.0	172.0	-2.0	0.0	0.0
gLCB42	12.0	-56.0	2134.0	-2.0	-6.0	0.0
gLCB42	0.0	-1.0	1628.0	1.0	0.0	0.0
gLCB42	12.0	-56.0	2134.0	-2.0	-6.0	0.0

slv

	1	2	3	4	5	6
Load	Fx-max	Fy-max	Fz-max	Mx-max	My-max	Mz-max
gLCB10	2.0	0.0	2895.0	0.0	0.0	0.0
gLCB12	1.0	-1.0	2893.0	0.0	0.0	0.0
gLCB10	2.0	0.0	172.0	-2.0	0.0	0.0
gLCB10	12.0	-50.0	1976.0	-2.0	-6.0	0.0
gLCB10	1.0	0.0	1503.0	1.0	0.0	0.0
gLCB10	12.0	-50.0	1976.0	-2.0	-6.0	0.0

PESO PROPRIO PLINTO

2196 kN

SLE SLV

2855 kN

SLU

10.3.2. Risultati SLE

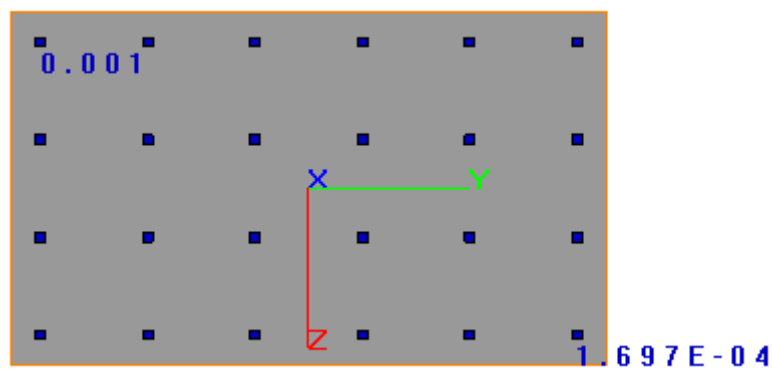
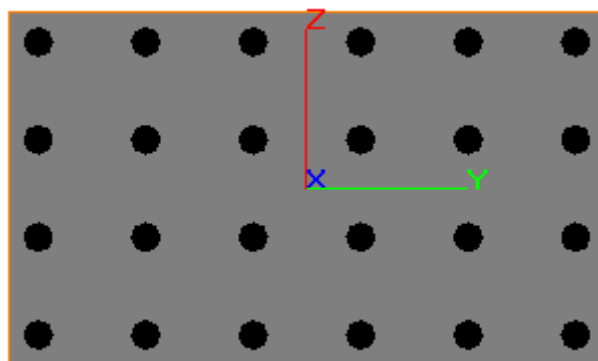


Figura 29 –Spostamenti verticali (mm)

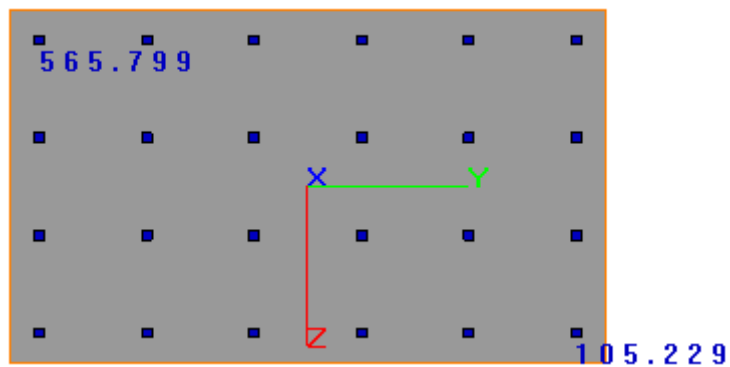


Figura 30 –Sforzo assiale (kN)

10.3.3. Risultati SLU-SLV

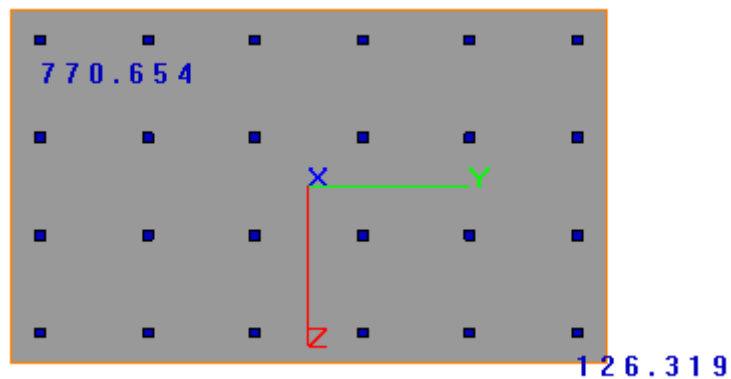


Figura 31 –Sforzo assiale SLU

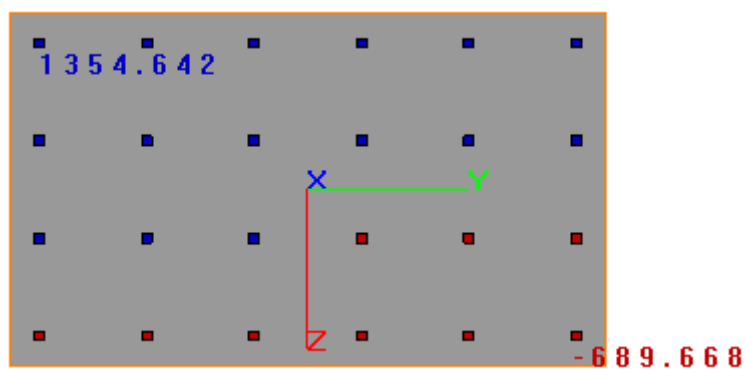


Figura 32 –Sforzo assiale SLV

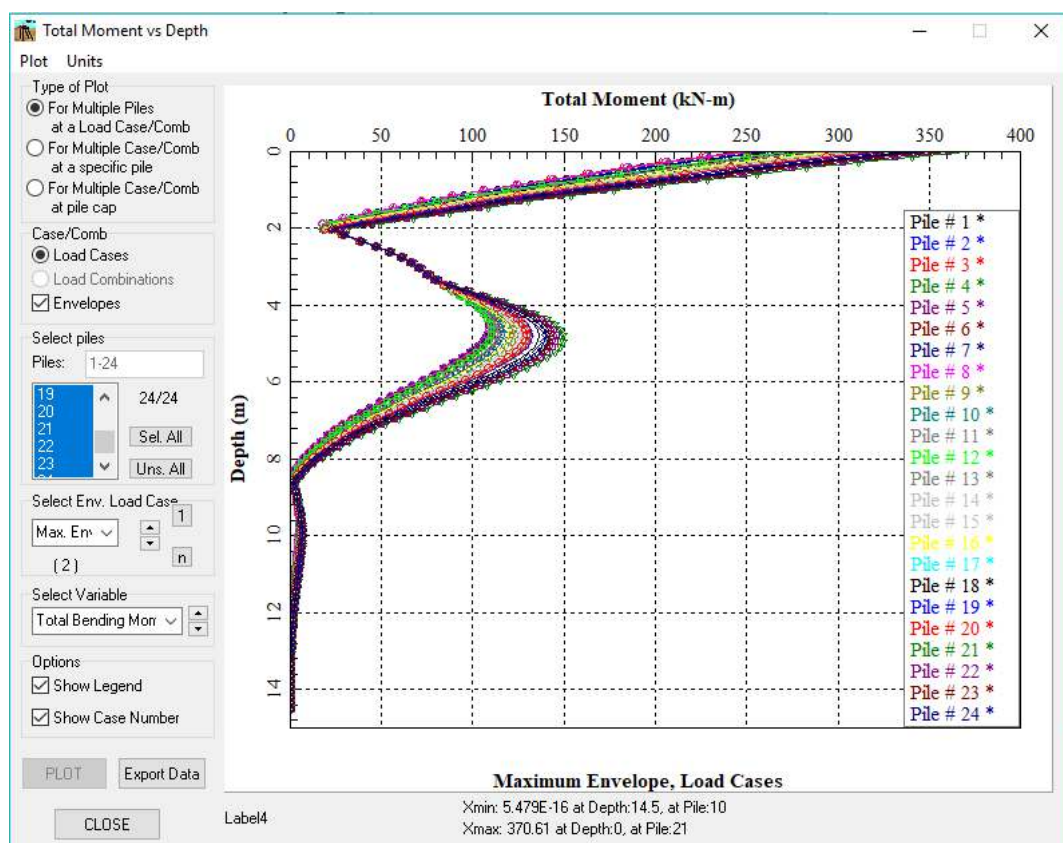


Figura 33 – Involuppo momento lungo il fusto del palo.

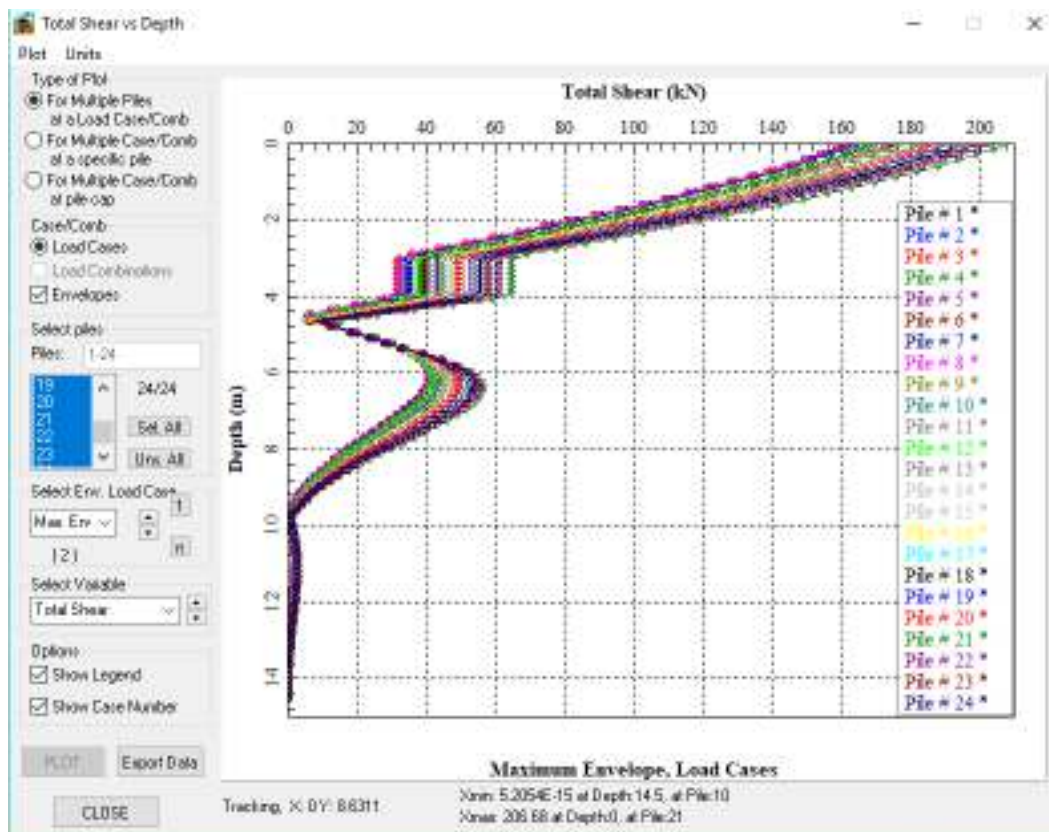


Figura 34 – Involuppo taglio lungo il fusto del palo

10.4. PLATEA PT2

10.4.1. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E CARICHI AGENTI

Geometria platea: Platea rettangolare, spessore 100 cm, lato 7.2 x 10.7 m

Pali: N. 24 pali TIPO FDP $\phi 620$ B, Lnetta 14.50m, Ltot= 15.00 m

Carichi agenti.

Setti

slu

	1	2	3	4	5	6
Load	Fx-max	Fy-max	Fz-max	Mx-max	My-max	Mz-max
gLCB9	535.0	82.0	8515.0	-1844.0	-7106.0	-234.0
gLCB8	100.0	224.0	8515.0	-2348.0	-8961.0	-323.0
gLCB1	93.0	65.0	9002.0	-1824.0	-9558.0	-390.0
gLCB8	100.0	224.0	8515.0	-2348.0	-8961.0	-323.0
gLCB5	-362.0	42.0	8515.0	-1544.0	-10976.0	-497.0
gLCB5	-362.0	42.0	8515.0	-1544.0	-10976.0	-497.0

sle

	1	2	3	4	5	6
Load	Fx-max	Fy-max	Fz-max	Mx-max	My-max	Mz-max
gLCB50	364.0	60.0	6434.0	-1372.0	-5541.0	-188.0
gLCB49	74.0	155.0	6434.0	-1708.0	-6778.0	-247.0
gLCB42	69.0	49.0	6758.0	-1359.0	-7175.0	-292.0
gLCB49	74.0	155.0	6434.0	-1708.0	-6778.0	-247.0
gLCB48	-234.0	34.0	6434.0	-1172.0	-8121.0	-363.0
gLCB48	-234.0	34.0	6434.0	-1172.0	-8121.0	-363.0

slv

	1	2	3	4	5	6
Load	Fx-max	Fy-max	Fz-max	Mx-max	My-max	Mz-max
gLCB10	3087.0	900.0	6326.0	4188.0	10666.0	1052.0
gLCB15	740.0	2210.0	6326.0	10484.0	-2471.0	1383.0
gLCB10	3087.0	900.0	6326.0	4188.0	10666.0	1052.0
gLCB30	-1337.0	-2089.0	6325.0	-13136.0	-14946.0	-1676.0
gLCB26	-2960.0	-807.0	6325.0	-6675.0	-24098.0	-1592.0
gLCB31	-614.0	-2116.0	6325.0	-12971.0	-10961.0	-1923.0

PESO PROPRIO PLINTO

1926 kN

SLE SLV

2504 kN

SLU

10.4.2. Risultati SLE

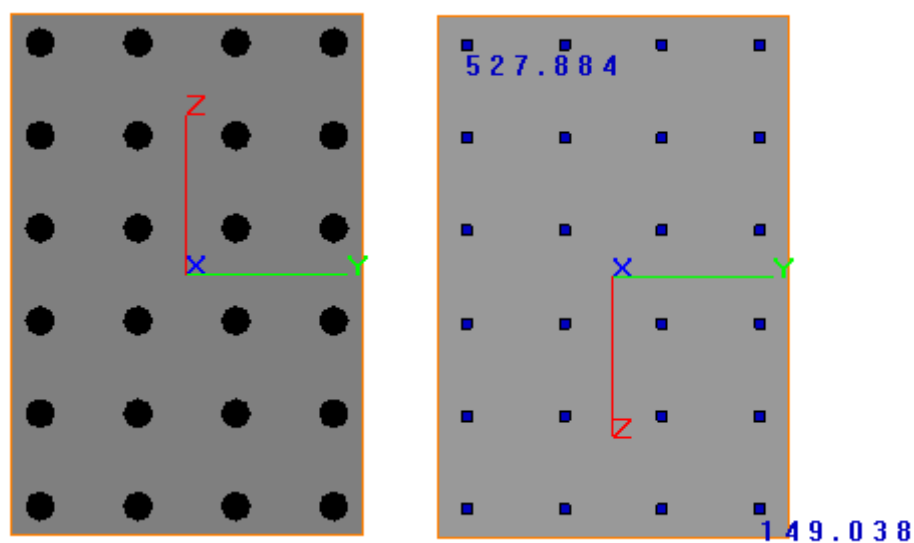


Figura 35 –Spostamenti verticali (mm)

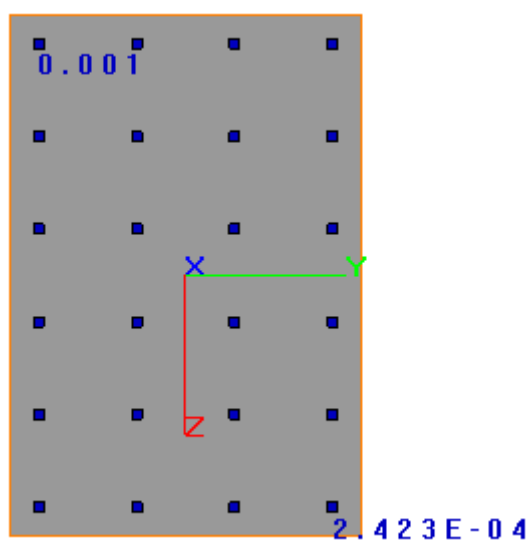


Figura 36 –Sforzo assiale (kN)

10.4.3. Risultati SLU-SLV

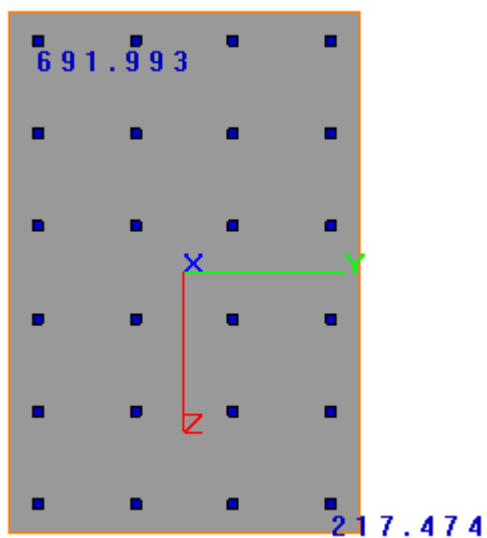


Figura 37 –Sforzo assiale SLU

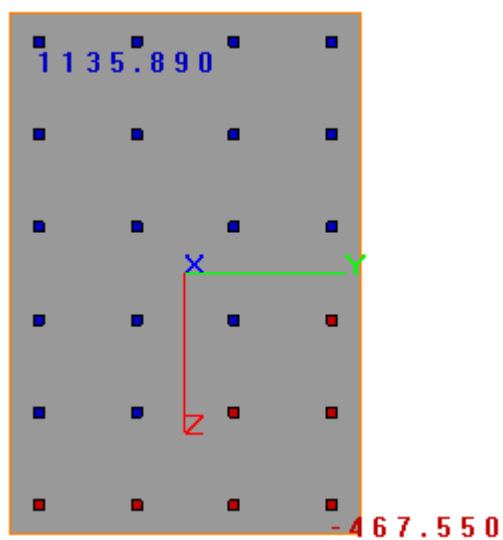


Figura 38 –Sforzo assiale SLV

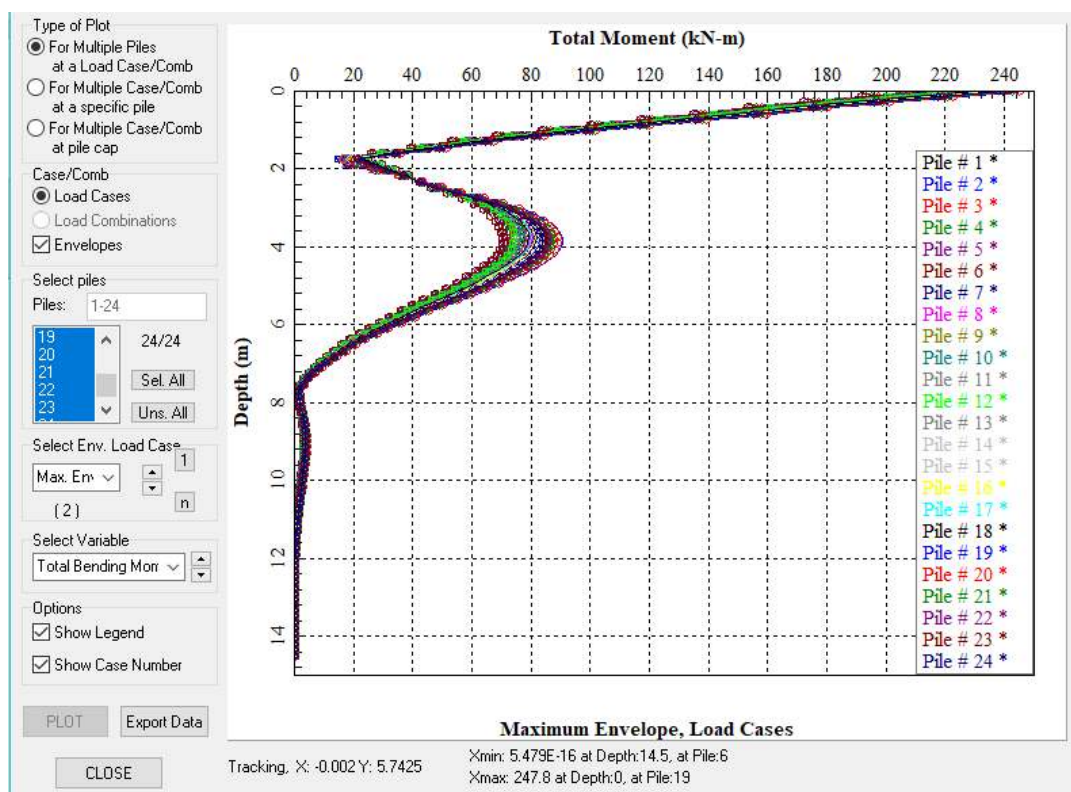


Figura 39 – Involuppo momento lungo il fusto del palo.

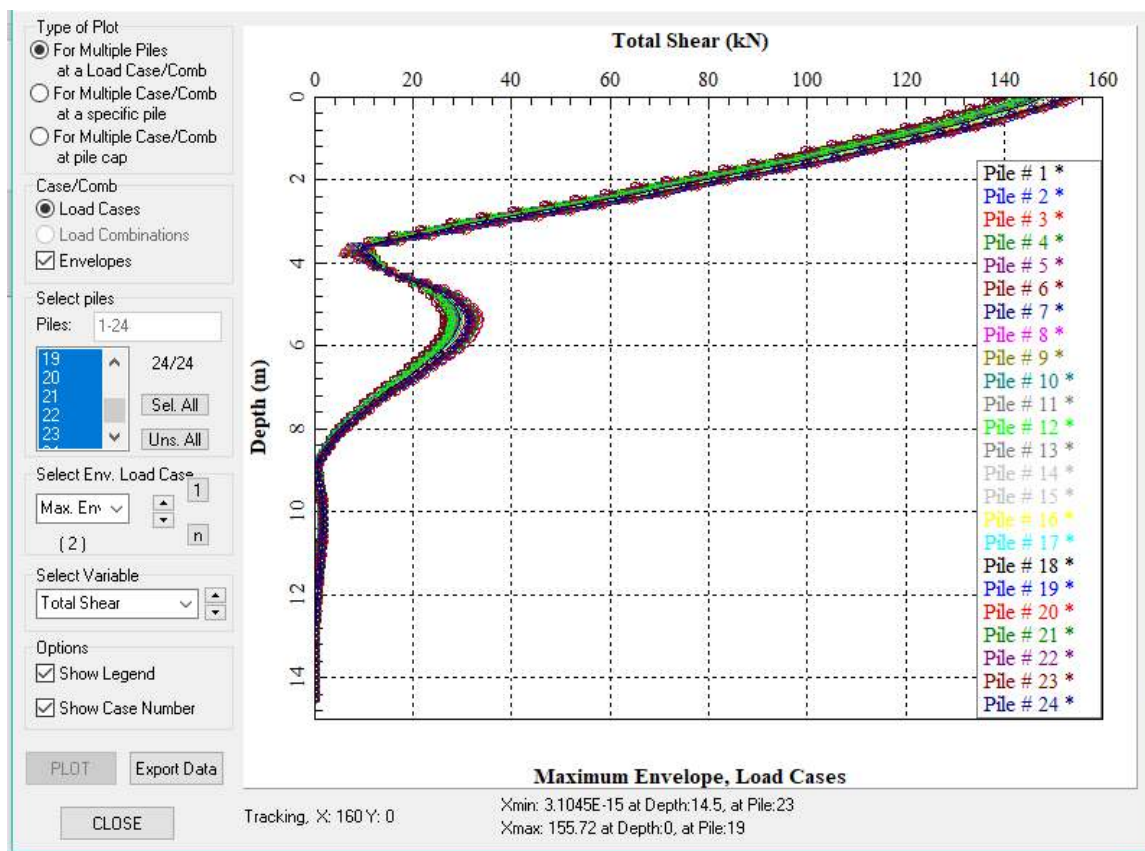


Figura 40 – Involuppo taglio lungo il fusto del palo

11. PALI DI FONDAZIONE – VERIFICHE GEOTECNICHE

Per quanto riguarda lo strato che va da -5.0 a -10 m da piano campagna è stato riscontrato un moderato rischio di liquefazione che potrebbe interessare strati non più spessi almeno 1 m; il cedimento stimato per gli orizzonti suscettibili di cedimenti post-sismici è pari a circa 11 cm. Al fine di valutare gli effetti di tale cedimento sul sistema di fondazione sono state condotte le seguenti elaborazioni:

1. Determinazione della curva carico verticale-cedimenti del palo singolo mediante il programma di calcolo GroupPile in assenza ed in presenza di liquefazione del terreno di fondazione (ipotesi di non portanza del palo nei livelli liquefacibili);
2. Determinazione delle sollecitazioni lungo il palo singolo dovute agli effetti di attrito negativo indotto dai cedimenti post-sismici.

I livelli liquefacibili sono stati schematizzati mediante il modello costitutivo, in termini di crube p-y, "liquefied sand" elaborato da Rollins et al. (2003).

11.1. CALCOLO CAPACITA' PORTANTE VERTICALE PALO $\Phi 620$ - L=14.00 M

11.1.1. Condizioni statiche

PALI DI FONDAZIONE: CALCOLO CAPACITA' PORTANTE VERTICALE AI SENSI DEL D.M. 14.01.2008

Parcheggio Ferrara
Pali tipo FPD

Caratteristiche palo	
Tipo palo	PALO INFISSO - 1
Diametro Palo [m]	0.62
Lunghezza Palo	14.000
Area base [m ²]	0.302
Carico Q a p.c. [kN/m ²]	0.0

Coefficienti parziali in funzione del numero di verticali									
N. tot.	1	1	2	3	4	5	7	≥10	SLE
Z ₃	1.65	1.7	1.65	1.6	1.55	1.5	1.45	1.4	1
Z ₄	1.55	1.7	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1

Coefficienti parziali per le azioni (A)				
Carichi	A1	A2	SISMA	SLE
Permanenti	1.3	1	1	1
Variabili	1.5	1.3	1	1

Coefficienti parziali su parametri caratteristici del terreno (M)				
Parametri	M1	M2	SISMA	SLE
Tangente dell'angolo di attrito (f)	1	1.25	1	1
Coesione efficace (c')	1	1.25	1	1
Resistenza al taglio non drenata (Cu)	1	1.4	1	1
Peso dell'unità di volume (g)	1	1	1	1

Coefficienti parziali g _R su resistenze caratteristiche (R)					PALI INFISSI			PALI TRIVELLATI			PALI AD ELICA			
Resistenza		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	SLE
Punta	g _b	1	1.45	1.15	1	1.45	1.15	1	1.7	1.35	1	1.6	1.3	2.5
Laterale (compressione)	g _s	1	1.45	1.15	1	1.45	1.15	1	1.45	1.15	1	1.45	1.15	2.5
Totale (compressione)	g _t	1	1.45	1.15	1	1.45	1.15	1	1.6	1.3	1	1.55	1.25	2.5
Laterale in trazione	g _{st}	1	1.6	1.25	1	1.6	1.25	1	1.6	1.25	1	1.6	1.25	2.5

Resistenza a Compressione (Tabella riassuntiva)

Calcolo Peso Palo

Wp,k	71	(kN)	Valore Medio	Valore Minimo	Valore Medio/z3	Valore Medio/z4	Rd	Wp	Rd,c - Wp
Wp,kx1.3	92	(kN)	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Approccio 2	A1+M1+R3		3338	3338	2023	2153	2023	92	1931

Resistenza a Trazione (Tabella riassuntiva)

Calcolo Peso Palo

Wp,k	71	(kN)	Valore Medio	Valore Minimo	Valore Medio/z3	Valore Medio/z4	Rd	Wp	Rd,t - Wp
Wp,k x 1	71	(kN)	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Approccio 2	A1+M1+R3		1721	1721	1043	1110	1043	71	1114

								PARAMETRI DRENATI							PARAMETRI NON DRENATI			Qlim. LATERALE		Qlim. PUNTA	
N. STRATO	TIPO TERRENO	QUOTA FALDA (> 0)	g Terreno [kN/m³]	Prof. Tetto [m]	Prof. Base [m]	D [m]		f	c' [kPa]	α (c')	k	μ	tan (μϕ)	Nq	Cu [kPa]	a (Cu)	Nc	Qlim. Lat. Parametri drenati [kPa]	Qlim. Lat. Parametri non drenati [kPa]	Qlim. punta Parametri drenati [kPa]	Qlim. punta Parametri non drenati [kPa]
1	A	COES.	3.3	19	0.00	1.00	0.62									0.00		0	0	0	6
1	A	COES.	3.3	19	1.00	3.00	0.62	26	0.0	0.00	1.20	1	0.49		40	0.84		87	130	0	17
2	S	COES.	3.3	19	3.00	5.00	0.62	26			1.20	1	0.49		40	0.84		154	130	0	29
2	S	GRANULARE	3.3	19	5.00	7.00	0.62	31			1.20	1	0.60			0.00		246	246	0	0
2	S	GRANULARE	3.3	19	7.00	10.00	0.62	31			1.20	1	0.60			0.00		465	465	0	0
2	S	GRANULARE	3.3	19	10.00	11.50	0.62	35			1.20	1	0.70					321	321	0	0
2	S	GRANULARE	3.3	19	11.50	15.00	0.62	35			1.20	1	0.70			0.00		878	878	0	0
2	S	GRANULARE	3.3	19	15.00	15.00	0.62						0.00					0	0	0	0
2	S	GRANULARE	3.3	19	15.00	15.00	0.62						0.00					0	0	0	0
2	S	GRANULARE	3.3	19	15.00	15.00	0.62						0.00					0	0	0	0
2(Punta)	S	GRANULARE	3.3	19	15.00	15.00	0.62						0.00	33				0	0	1688	1688
																	2151	2170	1688	1688	
1447																					
								PARAMETRI DRENATI				PARAMETRI NON DRENATI									
								COMPRESSIONE		TRAZIONE		COMPRESSIONE		TRAZIONE							
								Rck / R		Rtk / R		Rck / R		Rtk / R							
Approccio 2			A1+M1+R3		3338 kN		1721 kN		3355 kN		1736 kN										
Sisma			A1+M1+R3		3338 kN		1721 kN		3355 kN		1736 kN										

11.1.1. Condizione sismica

PALI DI FONDAZIONE: CALCOLO CAPACITA' PORTANTE VERTICALE AI SENSI DEL D.M. 14.01.2008

Parcheggio Ferrara Pali tipo FPD

Caratteristiche palo	
Tipo palo	PALO INFISSO - 1
Diametro Palo [m]	0.62
Lunghezza Palo	14.000
Area base [m²]	0.302
Carico Q a p.c. [kN/m²]	0.0

Coefficienti parziali per le azioni (A)				
Carichi	A1	A2	SISMA	SLE
Permanenti	1.3	1	1	1
Variabili	1.5	1.3	1	1

Coefficienti parziali in funzione del numero di verticali									
N. tot.	1	1	2	3	4	5	7	≥10	SLE
Z ₃	1.65	1.7	1.65	1.6	1.55	1.5	1.45	1.4	1
Z ₄	1.55	1.7	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1

Coefficienti parziali su parametri caratteristici del terreno (M)				
Parametri	M1	M2	SISMA	SLE
Tangente dell'angolo di attrito (f)		1	1.25	1
Coesione efficace (c')	1	1.25	1	1
Resistenza al taglio non drenata (Cu)	1	1.4	1	1
Peso dell'unità di volume (g)	1	1	1	1

Coefficienti parziali g _R su resistenze caratteristiche (R)					PALI INFISSI			PALI TRIVELLATI			PALI AD ELICA			
Resistenza		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	SLE
Punta	g _b	1	1.45	1.15	1	1.45	1.15	1	1.7	1.35	1	1.6	1.3	2.5
Laterale (compressione)	g _s	1	1.45	1.15	1	1.45	1.15	1	1.45	1.15	1	1.45	1.15	2.5
Totale (compressione)	g _t	1	1.45	1.15	1	1.45	1.15	1	1.6	1.3	1	1.55	1.25	2.5
Laterale in trazione	g _{st}	1	1.6	1.25	1	1.6	1.25	1	1.6	1.25	1	1.6	1.25	2.5

Resistenza a Compressione (Tabella riassuntiva)

Calcolo Peso Palo

Wp,k	71	(kN)	Valore	Valore	Valore	Valore	Rd	Wp	Rd,c - Wp
Wp,kx1.3	71	(kN)	Medio	Minimo	Medio/z3	Medio/z4			
			kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Approccio 2	A1+M1+R3		2283	2283	1383	1473	1383	71	1312

Resistenza a Trazione (Tabella riassuntiva)

Calcolo Peso Palo

Wp,k	71	(kN)	Valore	Valore	Valore	Valore	Rd	Wp	Rd,t - Wp
Wp,k x 1	71	(kN)	Medio	Minimo	Medio/z3	Medio/z4			
			kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Approccio 2	A1+M1+R3		750	750	455	484	455	71	526

N. STRATO	TIPO TERRENO	QUOTA FALDA (> 0)	g Terreno [kN/m³]	Prof. Tetto [m]	Prof. Base [m]	D [m]	PARAMETRI DRENATI							PARAMETRI NON DRENATI			Qlim. LATERALE		Qlim. PUNTA	
							f	c' [kPa]	α (c')	k	μ	tan (μφ)	Nq	Cu [kPa]	a (Cu)	Nc	Qlim. Lat. Parametri drenati [kPa]	Qlim. Lat. Parametri non drenati [kPa]	Qlim. punta Parametri drenati [kPa]	Qlim. punta Parametri non drenati [kPa]
1	A	COES.	3.3	19	0.00	1.00	0.00			1.00	1	0.00			0.00		0	0	0	0
1	A	COES.	3.3	19	1.00	3.00	-0.62	26	0.0	0.00	1.00	1	0.49	40	0.84		-72	-131	0	17
2	S	COES.	3.3	19	3.00	5.00	-0.62	26		1.00	1	0.49		40	0.84		-128	-131	0	29
2	S	GRANULARE	3.3	19	5.00	7.00	0.00	31		1.00	1	0.60			0.00		0	0	0	0
2	S	GRANULARE	3.3	19	7.00	10.00	0.00	31		1.00	1	0.60			0.00		0	0	0	0
2	S	GRANULARE	3.3	19	10.00	11.50	0.62	35		1.20	1	0.70			0.00		321	321	0	0
2	S	GRANULARE	3.3	19	11.50	15.00	0.62	35		1.20	1	0.70			0.00		878	878	0	0
2	S	GRANULARE	3.3	19	15.00	15.00	0.62					0.00					0	0	0	0
2	S	GRANULARE	3.3	19	15.00	15.00	0.62					0.00					0	0	0	0
2	S	GRANULARE	3.3	19	15.00	15.00	0.62					0.00					0	0	0	0
2	S	GRANULARE	3.3	19	15.00	15.00	0.62					0.00					0	0	0	0
2(Punta)	S	GRANULARE	3.3	19	15.00	15.00	0.62					0.00	33				0	0	1688	1688
																	998	937	1688	1688
																	625			
			PARAMETRI DRENATI				PARAMETRI NON DRENATI													
			COMPRESSIONE		TRAZIONE		COMPRESSIONE		TRAZIONE											
			Rck / R		Rtk / R		Rck / R		Rtk / R											
Approccio 2			A1+M1+R3				2336 kN		799 kN											
Sisma			A1+M1+R3				2336 kN		799 kN											
							2283 kN		750 kN											

11.2. CALCOLO CAPACITA' PORTANTE VERTICALE PALO Ø620 - L= 14.50 M

11.2.1. Condizioni statiche

PALI DI FONDAZIONE: CALCOLO CAPACITA' PORTANTE VERTICALE AI SENSI DEL D.M. 17.01.2018

Parcheggio Ferrara
Pali tipo FPD

Caratteristiche palo	
Tipo palo	PALO INFISSO - 1
Diametro Palo [m]	0.62
Lunghezza Palo	14.500
Area base [m²]	0.302
Carico Q a p.c. [kN/m²]	0.0

Coefficienti parziali per le azioni (A)				
Carichi	A1	A2	SISMA	SLE
Permanenti	1.3	1	1	1
Variabili	1.5	1.3	1	1

Coefficienti parziali in funzione del numero di verticali									
N. tot.	1	1	2	3	4	5	7	≥10	SLE
Z ₃	1.65	1.7	1.65	1.6	1.55	1.5	1.45	1.4	1
Z ₄	1.55	1.7	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1

Coefficienti parziali su parametri caratteristici del terreno (M)					
Parametri	M1	M2	SISMA	SLE	
Tangente dell'angolo di attrito (f)		1.25	1	1	
Coesione efficace (c')	1	1.25	1	1	
Resistenza al taglio non drenata (Cu)	1	1.4	1	1	
Peso dell'unità di volume (g)	1	1	1	1	

Coefficienti parziali g _R su resistenze caratteristiche (R)					PALI INFISSI			PALI TRIVELLATI			PALI AD ELICA			
Resistenza		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	SLE
Punta	g _b	1	1.45	1.15	1	1.45	1.15	1	1.7	1.35	1	1.6	1.3	2.5
Laterale (compressione)	g _s	1	1.45	1.15	1	1.45	1.15	1	1.45	1.15	1	1.45	1.15	2.5
Totale (compressione)	g _t	1	1.45	1.15	1	1.45	1.15	1	1.6	1.3	1	1.55	1.25	2.5
Laterale in trazione	g _{st}	1	1.6	1.25	1	1.6	1.25	1	1.6	1.25	1	1.6	1.25	2.5

Resistenza a Compressione (Tabella riassuntiva)									
Calcolo Peso Palo									
Wp,k	73	(kN)	Valore Medio	Valore Minimo	Valore Medio/z3	Valore Medio/z4	Rd	Wp	Rd,c - Wp
Wp,kx1.3	95	(kN)	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Approccio 2	A1+M1+R3		3500	3500	2121	2258	2121	95	2026

Resistenza a Trazione (Tabella riassuntiva)									
Calcolo Peso Palo									
Wp,k	73	(kN)	Valore Medio	Valore Minimo	Valore Medio/z3	Valore Medio/z4	Rd	Wp	Rd,t - Wp
Wp,k x 1	73	(kN)	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Approccio 2	A1 + M1 + R3		1833	1833	1111	1183	1111	73	1184

								PARAMETRI DRENATI							PARAMETRI NON DRENATI			Qlim. LATERALE		Qlim. PUNTA	
N. STRATO	TIPO TERRENO	QUOTA FALDA (>0)	g Terreno [kN/m³]	Prof. Tetto [m]	Prof. Base [m]	D [m]	f	c' [kPa]	α (c')	k	μ	tan (μ·φ)	Nq	Cu [kPa]	a (Cu)	Nc	Qlim. Lat. Parametri drenati [kPa]	Qlim. Lat. Parametri non drenati [kPa]	Qlim. punta Parametri drenati [kPa]	Qlim. punta Parametri non drenati [kPa]	
1	A	COES.	3.3	19	0.00	1.00	0.62								0.00			0	0	0	6
1	A	COES.	3.3	19	1.00	3.00	0.62	28	0.0	0.00	1.20	1	0.49	40	0.84			87	130	0	17
2	S	COES.	3.3	19	3.00	5.00	0.62	28			1.20	1	0.49	40	0.84			154	130	0	29
2	S	GRANULARE	3.3	19	5.00	7.00	0.62	31			1.20	1	0.60		0.00			246	246	0	0
2	S	GRANULARE	3.3	19	7.00	10.00	0.62	31			1.20	1	0.60		0.00			465	465	0	0
2	S	GRANULARE	3.3	19	10.00	11.50	0.62	35			1.20	1	0.70		0.00			321	321	0	0
2	S	GRANULARE	3.3	19	11.50	15.50	0.62	35			1.20	1	0.70		0.00			1019	1019	0	0
2	S	GRANULARE	3.3	19	15.50	15.50	0.62						0.00					0	0	0	0
2	S	GRANULARE	3.3	19	15.50	15.50	0.62						0.00					0	0	0	0
2	S	GRANULARE	3.3	19	15.50	15.50	0.62						0.00					0	0	0	0
2(Punta)	S	GRANULARE	3.3	19	15.50	15.50	0.62						0.00	33				0	0	1733	1733
																	2291	2311	1733	1733	
1540																					
PARAMETRI DRENATI								PARAMETRI NON DRENATI													
COMPRESSIONE								COMPRESSIONE													
TRAZIONE								TRAZIONE													
Rck / R								Rck / R													
Rtk / R								Rtk / R													
Approccio 2			A1+M1+R3		3500 kN		1833 kN		3517 kN			1849 kN									
Sisma			A1+M1+R3		3500 kN		1833 kN		3517 kN			1849 kN									

11.2.2. Condizione sismica

PALI DI FONDAZIONE: CALCOLO CAPACITA' PORTANTE VERTICALE AI SENSI DEL D.M. 17.01.2018

Parcheggio Ferrara
Pali tipo FPD

Caratteristiche palo	
Tipo palo	PALO INFISSO - 1
Diametro Palo [m]	0.62
Lunghezza Palo	14.500
Area base [m²]	0.302
Carico Q a p.c. [kN/m²]	0.0

Coefficienti parziali in funzione del numero di verticali									
N. tot.	1	1	2	3	4	5	7	≥10	SLE
Z ₃	1.65	1.7	1.65	1.6	1.55	1.5	1.45	1.4	1
Z ₄	1.55	1.7	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1

Coefficienti parziali per le azioni (A)				
Carichi	A1	A2	SISMA	SLE
Permanenti	1.3	1	1	1
Variabili	1.5	1.3	1	1

Coefficienti parziali su parametri caratteristici del terreno (M)				
Parametri	M1	M2	SISMA	SLE
Tangente dell'angolo di attrito (f)	1	1.25	1	1
Coesione efficace (c')	1	1.25	1	1
Resistenza al taglio non drenata (Cu)	1	1.4	1	1
Peso dell'unità di volume (g)	1	1	1	1

Coefficienti parziali g_R su resistenze caratteristiche (R)													
Resistenza		PALI INFISSI			PALI TRIVELLATI			PALI AD ELICA					
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Punta	g _b	1	1.45	1.15	1	1.45	1.15	1	1.7	1.35	1	1.6	1.3
Laterale (compressione)	g _s	1	1.45	1.15	1	1.45	1.15	1	1.45	1.15	1	1.45	1.15
Totale (compressione)	g _t	1	1.45	1.15	1	1.45	1.15	1	1.6	1.3	1	1.55	1.25
Laterale in trazione	g _{st}	1	1.6	1.25	1	1.6	1.25	1	1.6	1.25	1	1.6	1.25

Resistenza a Compressione (Tabella riassuntiva)									
Calcolo Peso Palo									
Wp,k	73	(kN)	Valore Medio	Valore Minimo	Valore Medio/z3	Valore Medio/z4	Rd	Wp	Rd,c - Wp
Wp,k x 1	73	(kN)	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Approccio 2	A1+M1+R3		2445	2445	1482	1577	1482	73	1408

Resistenza a Trazione (Tabella riassuntiva)									
Calcolo Peso Palo									
Wp,k	73	(kN)	Valore Medio	Valore Minimo	Valore Medio/z3	Valore Medio/z4	Rd	Wp	Rd,t - Wp
Wp,k x 1	73	(kN)	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
Approccio 2	A1+M1+R3		1072	1072	650	691	650	73	723

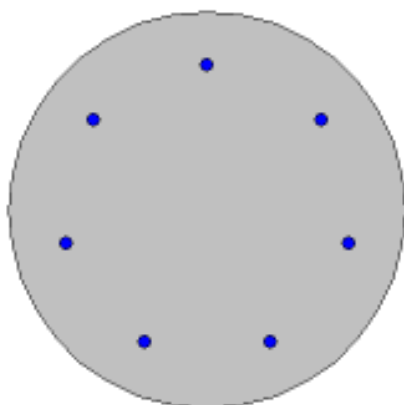
								PARAMETRI DRENATI							PARAMETRI NON DRENATI			Qlim. LATERALE		Qlim. PUNTA	
N. STRATO	TIPO TERRENO		QUOTA FALDA (>0)	g Terreno [kN/m³]	Prof. Tetto [m]	Prof. Base [m]	D [m]	f	c' [kPa]	α (c')	k	μ	tan (μ φ)	Nq	Cu [kPa]	a (Cu)	Nc	Qlim. Lat. Parametri drenati [kPa]	Qlim. Lat. Parametri non drenati [kPa]	Qlim. punta Parametri drenati [kPa]	Qlim. punta Parametri non drenati [kPa]
1	A	COES.	3.3	19.0	0.00	1.00	-0.62				1.00	1	0.00			0.00		0	0	0	6
1	A	COES.	3.3	19.0	1.00	3.00	-0.62	28	0.0	0.00	1.00	1	0.49		40	0.84		-72	-131	0	17
2	S	COES.	3.3	19	3.00	5.00	-0.62	28			1.00	1	0.49		40	0.84		-128	-131	0	29
2	S	GRANULARE	3.3	19	5.00	7.00	0.00	31			1.00	1	0.60			0.00		0	0	0	0
2	S	GRANULARE	3.3	19	7.00	10.00	0.00	31			1.00	1	0.60			0.00		0	0	0	0
2	S	GRANULARE	3.3	19	10.00	11.50	0.62	35			1.20	1	0.70			0.00		321	321	0	0
2	S	GRANULARE	3.3	19	11.50	15.50	0.62	35			1.20	1	0.70			0.00		1019	1019	0	0
2	S	GRANULARE	3.3	19	15.50	15.50	0.62						0.00					0	0	0	0
2	S	GRANULARE	3.3	19	15.50	15.50	0.62						0.00					0	0	0	0
2	S	GRANULARE	3.3	19	15.50	15.50	0.62						0.00					0	0	0	0
2(Punta)	S	GRANULARE	3.3	19	15.50	15.50	0.62						0.00	33				0	0	1733	1733
																	1139	1078	1733	1733	
																	719				

11.3. CALCOLO CAPACITA' PORTANTE ORIZZONTALE

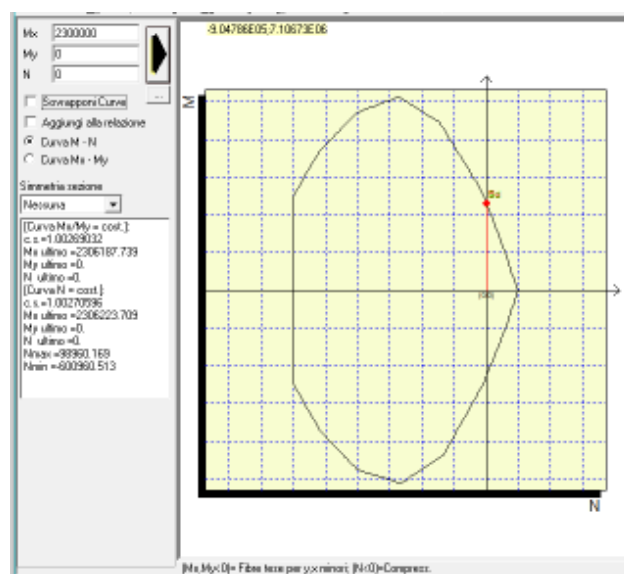
La portanza orizzontale dei pali è funzione del momento di plasticizzazione M_y che dipende a sua volta dalla sezione del palo, dall'armatura presente e dalle sollecitazioni agenti (un'azione di trazione sul palo comporta una riduzione di M_y).

Si riporta il calcolo del momento di plasticizzazione M_y per ogni tipologica di palo e la relativa resistenza a taglio assumendo una rotazione in testa palo impedita.

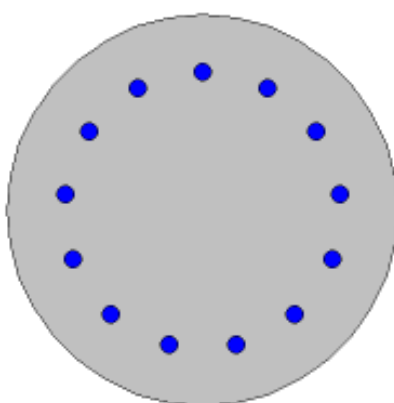
Palo 620 tipo A - 7 ϕ 20



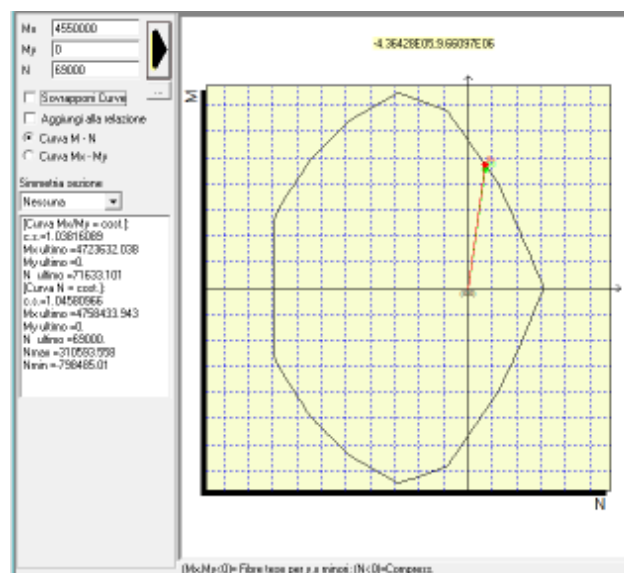
$M_y = 230 \text{ kNm}$



Palo 620 tipo B - 13 ϕ 26



$M_y = 455 \text{ kNm}$



Palo $\phi 620$ mm – tipo A

CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI COESIVI
PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA

OPERA:

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)

H = carico limite orizzontale

L = lunghezza del palo

d = diametro del palo

M_y = momento di plasticizzazione della sezione

ξ_3 = fattore di correlazione per la determinazione della resistenza caratteristica

γ_t = coefficiente parziale

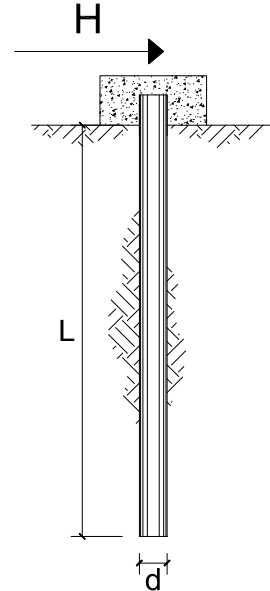
γ_{group} = coefficiente parziale effetto di gruppo

$F_s = \xi_3 \times \gamma_t$

c_u = resistenza al taglio non-drenata

R_{tr} = resistenza di un palo ai carichi orizzontali

$R_{tr,d}$ = resistenza di calcolo di un palo ai carichi orizzontali



Palo corto:
$$H = 9c_u d^2 \left(\frac{L}{d} - 1.5 \right)$$

Palo intermedio:
$$H = -9c_u d^2 \left(\frac{L}{d} + 1.5 \right) + 9c_u d^2 \sqrt{2 \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{4}{9} \frac{M_y}{c_u d^3}} + 4.5$$

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

DATI DI INPUT:

L =	17.50	(m)
d =	0.62	(m)
M_y =	230	(kN m)
ξ_3 =	1.65	(-)
γ_t =	1.30	(-)
c_u =	40.00	(kN/m ²)

Palo corto:

H1 =	3698.42	(kN)	H1/FS	1724.21	(kN)
------	---------	------	-------	---------	------

Palo intermedio:

H2 =	1436.67	(kN)	H2/FS	669.77	(kN)
------	---------	------	-------	--------	------

Palo lungo:

H3 =	290.85	(kN)	H3/FS	135.60	(kN)
------	--------	------	-------	--------	------

$R_{tr} = \min(R_{tr\ 1}, R_{tr\ 2}, R_{tr\ 3}) = 290.85$ (kN) palo lungo

$R_{tr,d} = 136$ (kN)

Palo $\phi 620$ mm – tipo B

CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI COESIVI
PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA

OPERA:

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)

H = carico limite orizzontale

L = lunghezza del palo

d = diametro del palo

M_y = momento di plasticizzazione della sezione

ξ_3 = fattore di correlazione per la determinazione della resistenza caratteristica

γ_t = coefficiente parziale

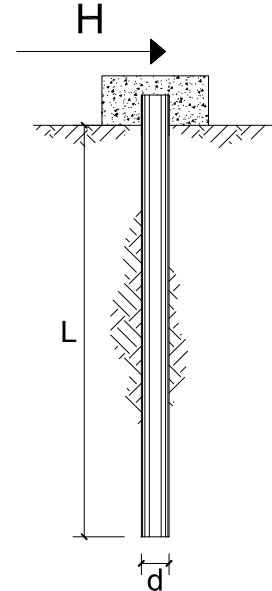
γ_{group} = coefficiente parziale effetto di gruppo

$F_s = \xi_3 \times \gamma_t$

c_u = resistenza al taglio non-drenata

R_{tr} = resistenza di un palo ai carichi orizzontali

$R_{tr,d}$ = resistenza di calcolo di un palo ai carichi orizzontali



Palo corto:
$$H = 9c_u d^2 \left(\frac{L}{d} - 15 \right)$$

Palo intermedio:
$$H = -9c_u d^2 \left(\frac{L}{d} + 15 \right) + 9c_u d^2 \sqrt{2 \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{4}{9} \frac{M_y}{c_u d^3}} + 4.5$$

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

DATI DI INPUT:

L =	15.00	(m)
d =	0.62	(m)
M_y =	455	(kN m)
ξ_3 =	1.65	(-)
γ_t =	1.30	(-)
c_u =	40.00	(kN/m ²)

Palo corto:

H1 =	3140.42	(kN)	H1/FS	1464.07	(kN)
-------------	---------	------	--------------	---------	------

Palo intermedio:

H2 =	1230.93	(kN)	H2/FS	573.86	(kN)
-------------	---------	------	--------------	--------	------

Palo lungo:

H3 =	462.73	(kN)	H3/FS	215.73	(kN)
-------------	--------	------	--------------	--------	------

$R_{tr} = \min(R_{tr} 1, R_{tr} 2, R_{tr} 3) = 462.73$ (kN) palo lungo

$R_{tr,d} = 216$ (kN)

11.4. TABELLA DI SINTESI RESISTENZE E AZIONI DI PROGETTO

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva delle resistenze di progetto e delle sollecitazioni agenti.

	SLU		
	N compressione kN	N trazione kN	R compressione kN
PLINTO PL1	1720 -		1931
PLINTO PL2	1642 -		1931
PLATEA PT1	771 -		2026
PLATEA PT2	692 -		2026

	SLV						
	N compressione kN	N trazione kN	R compressione kN	R trazione kN	Taglio kN	R taglio kN	Momento kNm
PLINTO PL1	1278 -		1312	526	85	136	134
PLINTO PL2	1285 -		1312	526	109	136	152
PLATEA PT1	1355	-690	1408	723	206	216	370
PLATEA PT2	1135	-468	1408	723	156	216	248

	SLE	
	N compressione kN	Cedimenti mm
PLINTO PL1	1286	5
PLINTO PL2	1245	4
PLATEA PT1	566	1
PLATEA PT2	528	1

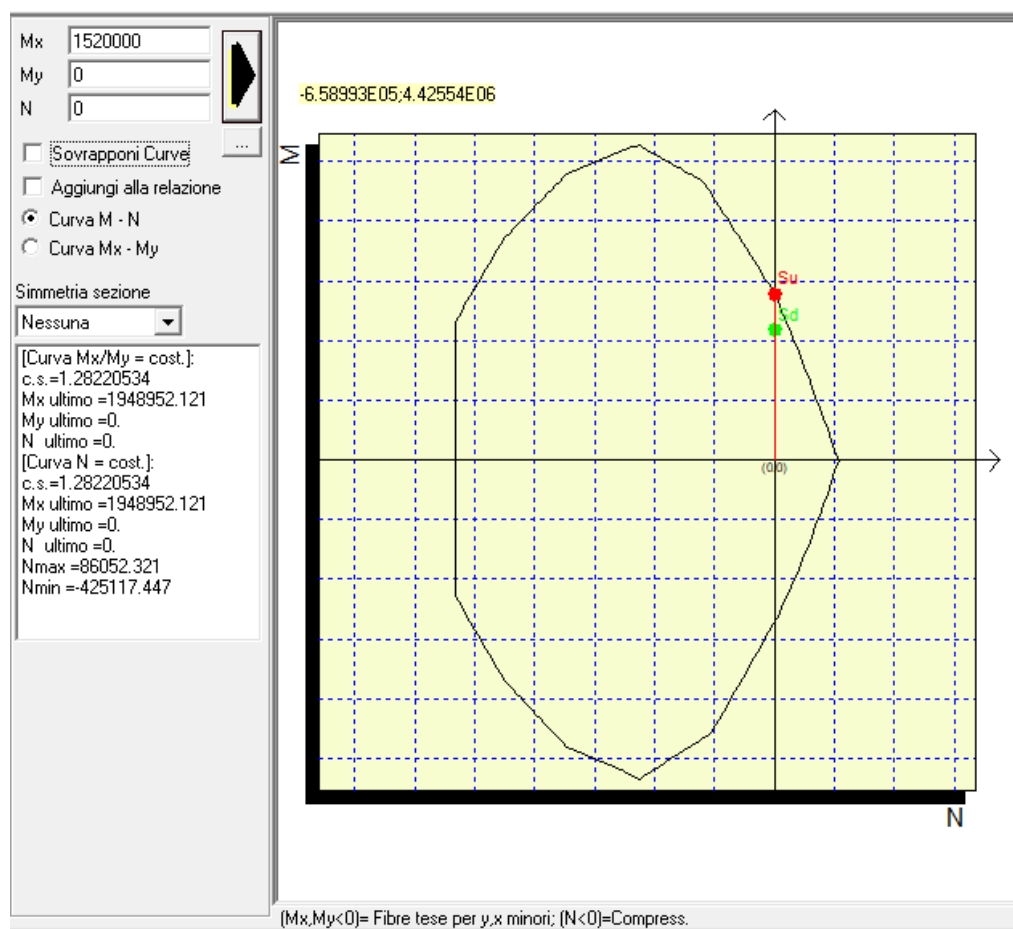
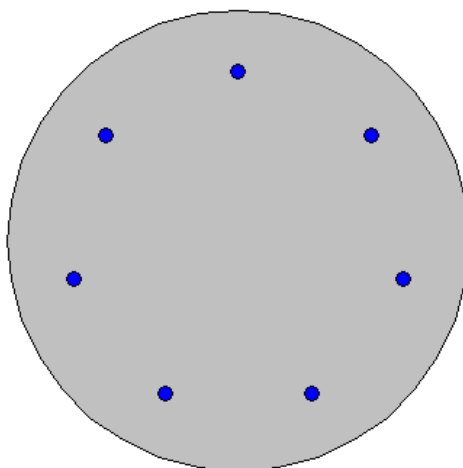
12. PALI DI FONDAZIONE - VERIFICHE STRUTTURALI

12.1. VERIFICA ARMATURA PALO 620 TIPO A

12.1.1. Verifiche SLU

Armatura longitudinale: n.6 barre ϕ 20 mm

Staffa elicoidale: ϕ 10 mm, passo 160 mm



VERIFICA A TAGLIO SEZIONI CIRCOLARI - Rif. DM 17/01/2018

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo

classe di resistenza del calcestruzzo		C25/30	
resistenza cubica caratteristica a compressione	R_{ck}	30.00	MPa
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f_{ck}	25.00	MPa
coeff. riduttivo per resistenze di lunga durata	α_{cc}	0.85	
coeff. parziale per resistenze SLU	γ_M	1.50	
resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	14.17	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	f_{cd}	7.08	MPa

Acciaio da c.a.

tipo di acciaio		B450C	
resistenza caratteristica a snervamento	f_{yk}	450.00	MPa
resistenza caratteristica a rottura	f_{tk}	540.00	MPa
coeff. parziale per le resistenze SLU	γ_M	1.15	
resistenza di calcolo	f_{yd}	391.30	MPa

GEOMETRIA DELLA SEZIONE

diametro del palo	D	62.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	50.74	cm
area totale di calcestruzzo	A_c	2021.66	cm ²
	n° barre	Φ (mm)	A_{SL} (mm ²)
	12	14	1847.256
armatura longitudinale tesa	0	0	0.000
	0	0	0.000
		$A_{SL,tot}$	1847.26

SOLLECITAZIONI

sforzo di taglio sollecitante	V_{Ed}	109.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	N_{Ed}	0.00	kN

RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)

Sollecitazioni

sforzo di taglio sollecitante	V_{Ed}	109.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	N_{Ed}	0.00	kN

Geometria della sezione

diametro del palo	D	62.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	50.74	cm
area totale di calcestruzzo	A_c	2021.66	cm ²

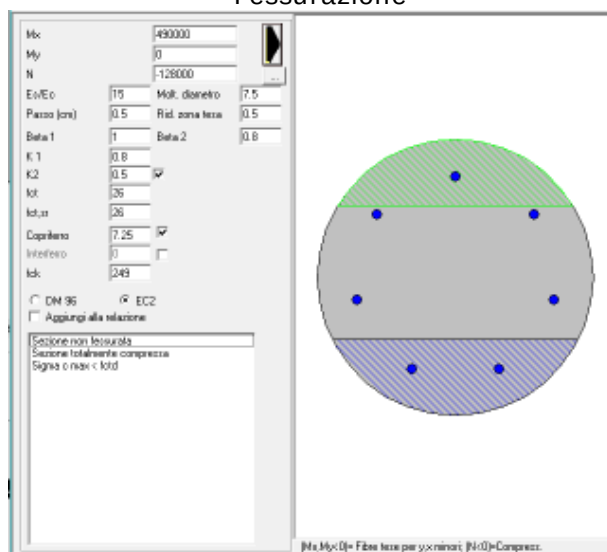
Resistenza a taglio

classe di resistenza del calcestruzzo		C25/30	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f_{ck}	25.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	14.17	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	f_{cd}	7.08	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	f_{yd}	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	18.473	cm ²
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	Φ_{sw}	10	mm
passo armatura trasversale	s	16.00	cm
area armatura trasversale	A_{sw}	157.08	mm ²
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	α	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	ϑ	40.0	°
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg α	0.00	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	ctg ϑ	1.19	
coeff. maggiorativo	σ_{cp}	0.00	MPa
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	α_c	1	
resistenza a taglio-trazione	ν	0.5	
resistenza a taglio-compressione	V_{Rsd}	208.74	kN
limite superiore della resistenza a taglio	V_{Rcd}	634.78	kN
	$V_{Rd,max}$	716.01	kN
Resistenza a taglio con armatura specifica	V_{Rd}	208.74	kN

≥ V_{Ed} - VERIFICATO

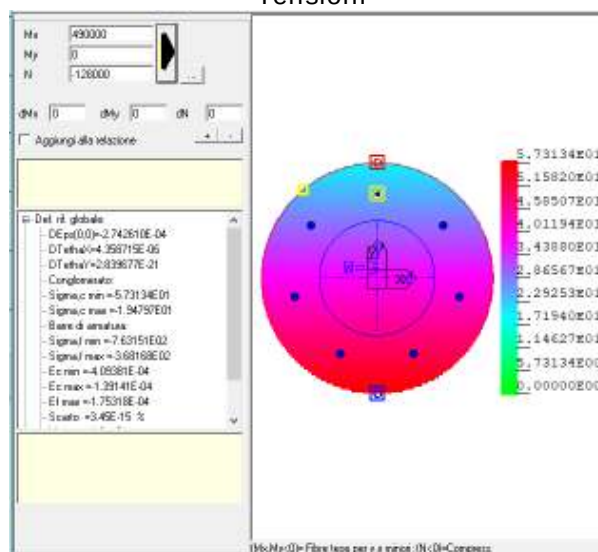
12.1.1. Verifiche SLE – Fessurazione e limiti tensionali

Fessurazione



Sezione non fessurata

Tensioni



$$\sigma_s = 76.3 \text{ MPa} < 350 \text{ MPa}$$

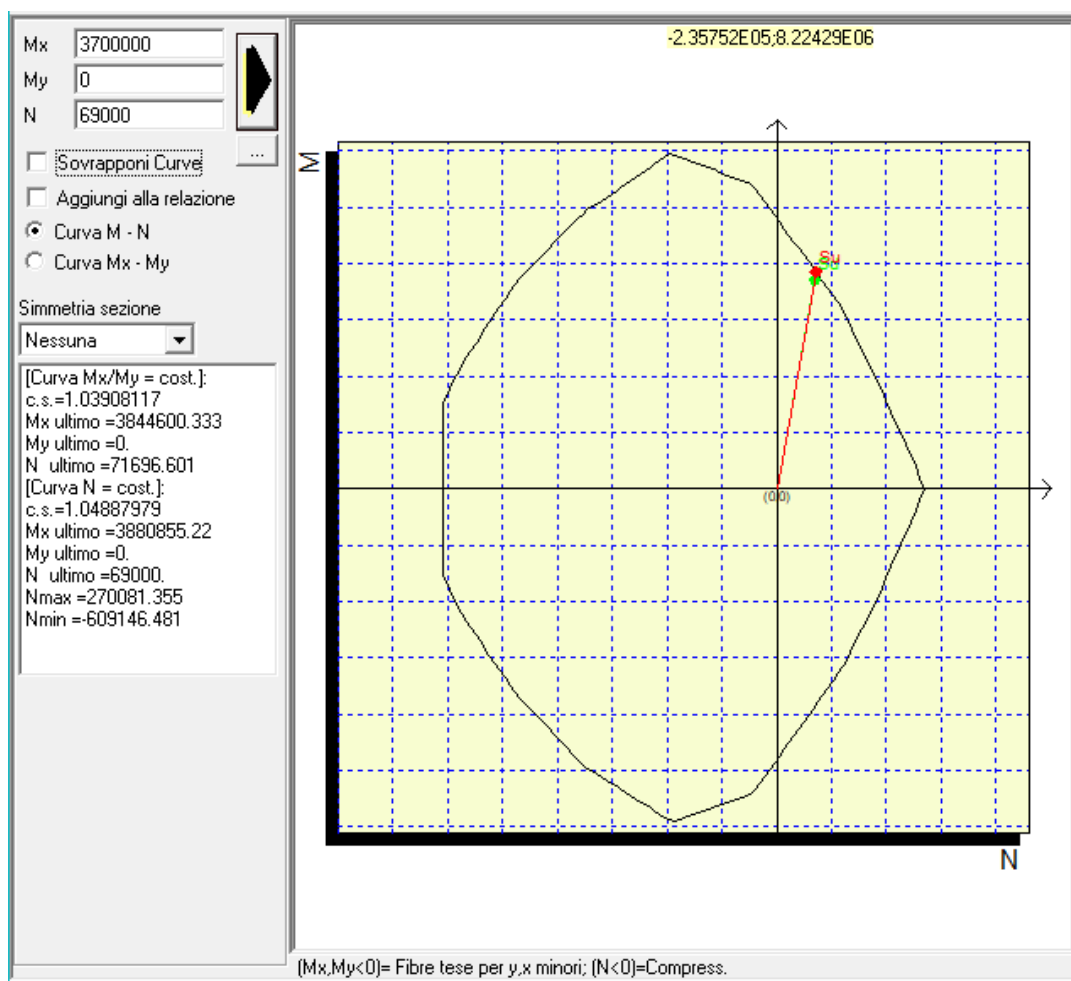
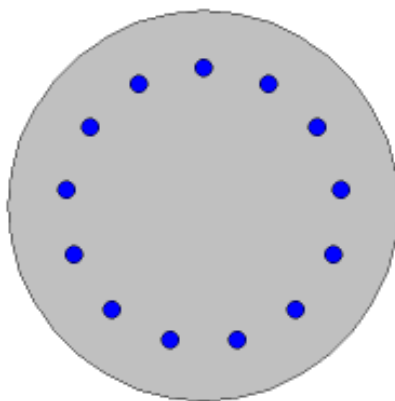
$$\sigma_t = 5.80 \text{ MPa} < 11.2 \text{ MPa}$$

12.2. VERIFICA ARMATURA PALO 620 TIPO B

12.2.1. Verifiche SLU

Armatura longitudinale: n.13 barre ϕ 26 mm

Staffa elicoidale: ϕ 12 mm, passo 150 mm



Mrd 388 kNm (c.s. 1.04)

VERIFICA A TAGLIO SEZIONI CIRCOLARI - Rif. DM 17/01/2018

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo

classe di resistenza del calcestruzzo		C25/30	
resistenza cubica caratteristica a compressione	R_{ck}	30.00	MPa
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f_{ck}	25.00	MPa
coeff. riduttivo per resistenze di lunga durata	α_{cc}	0.85	
coeff. parziale per resistenze SLU	γ_M	1.50	
resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	14.17	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	f_{cd}	7.08	MPa

Acciaio da c.a.

tipo di acciaio		B450C	
resistenza caratteristica a snervamento	f_{yk}	450.00	MPa
resistenza caratteristica a rottura	f_{tk}	540.00	MPa
coeff. parziale per le resistenze SLU	γ_M	1.15	
resistenza di calcolo	f_{yd}	391.30	MPa

GEOMETRIA DELLA SEZIONE

diametro del palo	D	62.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	50.74	cm
area totale di calcestruzzo	A_c	2021.66	cm ²
	n° barre	Φ (mm)	A_{SL} (mm ²)
	13	26	6902.079
armatura longitudinale tesa	0	0	0.000
	0	0	0.000
		$A_{SL,tot}$	6902.08

SOLLECITAZIONI

sforzo di taglio sollecitante	V_{Ed}	206.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	N_{Ed}	0.00	kN

RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)

Sollecitazioni

sforzo di taglio sollecitante	V_{Ed}	206.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	N_{Ed}	0.00	kN

Geometria della sezione

diametro del palo	D	62.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	50.74	cm
area totale di calcestruzzo	A_c	2021.66	cm ²

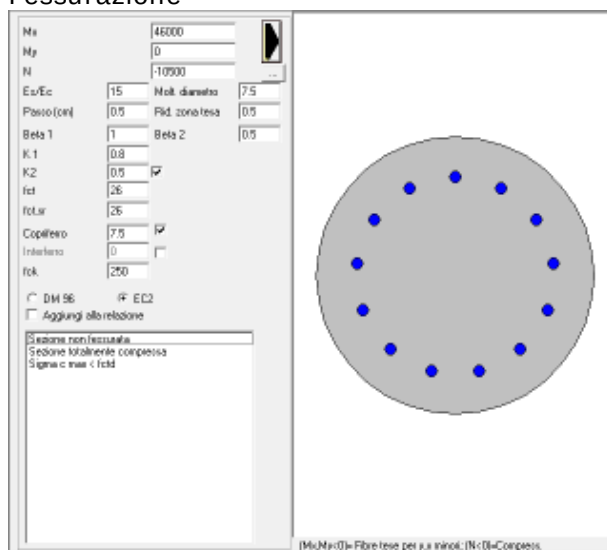
Resistenza a taglio

classe di resistenza del calcestruzzo		C25/30	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f_{ck}	25.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	14.17	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	f_{cd}	7.08	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	f_{yd}	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	69.021	cm ²
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	Φ_{sw}	12	mm
passo armatura trasversale	s	15.00	cm
area armatura trasversale	A_{sw}	226.19	mm ²
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	α	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	ϑ	40.0	°
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg α	0.00	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	ctg ϑ	1.19	
coeff. maggiorativo	σ_{cp}	0.00	MPa
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	α_c	1	
resistenza a taglio-trazione	ν	0.5	
resistenza a taglio-compressione	V_{Rsd}	320.63	kN
limite superiore della resistenza a taglio	V_{Rcd}	634.78	kN
	$V_{Rd,max}$	716.01	kN
Resistenza a taglio con armatura specifica	V_{Rd}	320.63	kN

≥ V_{Ed} - VERIFICATO

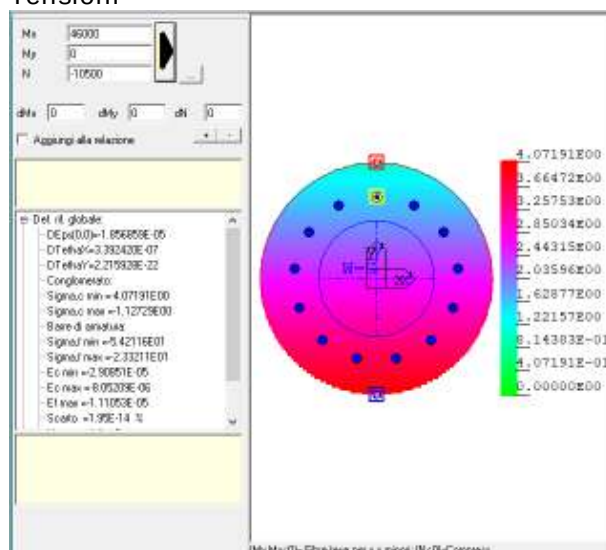
12.2.2. Verifiche SLE – Fessurazione e limiti tensionali

Fessurazione



Sezione non fessurata

Tensioni



$$\sigma_s = 54.2 \text{ MPa} < 350 \text{ MPa}$$

$$\sigma_t = 4.07 \text{ MPa} < 11.2 \text{ MPa}$$

13. PLATEA ≠ 300 MM – VERIFICHE GEOTECNICHE

Per la verifica di portanza del terreno si considerano i seguenti dati geometrici della fondazione e carichi agenti.

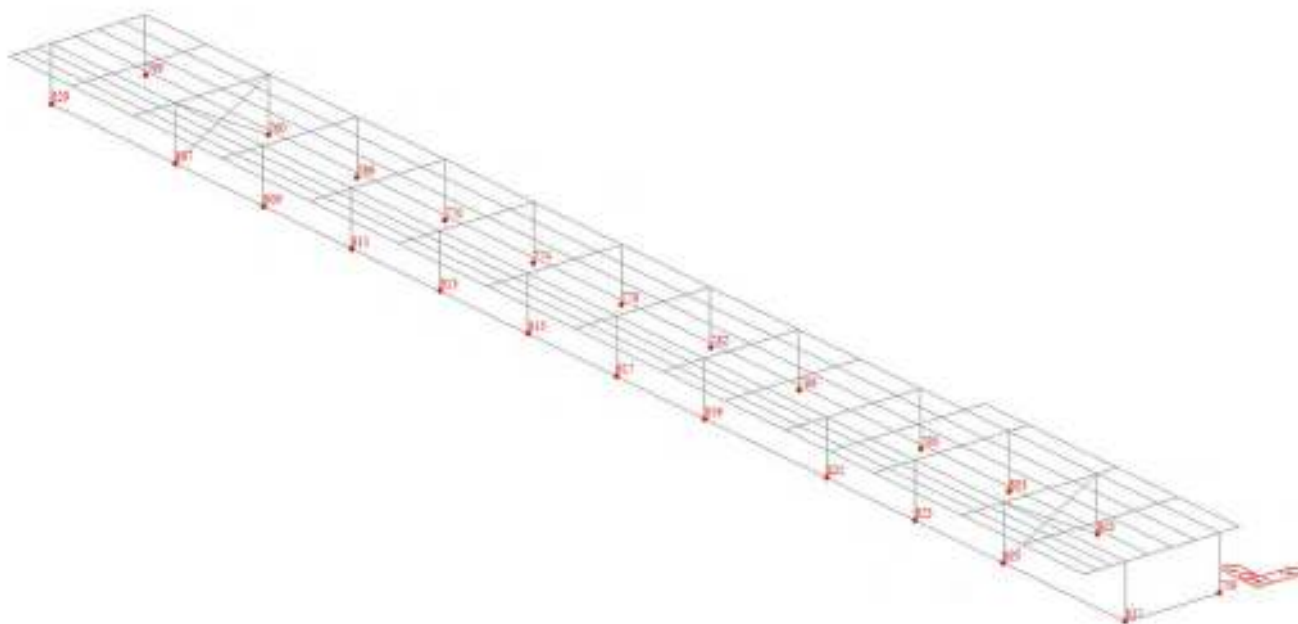


Figura 41 – Indicazione del numero dei nodi da modello MIDAS.

Si considerano la coppia di colonne che gravano maggiormente sulla fondazione superficiale per ciascun stato limite. Le azioni massime sono riassunte nella tabella seguente e sono espresse in kN:

	Fx-max	Fy-max	Fz-max	Mx-max	My-max	Mz-max	Node
SLU	131.0	37.0	466.0	-39.0	-35.0	0.0	807
SLE	94.0	27.0	341.0	28.0	-26.0	0.0	807
SLV	303.0	53.0	508.0	93.0	-40.0	0.0	825

	Fx-max	Fy-max	Fz-max	Mx-max	My-max	Mz-max	Node
SLU	93.0	11.0	102.0	-13.0	-35.0	0.0	760
SLE	64.0	8.0	73.0	-9.0	-26.0	0.0	760
SLV	264.0	-52.0	352.0	93.0	-39.0	0.0	827

I carichi distribuiti direttamente agenti sulla fondazione vengono riassunti nella tabella seguente:

Peso proprio (soletta in C.A. sp=300mm)	p ₁ =	7.50	kN/m ²
Sovraccarico permanente	p ₂ =	4.00	kN/m ²
Sovraccarico accidentale	q ₁ =	4.00	kN/m ²

Le figure seguenti riportano gli esiti delle verifiche condotte in condizioni non drenata data l'entità dei depositi limosi-argillosi presenti.

13.1. VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE E DI SCORRIMENTO

VERIFICA CAPACITÀ PORTANTE FONDAZIONI SUPERFICIALI

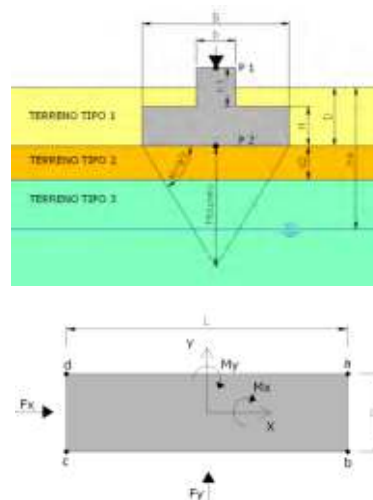
PROGETTO Parcheggio multipiano Ferrara
LIVELLO DI PROGETTAZIONE Progetto definitivo
J.N. 1210
DATA 01/08/2018
DESCRIZIONE Platea

GEOMETRIA FONDAZIONE

TIPO DI FONDAZIONE :	1	P
(1) Plinto / Platea		
(2) Trave		
L (lato maggiore fondazione)	7.5	m
B (lato minore fondazione)	10	m
H (altezza fondazione)	0.3	m
I (lato maggiore dado)	0	m
b (lato minore dado)	0	m
h1 (altezza dado)	0	m
D (altezza terreno stabilizzante)	0.3	m
γ_{fon} (peso specifico fondazione)	25	kN/mc
γ_{terr} (peso spec. terreno sopra fond.)	19	kN/mc
α (angolo inclinazione fondazione>0)	0	°
β (angolo inclinazione pendio>0)	0	°

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

Braccio Forze esterne	0.3	m
Volume cis fondazione	23	mc
Volume terreno sopra fondazione	0	mc
P.P.1 peso proprio fondazione (k)	563	kN
P.P.2 peso proprio terreno sopra fondazione (k)	0	kN
P.P.1 + P.P.2	563	kN



PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DEL TERRENO

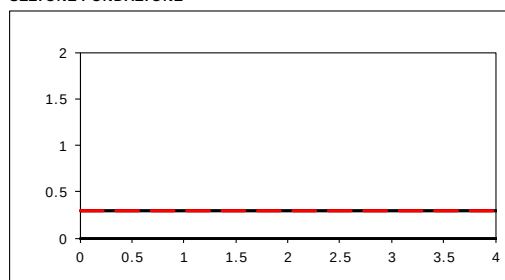
QUOTA FALDA DA P.C.
hw (quota falda da p.c. >0)

TERRENO TIPO 1	
γ_{k1} (peso specifico naturale terreno)	19 kN/mc

TERRENO TIPO 2	
d_z (spessore strato)	5 m
ϕ_{k2} (angolo di attrito)	25 °
c'_{k2} (coesione efficace)	0 kPa
$c_{u,k2}$ (coesione non drenata)	40 kPa
γ_{k2} (peso specifico naturale)	19 kN/mc
G (modulo di elasticità trasversale)	3200 kPa

TERRENO TIPO 3	
ϕ_{k3} (angolo di attrito)	31 °
c'_{k3} (coesione efficace)	0 kPa
$c_{u,k3}$ (coesione non drenata)	40 kPa
γ_{k3} (peso specifico naturale)	19 kN/mc
G (modulo di elasticità trasversale)	4000 kPa

SEZIONE FONDAZIONE



TERRENO EQUIVALENTE DA MEDIA PESATA

H_{cuneo}	7.8	m
$\phi_{k,eq}$	27	°
$c'_{k,eq}$	0	kPa
$c_{u,k,eq}$	40	kPa
$\gamma_{k,eq}$	19	kN/mc
G	3490	kPa

TIPO DI VERIFICA

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

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

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

FATTORI SISMICI
(1) SI
(2) NO

VERIFICA IN DIREZIONE
(1) Y (Momento M_{xx} e forza F_Y // B)
(2) X (Momento M_{yy} e forza F_X // L)

VERIFICA NON DRENATA: PRESSIONE TOTALE

$\phi_{k,eq}$	0	°
$c'_{k,eq}$	0	kPa
$c_{u,k,eq}$	40	kPa
$D \cdot \gamma$	5.7	kPa
γ	19	kN/mc

contributo peso stabilizzante
contributo forze di attrito

RIEPILOGO VERIFICHE:

(1) D.M. 17/01/2018

	qd (kPa)	qmax (kPa)	verifica
(1) SLE - RARA	89	22	SI
(4) A1+M1+R3	116	31	SI
(5) SISMA	117	28	SI

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

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

PROGETTO Parcheggio multipiano Ferrara
LIVELLO DI PROGETTAZIONE Progetto definitivo
J.N. 1210
DATA 01/08/2018
DESCRIZIONE Platea
NORMATIVA (1) D.M. 17/01/2018
COMBINAZIONE (1) SLE - RARA **OK**

(1) SLE - RARA

COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO

NORMATIVA DI RIFERIMENTO
(1) D.M. 17/01/2018
(2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)

1

D.M.14/01/2008

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

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

COMBINAZIONE

1

EC7

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

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

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

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

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

CARICHI DI PROGETTO

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

2

CARICHI CARATTERISTICI

1

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

CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd)

INSERIRE CARICHI!!!!

2

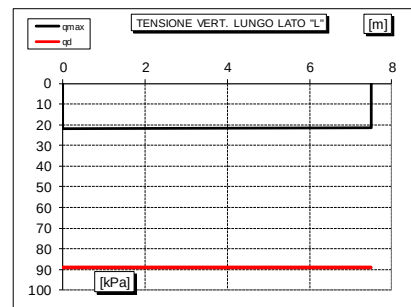
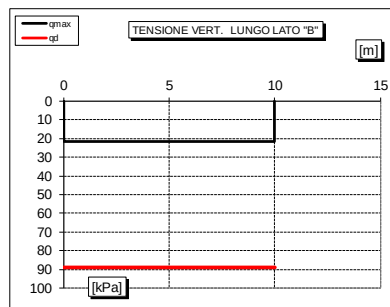
	Gd + Qd
N [kN]	1'054
Fy [kN]	74
Mx [kNm]	0
Fx [kNm]	106
My [kNm]	-13

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

p.p.fond. + p.p.ter. (k)	[kN]	563
p.p.fond. + p.p.ter. (d)	[kN]	563
N _d	[kN]	1'054
Fy _d	[kN]	74
Mx _d	[kNm]	0
Fx _d	[kN]	106
My _d	[kNm]	-13

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE

N _{tot}	[kN]	1'617
Fy _{tot}	[kN]	74
Mx _{tot}	[kNm]	22.2
Fx _{tot}	[kN]	106
My _{tot}	[kNm]	18.8
ex = Mx / N _{tot} (lungo lato B)		0.01
REAGENTE		1.67
ey = My / N _{tot} (lungo lato L)		0.01
REAGENTE		1.25



VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE

PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI	
$\phi_{s,eq}$ (angolo di attrito)	[°] 0
c' _{s,eq} (coesione apparente)	[kPa] 0
Cu _{s,eq} (coesione non drenata)	[kPa] 40

PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO	
ϕ_d (angolo di attrito)	[°] 0
c' _d (coesione apparente)	[kPa] 0
Cu _d (coesione non drenata)	[kPa] 40

FATTORI CAPACITA' PORTANTE	
Nc PRANDTL (1921)	5.14
Nq PRANDTL (1921)	1.00
N _γ	0.00

TIPO DI FONDAZIONE	1	P
TIPO DI VERIFICA	2	NON DRENATA
CALCOLO DI N_γ	2	BRINCH - HANSEN
FATTORI CORRETTIVI	2	BRINCH - HANSEN
DIREZIONE DI CALCOLO	1	B
FATTORI SISMICI	2	NO
PUNZONAMENTO		
I _{rr} (indice di rigidezza)	35	⇒ Fattori di punzonamento = 1
I _{rr} (indice critico)	7	
FORMULA GENERALE:		
$q_{ult} = c N_{s,i} d b g_z \Psi_c + q N_{s,i} d b g_z \Psi_q + \frac{1}{2} B \gamma N_{s,i} d b g_z \Psi_\gamma$		

FATTORI CORRETTIVI									
Fattori di forma	BRINCH - HANSEN	⇒	Sc	0.27	Sq	1.00	S _γ	0.47	
Fattori inclinazione carico	BRINCH - HANSEN	⇒	Ic	0.01	Iq	0.96	I _γ	0.94	
Fattori di approfondimento	BRINCH - HANSEN	⇒	Dc	0.01	Dq	1.00	D _γ	1.00	
Fattori inclinazione fondazione	BRINCH - HANSEN	⇒	Bc	0.00	Bq	1.00	B _γ	1.00	
Fattori inclinazione p.c.	BRINCH - HANSEN	⇒	Gc	0.00	Gq	1.00	G _γ	1.00	
Fattori sismici	PAOLUCCI E PECKER	⇒	Zc	1.00	Zq	1.00	Z _γ	1.00	
Fattori di punzonamento	VESIC	⇒	Ψc	1.00	Ψq	1.00	Ψ _γ	1.00	

(A) Componente per coesione - Nc [kPa]	262	⇒	q _{ult} (A+ B+ C)	267 kPa
(B) Componente per sovracc - Nq [kPa]	5	⇒	q _d (q _{ult} / Fs)	89 kPa
(C) Componente per attrito - N _γ [kPa]	0	⇒	Q _{ult} (q _{ult} x B' x L')	19'916 kN
		⇒	Q _d (Q _{ult} / Fs)	6'639 kN

q _d (q _{ult} / Fs)	=	89	kPa	>	q _{max}	=	22	kPa	VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA
τ _d (τ _{ult} / Fs)	=	18	kPa	>	τ _{max}	=	2	kPa	VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA

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

PROGETTO Parcheggio multipiano Ferrara
LIVELLO DI PROGETTAZIONE Progetto definitivo
J.N. 1210
DATA 01/08/2018
DESCRIZIONE Platea
NORMATIVA (1) D.M. 17/01/2018
COMBINAZIONE (4) A1+M1+R3 **OK**

(4) A1+M1+R3

COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO

NORMATIVA DI RIFERIMENTO
(1) D.M. 17/01/2018
(2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)

1

D.M.14/01/2008

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

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

COMBINAZIONE

4

EC7

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

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

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

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

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

CARICHI DI PROGETTO

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

2

CARICHI CARATTERISTICI

1

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

CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd)

INSERIRE CARICHI!!!

2

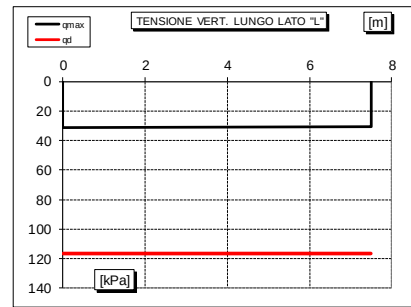
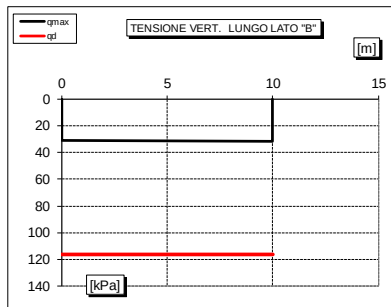
	Gd + Qd
N [kN]	1'594
Fy [kN]	74
Mx [kNm]	-78
Fx [kNm]	149
My [kNm]	-16

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

p.p.fond. + p.p.ter. (k)	[kN]	563
p.p.fond. + p.p.ter. (d)	[kN]	731
N _d	[kN]	1'594
Fy _d	[kN]	74
Mx _d	[kNm]	-78
Fx _d	[kNm]	149
My _d	[kNm]	-16

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE

N _{tot}	[kN]	2'325
Fy _{tot}	[kN]	74
Mx _{tot}	[kNm]	-55.8
Fx _{tot}	[kN]	149
My _{tot}	[kNm]	28.7
ex = Mx / N _{tot} (lungo lato B)		-0.02
REAGENTE		1.67
ey = My / N _{tot} (lungo lato L)		0.01
REAGENTE		1.25



VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE

PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI	
$\phi_{s,eq}$ (angolo di attrito)	[°] 0
$c'_{s,eq}$ (coesione apparente)	[kPa] 0
$c_{u,s,eq}$ (coesione non drenata)	[kPa] 40

PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO	
ϕ_d (angolo di attrito)	[°] 0
c'_d (coesione apparente)	[kPa] 0
$c_{u,d}$ (coesione non drenata)	[kPa] 40

FATTORI CAPACITA' PORTANTE	
N _c PRANDTL (1921)	5.14
N _q PRANDTL (1921)	1.00
N _{\gamma}	0.00

TIPO DI FONDAZIONE	1	P
TIPO DI VERIFICA	2	NON DRENATA
CALCOLO DI N_y	2	BRINCH - HANSEN
FATTORI CORRETTIVI	2	BRINCH - HANSEN
DIREZIONE DI CALCOLO	1	B
FATTORI SISMICI	2	NO
PUNZONAMENTO		
I _{rr} (indice di rigidezza)	35	⇒ Fattori di punzonamento = 1
I _{rr} (indice critico)	7	
FORMULA GENERALE:		
$q_{ult} = c N_{s,i} d_b g_z \Psi_c + q N_{s,q} i_d b g_z \Psi_q + \frac{1}{2} B \gamma N_{s,i} d_b g_z \Psi_\gamma$		

FATTORI CORRETTIVI								
Fattori di forma	BRINCH - HANSEN	⇒	Sc	0.27	Sq	1.00	Sy	0.46
Fattori inclinazione carico	BRINCH - HANSEN	⇒	lc	0.01	lq	0.97	ly	0.95
Fattori di approfondimento	BRINCH - HANSEN	⇒	Dc	0.01	Dq	1.00	Dy	1.00
Fattori inclinazione fondazione	BRINCH - HANSEN	⇒	Bc	0.00	Bq	1.00	By	1.00
Fattori inclinazione p.c.	BRINCH - HANSEN	⇒	Gc	0.00	Gq	1.00	Gy	1.00
Fattori sismici	PAOLUCCI E PECKER	⇒	Zc	1.00	Zq	1.00	Zy	1.00
Fattori di punzonamento	VESIC	⇒	Ψc	1.00	Ψq	1.00	Ψy	1.00

(A) Componente per coesione - Nc [kPa]	262	⇒	q _{ult} (A+ B+ C)	268 kPa
(B) Componente per sovracc - Nq [kPa]	6	⇒	q _d (q _{ult} / Fs)	116 kPa
(C) Componente per attrito - Nγ [kPa]	0	⇒	Q _{ult} (q _{ult} x B' x L')	20'098 kN
		⇒	Q _d (Q _{ult} / FS)	8'738 kN

q _d (q _{ult} / Fs)	=	116	kPa	>	q _{max}	=	31	kPa	VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA
τ _d (τ _{ult} / Fs)	=	24	kPa	>	τ _{max}	=	2	kPa	VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA

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

PROGETTO	Parcheggio multipiano Ferrara	
LIVELLO DI PROGETTAZIONE	Progetto definitivo	(5) SISMA
J.N.	1210	
DATA	01/08/2018	
DESCRIZIONE	Platea	
NORMATIVA	(1) D.M. 17/01/2018	
COMBINAZIONE	(5) SISMA	OK

COMBINAZIONI E CARICHI DI PROGETTO

NORMATIVA DI RIFERIMENTO	1	D.M.14/01/2008	(1) SLE - RARA (2) A1+M1+R1 (3) A2+M2+R2 (4) A1+M1+R3 (5) SISMA	Metodo TA D.M.11/03/1988
(1) D.M. 17/01/2018				Approccio 1 comb. 1
(2) EUROCODE 7 (UNI EN 1997-1:2005)				Approccio 1 comb. 2
				Approccio 2
COMBINAZIONE	5	EC7	(11) A1+M1+R1 (12) A2+M2+R1 (13) A1+M1+R2 (14) A1+M2+R3 (15) SISMA	Approccio 1 comb. 1
				Approccio 1 comb. 2
				Approccio 2
				Approccio 3

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

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

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

CARICHI DI PROGETTO

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

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

p.p.fond. + p.p.ter. (k)	[kN]	563
p.p.fond. + p.p.ter. (d)	[kN]	563
N _d	[kN]	1'460
Fy _d	[kN]	1
Mx _d	[kNm]	186
Fx _d	[kN]	567
My _d	[kNm]	-79

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO ALLA BASE

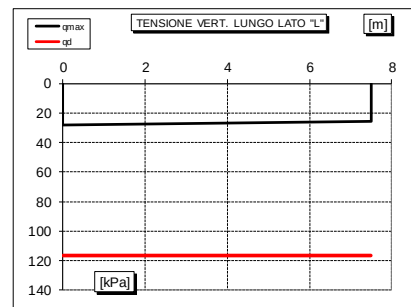
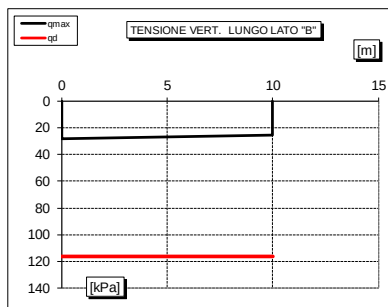
N _{tot}	[kN]	2'023
Fy _{tot}	[kN]	1
Mx _{tot}	[kNm]	186.3
Fx _{tot}	[kN]	567
My _{tot}	[kNm]	91.1
ex = Mx / N _{tot} (lungo lato B)		0.09
REAGENTE		1.67
ey = My / N _{tot} (lungo lato L)		0.05
REAGENTE		1.25

CARICHI CARATTERISTICI

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

CARICHI DI PROGETTO (Gd+Qd)

	Gd + Qd
N [kN]	1'460
Fy [kN]	1
Mx [kNm]	186
Fx [kN]	567
My [kNm]	-79



VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE

PARAMETRI DI RESISTENZA CARATTERISTICI	
$\phi_{s,eq}$ (angolo di attrito)	[°] 0
c' k,eq (coesione apparente)	[kPa] 0
Cu k,eq (coesione non drenata)	[kPa] 40

PARAMETRI DI RESISTENZA DI PROGETTO	
ϕ_d (angolo di attrito)	[°] 0
c' d (coesione apparente)	[kPa] 0
Cu, d (coesione non drenata)	[kPa] 40

FATTORI CAPACITA' PORTANTE	
Nc PRANDTL (1921)	5.14
Nq PRANDTL (1921)	1.00
N _γ	0.00

TIPO DI FONDAZIONE	1	P
TIPO DI VERIFICA	2	NON DRENATA
CALCOLO DI N_γ	2	BRINCH - HANSEN
FATTORI CORRETTIVI	2	BRINCH - HANSEN
DIREZIONE DI CALCOLO	1	B
FATTORI SISMICI	2	NO
PUNZONAMENTO		
I _{rr} (indice di rigidezza)	35	⇒ Fattori di punzonamento = 1
I _{rr} (indice critico)	7	
FORMULA GENERALE:		
$q_{ult} = c N_{s,i} d b g_z \Psi_c + q N_{s,q} i d b g_z \Psi_q + \frac{1}{2} B \gamma N_{s,i} d b g_z \Psi_\gamma$		

FATTORI CORRETTIVI	
Fattori di forma	BRINCH - HANSEN ⇒ Sc 0.26
Fattori inclinazione carico	BRINCH - HANSEN ⇒ Ic 0.00
Fattori di approfondimento	BRINCH - HANSEN ⇒ Dc 0.01
Fattori inclinazione fondazione	BRINCH - HANSEN ⇒ Bc 0.00
Fattori inclinazione p.c.	BRINCH - HANSEN ⇒ Gc 0.00
Fattori sismici	PAOLUCCI E PECKER ⇒ Zc 1.00
Fattori di punzonamento	VESIC ⇒ Ψc 1.00
	Sq 1.00
	Iq 1.00
	Dq 1.00
	Bq 1.00
	Gq 1.00
	Zq 1.00
	Ψq 1.00
	Sγ 0.47
	Iγ 1.00
	Dγ 1.00
	Bγ 1.00
	Gγ 1.00
	Zγ 1.00
	Ψγ 1.00

(A) Componente per coesione - Nc [kPa]	263	⇒	q _{ult} (A+ B+ C)	268 kPa
(B) Componente per sovracc - Nq [kPa]	6		q _d (q _{ult} / Fs)	117 kPa
(C) Componente per attrito - N _γ [kPa]	0		Q _{ult} (q _{ult} x B' x L')	19'509 kN
			Q _d (Q _{ult} / Fs)	8'482 kN

q _d (q _{ult} / Fs)	=	117	kPa	>	q _{max}	=	28	kPa	VERIFICA CAP. PORTANTE SODDISFATTA
τ _d (τ _{ult} / Fs)	=	24	kPa	>	τ _{max}	=	8	kPa	VERIFICA SCORRIMENTO SODDISFATTA

13.2. STIMA DEI CEDIMENTI – SLE

Si riporta la stima dei cedimenti verticali della platea di fondazione in condizione di esercizio. Si considera una platea di dimensioni 10 m x 92 m circa e una pressione verticale agli SLE di 22 kPa.

Il cedimento massimo stimato vale circa 9 mm.

La costante di Winkler che se ne deriva è pari a 0.25 kg/cm^3 .

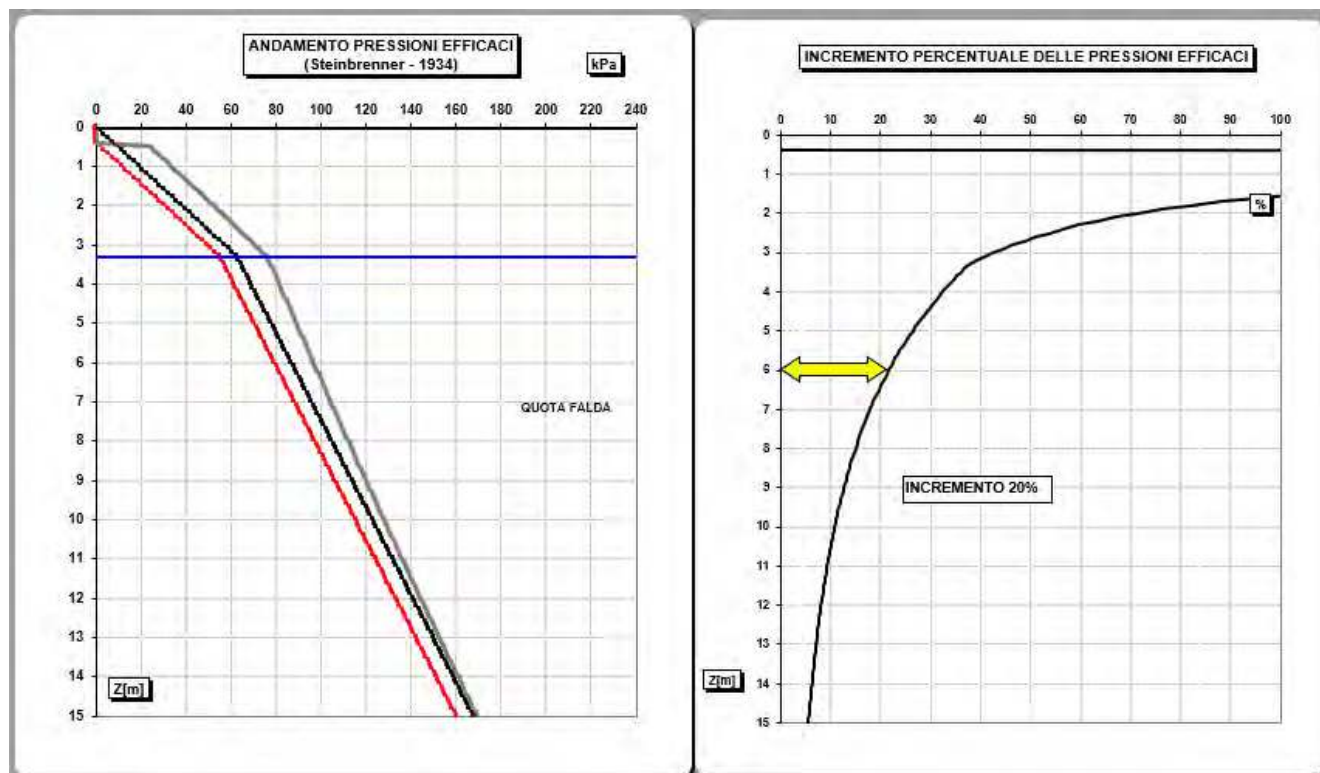


Figura 42 Andamento delle pressioni efficaci; curva in nero pressioni ante scavo, in rosso pressioni post scavo, in grigio pressioni di progetto.



elletipi s.r.l.

Sede legale, operativa ed amm.va:
Via Annibale Zucchini, 69 - 44122 FERRARA
tel. 0532/56771 – fax 0532/56119
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387
e-mail: info@elletipi.it sito web: www.elletipi.it

UNI EN ISO 9001:2008
UNI EN ISO 14001:2004
35.01545 100012007



SISTEMI DI GESTIONE
CERTIFICATI

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

COMUNE DI FERRARA



Indagini geognostiche e ambientali presso cantiere del parcheggio Ex Mof di Via Darsena, Ferrara (FE)

RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO

dott. geol. Gianluca Ferioli

Nome file:	Cod Doc	N° Commessa	Revisione	Data	Riferimento segreteria	Pagina 1 di 18
rel-01-rev00-18089-chimica.doc	Rel_02	18089-18	0	01/08/18	bb	

INDICE

1.	PREMESSA.....	3
2.	INQUADRAMENTO DELL'AREA.....	3
3.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	5
4.	ASSETTO IDROGEOLOGICO.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
5.	PIANO DI INDAGINE	12
6.	ANALISI CHIMICHE.....	15
7.	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	16
8.	ELENCO ALLEGATI	18

1. PREMESSA

Su incarico della Committenza, il Comune di Ferrara, con sede in Via G. Marconi, 37 - 44122 Ferrara, la scrivente ha eseguito una indagine geotecnica, sismica e ambientale, per la caratterizzazione dei terreni su cui verrà edificato un parcheggio multipiano, nell'attuale area del parcheggio denominato "Ex Mof" in Via Darsena a Ferrara.

Per la stesura della seguente relazione e per l'esecuzione delle relative indagini in situ e prove di laboratorio, si sono seguite le disposizioni delle seguenti normative:

DPR 13 giugno 2017, n. 120 - Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo (22 agosto 2017);

Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 Norme in materia ambientale;

O.P.C.M. 20.03.2003 n°3274 *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"* e O.P.C.M 2.10.2003 n° 3316, *"Modifiche ed integrazioni all' n°3274 O.P.C.M. del 20.03.2003"* ;

A.G.I.: *"Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica, Linee Guida – 2005"*;

Decreto Legislativo 23 febbraio 2010 , n. 49 - Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni - Piani di Gestione del Rischio di Alluvioni approvati dai Comitati Istituzionali delle Autorità di Bacino Nazionali il 3 marzo 2016;

D.M. 17.01.2008 *"Nuove norme tecniche per le costruzioni"*;

Piani di gestione del territorio e dell'ambiente emanati dalle Amministrazioni Locali;

Varie norme di prova ASTM, UNI, CNR, DIN e BS, richiamate nei relativi rapporti di prova allegati.

2. INQUADRAMENTO DELL'AREA

2.1. UBICAZIONE DEL SITO DI INDAGINE

Il sito oggetto di indagine è ubicato in via Darsena, nella zona ovest della Città di Ferrara, a circa 800m dal centro storico, in un'area pianeggiante e ad una quota di circa 8 m s.l.m., come evidenziato in figura 1.

Nome file:	Cod Doc	N° Commessa	Revisione	Data	Riferimento segreteria	Pagina 3 di 18
rel-01-rev00-18089-chimica.doc	Rel_02	18089-18	0	01/08/18	bb	

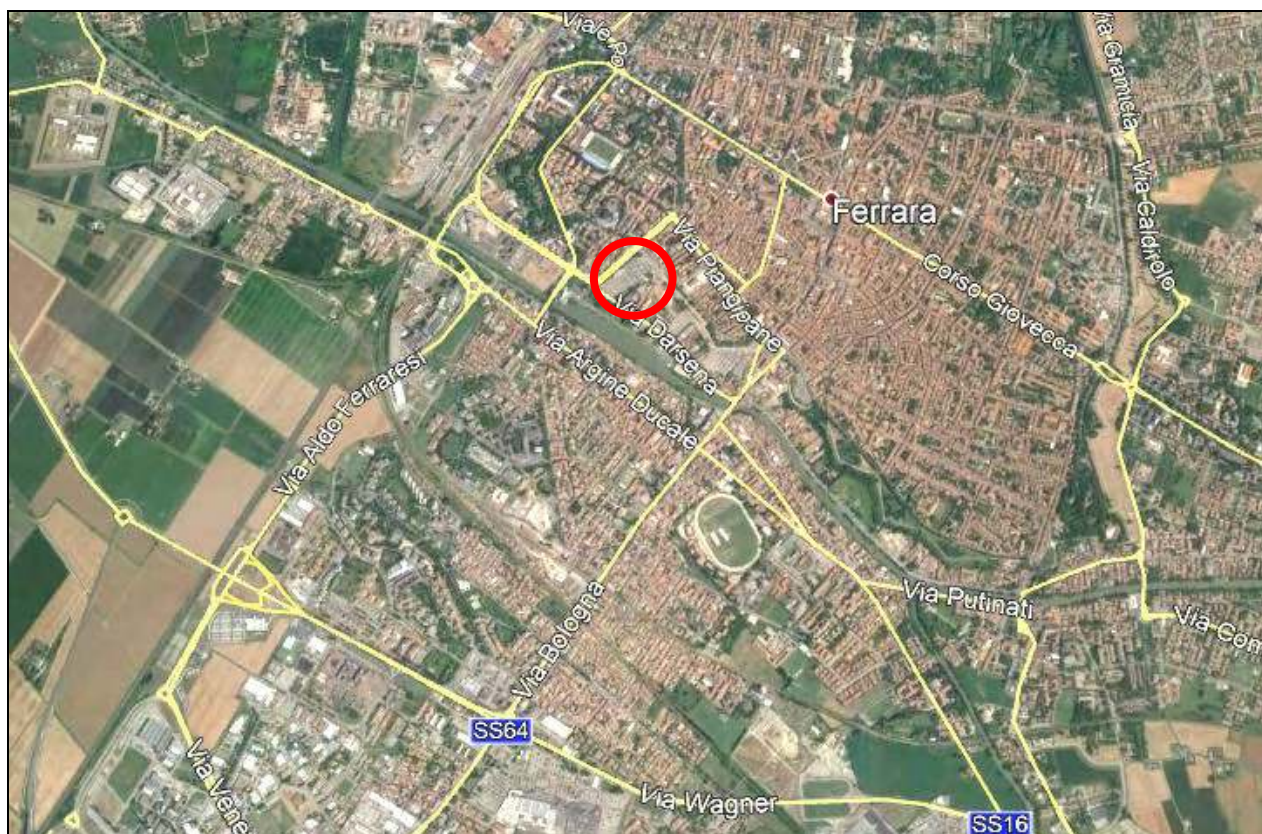


Figura 1: Stralcio topografico dell'area oggetto di indagine.

2.2. DESCRIZIONE DELLO STATO DEI LUOGHI

Il sito si estende su un'area pianeggiante di circa 20000m². Allo stato attuale l'area è adibita a parcheggio pubblico, inserito in un contesto prevalentemente residenziale e commerciale, in prossimità del centro storico di Ferrara.

Nome file:	Cod Doc	N° Commessa	Revisione	Data	Riferimento segreteria	Pagina 4 di 18
rel-01-rev00-18089-chimica.doc	Rel_02	18089-18	0	01/08/18	bb	



Figura 2: Planimetria dell'area con evidenza delle attività svolte.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La Pianura Padana costituisce, dal punto di vista geologico, un grande bacino subsidente plio-quadernario di tipo sedimentario, che comincia a delinearsi sin dall'inizio del Triassico (225 milioni di anni fa) e viene interessato da subsidenza differenziata sia nel tempo che nello spazio, in diversi periodi (Mesozoico, Cenozoico, ma soprattutto Pliocene e Quaternario), con movimenti verticali controllati soprattutto dai caratteri strutturali presenti in profondità. Nell'ambito del suddetto bacino, i terreni olocenici, di origine alluvionale, poggiano sul sottostante Pleistocene continentale e/o marino.

Dal punto di vista strutturale la Pianura Padana non costituisce un'unità omogenea: fanno infatti parte del suo sottosuolo le pieghe più esterne dell'Appennino settentrionale e delle Alpi meridionali lombarde, l'avampaese comune alle due catene e, nel Veneto, l'avampaese delle Alpi meridionali orientali e della catena dinarica; su questi elementi è impostata l'avanfossa pliocenico-quadernaria dell'Appennino (fig. 3).

Le strutture appenniniche ed alpine, infatti, si incontrano sotto la Pianura Padana all'altezza del Po, e i corpi sedimentari, che hanno "riempito" questo bacino, hanno uno spessore che va dalle poche decine di metri vicino ai rilievi, a diverse centinaia di metri nella parte centrale del bacino. Sotto ai sedimenti quadernari, di origine continentale, vi è una struttura profonda, rappresentata (per quanto riguarda il versante appenninico), da una serie di dorsali e depressioni aventi asse NO-SE, dovute ad un accavallamento tettonico conseguente

Nome file:	Cod Doc	N° Commessa	Revisione	Data	Riferimento segreteria	Pagina 5 di 18
rel-01-rev00-18089-chimica.doc	Rel_02	18089-18	0	01/08/18	bb	

al movimento NE vergente della catena appenninica tutt'ora in atto. Questo andamento ad archi e pieghe del fronte sepolto dell'Appennino, di messa in posto sempre più recente man mano che si procede verso le aree più esterne, è da correlarsi con il movimento di rotazione della catena in senso antiorario, che genera raccorciamenti crostali di crescente intensità spostandosi dai settori occidentali a quelli orientali.

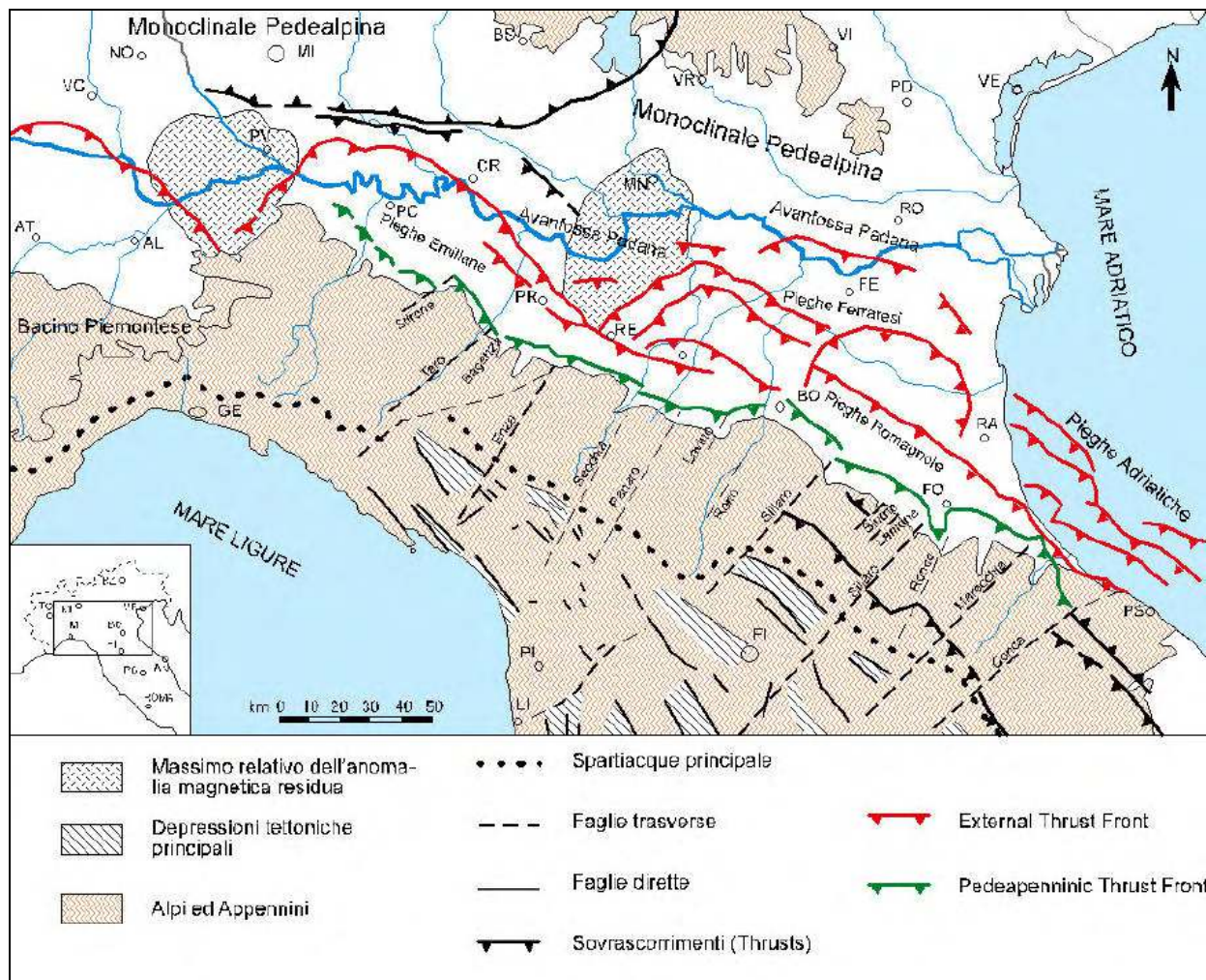


Figura 3: carta strutturale della Pianura Padana.

Il territorio di Ferrara infatti (fig. 4), si trova sulla sommità di una dorsale sepolta costituita da pieghe fagliate note con la denominazione di “Pieghe Ferraresi”. Questa dorsale, in pianta, costituisce un arco il cui fronte si estende verso ovest fino a oltre Reggio Emilia, dove si unisce alle “Pieghe Emiliane”, verso nord fino al Polesine e verso est fino alla costa adriatica dove, a sud-est di Ravenna, si unisce alle “Pieghe Adriatiche” (Pieri & Groppi, 1981). L'insieme di queste pieghe sepolte (Pieghe Emiliane-Ferraresi-Adriatiche) costituisce il vero fronte della catena appenninica; infatti le unità che costituiscono la catena appenninica proseguono nel sottosuolo ben oltre il limite morfologico tra catena e pianura (margine appenninico-padano) e sono attualmente sepolte dai sedimenti quaternari padani.

La morfologia di questa parte della medio bassa pianura degrada lievemente da ovest verso est, fino alla linea di costa, alternando alti topografici con sedimenti sabbiosi depositati lungo le aste fluviali a depressioni con sedimenti più fini, limoso-argillosi, formatisi da acque stagnanti, quali quelle delle paludi e dei meandri abbandonati. I dislivelli topografici tra queste due famiglie di depositi sono limitati a pochi metri, e anche se ancora percepibili, sono stati quasi sempre modificati dall'attività dell'uomo.

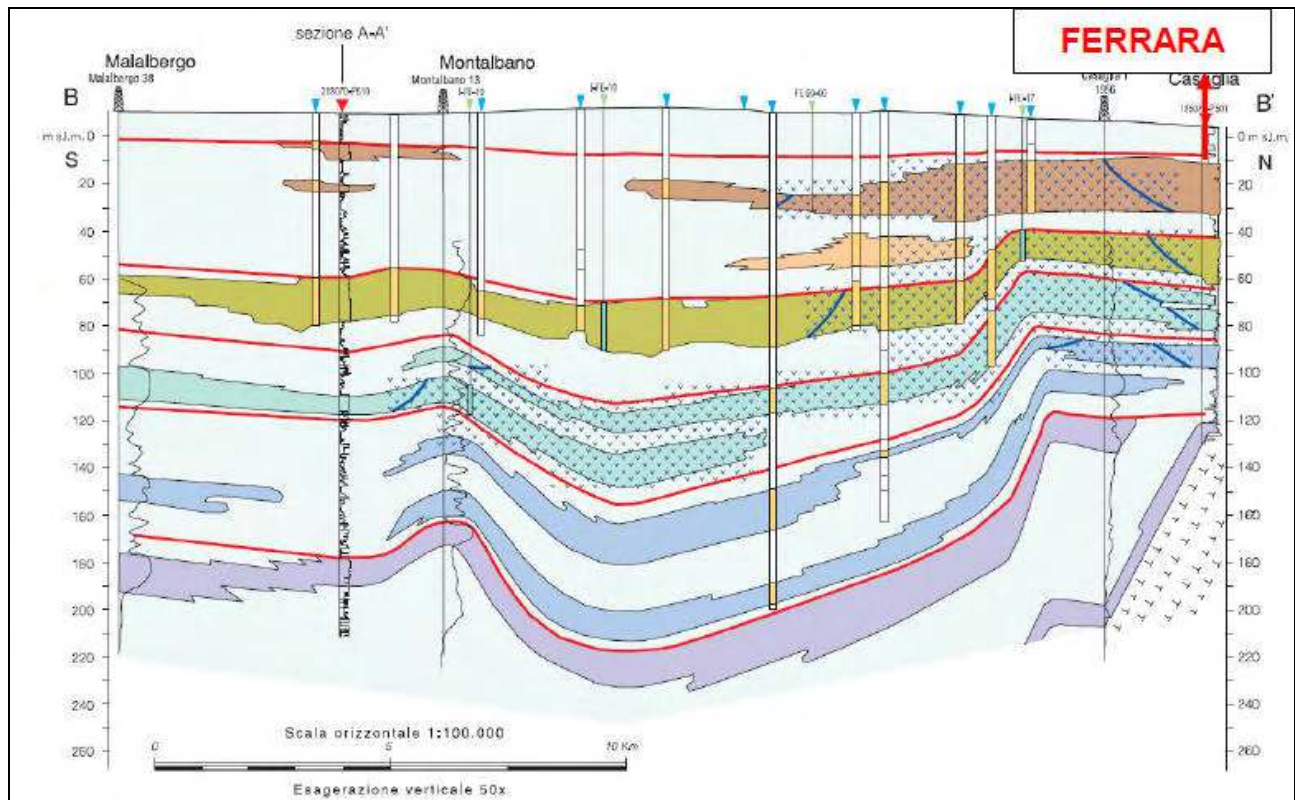


Figura 4: Profilo geologico del ferrarese. Sezione geologica N 67 Regione Emilia Romagna

Nome file:	Cod Doc	N° Commessa	Revisione	Data	Riferimento segreteria	Pagina 7 di 18
rel-01-rev00-18089-chimica.doc	Rel_02	18089-18	0	01/08/18	bb	

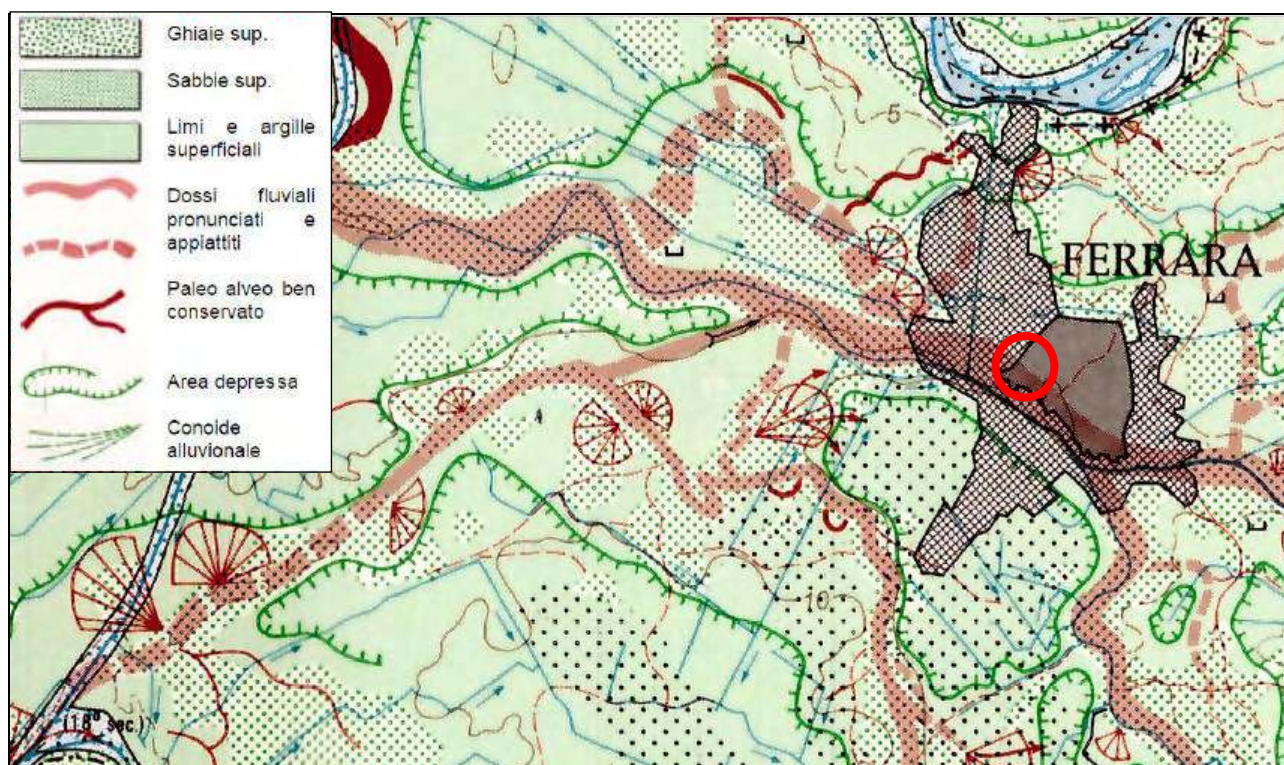


Figura 5: carta dei depositi fluviali del ferrarese.

La figura 5, che rappresenta uno stralcio della “Carta Geomorfologica della Pianura Padana”, evidenzia in tratteggio rosso i tracciati di antichi corsi d’acqua che formavano il sistema di deflusso superficiale della bassa pianura padana. Come si può notare l’area oggetto di indagine si trova in corrispondenza del paleo alveo del Fiume Po.

4. RISCHIO ALLUVIONI

Secondo il Piano di gestione del rischio di alluvioni, l’area oggetto di studio fa parte delle competenze dell’Autorità di Bacino del Fiume Po (UoM ITN008), e dei suoi principali affluenti nei tratti di pianura.

Gli ambiti territoriali di pericolosità si dividono in:

- Reticolo naturale principale di pianura (RP), costituito dall’asta del Fiume Po e dai suoi principali affluenti nei tratti di pianura;
- Reticolo secondario di Pianura: il reticolo secondario di pianura (RSP), costituito dai corsi d’acqua secondari di pianura gestiti dai Consorzi di bonifica e irrigui nella medio-bassa pianura padana.

Di seguito si riportano, per ogni ambito territoriale, le cartografie della:

- “Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti”
- “Mappa del rischio potenziale”

MAPPA DELLA PERICOLOSITÀ E DEGLI ELEMENTI POTENZIALMENTE ESPOSTI

Nome file:	Cod Doc	N° Commessa	Revisione	Data	Riferimento segreteria	Pagina 8 di 18
rel-01-rev00-18089-chimica.doc	Rel_02	18089-18	0	01/08/18	bb	

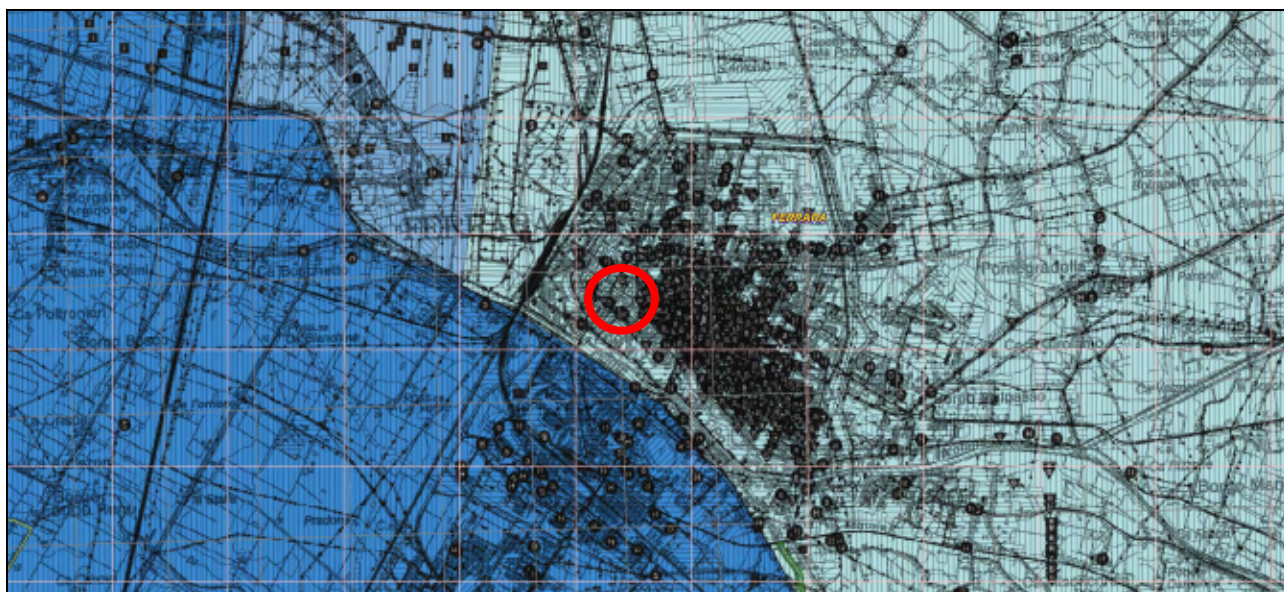


Figura 6: RETICOLO NATURALE PRINCIPALE E SECONDARIO

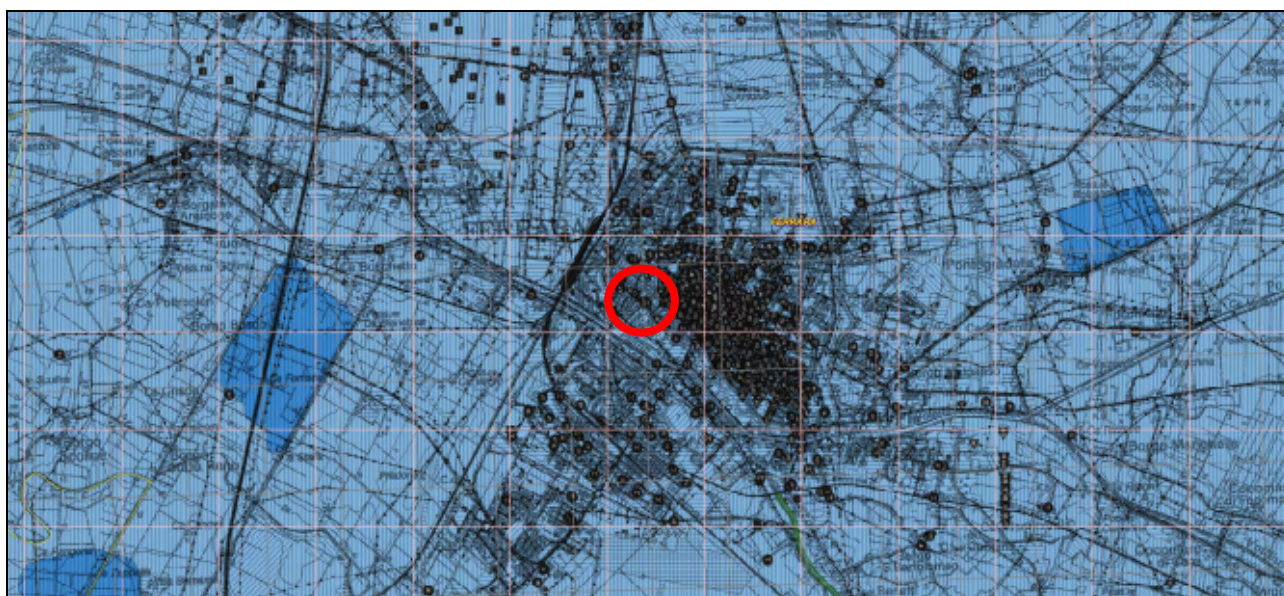


Figura 7: RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA

Scenari di Pericolosità

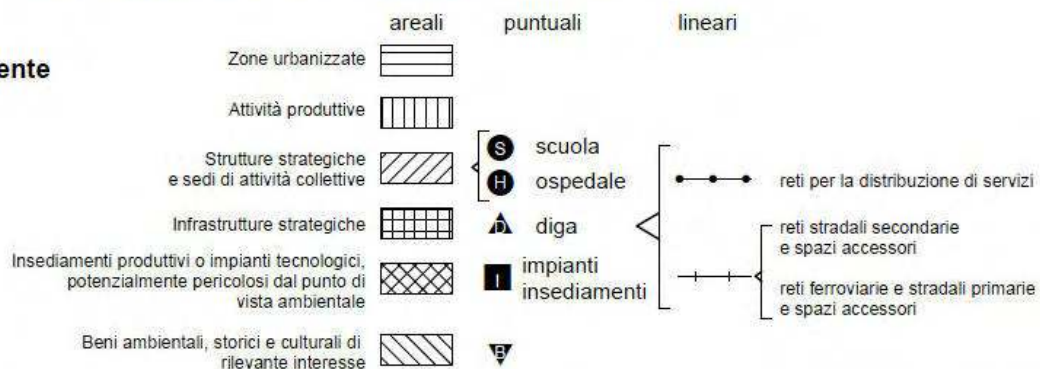
- P3 – H (Alluvioni frequenti: tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità)
- P2 – M (Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità)
- P1 – L (Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi)

Legenda

Aree Protette

- Zone Parco
- SIC - ZPS

Elementi Potenzialmente Esposti



MAPPA DEL RISCHIO POTENZIALE

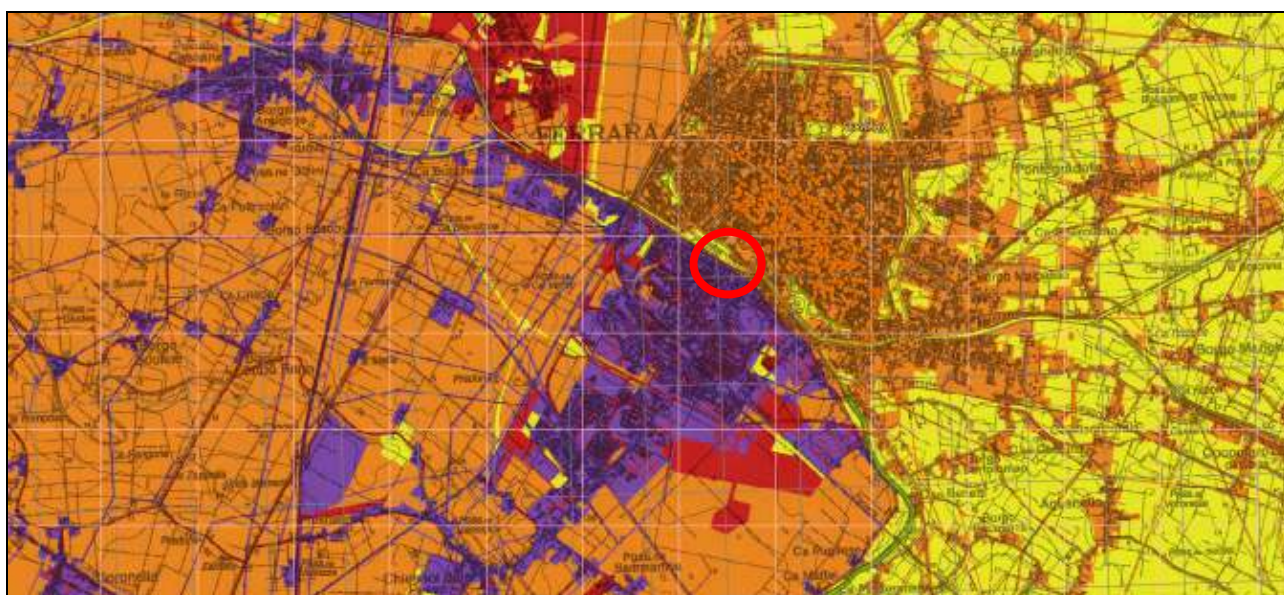


Figura 8: RETICOLO NATURALE PRINCIPALE E SECONDARIO

Nome file:	Cod Doc	N° Commessa	Revisione	Data	Riferimento segreteria	Pagina 10 di 18
rel-01-rev00-18089-chimica.doc	Rel_02	18089-18	0	01/08/18	bb	

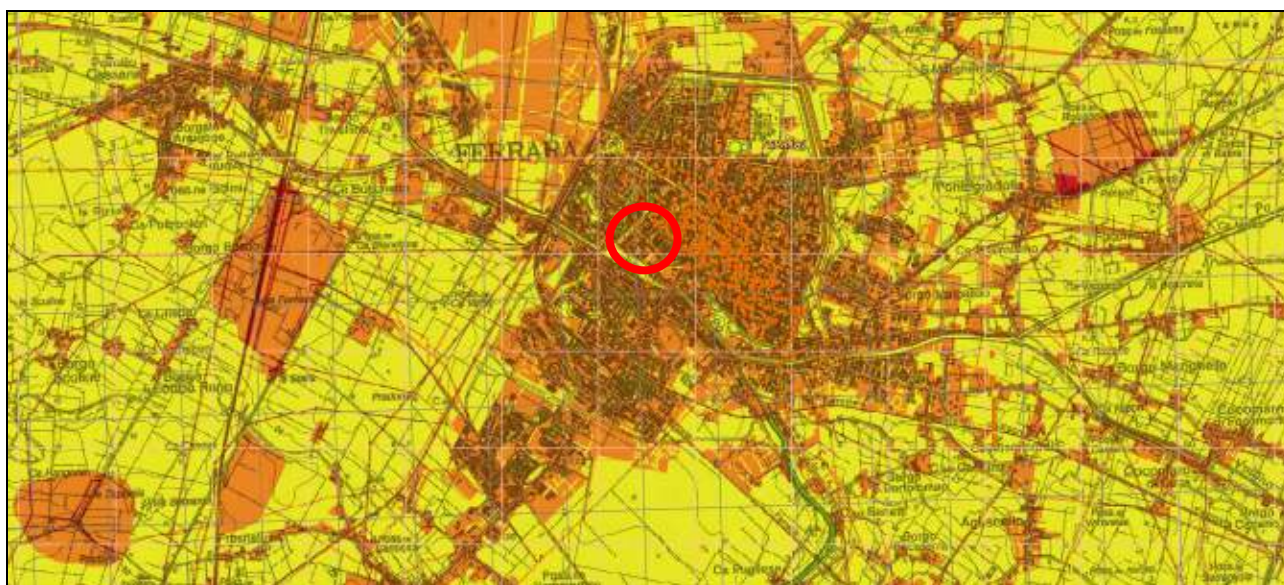


Figura 9: RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA



Le cartografie rappresentate nelle figure 6 e 7 consistono nel quadro conoscitivo della pericolosità di alluvioni relativa al reticolo idrografico naturale e degli elementi potenzialmente esposti a seconda dell'ambito territoriale considerato. Come si evince nelle mappe riportate alle pagine precedenti, l'area oggetto di studio è identificata in uno scenario **P1 L (scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi)** nell'ambito territoriale del Reticolo naturale principale e secondario (RP) e in uno scenario **P2 – M (Alluvioni poco frequenti, tempo di ritorno 100 – 200 anni, media probabilità)** per il Reticolo secondario di Pianura.

Le cartografie rappresentate nelle figure 8 e 9 consistono nella mappatura del rischio di alluvioni. Tali mappe indicano le potenziali conseguenze negative derivanti dalle alluvioni, nell'ambito degli scenari, prevedendo n°4 classi di rischio:

- R4 (rischio molto elevato): per il quale sono possibili perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche.
- R3 (rischio elevato): per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socioeconomiche e danni relativi al patrimonio ambientale.

- R2 (rischio medio): per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.
- R1 (rischio moderato o nullo): per il quale i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono trascurabili o nulli.

Le mappe del rischio elaborate sono costituite da tre tematismi:

- Copertura poligonale: derivante dall'intersezione effettuata tra pericolosità ed elementi esposti di tipo areale (uso del suolo, ecc.);
- Copertura lineare: derivante dall'intersezione effettuata tra pericolosità ed elementi esposti di tipo lineare (p.e. viabilità stradale e ferroviaria, ecc.);
- Copertura puntuale: derivante dall'intersezione effettuata tra pericolosità ed elementi esposti di tipo areale (istituti scolastici, strutture sanitarie ed ospedaliere, impianti IED, ecc.).

Gli elementi a rischio di tipo puntuale (p.e. istituti scolastici) e lineari (p.e. viabilità stradale) sono stati rappresentati attribuendo al punto o alla linea il colore corrispondente al livello di rischio derivante dal calcolo. Sulla base delle cartografie riportate alle pagine precedenti (figure 8 e 9), l'area oggetto di studio si colloca all'interno della classe di rischio **R2 (rischio medio)** relativamente sia al Reticolo naturale principale e secondario (RP) che al Reticolo secondario di Pianura.

Sarà pertanto compito del Tecnico Progettista valutare la compatibilità dell'intervento in progetto con le condizioni di pericolosità dell'area oggetto di studio, adottando se necessario alcuni accorgimenti per rendere l'intervento compatibile con le criticità idrauliche rilevate, in base al tipo di pericolosità e al livello di esposizione.

5. PIANO DI INDAGINE

5.1. INDAGINI IN SITO

Sulla base della normativa vigente di riferimento (D.lgs. 152/06 e s. m. i. e DPR 13.06.17 n. 120), e delle indicazioni della Committenza, è stata eseguita una campagna di indagini per caratterizzare il sottosuolo del sito oggetto di indagine sviluppatasi nelle seguenti attività:

N° 4 sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni per analisi chimiche, spinti alla profondità massima di 2 m.

Nome file:	Cod Doc	N° Commessa	Revisione	Data	Riferimento segreteria	Pagina 12 di 18
rel-01-rev00-18089-chimica.doc	Rel_02	18089-18	0	01/08/18	bb	

5.2. CAROTAGGI AMBIENTALI

I sondaggi a carotaggio continuo sono stati eseguiti allo scopo di prelevare dei campioni di terreno da sottoporre ad analisi chimiche di laboratorio.

I sondaggi sono stati eseguiti mediante la macchina perforatrice Beretta T44/GT, con le seguenti caratteristiche:

BERETTA T44/GT		
Coppia torcente	1010 kgm	
Velocità di rotazione	35 – 280 rpm	
Corsa continua	340 cm	
Spinta	6500 kg	
Trazione	6500 kg	
Portata argano manovra	2000 kg	
Pompa fanghi	C.M.O. ps 55/26 da 200 l/min	

Il carotaggio è stato eseguito a rotazione verticale a secco con recupero integrale e rappresentativo dei terreni attraversati, comunque non inferiore all'90 %.

Sono stati utilizzati carotieri semplici di diametro 101 mm e lunghezza 1500 mm, con corone e scarpe taglienti al widia, azionati ad aste di manovra di diametro 76 mm. Le pareti del foro sono state sostenute da tubazione metallica provvisoria di diametro 127 mm, infissa con circolazione di acqua potabile, senza l'ausilio di additivi di alcun tipo.

Il carotaggio per prelievo di campioni per analisi chimiche è stato eseguito con carotiere ambientale ad apertura longitudinale.

Le carote estratte dai carotieri sono state riposte, con le dovute precauzioni atte ad evitare contaminazioni del terreno campionato, nelle relative cassette catalogatrici.

La perforazione è stata eseguita con la supervisione di geologi a tempo pieno, responsabili dell'esecuzione dei lavori, delle misure in situ, delle quote di fondo foro, della compilazione dei dati stratigrafici, ecc.

La descrizione stratigrafica dei terreni attraversati è stata restituita graficamente sulle schede stratigrafiche allegate.

La tabella sottostante riassume le caratteristiche dei sondaggi eseguiti.

Sondaggio	Profondità	Campioni ambientali
PA1	2.00 m	2
PA2	2.00 m	2
PA3	2.00 m	2
PA4	2.00 m	2

5.3. PRELIEVO CAMPIONI AMBIENTALI

Durante l'esecuzione dei carotaggi sono stati prelevati n. 2 campioni di terreno per ciascuna verticale, da sottoporre ad analisi chimica, come previsto dal D.Lgs. 152/06.

I campioni ambientali sono stati prelevati immediatamente a seguito dell'estrusione del materiale dal carotiere. Una volta omogeneizzati e privati della frazione maggiore di 2 cm tramite setaccio, è stato adottato il metodo della quartatura, secondo le procedure DGVR n. 2922/03. Ogni campione così ottenuto è stato suddiviso in due aliquote (una aliquota da sottoporre ad analisi di laboratorio e una aliquota da conservare di riserva) e posto in appositi contenitori di vetro da 1 kg, conservato a 4°C.

Su ogni barattolo è stata apposta una etichetta indicante nominativo della società scrivente, data e luogo del prelievo, codice campione e profondità del prelievo, oltre alle indicazioni relative all'identificazione della commessa.

La tabella seguente riassume i campionamenti eseguiti:

	Sondaggio							
	PA1		PA2		PA3		PA4	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2
Nome campione								
Profondità	0.0-1.0m	1.0-2.0m	0.0-1.0m	1.0-2.0m	0.0-1.0m	1.0-2.0m	0.0-1.0m	1.0-2.0m

2. ANALISI CHIMICHE

Sui ogni campione di terreno (complessivamente 8), sono state eseguite le analisi chimiche presso laboratori certificati, adottando metodologie ufficialmente riconosciute, tali da garantire l'ottenimento di valori 10 volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite per la destinazione d'uso sito-specifica.

La tabelle seguenti indicano i composti ricercati (previsti da D.Lgs. 152/06 – DPR 120/17) e le metodologie di analisi utilizzate.

TERRE: Tabella 1, allegato 5, titolo V d.lgs. 152/06				
CATEGORIA	COMPOSTO	METODO ANALISI	LIMITI COLONNA A (mg/kg s.s.)	LIMITI COLONNA B (mg/kg s.s.)
METALLI	Arsenico	LABO 09 Ed.10 [^] (2018)	20	50
	Cadmio	LABO 09 Ed.10 [^] (2018)	2	15
	Cobalto	LABO 09 Ed.10 [^] (2018)	20	250
	Cromo totale	LABO 09 Ed.10 [^] (2018)	150	800
	Cromo VI	CNR IRSA 16 Q 64 Vol 3 1986	2	15
	Mercurio	EPA 3051A: 2007 + EPA 6010D: 2014	1	5
	NicHel	LABO 09 Ed.10 [^] (2018)	120	500
	Piombo	LABO 09 Ed.10 [^] (2018)	100	1000
	Rame	LABO 09 Ed.10 [^] (2018)	120	600
	Zinco	LABO 09 Ed.10 [^] (2018)	150	1500
IDROCARBURI	C > 12	EPA 6010D 2014	50	750
BTEX	Benzene	LABO 10 Ed.06 [^] (2016)	0.1	2
	Etilbenzene	LABO 10 Ed.06 [^] (2016)	0.5	50
	Xilene (o,m,p)	LABO 10 Ed.06 [^] (2016)	0.5	50
	Stirene	LABO 10 Ed.06 [^] (2016)	0.5	50
	Toluene	LABO 10 Ed.06 [^] (2016)	0.5	50
IPA	Benzo (a) Antracene	LABO 03 Ed.11 [^] (2016)	0.5	10
	Benzo (a) Pirene	LABO 03 Ed.11 [^] (2016)	0.1	10
	Benzo (b) Fluorantene	LABO 03 Ed.11 [^] (2016)	0.5	10
	Benzo (k) Fluorantene	LABO 03 Ed.11 [^] (2016)	0.5	10
	Benzo (g,h,i) Perilene	LABO 03 Ed.11 [^] (2016)	0.1	10
	Crisene	LABO 03 Ed.11 [^] (2016)	5	50
	Dibenzo (a,e) Pirene	LABO 03 Ed.11 [^] (2016)	0.1	10
	Dibenzo (a,l) Pirene	LABO 03 Ed.11 [^] (2016)	0.1	10
	Dibenzo (a,i) Pirene	LABO 03 Ed.11 [^] (2016)	0.1	10
	Dibenzo (a,h) Pirene	LABO 03 Ed.11 [^] (2016)	0.1	10
	Dibenzo (a,h) Antracene	LABO 03 Ed.11 [^] (2016)	0.1	10
	Indeno (1,2,3,cd) Pirene	LABO 03 Ed.11 [^] (2016)	0.1	5
	Pirene	LABO 03 Ed.11 [^] (2016)	5	20

I rapporti di prova delle determinazioni analitiche sono riportati in allegato alla presente relazione. Di seguito è presentata una tabella riassuntiva delle determinazioni analitiche eseguite.

	CAMP.	PA1 C1	PA1 C2	PA2 C1	PA2 C2	PA3 C1	PA3 C2	PA4 C1	PA4 C2	Limiti Col. A Tab.1	Limiti Col. B Tab.1
	Prof. (m)	0.0-1.0	1.0-2.0	0.0-1.0	1.0-2.0	0.0-1.0	1.0-2.0	0.0-1.0	1.0-2.0		
COMPOSTO	U.M.										
Arsenico	mg/Kg SS	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	20	50
Cadmio	mg/Kg SS	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2	15
Cobalto	mg/Kg SS	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	20	250
Cromo totale	mg/Kg	19.1	52	27	38	13.8	50	16.3	26	150	800

Nome file:

Cod Doc

N° Commessa

Revisione

Data

Riferimento
segreteria
bb

Pagina 15 di 18

	SS										
Cromo VI	mg/Kg SS	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	2	15
Mercurio	mg/Kg SS	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1	5
Nichel	mg/Kg SS	16.8	42	20.8	28	11.2	40	16.7	25	120	500
Piombo	mg/Kg SS	5.0	9.4	<5	<5	<5	<5	7.0	7.7	100	1000
Rame	mg/Kg SS	13.2	24.5	5.5	9.3	7.1	77.0	12.1	18.3	120	600
Zinco	mg/Kg SS	30	49	16.4	26	15.3	25	31	35	150	1500
C > 12	mg/Kg SS	<20	<20	59	93	104	49	44	<20	50	750
Benzene	mg/Kg SS	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.1	2
Etilbenzene	mg/Kg SS	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.5	50
Xilene (o,m,p)	mg/Kg SS	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.5	50
Stirene	mg/Kg SS	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.5	50
Toluene	mg/Kg SS	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.5	50
Sommatoria BTEX	mg/Kg SS	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	1	100
Benzo (a) Antracene	mg/Kg SS	0.05	<0.002	0.06	2.1	0.14	0.02	0.28	0.02	0.5	10
Benzo (a) Pirene	mg/Kg SS	0.02	<0.002	0.02	0.77	0.06	0.01	0.12	0.01	0.1	10
Benzo (b) Fluorantene	mg/Kg SS	0.01	<0.002	0.02	0.66	0.05	0.01	0.10	0.01	0.5	10
Benzo (k) Fluorantene	mg/Kg SS	0.01	<0.002	0.01	0.43	0.03	<0.002	0.06	<0.002	0.5	10
Benzo (g,h,i) Perilene	mg/Kg SS	0.02	<0.002	0.02	0.6	0.04	0.02	0.07	0.01	0.1	10
Crisene	mg/Kg SS	0.06	<0.002	0.04	1.2	0.11	0.02	0.16	0.01	5	50
Dibenzo (a,e) Pirene	mg/Kg SS	<0.002	<0.002	0.01	0.11	0.01	<0.002	0.02	<0.002	0.1	10
Dibenzo (a,l) Pirene	mg/Kg SS	<0.002	<0.002	<0.002	0.08	0.01	<0.002	0.01	<0.002	0.1	10
Dibenzo (a,i) Pirene	mg/Kg SS	<0.002	<0.002	<0.002	0.02	<0.002	<0.002	0.01	<0.002	0.1	10
Dibenzo (a,h) Pirene	mg/Kg SS	<0.002	<0.002	<0.002	0.18	0.02	<0.002	0.03	<0.002	0.1	10
Sommatoria IPA	mg/Kg SS	0.17	<0.01	0.18	5.9	0.47	0.08	0.86	0.06	0.1	100
Dibenzo (a,h) Antracene	mg/Kg SS	<0.002	<0.002	0.01	0.11	0.01	<0.002	0.02	<0.002	10	10
Indeno (1,2,3,cd) Pirene	mg/Kg SS	0.01	<0.002	0.02	0.66	0.05	0.01	0.11	0.01	0.1	5
Pirene	mg/Kg SS	0.03	<0.002	0.05	1.8	0.15	0.02	0.21	0.01	5	20

3. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nell'allegato 1 sono presenti i certificati delle analisi effettuate sui campioni di terreno prelevati.

In tutti i campioni di terreno analizzati, per le specie chimiche ricercate, non si sono riscontrati superamenti dei limiti di Concentrazione di Soglia di Contaminazione (C.S.C.) previsti dalla normativa vigente (d.lgs 152/16) per

i siti ad uso commerciale e industriale (Colonna B), mentre presentano alcuni superamenti in riferimento alla Colonna A (siti ad uso verde pubblico, provato e residenziale).

In particolare i parametri che presentano dei superamenti delle C.S.C. evidenziati in rosso sono gli idrocarburi pesanti per i campioni PA2 C1, PA2 C2 e PA3 C1 (con un valore massimo di 104 mg/Kg SS) e alcuni analiti degli IPA, per i campioni PA2 C2 e PA4 C1.

Nome file:	Cod Doc	N° Commessa	Revisione	Data	Riferimento segreteria	Pagina 17 di 18
rel-01-rev00-18089-chimica.doc	Rel_02	18089-18	0	01/08/18	bb	

4. ELENCO ALLEGATI

ALLEGATO 1	Rapporti di prova delle analisi chimiche
------------	--

RAPPORTO DI PROVA n° 18LA04933 DEL 01/08/2018

COMMITTENTE :
ELLETI PI S.r.l.
Via Annibale Zucchini, 69
44122 - Ferrara (FE)

DATI DEL CAMPIONE :
Descrizione : **PA1 (A-B) - da 0 a 1 m - EX - MOF**
Matrice : Terreno

Riferimento : **ORDINE N° 242-REV00-18089-18 LABO CONSULT / 2018 del 20/07/2018 - Commessa**
N° 18089/18
DATI DEL PRELIEVO :
Prelevato da : Cliente
Piano di campionamento : Effettuato da Cliente
Data prelievo : -
Data arrivo campione : 23/07/2018
Data inizio prove : 23/07/2018
Data fine prove : 31/07/2018

LIMITI DI LEGGE RIPORTATI :

D.Lgs.152/2006, Parte IV, Allegato 5, Tabella 1 e s.m.i.
Colonna A - Siti a destinazione d'uso Verde pubblico, privato e residenziale
Colonna B - Siti a destinazione d'uso Commerciale e industriale

Il campione sottoposto a prova ha dato i seguenti risultati:

Parametro	U.M.	Valore	I.M.	Limiti		Metodo	LQ
				A	B		
Residuo a 105°C	%	91,8				CNR IRSA 2 Q 64 Vol 2 1984	0.5
Frazione inferiore a 2 mm	%	56,9				D.M 13.09.1999 SO n.185 GU n.248 del 21.10.1999 Met. II.1	0.5
Cromo VI	mg/kgss	< 2		2	15	CNR IRSA 16 Q64 Vol 3 1986	2
Arsenico	mg/kgss	< 4		20	50	LABO 09 Ed.10 ^A (2018)	4
Cadmio	mg/kgss	< 1		2	15	LABO 09 Ed.10 ^A (2018)	4
Cobalto	mg/kgss	< 1		20	250	LABO 09 Ed.10 ^A (2018)	4
Cromo	mg/kgss	19,1		150	800	LABO 09 Ed.10 ^A (2018)	40
* Mercurio	mg/kgss	< 0,5		1	5	EPA 3051A : 2007 + EPA 6010D : 2014	0.5
Nichel	mg/kgss	16,8		120	500	LABO 09 Ed.10 ^A (2018)	40
Piombo	mg/kgss	5,0		100	1000	LABO 09 Ed.10 ^A (2018)	40
Rame	mg/kgss	13,2		120	600	LABO 09 Ed.10 ^A (2018)	40
Zinco	mg/kgss	30		150	1500	LABO 09 Ed.10 ^A (2018)	40
Idrocarburi pesanti C>12	mg/kgss	< 20		50	750	LABO 11 Ed.08 ^A (2018)	20
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI							
Benzene	mg/kgss	< 0,0005		0.1	2	LABO 10 Ed.06 ^A (2016)	0.01
Etilbenzene	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06 ^A (2016)	0.01
Xilene (o,m,p)	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06 ^A (2016)	0.01
Stirene	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06 ^A (2016)	0.01
Toluene	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06 ^A (2016)	0.01
* Sommatoria organici aromatici	mg/kgss	< 0,01		1	100	LABO 10 Ed.06 ^A (2016)	0.1
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI							
Benzo (a) Antracene	mg/kgss	0,05		0.5	10	LABO 03 Ed.11 ^A (2016)	0.01
Benzo (a) Pirene	mg/kgss	0,02		0.1	10	LABO 03 Ed.11 ^A (2016)	0.01
Benzo (b) Fluorantene	mg/kgss	0,01		0.5	10	LABO 03 Ed.11 ^A (2016)	0.01
Benzo (k) Fluorantene	mg/kgss	0,01		0.5	10	LABO 03 Ed.11 ^A (2016)	0.01

Segue rapporto di prova n° 18LA04933 del 01/08/2018

Benzo (g,h,i) Perilene	mg/kgss	0,02	± 0.04	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Crisene	mg/kgss	0,06		5	50	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,e) Pirene	mg/kgss	< 0,002		0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,l) Pirene	mg/kgss	< 0,002		0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,i) Pirene	mg/kgss	< 0,002		0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,h) Pirene	mg/kgss	< 0,002		0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
• Sommatoria policiclici aromatici	mg/kgss	0,17		10	100	LABO 03 Ed.11^ (2016)	1
Dibenzo (a,h) Antracene	mg/kgss	< 0,002		0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Indeno (1,2,3,cd) Pirene	mg/kgss	0,01		0.1	5	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Pirene	mg/kgss	0,03		5	50	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01

GIUDIZIO DI CONFORMITA' :

I parametri analizzati presentano valori CONFORMI ai limiti imposti nel DLgs n° 152/2006 Parte quarta Titolo V All.5 Tab. 1 per i siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale, Commerciale e Industriale

Il giudizio di conformità si riferisce ai parametri analizzati e si basa sul confronto del valore riscontrato con i valori di riferimento senza considerare l'incertezza di misura.

La riga contrassegnata con l'asterisco * indica che la prova non è accreditata da Accredia.

Le analisi, se non specificato altrimenti sono da considerarsi effettuate in unica replica sul campione tal quale.

LQ (limite di quantificazione), il risultato preceduto dal simbolo "<" indica un valore inferiore a LD (limite di rivelabilità), I.M. (incertezza di misura).

L'incertezza di misura è espressa come incertezza di misura estesa $U = k \cdot u_c$ ed è stata calcolata con un fattore di copertura $k=2$, corrispondente a un livello di probabilità di circa il 95%.

I recuperi sono conformi a quanto prescritto dal metodo, e non vengono utilizzati nel calcolo del risultato finale.

I risultati sono riferiti al campione vagliato a 2 cm.

Analisi effettuate sul campione tal quale : Idrocarburi leggeri < 12, Idrocarburi pesanti > 12, MTBE, Composti aromatici, Benzene e Solventi clorurati, Amianto. Tutti gli altri parametri sono effettuati sul sotto vaglio 2 mm.

Le sommatorie sono calcolate mediante il criterio del lower bound.

Il presente Rapporto di Prova non può essere riprodotto in forma parziale senza autorizzazione scritta di Labo Consult S.r.l.

Il Responsabile del Laboratorio
Dr. Mariateresa Magrino
(Ord.Reg.le Chimici Campania n°1554)

RAPPORTO DI PROVA n° 18LA04934 DEL 01/08/2018

COMMITTENTE :
ELLETI PI S.r.l.
Via Annibale Zucchini, 69
44122 - Ferrara (FE)

DATI DEL CAMPIONE :
Descrizione : **PA1 (A-B) - da 1 a 2 m - EX - MOF**
Matrice : Terreno

Riferimento : **ORDINE N° 242-REV00-18089-18 LABO CONSULT / 2018 del 20/07/2018 - Commessa**
N° 18089/18
DATI DEL PRELIEVO :
Prelevato da : Cliente
Piano di campionamento : Effettuato da Cliente
Data prelievo : -
Data arrivo campione : 23/07/2018
Data inizio prove : 23/07/2018
Data fine prove : 31/07/2018

LIMITI DI LEGGE RIPORTATI :

D.Lgs.152/2006, Parte IV, Allegato 5, Tabella 1 e s.m.i.
Colonna A - Siti a destinazione d'uso Verde pubblico, privato e residenziale
Colonna B - Siti a destinazione d'uso Commerciale e industriale

Il campione sottoposto a prova ha dato i seguenti risultati:

Parametro	U.M.	Valore	I.M.	Limiti		Metodo	LQ
				A	B		
Residuo a 105°C	%	83,3				CNR IRSA 2 Q 64 Vol 2 1984	0.5
Frazione inferiore a 2 mm	%	65,1				D.M 13.09.1999 SO n.185 GU n.248 del 21.10.1999 Met. II.1	0.5
Cromo VI	mg/kgss	< 2		2	15	CNR IRSA 16 Q64 Vol 3 1986	2
Arsenico	mg/kgss	< 4		20	50	LABO 09 Ed.10^ (2018)	4
Cadmio	mg/kgss	< 1		2	15	LABO 09 Ed.10^ (2018)	4
Cobalto	mg/kgss	< 1		20	250	LABO 09 Ed.10^ (2018)	4
Cromo	mg/kgss	52	± 12	150	800	LABO 09 Ed.10^ (2018)	40
* Mercurio	mg/kgss	< 0,5		1	5	EPA 3051A : 2007 + EPA 6010D : 2014	0.5
Nichel	mg/kgss	42	± 10	120	500	LABO 09 Ed.10^ (2018)	40
Piombo	mg/kgss	9,4		100	1000	LABO 09 Ed.10^ (2018)	40
Rame	mg/kgss	24,5		120	600	LABO 09 Ed.10^ (2018)	40
Zinco	mg/kgss	49	± 12	150	1500	LABO 09 Ed.10^ (2018)	40
Idrocarburi pesanti C> 12	mg/kgss	< 20		50	750	LABO 11 Ed.08^ (2018)	20
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI							
Benzene	mg/kgss	< 0,0005		0.1	2	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
Etilbenzene	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
Xilene (o,m,p)	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
Stirene	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
Toluene	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
* Sommatoria organici aromatici	mg/kgss	< 0,01		1	100	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.1
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI							
Benzo (a) Antracene	mg/kgss	< 0,002		0.5	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Benzo (a) Pirene	mg/kgss	< 0,002		0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Benzo (b) Fluorantene	mg/kgss	< 0,002		0.5	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Benzo (k) Fluorantene	mg/kgss	< 0,002		0.5	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01

Segue rapporto di prova n° 18LA04934 del 01/08/2018

Benzo (g,h,i) Perilene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Crisene	mg/kgss	< 0,002	5	50	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,e) Pirene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,l) Pirene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,i) Pirene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,h) Pirene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
* Sommatoria policiclici aromatici	mg/kgss	< 0,01	10	100	LABO 03 Ed.11^ (2016)	1
Dibenzo (a,h) Antracene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Indeno (1,2,3,cd) Pirene	mg/kgss	< 0,002	0.1	5	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Pirene	mg/kgss	< 0,002	5	50	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01

GIUDIZIO DI CONFORMITA' :

I parametri analizzati presentano valori CONFORMI ai limiti imposti nel DLgs n° 152/2006 Parte quarta Titolo V All.5 Tab. 1 per i siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale, Commerciale e Industriale

Il giudizio di conformità si riferisce ai parametri analizzati e si basa sul confronto del valore riscontrato con i valori di riferimento senza considerare l'incertezza di misura.

La riga contrassegnata con l'asterisco * indica che la prova non è accreditata da Accredia.

Le analisi, se non specificato altrimenti sono da considerarsi effettuate in unica replica sul campione tal quale.

LQ (limite di quantificazione), il risultato preceduto dal simbolo "<" indica un valore inferiore a LD (limite di rivelabilità), I.M. (incertezza di misura).

L'incertezza di misura è espressa come incertezza di misura estesa $U = k \cdot uc$ ed è stata calcolata con un fattore di copertura $k=2$, corrispondente a un livello di probabilità di circa il 95%.

I recuperi sono conformi a quanto prescritto dal metodo, e non vengono utilizzati nel calcolo del risultato finale.

I risultati sono riferiti al campione vagliato a 2 cm.

Analisi effettuate sul campione tal quale : Idrocarburi leggeri < 12, Idrocarburi pesanti > 12, MTBE, Composti aromatici, Benzene e Solventi clorurati, Amianto. Tutti gli altri parametri sono effettuati sul sotto vaglio 2 mm.

Le sommatorie sono calcolate mediante il criterio del lower bound.

Il presente Rapporto di Prova non può essere riprodotto in forma parziale senza autorizzazione scritta di Labo Consult S.r.l.

Il Responsabile del Laboratorio
Dr. Mariateresa Magrino
(Ord.Reg.le Chimici Campania n°1554)

RAPPORTO DI PROVA n° 18LA04935 DEL 01/08/2018

COMMITTENTE :
ELLETI PI S.r.l.
Via Annibale Zucchini, 69
44122 - Ferrara (FE)

DATI DEL CAMPIONE :
Descrizione : **PA2 (A-B) - da 0 a 1 m - EX - MOF**
Matrice : Terreno

Riferimento : **ORDINE N° 242-REV00-18089-18 LABO CONSULT / 2018 del 20/07/2018 - Commessa**
N° 18089/18
DATI DEL PRELIEVO :
Prelevato da : Cliente
Piano di campionamento : Effettuato da Cliente
Data prelievo : -
Data arrivo campione : 23/07/2018
Data inizio prove : 23/07/2018
Data fine prove : 31/07/2018

LIMITI DI LEGGE RIPORTATI :

D.Lgs.152/2006, Parte IV, Allegato 5, Tabella 1 e s.m.i.
Colonna A - Siti a destinazione d'uso Verde pubblico, privato e residenziale
Colonna B - Siti a destinazione d'uso Commerciale e industriale

Il campione sottoposto a prova ha dato i seguenti risultati:

Parametro	U.M.	Valore	I.M.	Limiti		Metodo	LQ
				A	B		
Residuo a 105°C	%	94,9				CNR IRSA 2 Q 64 Vol 2 1984	0.5
Frazione inferiore a 2 mm	%	68,5				D.M 13.09.1999 SO n.185 GU n.248 del 21.10.1999 Met. II.1	0.5
Cromo VI	mg/kgss	< 2		2	15	CNR IRSA 16 Q64 Vol 3 1986	2
Arsenico	mg/kgss	< 4		20	50	LABO 09 Ed.10 [^] (2018)	4
Cadmio	mg/kgss	< 1		2	15	LABO 09 Ed.10 [^] (2018)	4
Cobalto	mg/kgss	< 1		20	250	LABO 09 Ed.10 [^] (2018)	4
Cromo	mg/kgss	27		150	800	LABO 09 Ed.10 [^] (2018)	40
* Mercurio	mg/kgss	< 0,5		1	5	EPA 3051A : 2007 + EPA 6010D : 2014	0.5
Nichel	mg/kgss	20,8		120	500	LABO 09 Ed.10 [^] (2018)	40
Piombo	mg/kgss	< 5		100	1000	LABO 09 Ed.10 [^] (2018)	40
Rame	mg/kgss	5,5		120	600	LABO 09 Ed.10 [^] (2018)	40
Zinco	mg/kgss	16,4		150	1500	LABO 09 Ed.10 [^] (2018)	40
Idrocarburi pesanti C>12	mg/kgss	59	± 9	50	750	LABO 11 Ed.08 [^] (2018)	20
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI							
Benzene	mg/kgss	< 0,0005		0.1	2	LABO 10 Ed.06 [^] (2016)	0.01
Etilbenzene	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06 [^] (2016)	0.01
Xilene (o,m,p)	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06 [^] (2016)	0.01
Stirene	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06 [^] (2016)	0.01
Toluene	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06 [^] (2016)	0.01
* Sommatoria organici aromatici	mg/kgss	< 0,01		1	100	LABO 10 Ed.06 [^] (2016)	0.1
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI							
Benzo (a) Antracene	mg/kgss	0,06		0.5	10	LABO 03 Ed.11 [^] (2016)	0.01
Benzo (a) Pirene	mg/kgss	0,02		0.1	10	LABO 03 Ed.11 [^] (2016)	0.01
Benzo (b) Fluorantene	mg/kgss	0,02		0.5	10	LABO 03 Ed.11 [^] (2016)	0.01
Benzo (k) Fluorantene	mg/kgss	0,01		0.5	10	LABO 03 Ed.11 [^] (2016)	0.01

Segue rapporto di prova n° 18LA04935 del 01/08/2018

Benzo (g,h,i) Perilene	mg/kgss	0,02	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Crisene	mg/kgss	0,04	5	50	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,e) Pirene	mg/kgss	0,01	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,l) Pirene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,i) Pirene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,h) Pirene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
* Sommatoria policiclici aromatici	mg/kgss	0,18	10	100	LABO 03 Ed.11^ (2016)	1
Dibenzo (a,h) Antracene	mg/kgss	0,01	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Indeno (1,2,3,cd) Pirene	mg/kgss	0,02	0.1	5	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Pirene	mg/kgss	0,05 ± 0.04	5	50	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01

GIUDIZIO DI CONFORMITA' :

I parametri analizzati presentano valori CONFORMI ai limiti imposti nel DLgs n° 152/2006 Parte quarta Titolo V All.5 Tab. 1 per i siti ad uso Commerciale e Industriale e NON CONFORMI per i siti Verde pubblico, privato e residenziale

Il giudizio di conformità si riferisce ai parametri analizzati e si basa sul confronto del valore riscontrato con i valori di riferimento senza considerare l'incertezza di misura.

La riga contrassegnata con l'asterisco * indica che la prova non è accreditata da Accredia.

Le analisi, se non specificato altrimenti sono da considerarsi effettuate in unica replica sul campione tal quale.

LQ (limite di quantificazione), il risultato preceduto dal simbolo "<" indica un valore inferiore a LD (limite di rivelabilità), I.M. (incertezza di misura).

L'incertezza di misura è espressa come incertezza di misura estesa $U = k \cdot u_c$ ed è stata calcolata con un fattore di copertura $k=2$, corrispondente a un livello di probabilità di circa il 95%.

I recuperi sono conformi a quanto prescritto dal metodo, e non vengono utilizzati nel calcolo del risultato finale.

I risultati sono riferiti al campione vagliato a 2 cm.

Analisi effettuate sul campione tal quale : Idrocarburi leggeri < 12, Idrocarburi pesanti > 12, MTBE, Composti aromatici, Benzene e Solventi clorurati, Amianto. Tutti gli altri parametri sono effettuati sul sotto vaglio 2 mm.

Le sommatorie sono calcolate mediante il criterio del lower bound.

Il presente Rapporto di Prova non può essere riprodotto in forma parziale senza autorizzazione scritta di Labo Consult S.r.l.

Il Responsabile del Laboratorio
Dr. Mariateresa Magrino
(Ord.Reg.le Chimici Campania n°1554)

RAPPORTO DI PROVA n° 18LA04936 DEL 01/08/2018

COMMITTENTE :
ELLETI PI S.r.l.
Via Annibale Zucchini, 69
44122 - Ferrara (FE)

DATI DEL CAMPIONE :
Descrizione : **PA2 (A-B) - da 1 a 2 m - EX - MOF**
Matrice : Terreno

Riferimento : **ORDINE N° 242-REV00-18089-18 LABO CONSULT / 2018 del 20/07/2018 - Commessa**
N° 18089/18
DATI DEL PRELIEVO :
Prelevato da : Cliente
Piano di campionamento : Effettuato da Cliente
Data prelievo : -
Data arrivo campione : 23/07/2018
Data inizio prove : 23/07/2018
Data fine prove : 31/07/2018

LIMITI DI LEGGE RIPORTATI :

D.Lgs.152/2006, Parte IV, Allegato 5, Tabella 1 e s.m.i.
Colonna A - Siti a destinazione d'uso Verde pubblico, privato e residenziale
Colonna B - Siti a destinazione d'uso Commerciale e industriale

Il campione sottoposto a prova ha dato i seguenti risultati:

Parametro	U.M.	Valore	I.M.	Limiti		Metodo	LQ
				A	B		
Residuo a 105°C	%	89,1				CNR IRSA 2 Q 64 Vol 2 1984	0.5
Frazione inferiore a 2 mm	%	72,9				D.M 13.09.1999 SO n.185 GU n.248 del 21.10.1999 Met. II.1	0.5
Cromo VI	mg/kgss	< 2		2	15	CNR IRSA 16 Q64 Vol 3 1986	2
Arsenico	mg/kgss	< 4		20	50	LABO 09 Ed.10^ (2018)	4
Cadmio	mg/kgss	< 1		2	15	LABO 09 Ed.10^ (2018)	4
Cobalto	mg/kgss	< 1		20	250	LABO 09 Ed.10^ (2018)	4
Cromo	mg/kgss	38		150	800	LABO 09 Ed.10^ (2018)	40
* Mercurio	mg/kgss	< 0,5		1	5	EPA 3051A : 2007 + EPA 6010D : 2014	0.5
Nichel	mg/kgss	28		120	500	LABO 09 Ed.10^ (2018)	40
Piombo	mg/kgss	< 5		100	1000	LABO 09 Ed.10^ (2018)	40
Rame	mg/kgss	9,3		120	600	LABO 09 Ed.10^ (2018)	40
Zinco	mg/kgss	26		150	1500	LABO 09 Ed.10^ (2018)	40
Idrocarburi pesanti C>12	mg/kgss	93	± 11	50	750	LABO 11 Ed.08^ (2018)	20
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI							
Benzene	mg/kgss	< 0,0005		0.1	2	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
Etilbenzene	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
Xilene (o,m,p)	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
Stirene	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
Toluene	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
* Sommatoria organici aromatici	mg/kgss	< 0,01		1	100	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.1
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI							
Benzo (a) Antracene	mg/kgss	2,1		0.5	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Benzo (a) Pirene	mg/kgss	0,77	± 0.11	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Benzo (b) Fluorantene	mg/kgss	0,66	± 0.10	0.5	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Benzo (k) Fluorantene	mg/kgss	0,43	± 0.07	0.5	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01

Segue rapporto di prova n° 18LA04936 del 01/08/2018

Benzo (g,h,i) Perilene	mg/kgss	0,36	± 0.06	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Crisene	mg/kgss	1,2	± 0.2	5	50	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,e) Pirene	mg/kgss	0,11	± 0.04	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,l) Pirene	mg/kgss	0,08	± 0.05	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,i) Pirene	mg/kgss	0,02		0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,h) Pirene	mg/kgss	0,18	± 0.05	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
* Sommatoria policiclici aromatici	mg/kgss	5,9			10 100	LABO 03 Ed.11^ (2016)	1
Dibenzo (a,h) Antracene	mg/kgss	0,11	± 0.04	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Indeno (1,2,3,cd) Pirene	mg/kgss	0,66	± 0.10	0.1	5	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Pirene	mg/kgss	1,8	± 0.2	5	50	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01

GIUDIZIO DI CONFORMITA' :

I parametri analizzati presentano valori CONFORMI ai limiti imposti nel DLgs n° 152/2006 Parte quarta Titolo V All.5 Tab. 1 per i siti ad uso Commerciale e Industriale e NON CONFORMI per i siti Verde pubblico, privato e residenziale

Il giudizio di conformità si riferisce ai parametri analizzati e si basa sul confronto del valore riscontrato con i valori di riferimento senza considerare l'incertezza di misura.

La riga contrassegnata con l'asterisco * indica che la prova non è accreditata da Accredia.

Le analisi, se non specificato altrimenti sono da considerarsi effettuate in unica replica sul campione tal quale.

LQ (limite di quantificazione), il risultato preceduto dal simbolo "<" indica un valore inferiore a LD (limite di rivelabilità), I.M. (incertezza di misura).

L'incertezza di misura è espressa come incertezza di misura estesa $U = k \cdot u_c$ ed è stata calcolata con un fattore di copertura $k=2$, corrispondente a un livello di probabilità di circa il 95%.

I recuperi sono conformi a quanto prescritto dal metodo, e non vengono utilizzati nel calcolo del risultato finale.

I risultati sono riferiti al campione vagliato a 2 cm.

Analisi effettuate sul campione tal quale : Idrocarburi leggeri < 12, Idrocarburi pesanti > 12, MTBE, Composti aromatici, Benzene e Solventi clorurati, Amianto. Tutti gli altri parametri sono effettuati sul sotto vaglio 2 mm.

Le sommatorie sono calcolate mediante il criterio del lower bound.

Il presente Rapporto di Prova non può essere riprodotto in forma parziale senza autorizzazione scritta di Labo Consult S.r.l.

Il Responsabile del Laboratorio
Dr. Mariateresa Magrino
(Ord.Reg.le Chimici Campania n°1554)

RAPPORTO DI PROVA n° 18LA04937 DEL 01/08/2018

COMMITTENTE :
ELLETI PI S.r.l.
Via Annibale Zucchini, 69
44122 - Ferrara (FE)

DATI DEL CAMPIONE :
Descrizione : **PA3 (A-B) - da 0 a 1 m - EX - MOF**
Matrice : Terreno

Riferimento : **ORDINE N° 242-REV00-18089-18 LABO CONSULT / 2018 del 20/07/2018 - Commessa**
N° 18089/18
DATI DEL PRELIEVO :
Prelevato da : Cliente
Piano di campionamento : Effettuato da Cliente
Data prelievo : -
Data arrivo campione : 23/07/2018
Data inizio prove : 23/07/2018
Data fine prove : 31/07/2018

LIMITI DI LEGGE RIPORTATI :

D.Lgs.152/2006, Parte IV, Allegato 5, Tabella 1 e s.m.i.
Colonna A - Siti a destinazione d'uso Verde pubblico, privato e residenziale
Colonna B - Siti a destinazione d'uso Commerciale e industriale

Il campione sottoposto a prova ha dato i seguenti risultati:

Parametro	U.M.	Valore	I.M.	Limiti		Metodo	LQ
				A	B		
Residuo a 105°C	%	95,1				CNR IRSA 2 Q 64 Vol 2 1984	0.5
Frazione inferiore a 2 mm	%	63,7				D.M 13.09.1999 SO n.185 GU n.248 del 21.10.1999 Met. II.1	0.5
Cromo VI	mg/kgss	< 2		2	15	CNR IRSA 16 Q64 Vol 3 1986	2
Arsenico	mg/kgss	< 4		20	50	LABO 09 Ed.10^ (2018)	4
Cadmio	mg/kgss	< 1		2	15	LABO 09 Ed.10^ (2018)	4
Cobalto	mg/kgss	< 1		20	250	LABO 09 Ed.10^ (2018)	4
Cromo	mg/kgss	13,8		150	800	LABO 09 Ed.10^ (2018)	40
* Mercurio	mg/kgss	< 0,5		1	5	EPA 3051A : 2007 + EPA 6010D : 2014	0.5
Nichel	mg/kgss	11,2		120	500	LABO 09 Ed.10^ (2018)	40
Piombo	mg/kgss	< 5		100	1000	LABO 09 Ed.10^ (2018)	40
Rame	mg/kgss	7,1		120	600	LABO 09 Ed.10^ (2018)	40
Zinco	mg/kgss	15,3		150	1500	LABO 09 Ed.10^ (2018)	40
Idrocarburi pesanti C> 12	mg/kgss	104	± 13	50	750	LABO 11 Ed.08^ (2018)	20
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI							
Benzene	mg/kgss	< 0,0005		0.1	2	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
Etilbenzene	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
Xilene (o,m,p)	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
Stirene	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
Toluene	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
* Sommatoria organici aromatici	mg/kgss	< 0,01		1	100	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.1
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI							
Benzo (a) Antracene	mg/kgss	0,14		0.5	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Benzo (a) Pirene	mg/kgss	0,06	± 0.04	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Benzo (b) Fluorantene	mg/kgss	0,05	± 0.04	0.5	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Benzo (k) Fluorantene	mg/kgss	0,03		0.5	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01

Segue rapporto di prova n° 18LA04937 del 01/08/2018

Benzo (g,h,i) Perilene	mg/kgss	0,04		0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Crisene	mg/kgss	0,11	± 0.04	5	50	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,e) Pirene	mg/kgss	0,01		0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,l) Pirene	mg/kgss	0,01		0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,i) Pirene	mg/kgss	< 0,002		0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,h) Pirene	mg/kgss	0,02		0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
* Sommatoria policiclici aromatici	mg/kgss	0,47		10	100	LABO 03 Ed.11^ (2016)	1
Dibenzo (a,h) Antracene	mg/kgss	0,01		0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Indeno (1,2,3,cd) Pirene	mg/kgss	0,05	± 0.04	0.1	5	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Pirene	mg/kgss	0,15	± 0.04	5	50	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01

GIUDIZIO DI CONFORMITA' :

I parametri analizzati presentano valori CONFORMI ai limiti imposti nel DLgs n° 152/2006 Parte quarta Titolo V All.5 Tab. 1 per i siti ad uso Commerciale e Industriale e NON CONFORMI per i siti Verde pubblico, privato e residenziale

Il giudizio di conformità si riferisce ai parametri analizzati e si basa sul confronto del valore riscontrato con i valori di riferimento senza considerare l'incertezza di misura.

La riga contrassegnata con l'asterisco * indica che la prova non è accreditata da Accredia.

Le analisi, se non specificato altrimenti sono da considerarsi effettuate in unica replica sul campione tal quale.

LQ (limite di quantificazione), il risultato preceduto dal simbolo "<" indica un valore inferiore a LD (limite di rivelabilità), I.M. (incertezza di misura).

L'incertezza di misura è espressa come incertezza di misura estesa $U = k \cdot u_c$ ed è stata calcolata con un fattore di copertura $k=2$, corrispondente a un livello di probabilità di circa il 95%.

I recuperi sono conformi a quanto prescritto dal metodo, e non vengono utilizzati nel calcolo del risultato finale.

I risultati sono riferiti al campione vagliato a 2 cm.

Analisi effettuate sul campione tal quale : Idrocarburi leggeri < 12, Idrocarburi pesanti > 12, MTBE, Composti aromatici, Benzene e Solventi clorurati, Amianto. Tutti gli altri parametri sono effettuati sul sotto vaglio 2 mm.

Le sommatorie sono calcolate mediante il criterio del lower bound.

Il presente Rapporto di Prova non può essere riprodotto in forma parziale senza autorizzazione scritta di Labo Consult S.r.l.

Il Responsabile del Laboratorio
 Dr. Mariateresa Magrino
 (Ord.Reg.le Chimici Campania n°1554)

RAPPORTO DI PROVA n° 18LA04938 DEL 01/08/2018

COMMITTENTE :
ELLETI PI S.r.l.
Via Annibale Zucchini, 69
44122 - Ferrara (FE)

DATI DEL CAMPIONE :
Descrizione : **PA3 (A-B) - da 1 a 2 m - EX - MOF**
Matrice : Terreno

Riferimento : **ORDINE N° 242-REV00-18089-18 LABO CONSULT / 2018 del 20/07/2018 - Commessa**
N° 18089/18
DATI DEL PRELIEVO :
Prelevato da : Cliente
Piano di campionamento : Effettuato da Cliente
Data prelievo : -
Data arrivo campione : 23/07/2018
Data inizio prove : 23/07/2018
Data fine prove : 31/07/2018

LIMITI DI LEGGE RIPORTATI :

D.Lgs.152/2006, Parte IV, Allegato 5, Tabella 1 e s.m.i.
Colonna A - Siti a destinazione d'uso Verde pubblico, privato e residenziale
Colonna B - Siti a destinazione d'uso Commerciale e industriale

Il campione sottoposto a prova ha dato i seguenti risultati:

Parametro	U.M.	Valore	I.M.	Limiti		Metodo	LQ
				A	B		
Residuo a 105°C	%	93,3				CNR IRSA 2 Q 64 Vol 2 1984	0.5
Frazione inferiore a 2 mm	%	87,1				D.M 13.09.1999 SO n.185 GU n.248 del 21.10.1999 Met. II.1	0.5
Cromo VI	mg/kgss	< 2		2	15	CNR IRSA 16 Q64 Vol 3 1986	2
Arsenico	mg/kgss	< 4		20	50	LABO 09 Ed.10^ (2018)	4
Cadmio	mg/kgss	< 1		2	15	LABO 09 Ed.10^ (2018)	4
Cobalto	mg/kgss	< 1		20	250	LABO 09 Ed.10^ (2018)	4
Cromo	mg/kgss	50	± 12	150	800	LABO 09 Ed.10^ (2018)	40
* Mercurio	mg/kgss	< 0,5		1	5	EPA 3051A : 2007 + EPA 6010D : 2014	0.5
Nichel	mg/kgss	40	± 10	120	500	LABO 09 Ed.10^ (2018)	40
Piombo	mg/kgss	< 5		100	1000	LABO 09 Ed.10^ (2018)	40
Rame	mg/kgss	7,0		120	600	LABO 09 Ed.10^ (2018)	40
Zinco	mg/kgss	25		150	1500	LABO 09 Ed.10^ (2018)	40
Idrocarburi pesanti C>12	mg/kgss	49	± 9	50	750	LABO 11 Ed.08^ (2018)	20
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI							
Benzene	mg/kgss	< 0,0005		0.1	2	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
Etilbenzene	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
Xilene (o,m,p)	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
Stirene	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
Toluene	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
* Sommatoria organici aromatici	mg/kgss	< 0,01		1	100	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.1
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI							
Benzo (a) Antracene	mg/kgss	0,02		0.5	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Benzo (a) Pirene	mg/kgss	0,01		0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Benzo (b) Fluorantene	mg/kgss	0,01		0.5	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Benzo (k) Fluorantene	mg/kgss	< 0,002		0.5	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01

Segue rapporto di prova n° 18LA04938 del 01/08/2018

Benzo (g,h,i) Perilene	mg/kgss	0,02	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Crisene	mg/kgss	0,02	5	50	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,e) Pirene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,l) Pirene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,i) Pirene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,h) Pirene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
* Sommatoria policiclici aromatici	mg/kgss	0,08	10	100	LABO 03 Ed.11^ (2016)	1
Dibenzo (a,h) Antracene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Indeno (1,2,3,cd) Pirene	mg/kgss	0,01	0.1	5	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Pirene	mg/kgss	0,02	5	50	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01

GIUDIZIO DI CONFORMITA' :

I parametri analizzati presentano valori CONFORMI ai limiti imposti nel DLgs n° 152/2006 Parte quarta Titolo V All.5 Tab. 1 per i siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale, Commerciale e Industriale

Il giudizio di conformità si riferisce ai parametri analizzati e si basa sul confronto del valore riscontrato con i valori di riferimento senza considerare l'incertezza di misura.

La riga contrassegnata con l'asterisco * indica che la prova non è accreditata da Accredia.

Le analisi, se non specificato altrimenti sono da considerarsi effettuate in unica replica sul campione tal quale.

LQ (limite di quantificazione), il risultato preceduto dal simbolo "<" indica un valore inferiore a LD (limite di rivelabilità), I.M. (incertezza di misura).

L'incertezza di misura è espressa come incertezza di misura estesa $U = k \cdot u_c$ ed è stata calcolata con un fattore di copertura $k=2$, corrispondente a un livello di probabilità di circa il 95%.

I recuperi sono conformi a quanto prescritto dal metodo, e non vengono utilizzati nel calcolo del risultato finale.

I risultati sono riferiti al campione vagliato a 2 cm.

Analisi effettuate sul campione tal quale : Idrocarburi leggeri < 12, Idrocarburi pesanti > 12, MTBE, Composti aromatici, Benzene e Solventi clorurati, Amianto. Tutti gli altri parametri sono effettuati sul sotto vaglio 2 mm.

Le sommatorie sono calcolate mediante il criterio del lower bound.

Il presente Rapporto di Prova non può essere riprodotto in forma parziale senza autorizzazione scritta di Labo Consult S.r.l.

Il Responsabile del Laboratorio
 Dr. Mariateresa Magrino
 (Ord.Reg.le Chimici Campania n°1554)

RAPPORTO DI PROVA n° 18LA04939 DEL 01/08/2018

COMMITTENTE :
ELLETI PI S.r.l.
Via Annibale Zucchini, 69
44122 - Ferrara (FE)

DATI DEL CAMPIONE :
Descrizione : **PA4 (A-B) - da 0 a 1 m - EX - MOF**
Matrice : Terreno

Riferimento : **ORDINE N° 242-REV00-18089-18 LABO CONSULT / 2018 del 20/072018 - Commessa**
N° 18089/18
DATI DEL PRELIEVO :
Prelevato da : Cliente
Piano di campionamento : Effettuato da Cliente
Data prelievo : -
Data arrivo campione : 23/07/2018
Data inizio prove : 23/07/2018
Data fine prove : 31/07/2018

LIMITI DI LEGGE RIPORTATI :

D.Lgs.152/2006, Parte IV, Allegato 5, Tabella 1 e s.m.i.
Colonna A - Siti a destinazione d'uso Verde pubblico, privato e residenziale
Colonna B - Siti a destinazione d'uso Commerciale e industriale

Il campione sottoposto a prova ha dato i seguenti risultati:

Parametro	U.M.	Valore	I.M.	Limiti		Metodo	LQ
				A	B		
Residuo a 105°C	%	92,3				CNR IRSA 2 Q 64 Vol 2 1984	0.5
Frazione inferiore a 2 mm	%	58,1				D.M 13.09.1999 SO n.185 GU n.248 del 21.10.1999 Met. II.1	0.5
Cromo VI	mg/kgss	< 2		2	15	CNR IRSA 16 Q64 Vol 3 1986	2
Arsenico	mg/kgss	< 4		20	50	LABO 09 Ed.10 [^] (2018)	4
Cadmio	mg/kgss	< 1		2	15	LABO 09 Ed.10 [^] (2018)	4
Cobalto	mg/kgss	< 1		20	250	LABO 09 Ed.10 [^] (2018)	4
Cromo	mg/kgss	16,3		150	800	LABO 09 Ed.10 [^] (2018)	40
* Mercurio	mg/kgss	< 0,5		1	5	EPA 3051A : 2007 + EPA 6010D : 2014	0.5
Nichel	mg/kgss	16,7		120	500	LABO 09 Ed.10 [^] (2018)	40
Piombo	mg/kgss	7,0		100	1000	LABO 09 Ed.10 [^] (2018)	40
Rame	mg/kgss	12,1		120	600	LABO 09 Ed.10 [^] (2018)	40
Zinco	mg/kgss	31		150	1500	LABO 09 Ed.10 [^] (2018)	40
Idrocarburi pesanti C> 12	mg/kgss	44	± 8	50	750	LABO 11 Ed.08 [^] (2018)	20
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI							
Benzene	mg/kgss	< 0,0005		0.1	2	LABO 10 Ed.06 [^] (2016)	0.01
Etilbenzene	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06 [^] (2016)	0.01
Xilene (o,m,p)	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06 [^] (2016)	0.01
Stirene	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06 [^] (2016)	0.01
Toluene	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06 [^] (2016)	0.01
* Sommatoria organici aromatici	mg/kgss	< 0,01		1	100	LABO 10 Ed.06 [^] (2016)	0.1
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI							
Benzo (a) Antracene	mg/kgss	0,28		0.5	10	LABO 03 Ed.11 [^] (2016)	0.01
Benzo (a) Pirene	mg/kgss	0,12	± 0.04	0.1	10	LABO 03 Ed.11 [^] (2016)	0.01
Benzo (b) Fluorantene	mg/kgss	0,10	± 0.04	0.5	10	LABO 03 Ed.11 [^] (2016)	0.01
Benzo (k) Fluorantene	mg/kgss	0,06	± 0.04	0.5	10	LABO 03 Ed.11 [^] (2016)	0.01

Segue rapporto di prova n° 18LA04939 del 01/08/2018

Benzo (g,h,i) Perilene	mg/kgss	0,07	± 0.05	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Crisene	mg/kgss	0,16	± 0.04	5	50	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,e) Pirene	mg/kgss	0,02		0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,l) Pirene	mg/kgss	0,01		0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,i) Pirene	mg/kgss	0,01		0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,h) Pirene	mg/kgss	0,03		0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
* Sommatoria policiclici aromatici	mg/kgss	0,86		10	100	LABO 03 Ed.11^ (2016)	1
Dibenzo (a,h) Antracene	mg/kgss	0,02		0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Indeno (1,2,3,cd) Pirene	mg/kgss	0,11	± 0.04	0.1	5	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Pirene	mg/kgss	0,21	± 0.05	5	50	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01

GIUDIZIO DI CONFORMITA' :

I parametri analizzati presentano valori CONFORMI ai limiti imposti nel DLgs n° 152/2006 Parte quarta Titolo V All.5 Tab. 1 per i siti ad uso Commerciale e Industriale e NON CONFORMI per i siti Verde pubblico, privato e residenziale

Il giudizio di conformità si riferisce ai parametri analizzati e si basa sul confronto del valore riscontrato con i valori di riferimento senza considerare l'incertezza di misura.

La riga contrassegnata con l'asterisco * indica che la prova non è accreditata da Accredia.

Le analisi, se non specificato altrimenti sono da considerarsi effettuate in unica replica sul campione tal quale.

LQ (limite di quantificazione), il risultato preceduto dal simbolo "<" indica un valore inferiore a LD (limite di rivelabilità), I.M. (incertezza di misura).

L'incertezza di misura è espressa come incertezza di misura estesa $U = k \cdot u_c$ ed è stata calcolata con un fattore di copertura $k=2$, corrispondente a un livello di probabilità di circa il 95%.

I recuperi sono conformi a quanto prescritto dal metodo, e non vengono utilizzati nel calcolo del risultato finale.

I risultati sono riferiti al campione vagliato a 2 cm.

Analisi effettuate sul campione tal quale : Idrocarburi leggeri < 12, Idrocarburi pesanti > 12, MTBE, Composti aromatici, Benzene e Solventi clorurati, Amianto. Tutti gli altri parametri sono effettuati sul sotto vaglio 2 mm.

Le sommatorie sono calcolate mediante il criterio del lower bound.

Il presente Rapporto di Prova non può essere riprodotto in forma parziale senza autorizzazione scritta di Labo Consult S.r.l.

Il Responsabile del Laboratorio
Dr. Mariateresa Magrino
(Ord.Reg.le Chimici Campania n°1554)

RAPPORTO DI PROVA n° 18LA04940 DEL 01/08/2018

COMMITTENTE :
ELLETI PI S.r.l.
Via Annibale Zucchini, 69
44122 - Ferrara (FE)

DATI DEL CAMPIONE :
Descrizione : **PA4 (A-B) - da 1 a 2 m - EX - MOF**
Matrice : Terreno

Riferimento : **ORDINE N° 242-REV00-18089-18 LABO CONSULT / 2018 del 20/07/2018 - Commessa**
N° 18089/18
DATI DEL PRELIEVO :
Prelevato da : Cliente
Piano di campionamento : Effettuato da Cliente
Data prelievo : -
Data arrivo campione : 23/07/2018
Data inizio prove : 23/07/2018
Data fine prove : 31/07/2018

LIMITI DI LEGGE RIPORTATI :

D.Lgs.152/2006, Parte IV, Allegato 5, Tabella 1 e s.m.i.
Colonna A - Siti a destinazione d'uso Verde pubblico, privato e residenziale
Colonna B - Siti a destinazione d'uso Commerciale e industriale

Il campione sottoposto a prova ha dato i seguenti risultati:

Parametro	U.M.	Valore	I.M.	Limiti		Metodo	LQ
				A	B		
Residuo a 105°C	%	87,0				CNR IRSA 2 Q 64 Vol 2 1984	0.5
Frazione inferiore a 2 mm	%	73,8				D.M 13.09.1999 SO n.185 GU n.248 del 21.10.1999 Met. II.1	0.5
Cromo VI	mg/kgss	< 2		2	15	CNR IRSA 16 Q64 Vol 3 1986	2
Arsenico	mg/kgss	< 4		20	50	LABO 09 Ed.10^ (2018)	4
Cadmio	mg/kgss	< 1		2	15	LABO 09 Ed.10^ (2018)	4
Cobalto	mg/kgss	< 1		20	250	LABO 09 Ed.10^ (2018)	4
Cromo	mg/kgss	26		150	800	LABO 09 Ed.10^ (2018)	40
* Mercurio	mg/kgss	< 0,5		1	5	EPA 3051A : 2007 + EPA 6010D : 2014	0.5
Nichel	mg/kgss	25		120	500	LABO 09 Ed.10^ (2018)	40
Piombo	mg/kgss	7,7		100	1000	LABO 09 Ed.10^ (2018)	40
Rame	mg/kgss	18,3		120	600	LABO 09 Ed.10^ (2018)	40
Zinco	mg/kgss	35		150	1500	LABO 09 Ed.10^ (2018)	40
Idrocarburi pesanti C>12	mg/kgss	< 20		50	750	LABO 11 Ed.08^ (2018)	20
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI							
Benzene	mg/kgss	< 0,0005		0.1	2	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
Etilbenzene	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
Xilene (o,m,p)	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
Stirene	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
Toluene	mg/kgss	< 0,0005		0.5	50	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.01
* Sommatoria organici aromatici	mg/kgss	< 0,01		1	100	LABO 10 Ed.06^ (2016)	0.1
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI							
Benzo (a) Antracene	mg/kgss	0,02		0.5	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Benzo (a) Pirene	mg/kgss	0,01		0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Benzo (b) Fluorantene	mg/kgss	0,01		0.5	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Benzo (k) Fluorantene	mg/kgss	< 0,002		0.5	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01

Segue rapporto di prova n° 18LA04940 del 01/08/2018

Benzo (g,h,i) Perilene	mg/kgss	0,01	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Crisene	mg/kgss	0,01	5	50	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,e) Pirene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,l) Pirene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,i) Pirene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Dibenzo (a,h) Pirene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
* Sommatoria policiclici aromatici	mg/kgss	0,06	10	100	LABO 03 Ed.11^ (2016)	1
Dibenzo (a,h) Antracene	mg/kgss	< 0,002	0.1	10	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Indeno (1,2,3,cd) Pirene	mg/kgss	0,01	0.1	5	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01
Pirene	mg/kgss	0,01	5	50	LABO 03 Ed.11^ (2016)	0.01

GIUDIZIO DI CONFORMITA' :

I parametri analizzati presentano valori CONFORMI ai limiti imposti nel DLgs n° 152/2006 Parte quarta Titolo V All.5 Tab. 1 per i siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale, Commerciale e Industriale

Il giudizio di conformità si riferisce ai parametri analizzati e si basa sul confronto del valore riscontrato con i valori di riferimento senza considerare l'incertezza di misura.

La riga contrassegnata con l'asterisco * indica che la prova non è accreditata da Accredia.

Le analisi, se non specificato altrimenti sono da considerarsi effettuate in unica replica sul campione tal quale.

LQ (limite di quantificazione), il risultato preceduto dal simbolo "<" indica un valore inferiore a LD (limite di rivelabilità), I.M. (incertezza di misura).

I recuperi sono conformi a quanto prescritto dal metodo, e non vengono utilizzati nel calcolo del risultato finale.

I risultati sono riferiti al campione vagliato a 2 cm.

Analisi effettuate sul campione tal quale : Idrocarburi leggeri < 12, Idrocarburi pesanti > 12, MTBE, Composti aromatici, Benzene e Solventi clorurati, Amianto. Tutti gli altri parametri sono effettuati sul sotto vaglio 2 mm.

Le sommatorie sono calcolate mediante il criterio del lower bound.

Il presente Rapporto di Prova non può essere riprodotto in forma parziale senza autorizzazione scritta di Labo Consult S.r.l.

Il Responsabile del Laboratorio
Dr. Mariateresa Magrino
(Ord.Reg.le Chimici Campania n°1554)