

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO

Piano Urbanistico Attuativo relativo ad un ambito
ANS1 di PSC sito in Fusignano denominato "1FU"

Richiedente:

EMELCA srl
nella persona del suo Amministratore Unico
Emanuela Bacchilega

Progettisti:

DOTT. GEOL. GIANCARLO ANDREATTA



INDICE

<i>a. PREMESSA</i>	<i>pag. 3</i>
<i>b. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO</i>	<i>pag. 4</i>
<i>c. IDROGEOLOGIA DELL'AREA</i>	<i>pag. 7</i>
<i>d. INDAGINI "IN SITU" E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE</i>	<i>pag. 9</i>
<i>- Prove penetrometriche statiche</i>	
<i>e. PROVA GEOFISICA MASW+HVS</i>	<i>pag. 12</i>
<i>- Classificazione dei terreni</i>	
<i>f. CARATTERISTICHE SISMICHE</i>	<i>pag. 19</i>
<i>- Sorgenti sismogenetiche</i>	
<i>g. VALUTAZIONE DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA PER LE ANALISI DI SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO E PER LA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI TOPOGRAFICI (DGR630/2019)</i>	<i>pag. 22</i>
<i>h. EFFETTI DELLA TOPOGRAFIA</i>	<i>pag. 25</i>
<i>i. COMPATIBILITA' SISMICA: POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (DGR Emilia Romagna n° 630/2019)</i>	<i>pag. 27</i>
<i>i. COMPATIBILITA' EDIFICATORIA DELL'INTERVENTO</i>	<i>pag. 31</i>
<i>i. Area - "Via Garibaldi": Prescrizioni conclusive</i>	<i>pag. 32</i>

ALLEGATI:

<i>- Caratterizzazione sismica dei terreni</i>	
<i>- Potenziale di liquefazione</i>	
<i>- Cedimenti post-sismici</i>	
<i>-Grafici HVS</i>	
<i>- Carta geologica</i>	<i>scala 1:5.000</i>
<i>- Sezione CARG n° 157</i>	
<i>- Planimetria valori ASI</i>	
<i>- Sezione geotecnica</i>	<i>scala 1:100</i>
<i>- Planimetria ubicazione prove</i>	<i>scala 1:1.000</i>
<i>- Grafici penetrometrici e correlazioni geotecniche</i>	

a. PREMESSA

Su richiesta della Ditta **EMELCA** viale **N. Sauro n° 6/2** comune di **Bagnacavallo (Ra)**, è stata eseguita un'indagine geologica e caratterizzazione geotecnica del sottosuolo in viale Garibaldi comune di **Fusignano** per **n° 1 area di espansione sviluppo urbanistico**.

Per questo studio vengono utilizzati anche dati di precedenti analisi di aree adiacenti prendendo in considerazione le caratteristiche geologiche, idrologiche, idrogeologiche, idromorfologiche e geotecniche e le implicazioni sismiche che ne derivano, i cui dati vengono di seguito riportati. Lo studio è stato effettuato in ottemperanza alle normative di legge e/o direttive di interesse ed in particolare:

- D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Del.Reg.1677/2005 indicazioni norme tecniche per le costruzioni in zona sismica
- Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Indirizzi per gli studi di microzonizzazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione urbanistica"
- Delibera di Giunta Regionale n° 630 del 29/04/2019 "Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (art. 22 e 49. L.R. n° 24/2017)"
- Al Piano Strutturale del Comune di Fusignano 2000.
- Studi di microzonazione sismica - approfondimenti di livello 3 (Dott. Geologo Alessandro Merli 2015) eseguiti per il Comune di Fusignano e certificati dalla Regione Emilia-Romagna

Per la realizzazione dello studio in oggetto si è proceduto alla raccolta e selezione critica di dati bibliografici riguardanti il territorio di interesse ed un adeguato intorno; tali dati sono stati successivamente integrati tramite indagini in situ. Inoltre sono state analizzate le caratteristiche litostratigrafiche e geomeccaniche del sottosuolo del territorio oggetto di studio, in modo da determinare una serie di considerazioni sui possibili rischi geologici dell'area oggetto di inserimento e dei relativi approfondimenti necessari per completare il quadro geologico, geotecnico e idrogeologico.

b. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO

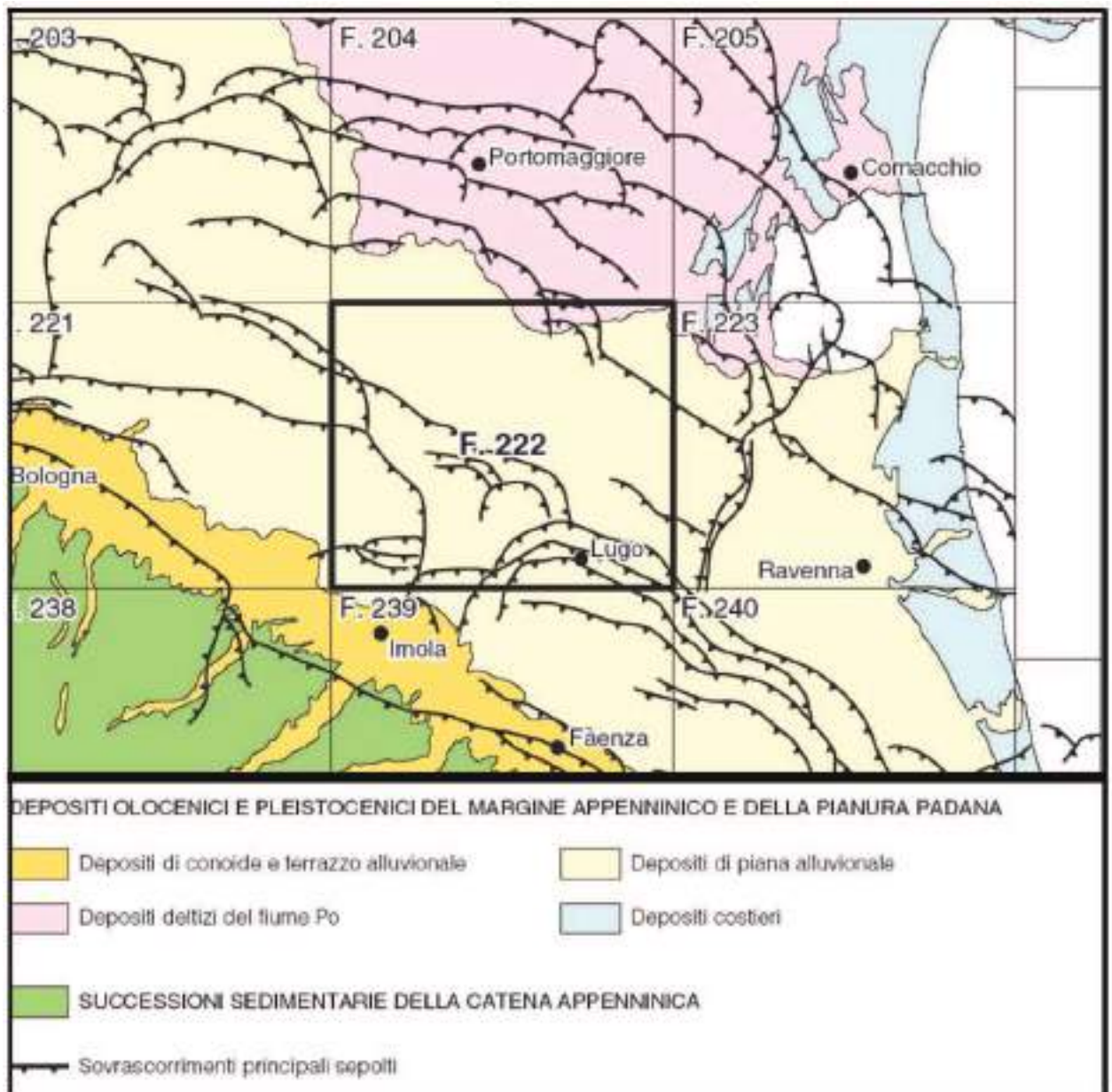
Le caratteristiche fisiche generali, la composizione litologica, l'assetto strutturale, il grado di stabilità attuali di un territorio sono la risultante e la sintesi della sua evoluzione geologica. Per una migliore comprensione della geologia del territorio in esame, risulta utile avere un quadro, sia pure schematico e riassuntivo, dei lineamenti e della storia geologica della più ampia unità regionale di cui l'area in esame è parte.

Il territorio del Comune di Fusignano è inserito, anche se in modo marginale, nel vasto bacino sedimentario della Valle Padana e più precisamente nel lembo sud-orientale della stessa, delimitato a Nord dal corso del Po e a Sud dalle propaggini collinare dell'Appennino Romagnolo. La storia geologica di questa pianura, la sua genesi e le sue vicissitudini evolutive possono essere ricondotte, nel loro insieme, ad un lento e progressivo ricoprimento del settore meridionale della fossa occupata dall'alto Adriatico già a partire dalla fase centrale della orogenesi alpina, da un lato, e di quella appenninica, dall'altro, cioè nell'oligocene, come confermano le risultanze della perforazioni condotte nell'area per ricerche di idrocarburi.

L'attuale assetto geologico è la risultante di un complesso avvicendamento di fasi erosive in alternanza a fasi prevalentemente sedimentarie, sia in senso verticale sia in senso orizzontale, in relazione al perdurare di una dinamica di abbassamenti del substrato, di fenomeni di subsidenza del materasso alluvionale che si stava formando, con conseguenti arresti della regressione marina o addirittura episodi di ingressione e formazione di fasi lagunari lungo la fascia preappenninica. Solo nel Quaternario più recente l'assetto tettonico manifesta una sorta di equilibrio raggiunto e, alla prevalente tendenza alla subsidenza e deposizione prevalentemente marina, subentra un periodo di più estesi fenomeni sedimentari fluviali, ai quali è concomitante il progressivo ritiro del mare verso la configurazione dell'attuale costa. Il quaternario è contraddistinto da una fase deposizionale marina iniziale (Pleistocene) e una fase deposizionale continentale (Olocene) che prosegue anche attualmente. La stratigrafia pleistocenica presenta frequenti variazioni litologiche. Le sabbie si intercalano a sedimenti più fini limoso sabbiosi o limoso argillosi, e nelle parti sommitali si fanno sempre più frequenti litotipi di ambiente lagunare salmastro.

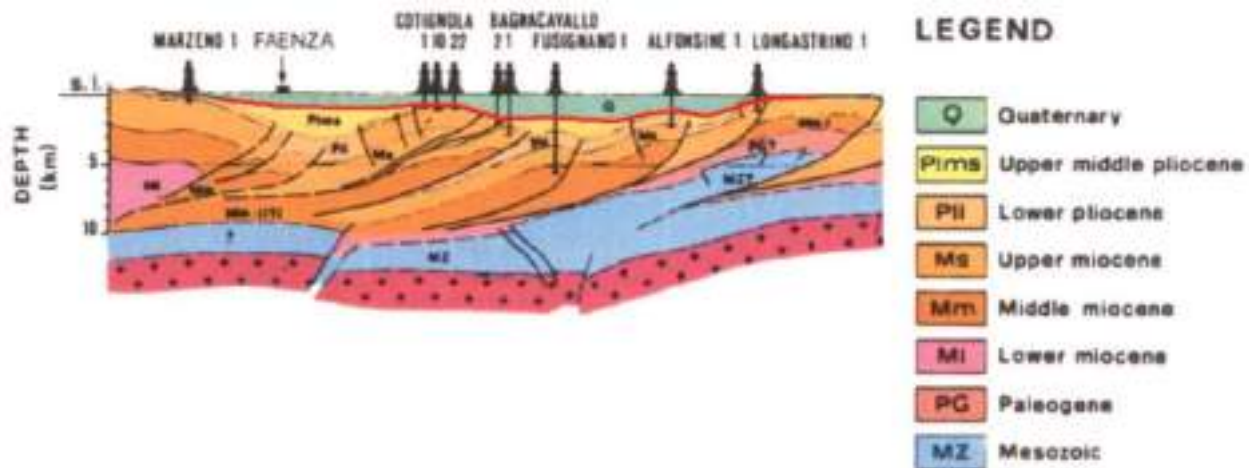
La stratigrafia olocenica è dominata dalla più recente regressione marina in concomitanza con le grandi glaciazioni intervallate da lunghi periodi di clima più mite

durante i quali prevale l'azione di trasporto dei numerosi corsi d'acqua. Da quanto esposto risulta che il bacino subsidente padano, ed in particolare il suo settore sudorientale, è un'area geologicamente giovane e conseguentemente instabile. Questo carattere di instabilità permane tuttora. Infatti, in base alla ripetizione delle livellazioni I.G.M., si è verificato, ed è probabilmente ancora in atto, un innalzamento delle regioni poste ad occidente dell'asse Genova-Brescia, ed un abbassamento ad oriente con epicentro nel delta del Po, ed indici più elevati nella costa adriatica.



Lo schema strutturale locale è caratterizzato da uno stile a pieghe, di norma asimmetriche con vergenza verso N, ad andamento NW-SE con frequenti ondulazioni assiali ed una immersione generale verso SE. Nei terreni neogenici il

piegamento è avvenuto in due fasi distinte tra Miocene e Pliocene e prima del Pliocene medio. La seconda fase ha influito maggiormente nell'area emilano-romagnola, dove la discordanza tra i termini del Miocene e quelli del Pliocene inferiore è attenuata, mentre si osserva un più accentuato piegamento ed una maggiore erosione dei termini del pliocene inferiore.

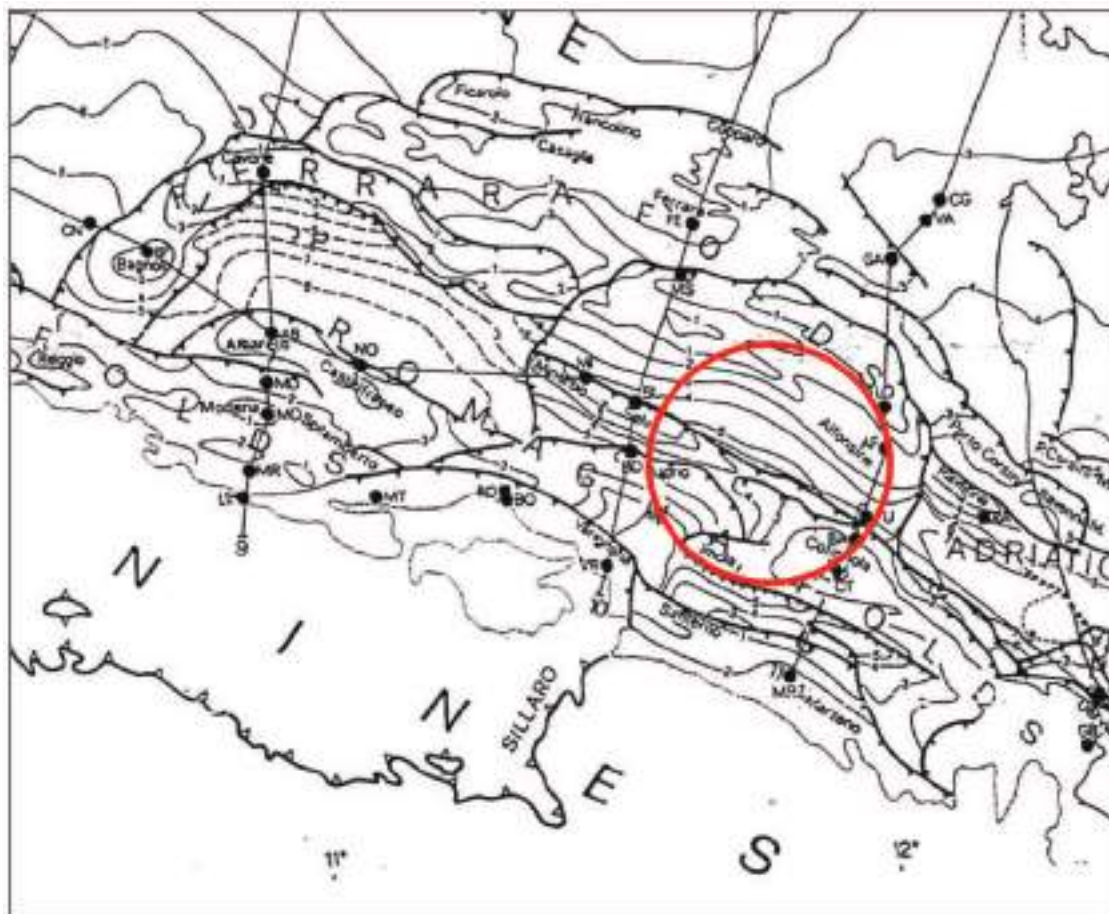


Ai fenomeni plicativi si sovrappone la già citata subsidenza differenziale, con deposizione più intensa nelle sinclinali e minore al culmine delle anticlinali.

Le pieghe pedeappenniniche sono accompagnate dallo sviluppo di faglie a carattere distensivo, talora grandiose, e sono inoltre sovente interrotte da faglie con direzione NE-SW con rigetto prevalentemente orizzontale.

Nella più ampia unità di territorio in esame da N a S si riconoscono i seguenti motivi strutturali principali:

- Sinclinale di S.Romualdo-Piombone;
- Anticlinale di Ravenna e di Alfonsine;
- Sinclinale romagnola (asse ONO-ESE passante in corrispondenza di Fusignano);
- Anticlinale di Cotignola;
- Sinclinale di Forlì.



Le strutture sepolte plioceniche influenzano, sia pure con grado decrescente col diminuire della profondità, l'assetto dei sedimenti pleistocenici, che risultano blandamente ondulati e presentano una generale pendenza verso SE secondo l'immersione degli assi strutturali pliocenici. I sedimenti alluvionali recenti hanno un assetto più irregolare ed articolato. Infatti pur avendo una tendenziale e debole pendenza verso NE secondo la direzione di deflusso degli attuali corsi appenninici, presentano variazioni di potenza anche rilevanti, derivanti da ondulazioni del letto con depressioni ad andamento appenninico, probabilmente riferibili a paleoalvei.

c. IDROGEOLOGIA DELL'AREA

Per quanto riguarda le caratteristiche edificatorie la profondità della falda freatica superficiale è fondamentale per prevenire eventuali interferenze con le strutture in progetto, per stabilire l'influenza sui parametri del carico limite ed infine per conoscere la sua influenza sulla risposta sismica del terreno in caso di terremoto. Al fine di caratterizzare la falda freatica della zona oggetto di indagine, si è fatto

riferimento allo studio freaticometrico realizzato dalla relazione geologica allegata al PRG 96, eseguendo opportune verifiche in campagna che hanno confermato i caratteri idrogeologici del territorio emersi dal precedente studio.

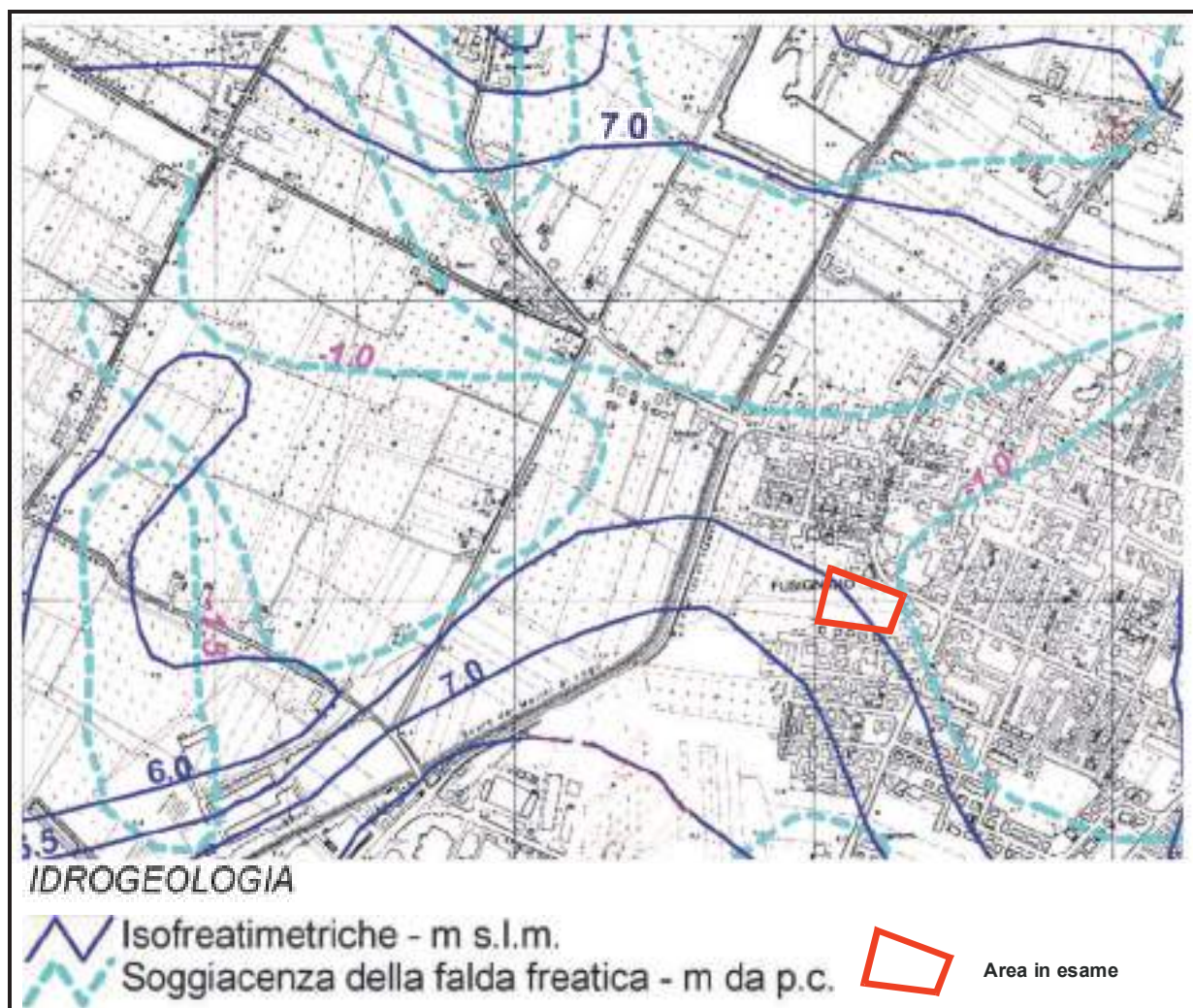
Tale analisi fu realizzata mediante il censimento di n. 133 pozzi freatici, con misurazione del livello statico. Le misurazioni furono eseguite nel periodo tra il 14 e il 16/11/96. Il livello corrispondeva ad un valore di massimo idrologico. Nel territorio comunale i livelli statici hanno valori che vanno da un minimo di -0.8 m. dal p.c., ad un max di -4.2 m dal p.c., con valori che mediamente ricadono attorno a -1.0 / -2.0 m dal p.c.. I livelli più bassi nel zona NO del territorio in corrispondenza dei terreni di recente bonifica. Le carte delle isofreatiche e delle isobate della sup. freatica dal p.c. sono state costruite per interpolazione grafica fra i punti di misura utilizzando il metodo dei triangoli.

La falda freatica presenta un deflusso principale in corrispondenza del capoluogo, con direzione verso nord, in corrispondenza della frazione di Maiano e Maiano Nuova, con direzione verso NO, in corrispondenza del T.Senio ad Est di Villa Farina e nella parte Nord del territorio con direzione verso nord.

Nella zona di lottizzazione attualmente la falda idrica presenta una direzione di flusso verso NE con livelli di soggiacenza dal piano campagna compresi tra -2.0 m e -2.5 m. I livelli della falda freatica misurati all'interno dei fori penetrometrici eseguiti con punta Begemann dove sono state immerse delle canne piezometriche, hanno evidenziato i seguenti livelli:

N. prova penetrometrica	Livello acqua (m da p.c.)	Data di misura
CPT n. 1	2.6	27-10-2021
CPT n. 2	2.4	27-10-2021
CPT n. 3	2.3	27-10-2021
CPT n. 4	2.2	27-10-2021

Dai dati dei livelli della prima falda idrica si evidenzia che in un periodo di minimo idrogeologico la falda idrica presenta un livello medio compreso tra 1.2 m e 1.8 m dal piano di campagna. Durante altre campagne di misure freaticometriche realizzate in occasione della Variante al PRG 96, per la zona in esame sono state osservate variazioni dell'ordine di 0,50 m dei livelli di falda., con escursione massima attorno ad 1,00 m.



d. INDAGINI "IN SITU" E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Essendo inserita la zona di lottizzazione nella cartografia di zonizzazione del RUE vigente del comune di Fusignano come compatibile alla destinazione di espansione, tenuto conto delle conoscenze geotecniche acquisite in zone contermini con le medesime caratteristiche geo-litologiche, sono state eseguite prove "in situ" utili alla caratterizzazione geotecnica dei litotipi.

- Prove penetrometriche statiche con punta meccanica

Al fine di una caratterizzazione geotecnica e litologica dei terreni nell'area di lottizzazione e di accertare la presenza e profondità di falde idriche, sono state effettuate **n° 3** prove penetrometriche statiche con punta meccanica tipo "Begemann" e penetrometro da **200 kN**, da spingersi fino a profondità utile per la dissipazione dei futuri carichi. L'ubicazione delle prove indicata con un cerchietto blu, è riportata in planimetria allegata unitamente ai grafici. L'uso della **punta elettrica "BEGEMANN"** permette di superare diversi inconvenienti rispetto alla prova dinamica meccanica:

- la lettura manometrica va depurata del peso delle astine interne
- la lettura non viene influenzata dai vari attriti fra le parti esterne delle aste
- La misura avviene nella zona di punta e permette di conoscere il dato meccanico nell'intervallo desiderato

Un'indicazione dei terreni indagati è fornita dal rapporto tra resistenza all'infissione statica della punta (R_p) e la resistenza di attrito laterale locale (R_{al}) che il materiale sviluppa sul manicotto con la punta "Begemann" che rileva i dati ogni **cm. 20**.

Prove penetrometriche dinamiche leggere

Al fine di completare l'indagine geotecnica sono state realizzate **n° 2 prove penetrometriche dinamiche leggere**. Le quote sono riferite al piano di campagna attuale e l'ubicazione delle prove viene riportata in cartografia allegata ed indicata con un cerchietto rosso. Le caratteristiche della strumentazione utilizzata per la presente indagine sono riportate qui di seguito:

- *Penetrometro dinamico leggero DPL30*
- *Peso del maglio 30 daN di*
- *Altezza di caduta del maglio cm. 20*
- *Peso delle aste di Kg 3,0*

I dati, rappresentati come numero di colpi necessari per determinare una penetrazione di **cm. 10**, vengono riportati in allegato. Dalla resistenza alla punta riscontrata nelle prove, applicando la nota "formula degli Olandesi" :

$$Q_d = \frac{M^2 * H}{e * (P + M) * A}$$

dove :

- **M** = massa del maglio
- **H** = altezza di caduta del maglio
- **P** = peso delle aste
- **e** = penetrazione della punta per un colpo di maglio cadente da altezza H
- **A** = sezione della punta (cmq. 10).

si ottiene la resistenza dinamica in daN/cm². Si sono diagrammati i valori dei carichi dinamici corretti con **coefficiente di sicurezza 20** da cui si ottiene il carico ammissibile.

L'esame dei grafici evidenzia, dopo un primo spessore di terreno intensamente rimaneggiato pari a circa m. 0,60-0,80, intercalazioni sabbioso-limose e argillose normalconsolidate, comunque dotati di una resistenza alla compressione sufficiente ($R_{pm} = 8-10 \text{ daN/cm}^2$) fino a circa m. 4,00-5,00 di profondità dove viene riscontrato un cambio litologico e di addensamento con terreni a componente maggiormente limoso-sabbiosa addensata ($R_{pm} = 15-20 \text{ daN/cm}^2$) cui seguono argille limose consistenti ($R_{pm} = 9-12$) situazione stratigrafica che garantisce l'edificazione senza particolari prescrizioni.

La presenza di falda idrica è stata riscontrata alla profondità di **m. 2,20-2,60** dal piano campagna attuale con escursione stagionale, da informazioni assunte, di m. 1,00-1,50.

Stratigrafia ricavata dalle prove "in situ" correlata con prove penetrometriche profonde eseguite per il PSC (prova CPTU082 - prova CPTU045 - prova CPTU052 - sondaggio a cartoaggio continuo Area 64):

Spessore ml.	LITOLOGIA	Peso Yt daN/mc	Resistenza alla rottura Rpm daN/cm ²	Coesione non drenata caratteristica Cuk daN/cm ²	Angolo attrito caratteristico gradi	Modulo Edometrico daN/m ²	Modulo di Winkler daN/cm ²
0,30-0,40	Terreno rimaneggiato	-	-	-			
21,0-21,5	Argille intercalate a (limi sabbiosi)	1.710- 1.730 (1.760)	8-10 (15-20)	0,40-0,50 (0,05-0,10)	8°-10° (21°-23°)	54-62 (78-88)	2-4 (5-6)
5,00-6,00	Sabbia limosa	1.800- 1.840	70-90	0,10-0,15	22°-24°	130-180	8-9
fino a m. 35	Argilla	1.720- 1.740	10-15	0,50-0,65	9°-10°	60-65	4-5

e. PROVA GEOFISICA MASW+HVSr

Nell'ambito dell'area situata in via Garibaldi nel comune di Fusignano, è stato eseguito un rilievo sismico mediante la tecnica dell'analisi delle onde di superficie (MASW) con integrazione ed elaborazione congiunta della tecnica sismica a microtremori rifratti (HVSr), denominato MASW_1. La prospezione sismica integrata MASW-HVSr è stata finalizzata a ottenere la diagrafia delle velocità sismiche delle onde di taglio per la determinazione del parametro V_{seq} o V_{s30} ai sensi delle NTC18. L'acquisizione dei dati è stata effettuata nel giorno 19 ottobre 2021.

L'ubicazione dell'indagine geofisica realizzata è riportata in planimetria allegata. Segue una breve descrizione dei metodi geofisici utilizzati e delle modalità esecutive delle prospezioni geofisiche effettuate.

CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI TERRENI

Facendo riferimento alla nuova normativa tecnica in materia di progettazione antisismica (NTC2018), la caratterizzazione geotecnica dei terreni dal punto di vista sismico richiede come elemento indispensabile la conoscenza del profilo delle velocità delle onde di taglio V_s degli strati del terreno presenti nel sito di studio.

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

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

con:

h_i	spessore dell' i -esimo strato;
$V_{S,i}$	velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;
N	numero di strati;
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.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{seq} è definita dal parametro V_{s30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

La normativa, sulla base del suddetto profilo, fornisce una classificazione dei suoli suddivisa nelle tipologie A, B, C, D ed E (rif. Tab. 3.2.II delle NTC2018):

A - Ammassi 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

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina 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

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina 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

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina 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

E - 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

Per misurare le velocità delle onde di taglio si possono eseguire rilievi in foro di sondaggio meccanico con tecnica downhole se si dispone di un foro singolo o cross-hole fra due fori oppure prospezioni sismiche mediante stendimenti superficiali utilizzando geofoni orizzontali con opportune energizzazioni del terreno o tramite geofoni verticali analizzando la dispersione delle onde di superficie. MASW è l'acronimo di Multi-channel Analysis of Surface Waves (Analisi Multi-canale di Onde di Superficie). Ciò indica che il fenomeno che si analizza è la propagazione delle onde di superficie. Più specificatamente si analizza la dispersione delle onde di superficie (cioè il fatto che frequenze diverse - ovvero lunghezze d'onda diverse - viaggiano a velocità diversa). In sostanza le varie componenti (frequenze) del

segnale sismico che si propaga viaggiano ad una velocità che dipende dalle caratteristiche del mezzo.

La tecnica MASW è considerata un metodo attivo: le onde di superficie sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da 24 geofoni verticali con frequenza naturale 4,5 Hz.

La tecnica HVSr (microtremori rifratti) invece è considerata un metodo passivo: la stazione singola non registra le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (detto anche microtremori) prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali).

Le due tecniche indagano bande spettrali differenti. Il metodo attivo consente di ottenere, in modo ottimale, una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz fornendo informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 10-20 m di profondità in funzione della rigidità del suolo).

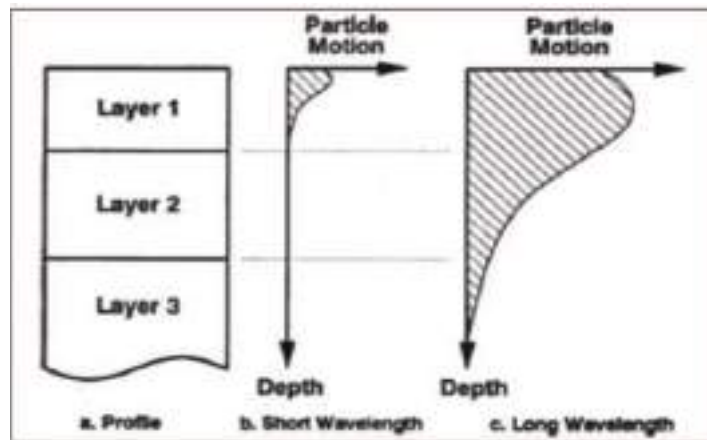
Il metodo passivo consente di determinare una curva di dispersione, in modo ottimale, nella banda di frequenza tra 4 e 20 Hz e fornisce informazioni sugli strati più profondi (generalmente fino a 30-50 m).

La combinazione delle due tecniche consente di ottenere uno spettro completo nella banda di frequenza comprese tra 4 e 40 Hz e permette una dettagliata ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 30 m di profondità (sempre in funzione della rigidità degli strati).

Nell'approccio teorico di questi metodi di analisi si utilizzano le onde superficiali di Rayleigh per la determinazione dei parametri di comportamento meccanico dei terreni a bassi livelli di deformazione, modulo di taglio e coefficiente di smorzamento, e si basa sulle proprietà dispersive che queste onde subiscono durante l'attraversamento di tali terreni.

Le onde di Rayleigh costituiscono un particolare tipo di onde superficiali che si trasmettono sulle superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo, e sono il risultato dell'interferenza tra onde di pressione P e di taglio S. In un mezzo stratificato queste onde sono di tipo dispersivo e vengono definite di pseudo-Rayleigh o di superficie. La dispersione è una deformazione di un treno d'onde dovuta ad una variazione di propagazione di velocità con la frequenza, le componenti a frequenza minore penetrano più in profondità rispetto a quelle a frequenza maggiore.

Le lunghezze d'onda più ampie (ovvero le frequenze più basse) sono influenzate dalla parte più profonda, mentre le piccole lunghezze d'onda (le frequenze più alte) dipendono dalle caratteristiche della parte più superficiale:



Poiché tipicamente la velocità delle onde sismiche aumenta con la profondità, ciò si rifletterà nel fatto che le frequenze più basse (delle onde di superficie) viaggeranno ad una velocità maggiore rispetto le frequenze più alte. La profondità Z è calcolata attraverso la lunghezza d'onda massima:

$$Z = \lambda_{\max}/2$$

dove:

$\lambda_{\max} = V/f$, V è la velocità di fase (m/s) e f è la frequenza (hz)

L'indagine sismica è stata eseguita utilizzando, sia per il MASW che per il REMI, lo stesso stendimento sismico composto da 24 geofoni verticali con frequenza naturale di 4,5 Hz posizionati sul terreno ad intervalli regolari di 1 metro, per una lunghezza complessiva dello stendimento pari a 24 metri.

I dati sono stati registrati mediante un sismografo Geometrics GEODE a 24 canali con filtri disinseriti utilizzando i seguenti parametri:

- MASW - Velocità di campionamento (sample rate) di 0.102 millisecondi e lunghezza delle acquisizioni di 2 secondi; registrazione di un file composto dalla somma di tre energizzazioni (aumento del rapporto segnale/rumore) in offset di 1 m;
- HVSR - Velocità di campionamento (sample rate) di 2 millisecondi e lunghezza delle acquisizioni di 20 secondi; registrazione di 20 minuti per un ampio campionamento dei microtrempi ambientali.

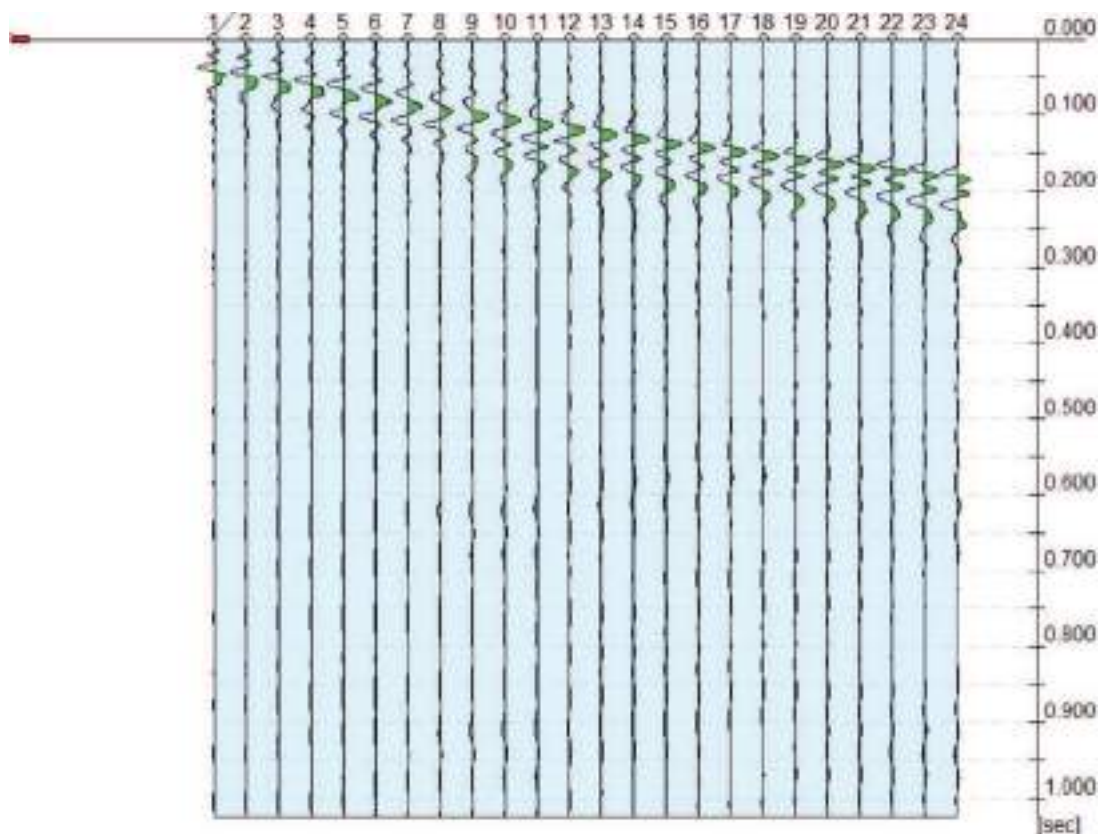
L'elaborazione congiunta dei dati sismici è avvenuta tramite software dedicato che è in grado di analizzare le onde di superficie sia attive che passive. Il software permette di caricare contemporaneamente tutte le registrazioni e analizzarle attraverso le seguenti principali funzioni:

1. Gestione della geometria di acquisizione
2. Riduzione del disturbo;
3. Controllo del range delle frequenze con l'analisi dello spettro dell'ampiezza;
4. Calcolo dello spettro di dispersione nel dominio F-K, F-V o F-P con il metodo FK ad alta risoluzione;
5. Picking della curva di dispersione interattivo sullo spettro;
6. Modello iniziale costruito automaticamente;
7. Inversione della curva di dispersione tramite algoritmo genetico (GA);
8. Calcolo del parametro Vs30/Vseq
9. Visualizzazione simultanea delle curve di dispersione e di velocità Vs;
10. Esportazione dei profili Vs

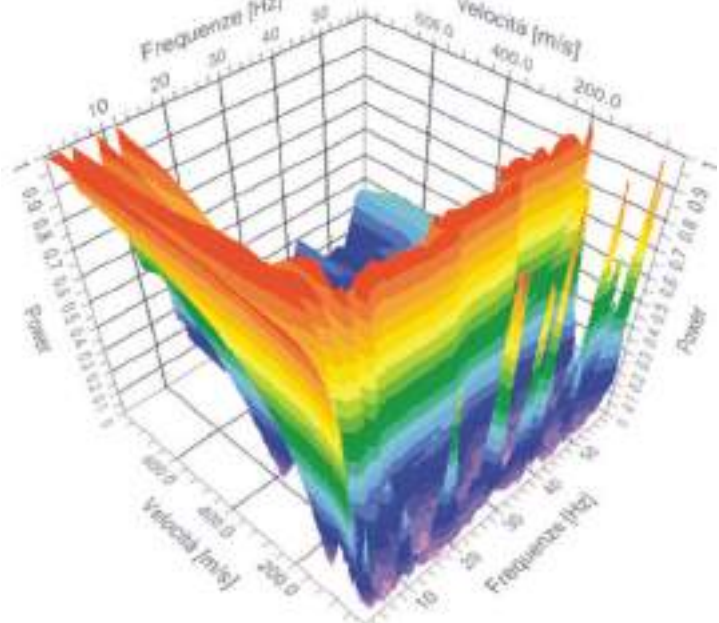
L'inversione finale dei dati restituisce un grafico che riporta la curva di dispersione con un'immagine che mostra i valori di lettura delle frequenza/velocità.

Il profilo verticale delle velocità delle onde di taglio di MASW_1, con l'indicazione del parametro Vs30 calcolato è risultato essere di **174 m/s**. Il valore rientra nella tipologia:

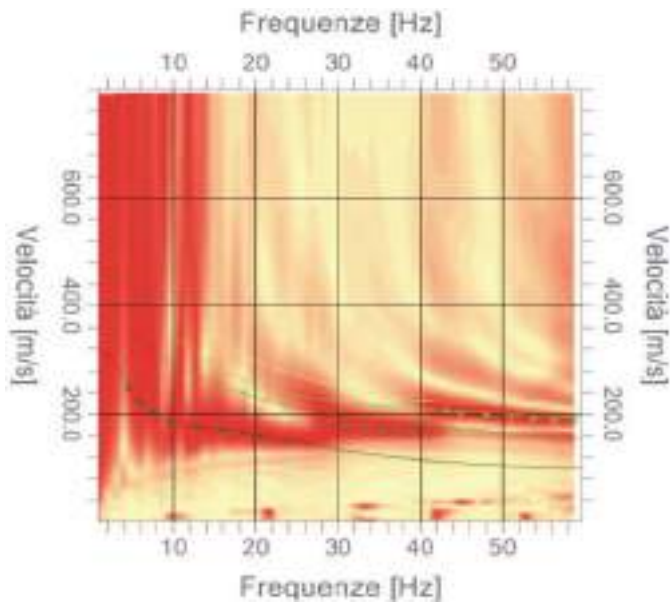
D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s



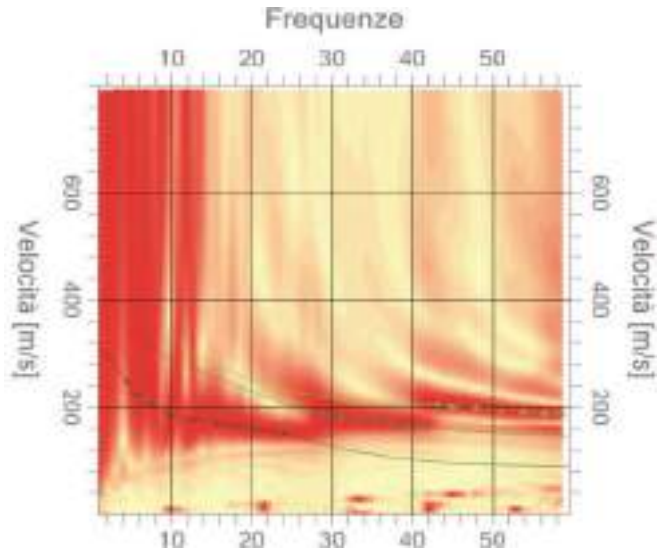
Spettro Velocità di fase - Frequenze

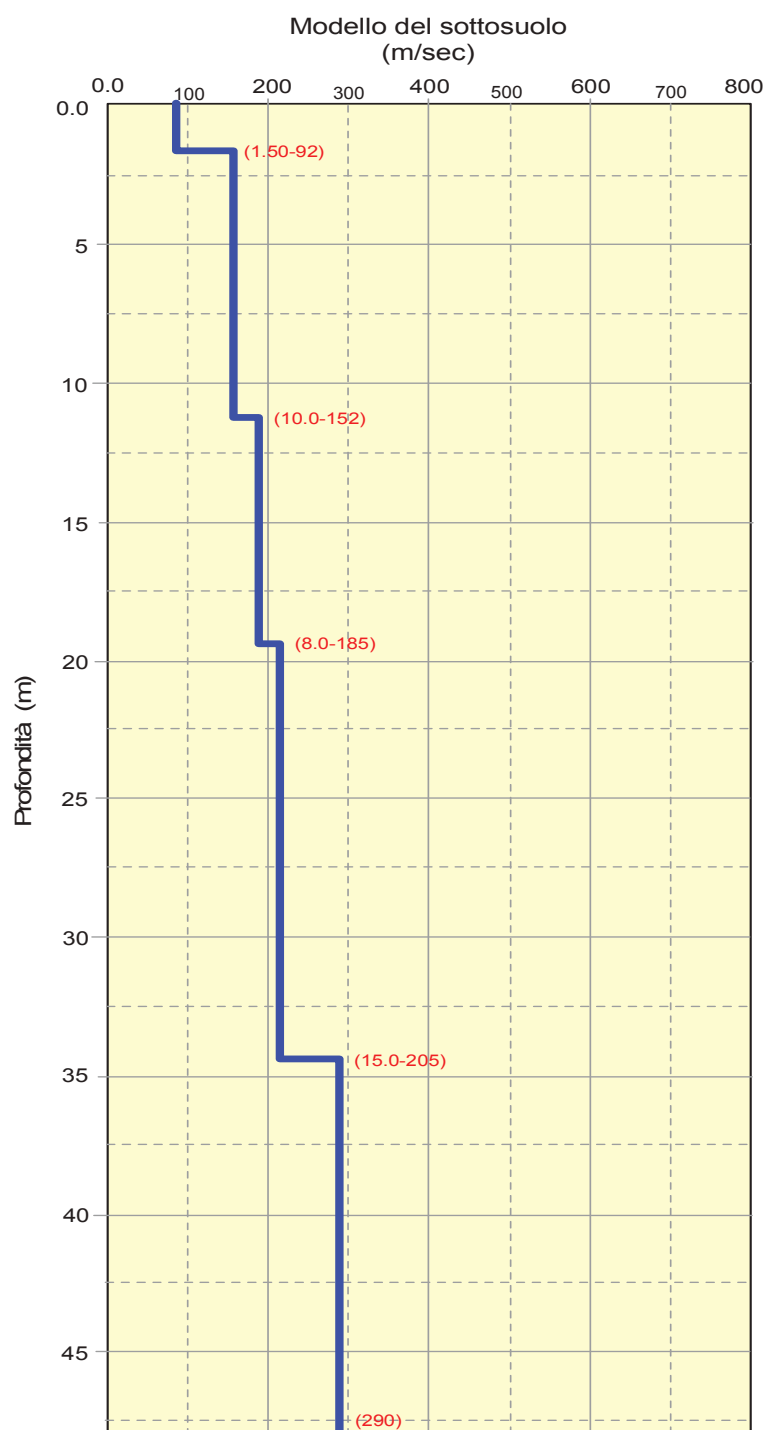


Spettro Velocità di fase - Frequenze



Inversione





Metodi di calcolo delle Vs,eq	Vs,eq (m/sec)	Terreno liquefacibile Inserire SI o NO	CATEGORIA SUOLO
Misure in sito con indagini Dirette con MASW-HVSR	173.89	NO	D

che viene così definita dal D.M. 17.01.18:

- D** Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m. caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.

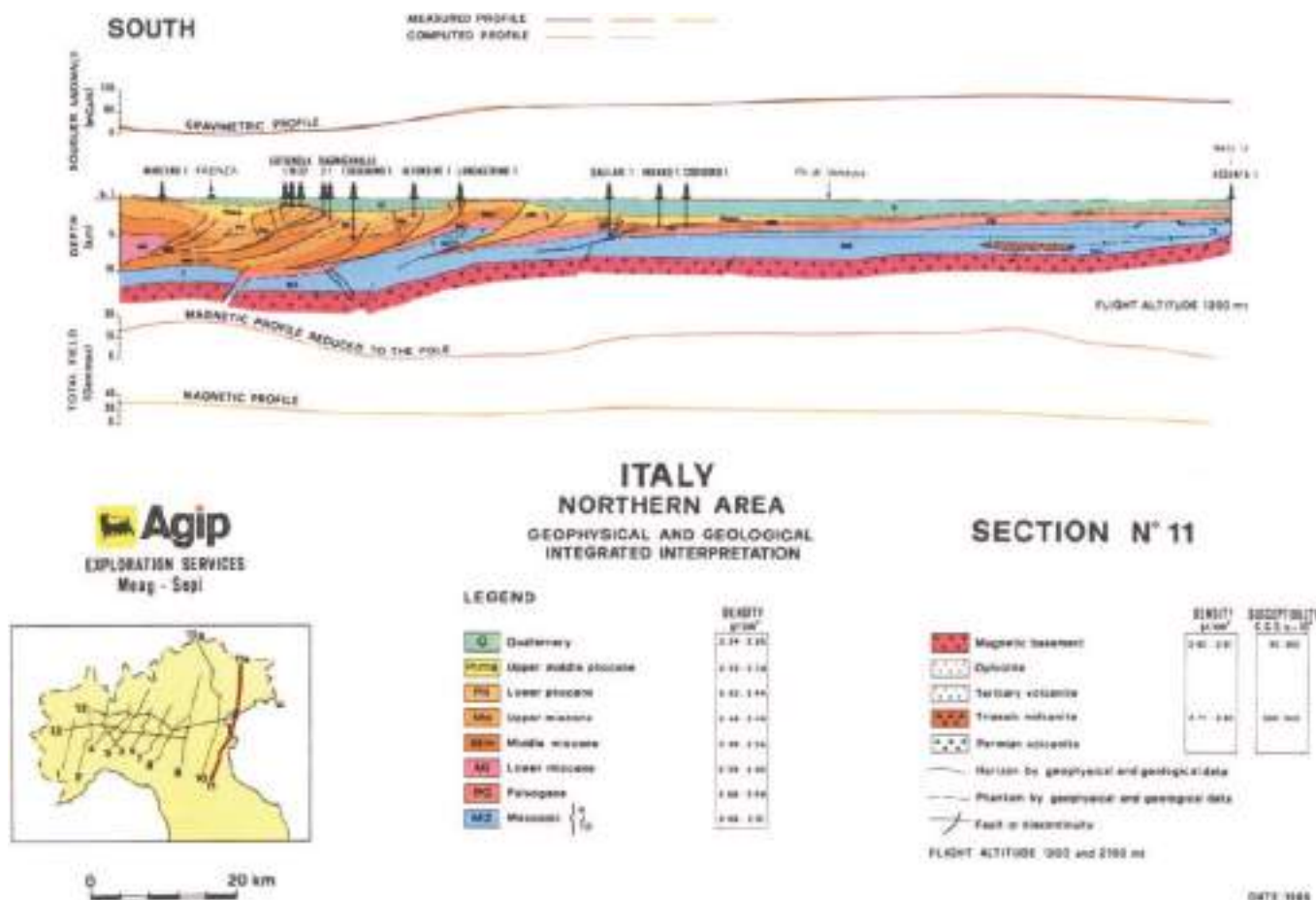
f. CARATTERISTICHE SISMICHE

Negli indirizzi di microzonazione della Regione Emilia-Romagna (anno 2018) per il comune di Fusignano viene indicata una accelerazione orizzontale massima di 0,175. Sulla base di quanto sopra, si è reso necessario inserire nello studio geologico-geotecnico a corredo dell'area "via Garibaldi", un capitolo che focalizzi lo studio macrosismico della zona interessata all'urbanizzazione.

Sorgenti sismogenetiche

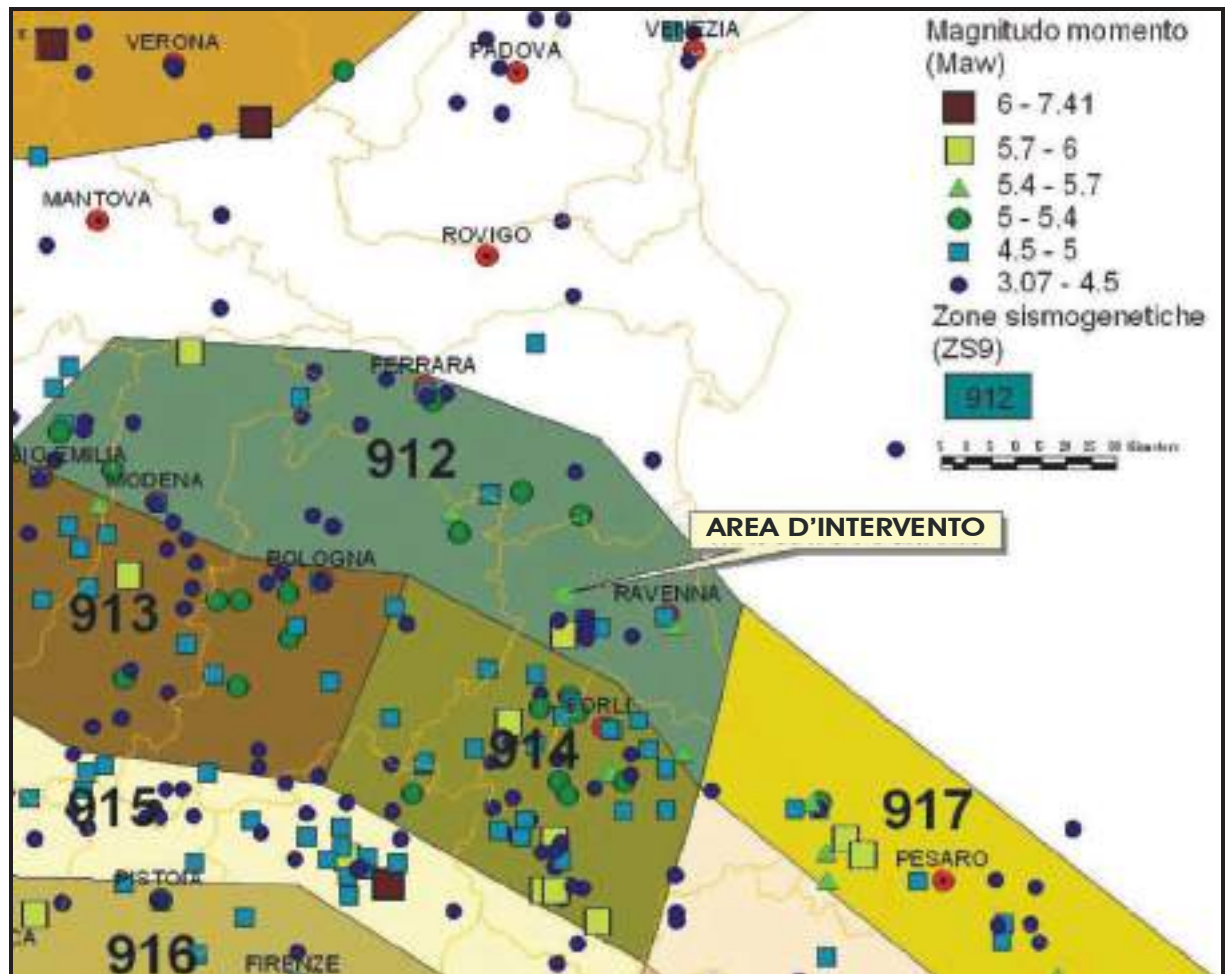
La sismicità di un territorio è strettamente connessa al suo contesto tettonico-strutturale e dunque alla presenza di strutture geologicamente "attive".

Si riporta la sezione geologica dell'industria petrolifera AGIP dove la sorgente di Bagnacavallo è interna rispetto al fronte di spinta ferrarese più esterno. I depositi quaternari non sembrano essere coinvolti nella deformazione (da Cassano et al. [1986]).

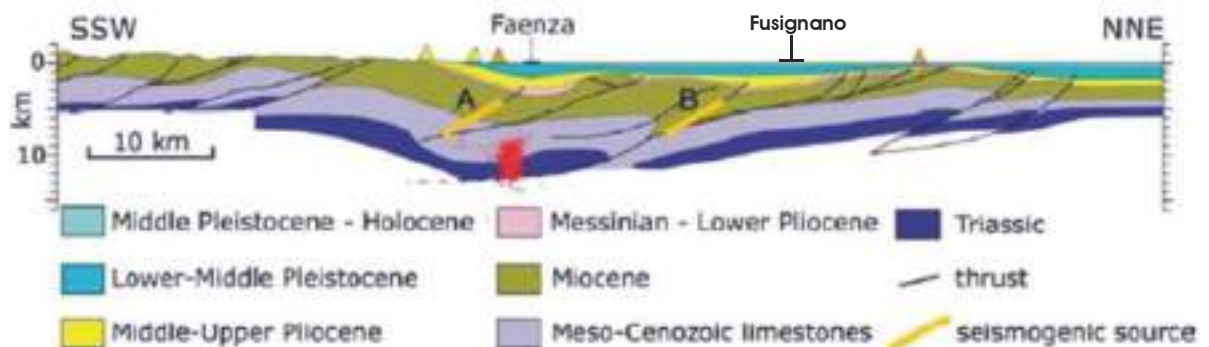


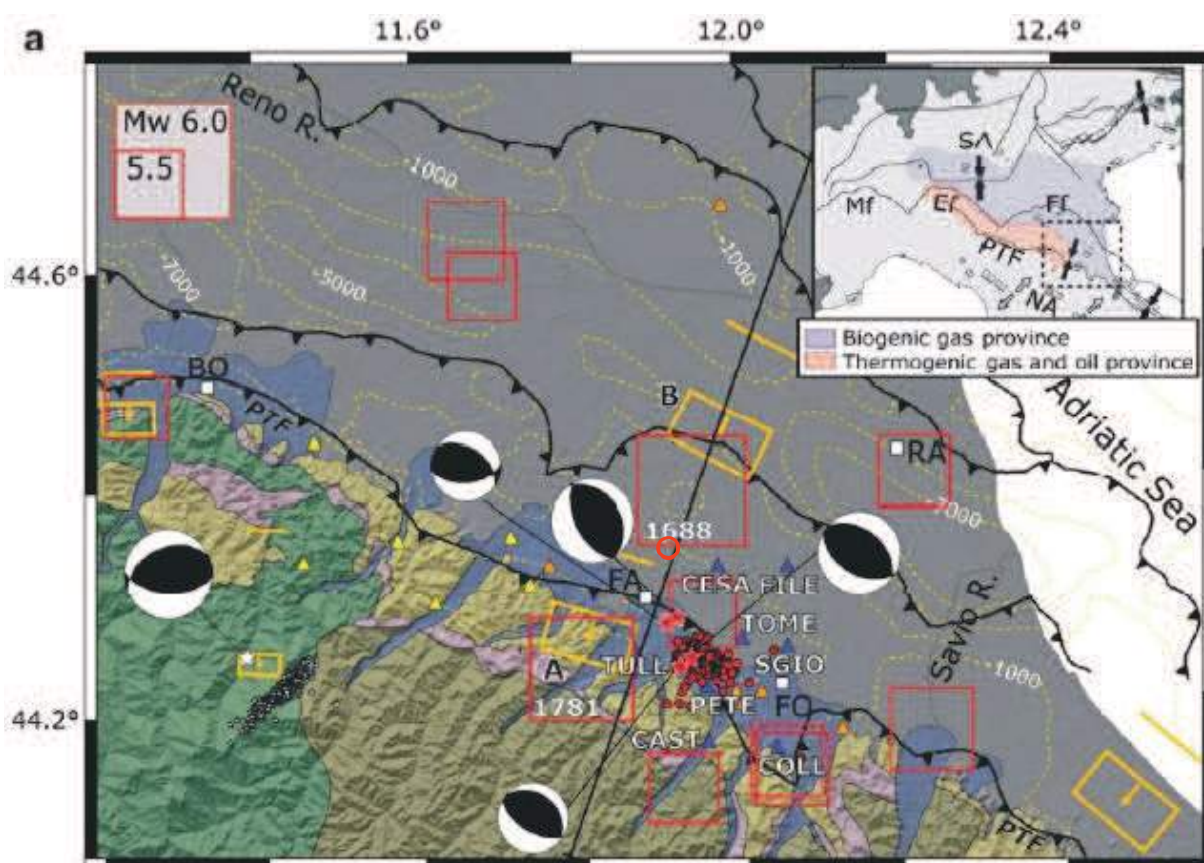
L'attività sismica che caratterizza la zona d'interesse risulta connessa all'attività orogenetica appenninica e definita nell'ambito di specifiche sorgenti sismogenetiche

composite (DISS Working Group, 2015), che derivano dal sistema di faglie del margine avanzato e sepolto dell'arco appenninico.



Il sito in oggetto risulta collocato all'interno della **fascia sismogenica IT912 – Dorsale ferrarese**, che comprende la fascia di pianura storicamente sede di terremoti con magnitudo massima **Mw = 6.14**. Mappa sismotettonica della Pianura Padana orientale, che mostra in mappa e in sezione l'ubicazione della sequenza sismica Faenza 2000 (da Calderoni et al. [2009]).

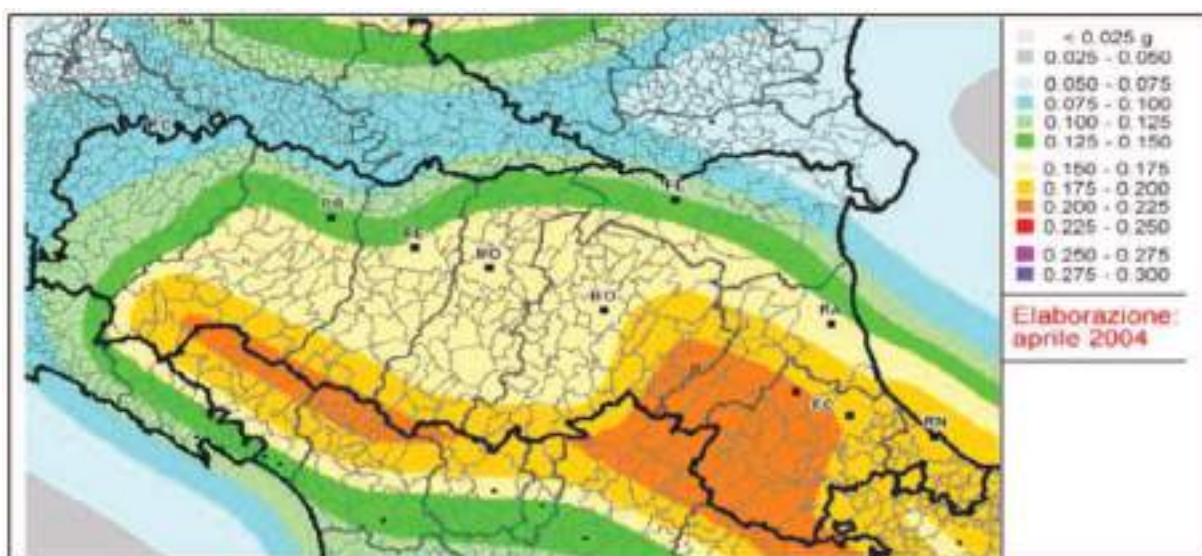




I dati del sottosuolo (Pieri e Groppi, 1981; Cassano et al., 1986) e l'evidenza di una deformazione attiva apparentemente rapida alla superficie descritta da numerosi autori, suggeriscono l'attività tettonica delle anticlinali sepolte nella parte posteriore dell'Arco di Ferrara. Un segmento di questa sorgente è stato associato al terremoto della Romagna del 1688. Rappresenta la pura spinta, desunta dalle osservazioni geologiche. La profondità minima e massima sono state basate su osservazioni geologiche e su considerazioni geometriche riguardanti la geometria della spinta. Lo slittamento è stato calcolato dai dati geologici del sottosuolo. La magnitudo massima si è basata sul più forte terremoto avvenuto nella regione.

Gli indirizzi regionali per gli studi di microzonazione sismica sono stati elaborati sulla scorta degli esiti delle indagini sismiche che la Regione ha effettuato a partire dagli anni '70 del secolo scorso e assumendo come riferimento, per gli studi applicati alla pianificazione territoriale, la pericolosità di base elaborata da INGV (O.P.C.M. 3519/2006). Tali indirizzi forniscono dati fondamentali per la valutazione semplificata dell'amplificazione locale e per valutazioni più approfondite della risposta sismica. Sulla base di questi dati è possibile calcolare, per ogni Comune, gli accelerogrammi e lo spettro di risposta riferito ad un periodo di ritorno di 475 anni e ad uno smorzamento pari al 5%, nonché i valori di PGA

normalizzati e riferiti al suolo rigido. Per il Comune di Fusignano la PGA di riferimento su suolo rigido attribuita dalla Regione (Allegato A4 D.A.L. 112/2007) risulta **0,175g**. Questo valore unico è calcolato mediando i dati di INGV alla scala nazionale (Gruppo di lavoro MPS04, 2004), sintetizzati nella Mappa di Pericolosità sismica nazionale MPS04 che descrive anch'essa la pericolosità sismica attraverso il parametro dell'accelerazione massima attesa su suolo rigido e pianeggiante, con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, i cui valori però sono riferiti ad ogni punto di una griglia di calcolo costruita sul territorio nazionale con una densità di circa un punto ogni 5 km. Tale mappa è diventata riferimento ufficiale per il territorio nazionale con l'O.P.C.M. 3519/2006.



L'attività sismica del territorio in esame risulta connessa all'attività orogenetica appenninica e definita nell'ambito di specifiche zone sismogenetiche, nelle quali gli eventi possono ritenersi circoscritti o definiti in relazione all'assetto tettonico del territorio. Recenti studi hanno messo in luce il legame sismogenetico tra la Pianura Padana e il fronte della catena appenninica.

g. VALUTAZIONE DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA PER LE ANALISI DI SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO E PER LA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI TOPOGRAFICI (DGR630/2019)

Per calcolare i Fattori di Amplificazione (F.A.) richiesti nell'analisi di secondo livello di approfondimento sono state realizzate indagini geotecniche e geofisiche che hanno permesso di definire lo spessore H del deposito di copertura e la velocità equivalente

delle onde di taglio. Per copertura si intende una coltre detritica di origine continentale (alluvionale, eluvio-colluviale, gravitativa, ecc.) o di alterazione presente sulla superficie al tetto del substrato geologico per un intervallo $H > 3$ metri. Quindi H è lo spessore della copertura o profondità del substrato rigido, ovvero del bedrock sismico.

- Spessore del deposito di copertura e profondità del substrato rigido (H)
- Velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato (V_{sH} e V_{s30}) del deposito di copertura secondo le formule:

$$V_{sH} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N h_i / V_{si}}$$

dove:

N = Numero di strati del profilo sismico corrispondenti alla copertura
 H = spessore totale dei terreni di copertura o profondità del tetto substrato rigido
 h_i = spessore strati (m.) fino al substrato rigido
 V_{si} = velocità delle onde di taglio dello strato (m/sec) fino al substrato rigido

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^M h_i / V_{si}}$$

dove:

M = Numero di strati del profilo sismico fino alla profondità di m. 30
 h_i = spessore strati (m.) fino alla profondità di m. 30
 V_{si} = velocità delle onde di taglio dello strato (m/sec) fino alla profondità di m. 30

Nel nostro caso si ha:

Terreni di copertura H = ml. 433.00

Substrato marino V_s = m/sec 620.00

V_{s30} = m/sec 174

V_{sH} = m/sec 2944

CATEGORIA di SUOLO D

Le tabelle per il calcolo dei coefficienti di amplificazione sismica (II° livello di approfondimento) vengono divise a secondo della zona geologica e successione stratigrafica. Poiché siamo in presenza di sedimenti fini limoso-argilloso-sabbiosi fino alla profondità di m. 15-16 cui seguono sedimenti limoso-sabbiosi e argilloso-limosi presenti con intercalazioni più fini fino a circa m. 430-440 di profondità dove si riscontra il substrato marino delle Argille sabbiose pleistoceniche (vedi sezione CARG157) l'area in esame viene localizzata nell'ambito:

PIANURA 2: settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un significativo contrasto di impedenza a circa 100 m da p.c. e dal tetto del substrato rigido a circa 150 m da p.c.:

V_{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5

Fattore di Amplificazione PGA

V_{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5
SA2	2,7	2,7	2,4	2,1	1,9	1,8
SA3	3,3	3,2	2,8	2,5	2,3	2,1
SA4	3,3	3,1	2,7	2,4	2,1	1,9

Fattori di Amplificazione SA1 ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), **SA2** ($0,4s \leq T \leq 0,8s$), **SA3** ($0,7s \leq T \leq 1,1s$), **SA4** ($0,5s \leq T \leq 1,5s$)

V_{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6
SI2	3,1	3,0	2,7	2,4	2,1	2,0
SI3	3,6	3,3	2,9	2,5	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione SI1 ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), **SI2** ($0,5s \leq T \leq 1,0s$), **SI3** ($0,5s \leq T \leq 1,5s$)

Considerando una V_{s30} pari a: 173.89 e uno spessore H = ml, 433.00 si ottengono seguenti F.A.:

- accelerazione di picco orizzontale (PGA)¹:

- intensità spettrale $SA = \int_{T_1}^{T_2} A(T, \zeta) dT$

dove A è lo spettro di risposta in accelerazione, T è il periodo proprio e ζ è lo smorzamento²; sono stati considerati quattro intervalli di periodo proprio T ottenendo quattro valori di intensità spettrale:

- intensità spettrale $SI = \int_{T_1}^{T_2} V(T, \zeta) dT$

dove V è lo spettro di risposta in velocità, T è il periodo proprio e ζ è lo smorzamento³; sono stati considerati tre intervalli di periodo proprio T ottenendo tre valori di intensità spettrale:

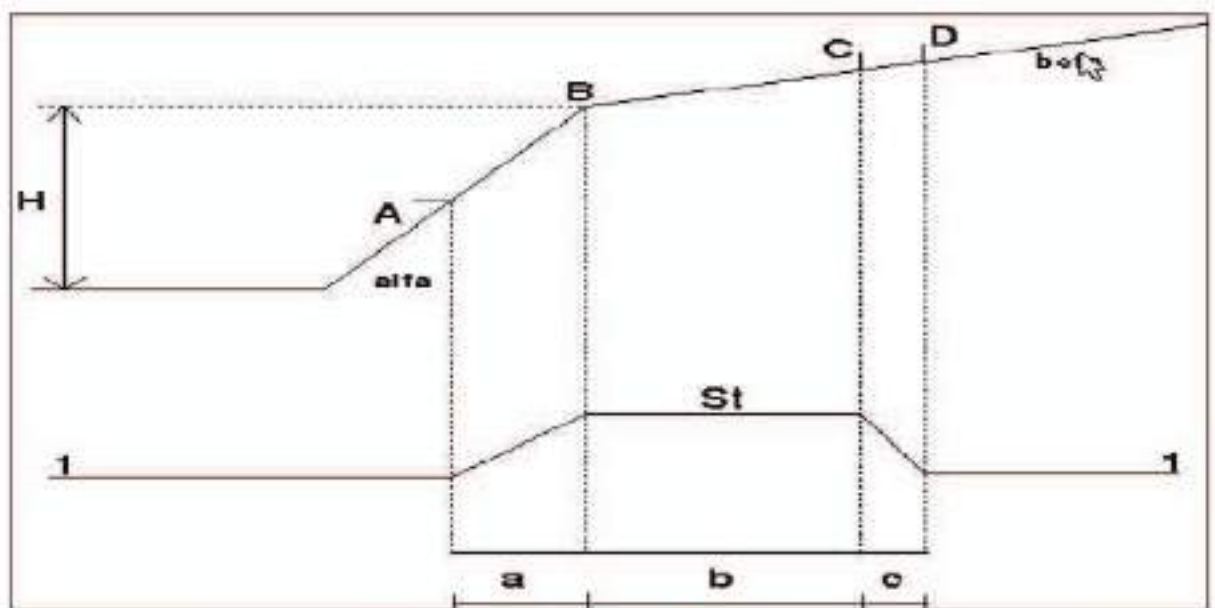
¹I fattori di amplificazione SA4 e SI3 sono richiesti per studi in aree di pianura e di costa.

F.A. P.G.A.	1,7
F.A. SA1 0,1s < T < 0,5s	1,8
F.A. SA2 0,4s < T < 0,8s	2,7
F.A. SA3 0,7s < T < 1,1s	3,3
F.A. SA4* 0,5s < T < 1,5s	3,2
F.A. SI1 0,1s < T < 0,5s	2
F.A. SI2 0,5s < T < 1,0s	3,1
F.A. SI3* 0,5s < T < 1,5s	3,5

h. EFFETTI DELLA TOPOGRAFIA

Gli effetti topografici possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15° . Devono essere calcolati in caso di configurazioni geometriche bidimensionali e tridimensionali (cocuzzolo, cresta, dorsale allungata) di altezza $H > 30$ metri.

Per pendii con inclinazione maggiore di 15° la risposta sismica locale deve essere moltiplicata per un fattore St (coefficiente di amplificazione topografica) calcolato nel seguente modo:



Angolo alfa = gradi°	0.2	gradiente maggiore
Angolo beta = gradi°	0.4	gradiente minore
Altezza H = ml.	1.00	

Per St si impone comunque un valore compreso tra 1,0 e 1,4:

$$St = 1 + 0,8 \times (\text{alfa} + \text{beta} - 0,40) \quad \text{sul segmento BC} = 1.0$$

dove:

$$b = \text{valore minimo tra } 20\text{alfa e } (H+10)/4 = \text{ml.} \quad 0.07$$

alfa = gradiente della parte più ripida

beta = gradiente della parte meno ripida

$$St = 1,0 \text{ in A (a = H/3 = 0.33 \text{ ml.})}$$

$$St = 1,0 \text{ in D (c = H/4 = 0.25 \text{ ml.})}$$

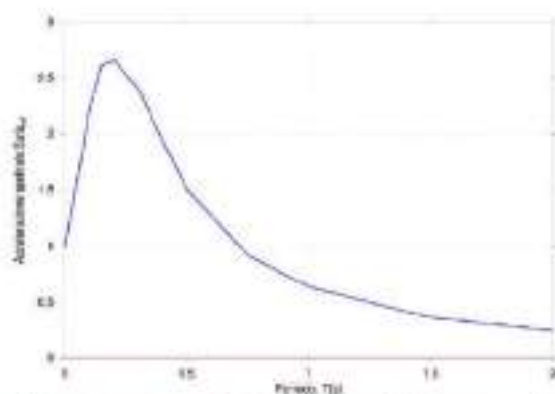
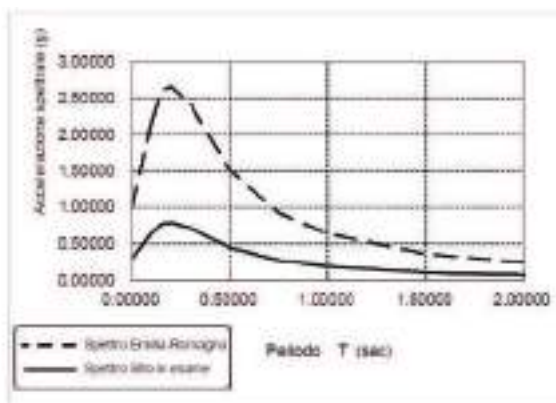
Riassumendo per il territorio preso in esame si ha:

Comune:			FUSIGNANO	
Zona sismica 2003:			2	
Accelerazione max orizz.: Arefg			0.175	(Indirizzi microzonazione E-R; L.R.2015)
Vs30 (m/sec)			173.89	
Categoria di Suolo			D	(D.M. 17.01.2018)
(PGA/PGAo)	F.A. P.G.A.		1.7	(da tab. D.G.R. Em.Romagna n° 630/2019)
(SA/SAo)	F.A. SA1	0,1s<T<0,5s	1.8	
(SA/SAo)	F.A. SA2	0,4s<T<0,8s	2.7	
(SA/SAo)	F.A. SA3	0,7s<T<1,1s	3.3	
(SA/SAo)	F.A. SA4*	0,5s<T<1,5s	3.2	
(SI/SIo)	F.A. SI1	0,1s<T<0,5s	2	(intervalli di periodo per l'intensità di Housner per strutture basse max. 4-5 piani, regolari e rigide)
(SI/SIo)	F.A. SI2	0,5s<T<1,0s	3.1	(intervalli di periodo per l'intensità di Housner per strutture più alte e flessibili)
(SI/SIo)	F.A. SI3*	0,5s<T<1,5s	3.5	
HSM (0.1-0.5) = cm/sec2			671.11	(da D.G.R. Em.Romagna n° 630/2019)
FATTORE St			1	(coefficiente amplificazione topografica)

Per la definizione del moto di riferimento (All. 4) viene riportata la forma dello spettro di risposta normalizzato rappresentativo del moto sismico atteso per un periodo di ritorno di 475 anni (con smorzamento pari al 5%) in Emilia-Romagna.

Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per **FUSIGNANO** e per il sito in esame stimeremo lo spettro di risposta moltiplicando i valori spettro del comune per F.A. stimati in precedenza ottenendo una accelerazione max attesa al suolo di: **A max= g 0.2975**

T (s)	Sa/aref	Sa/PGA
0.00000	1.00000	0.29750
0.10000	2.21000	0.66748
0.15000	2.60800	0.77588
0.20000	2.65620	0.79022
0.30000	2.40330	0.71498
0.40000	1.93940	0.57897
0.50000	1.50500	0.44774
0.75000	0.91720	0.27287
1.00000	0.63590	0.18918
1.50000	0.36080	0.10734
2.00000	0.24620	0.07324



T(s)	Sa/g
0.00	1.0000
0.10	2.2100
0.15	2.6080
0.20	2.6562
0.30	2.4033
0.40	1.9394
0.50	1.5050
0.75	0.9172
1.00	0.6359
1.50	0.3608
2.00	0.2462

Tabella 1. Valori che definiscono lo spettro anche figura 1)

Figura 2. Spettro di risposta normalizzato (Periodo di ritorno: 475 anni, smorzamento: 5%) per l'Emilia-Romagna

i. COMPATIBILITA' SISMICA: POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (DGR Emilia Romagna n° 630/2019).

Tiene conto anche della magnitudo del terremoto nel rapporto di sforzo ciclico indotto, tramite una modifica della nota espressione di Seed ed Idriss, introducendo un fattore correttivo funzione della Magnitudo (Adottato dal C.N.R. nel 1985).

SISMA DI PROGETTO (cenni teorici)

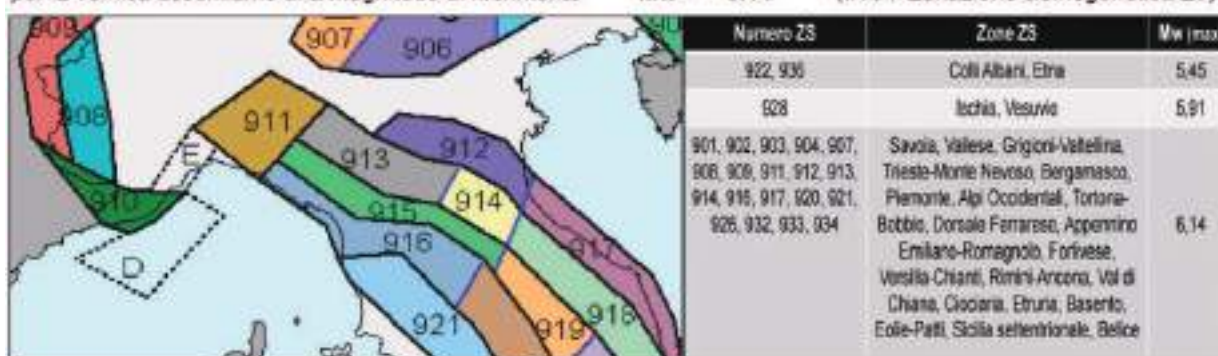
Nella zona si sono verificati numerosi terremoti per un raggio di Km. **20** centrato su **Fusignano**. Si apprende di una serie di eventi con intensità massima del **7** grado della Scala Mercalli mod. e con ipocentri localizzati a circa Km. **10** di profondità (R = distanza dal fuoco). In prima approssimazione la magnitudo della scala Richter (M) è ricavabile dalle seguenti espressioni:

$$M = 0,6 \cdot I + \log R + 0,4 = 5,60$$

$$M = 0,53 \cdot I + 0,96 = 4,67$$

Considerando la zona sismogenetica: Zs = **914**

per la verifica assumiamo una magnitudo di riferimento **Mw = 6.14** (INGV Zonazione sismogenetica Z9)



Per la valutazione delle accelerazioni massime riferite al suolo vengono proposte le correlazioni utilizzate da Kawashima (1981). I depositi vengono distinti in base al grado di consolidazione:

- 1) Depositi consolidati
- 2) Depositi medio-consolidati
- 3) Depositi soffici

Nel nostro caso possiamo considerare: > **Distanza dall'epicentro 10 Km.**
3) **Depositi soffici**

Si ha quindi: $a_{max} = 402,8 \cdot 10^{-0,265M} / (dist.epicentro + 30)^{1,218} = \text{cm/sec}^2 \ 178,58$

- INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Metodo Boulanger e Idriss, 2014 - Seed e Idriss, 1983).

Il Decreto Ministeriale 14.09.2005 ed il successivo D.M. 17.01.2018 contengono nuove disposizioni in materia di classificazione sismica e di normativa tecnica.

Il numero delle zone sismiche viene riportato qui di seguito unitamente ai valori di accelerazione orizzontale (ag/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico:

Zona 2003	Valore di ag	Comune: FUSIGNANO
1	0.35	Zona sismica 2003: 2 1. Accel.max orizz.RER: 0.175 (Rischio Sismico E/R - 2016) 2. Accelerazione orizz.: 0.25
2	0.25	
3	0.15	
4	0.05	

Considerando il fattore di amplificazione F.PGA relativo alla zona in esame del comune di: **FUSIGNANO** come emerge dagli studi di microzonazione sismica (terzo livello di approfondimento) approvati dalla Regione Emilia-Romagna LR 77/2009 (consultabili all'indirizzo: <http://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/pnsrs>), si ha:



$F_a(PGA) = 1.70$

$a_{max} = \text{accelerazione massima al suolo} * F.A. = 297.50$

da adottare per l'area considerata.

A questo punto si ricava il fattore di resistenza alla liquefazione:

risultare maggiore di 1,0 onde verificare la non liquefacibilità dello strato considerato.

$$CSR = a_{max}/g * \sigma'_v / \sigma'_v * r_d * r_n$$

$$CRR = 0.45 * 0.57 * [(16 * (N_1 + DNf)^{0.5}) / 100 + [(16 * (N_1 + DNf)^{0.5} / 75)^{14}]$$

Dove:

r_d = coeff. di smorzamento in funzione della profondità = $1 - 0.015 * z$

r_n = coeff. correttivo in funzione della magnitudo = $0.1 * (M - 1)$

N_1 = $(1.7 / (\sigma'_v + 0.7)) * N_{spt}$

DNf = "5" per le sabbie limose a spigoli vivi



$FL_{liq} = CRR / CSR$ che deve

Vengono qui riassunti i risultati del potenziale di liquefazione per le prove CPT realizzate sull'area:

Prova	SCPT	1	Prof.falda idrica ml.		2.80				
Profondità strato (ml)	Sigma v daN/cm ²	Sigma' v daN/cm ²	Rp kg/cm ²	N1	rd	rn	DNf	Possibilità liquefazione	FL liq
4.2	0.588	0.532	13	6	0.94	0.51	5	POSSIBILE	0.85
4.8	0.672	0.592	15	7	0.93	0.51	5	POSSIBILE	0.87
7	0.980	0.812	11	4	0.90	0.51	5	POSSIBILE	0.74
7.6	1.064	0.872	11	4	0.89	0.51	5	POSSIBILE	0.73
8.2	1.148	0.932	8	3	0.88	0.51	5	POSSIBILE	0.68

Prof. z (ml.)	FL	F(z)	w(z)	IL	da cui deriva il rischio di liquefazione
4.20	0.85	0.348	7.90	2.7	MODERATO
4.80	0.87	0.333	7.60	2.5	MODERATO
7.00	0.74	0.461	6.50	3.0	MODERATO
7.60	0.73	0.469	6.20	2.9	MODERATO
8.20	0.68	0.520	5.90	3.1	MODERATO

Prova	SCPT	2	Prof.falda idrica ml.		2.80				
Profondità strato (ml)	Sigma v daN/cm ²	Sigma' v daN/cm ²	Rp kg/cm ²	N1	rd	rn	DNf	Possibilità liquefazione	FL liq
6.2	0.868	0.732	11	4	0.91	0.51	5	POSSIBILE	0.75
7	0.980	0.812	11	4	0.90	0.51	5	POSSIBILE	0.74
7.2	1.008	0.832	19	7	0.89	0.51	5	POSSIBILE	0.67
7.4	1.036	0.852	11	4	0.88	0.51	5	POSSIBILE	0.73
10.6	1.484	1.172	10	3	0.84	0.51	5	POSSIBILE	0.70

Prof. z (ml.)	FL	F(z)	w(z)	IL	da cui deriva il rischio di liquefazione
6.20	0.75	0.448	6.90	3.1	MODERATO
7.00	0.74	0.461	6.50	3.0	MODERATO
7.20	0.87	0.334	6.40	2.1	MODERATO
7.40	0.73	0.466	6.30	2.9	MODERATO
10.60	0.70	0.499	4.70	2.3	MODERATO

Prova	SCPT	3	Prof.falda idrica ml.		2.80				
Profondità strato (ml)	Sigma v daN/cm ²	Sigma' v daN/cm ²	Rp kg/cm ²	Nf	rd	m	DNf	Possibilità liquefazione	FL liq
3	0.420	0.412	19	10	0.96	0.51	5	IMPOSSIBILE	1.14
5	0.700	0.612	14	6	0.93	0.51	5	POSSIBILE	0.84
5.4	0.756	0.652	14	6	0.92	0.51	5	POSSIBILE	0.82
7.6	1.064	0.872	11	4	0.89	0.51	5	POSSIBILE	0.73
8.8	1.232	0.992	16	5	0.87	0.51	5	POSSIBILE	0.79

Prof. z (ml.)	FL	F(z)	w(z)	IL	da cui deriva il rischio di liquefazione
3.00	1.14	0.002	8.50	0.0	BASSO
5.00	0.84	0.361	7.50	2.7	MODERATO
5.40	0.82	0.375	7.30	2.7	MODERATO
7.60	0.73	0.469	6.20	2.9	MODERATO
8.80	0.79	0.407	5.60	2.3	MODERATO

Prova	SCPT	4	Prof.falda idrica ml.		2.90				
Profondità strato (ml)	Sigma v daN/cm ²	Sigma' v daN/cm ²	Rp kg/cm ²	Nf	rd	m	DNf	Possibilità liquefazione	FL liq
3	0.420	0.412	8	4	0.96	0.51	5	POSSIBILE	0.82
5.4	0.756	0.652	12	5	0.92	0.51	5	POSSIBILE	0.79
5.6	0.784	0.672	23	9	0.92	0.51	5	IMPOSSIBILE	1.02
6.2	0.868	0.732	12	5	0.91	0.51	5	POSSIBILE	0.77
6.6	0.924	0.772	18	7	0.90	0.51	5	POSSIBILE	0.86

Prof. z (ml.)	FL	F(z)	w(z)	IL	da cui deriva il rischio di liquefazione
3.00	0.82	0.383	8.50	3.3	MODERATO
5.40	0.79	0.412	7.30	3.0	MODERATO
5.60	1.02	0.013	7.20	0.1	BASSO
6.20	0.77	0.431	6.90	3.0	MODERATO
6.60	0.86	0.336	6.70	2.3	MODERATO

** Per tener conto della **frazione argillosa** Ishihara (1985), elaborando i risultati di prove triassiali cicliche, ha fornito la seguente correlazione (per C>10%) :

$$Rp2 = Rp1 + 26 \log FC *$$

Dove : **FC** = peso della frazione argillosa (passante #200) = **16** %

Rp1 = (Nspt*Alfa); dove Alfa è il coeff. usato per la correlazione con Rp =

L'indice del potenziale di liquefazione viene valutato con la relazione: $IL = da\ 0\ a\ 20 - F(z) * w(z) * dz$:

con: $w(z) = 200/Z_{crit} * (1 - Z/Z_{crit})$ con Z=profondità strato e $Z_{crit}=20$ metri. La variabile F(z) vale (Sonmez, 2003):

$F(z)=0$ per $FL \geq 1.2$ - $F(z) = 2 * 10^{-6} * \exp(-18.427 * FL)$ per $1.2 > FL > 0.95$ - con $FL < 0.95$: $F(z) = 1 - FL$

* FC è il contenuto di fine espresso in %. In assenza di dati specifici per il sito, FC può essere stimato con l'espressione empirica: $FC = 80 * I_c - 137$ in cui I_c è l'indice di classificazione del terreno da prova CPT proposto da Robertson (1990):

$$I_c = \sqrt{(\log F + 1.22)^2 + (\log Q_s - 3.47)^2}$$

con

$$F = \frac{f_s}{q_c - \sigma'_{v0}} \cdot 100 \quad Q_s = \left(\frac{q_c - \sigma'_{v0}}{p_s} \right) \cdot \left(\frac{p_s}{\sigma'_{v0}} \right)^m$$

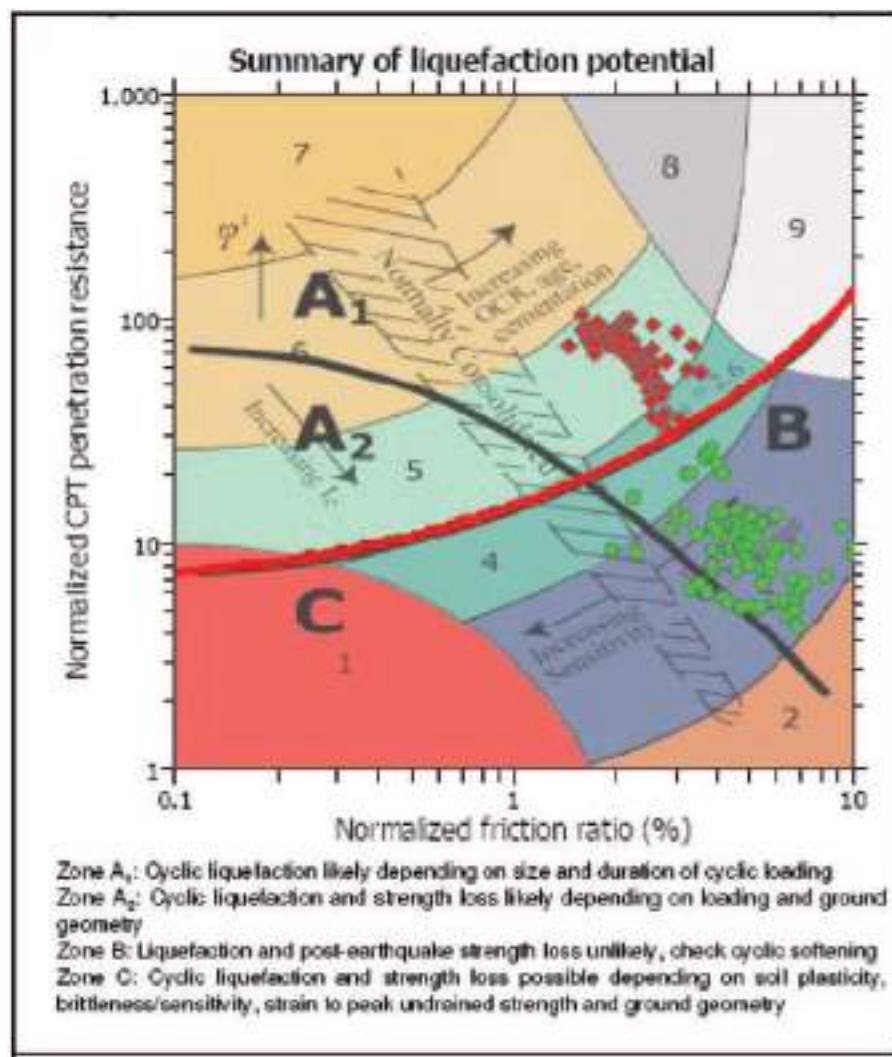
In base al valore stimato dell'indice del potenziale di liquefazione IL si definiscono le seguenti classi di pericolosità (Sonmez, 2003):

$IL = 0$	Non liquefacibile ($F_L \geq 1.2$)
$0 < IL \leq 2$	Potenziale basso
$2 < IL \leq 5$	Potenziale moderato
$5 < IL \leq 15$	Potenziale alto
$15 < IL$	Potenziale molto alto

Il deposito alluvionale di pianura analizzato nella sua componente sabbiosa immersa in falda dimostra come il sedimento presenti un **rischio di liquefazione da BASSO a MODERATO**.

CEDIMENTI POST-SISMICI

In condizioni di sisma vi possono essere effetti di “riordino” dei sedimenti, con possibilità di cedimenti significativi e che possono coinvolgere sia i depositi granulari poco addensati e recenti (olocenici), sia i sedimenti fini poco coesivi. Nell'ultimo decennio sono state elaborate procedure di stima delle potenziali deformazioni postsisma anche nei sedimenti fini (limi e argille a comportamento “non drenato”), provocate da perdite di resistenza. Quest'ultimo fenomeno è noto con il termine “cyclic softening” (Idriss & Boulanger, 2004-2007). Per la stima dei cedimenti post sisma, si è proceduto alla verifica basata sulla classificazione di comportamento di tutti i terreni proposta da Robertson (1990; 2009).



La figura propone il diagramma (Qtn-F) di classificazione nel quale si distinguono le zone di potenziale liquefazione e/o di “cyclic softening”. Le zone A1 e A2 corrispondono ai sedimenti di bassa coesione attribuibili a comportamento granulare e suscettibili di liquefazione ciclica, in particolare i sedimenti che ricadono nella zona A2 risultano più suscettibili a perdite anche significative di resistenza in caso di sisma; le Zone B e C ($I_c > 2,6$) corrispondono invece ai terreni coesivi a comportamento argilloso ed entrambi sensibili a “cyclic softening”, in particolare i sedimenti che ricadono nella zona C risultano più suscettibili a perdite di resistenza post-sisma. Limi non plastici saturi spesso cadono nella zona C, tuttavia, il loro CRR è fortemente controllato dalla coesione non drenata c_u . Nella medesima figura è riportato, inoltre, il plottaggio dei risultati dell'indagine CPT: si evince che i sedimenti a comportamento granulare ($I_c > 2,60$), si distribuiscono quasi totalmente nel campo A1 (sabbie – da sabbie pulite a sabbie limose). I depositi fini ricadono prevalentemente nella zona B. La verifica ha tenuto conto di un livello piezometrico in caso di sisma pari a -1 m e considerando che nei primi 20 metri sono preponderanti i depositi argilloso-limosi, l'analisi dei cedimenti è stata impostata sia sulle tessiture granulari in condizioni sature che in quelle coesive. L'approccio si basa sulla valutazione delle deformazioni volumetriche post-cicliche e calcola i cedimenti sulla base dell'entità della densità relativa D_r desunta dalle resistenze di punta $(q_{c1N})_{cs}$. I risultati cumulativi dei cedimenti indotti da sisma sono stati calcolati e vengono proposti in allegato: in sintesi, si sono ottenuti valori di cedimento pari:

Cedimento totale terreni coesivi cm. 5.55

Cedimento totale terreni granulari cm. 0.76

i. COMPATIBILITA' EDIFICATORIA DELL'INTERVENTO

Lo studio svolto tramite indagini dirette e da informazioni acquisite per inquadrare il territorio di FUSIGNANO interessato sia dal punto di vista geomorfologico che geotecnico **non ha evidenziato emergenze o caratteristiche geologiche tali da condizionare le scelte urbanistiche future.**

Quindi, al fine di approntare una valutazione sulle classi di edificabilità si può distinguere unicamente: **Zone normalmente edificabili**. Infatti i vari diagrammi penetrometrici analizzati, il sondaggio geofisico ed il rilievo geomorfologico eseguito

non hanno evidenziato differenza tali da giustificare un ulteriore divisione. Gli orizzonti geotecnici **risultano sufficientemente consistenti ed adatti a sopportare eventuali nuovi carichi derivanti dall'edificazione.**

Essendo in una fase preliminare dove non vengono indicate le ipotesi edificatorie, sulla base dei dati ricavati, onde indicare la portanza dei terreni, si possono utilizzare l'angolo d'attrito e la coesione ricavati dalle correlazioni con le prove penetrometriche utilizzando i valori meccanici più scadenti e quindi cautelativi. Considerando una profondità del piano di posa ad almeno **m. 0,80-1,00** di profondità dove i terreni risultano essenzialmente argilloso-limosi, per il calcolo della **pressione ultima di rottura "qr"** si impongono condizioni non drenate. Si suppone cioè che la dissipazione delle pressioni interstiziali in fase di consolidamento avvenga con velocità inferiore rispetto a quella di applicazione dei carichi strutturali. In tali condizioni si considera che la sovrappressione interstiziale annulli la componente frizionale della resistenza al taglio (**$\Phi^0 = 0$**) e che il terreno si opponga ai fenomeni di rottura con le sole forze coesive del terreno.

m. Lottizzazione "Via Garibaldi": Prescrizioni conclusive

Dalle prove penetrometriche e dalle stratigrafie utilizzate per l'area interessata si è riscontrato nei primi metri di profondità, la presenza depositi alluvionali di pianura dapprima limoso-sabbioso-argillosi normalconsolidati cui seguono litotipi a componente essenzialmente argilloso-limosa addensata con livelli limosi profondi, dotati di buona consistenza fino alla massima profondità investigata pari a m. 20 per cui:

1. Occorre innestare le fondazioni nei litotipi alluvionali omogenei dal punto di vista geomeccanico al fine di evitare cedimenti differenziali elevati, da valutare rispetto al piano posa, al tipo di fondazioni ed alla geometria della stratificazione limoso-argilloso-sabbiosa. Verificare quindi lo spessore e l'uniformità geo-meccanica del terreno limoso-sabbioso superficiale riscontrato nei primi metri di profondità eseguendo apposita indagine geotecnica (distinzione tra sovraconsolidato-normalconsolidato).

2. Le fondazioni devono essere innestate entro il substrato integro, in posto, inalterato, omogeneo e stabile sismicamente; in particolare si dovrà evitare di realizzare fondazioni su o in materiali di riporto o terreni rimaneggiati. Innestando le fondazioni entro i litotipi alluvionali omogenei si può indicativamente adottare un piano di posa posto ad almeno **m. 0,80-1,00** di profondità dove i terreni risultano essenzialmente limoso-sabbioso-argillosi, per il calcolo della **pressione ultima di rottura "qr"** si impongono condizioni non drenate.
3. Come verificato nel corso delle prove utilizzate per l'area interessata, **l'idrologia di profondità** è correlata alle intercalazioni limoso-sabbiose dove è presente un **livello freatico** attualmente posto **m. 2,20-2,60** dal piano campagna. Questa falda idrica presenta una portata modesta ed una escursione stagionale di m. 1,00-1,50 correlata essenzialmente al periodo di massime precipitazioni.
4. La natura litologica e granulometrica dei litotipi interessati dal bulbo di carico, l'omogeneità e il sufficiente grado di addensamento dei terreni limoso-sabbiosi posti nei primi 20 metri profondità che contiene la falda idrica presenta un rischio alla liquefazione **da BASSO a MODERATO. esclude la possibilità di liquefazione** in caso di evento sismico. Si può affermare che la zona indagata destinata all'edificazione in caso di scossa sismica è da ritenersi **esente da penalizzazione dovuta alla liquefazione del terreno** e quindi non implica interventi di mitigazione del fenomeno.
5. La **caratterizzazione sismica dei terreni alla luce del D.M. 17.01.2018** presenta un coefficiente di amplificazione topografico pari a **st = 1,0** ed un profilo verticale delle velocità delle onde di taglio di MASW_1 Vs30 calcolato risultato essere di **174 m/s.** da cui si ricava la categoria del suolo di fondazione:
D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina 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
6. Lo **STUDIO DEGLI EFFETTI DI SITO ATTESI** non evidenzia caratteristiche fisiche dei terreni e/o di addensamento che possano determinare amplificazione considerando l'ottima uniformità litologica e di addensamento riscontrata su tutta l'area in esame. (vedi planimetria allegata). E' stata verificata l'assenza di

paleomorfologie sepolte (paleovalvei), di depositi di palude e/o disomogeneità litostratigrafiche per cui si escludono rischi sismici, geotecnici e/o idrogeologici mediante interazione con le strutture di fondazione e le strutture in elevazione. Avendo riscontrato sull'intera area caratteristiche geotecniche/geomeccaniche omogenee sia in orizzontale che in verticale, si valuta in modo uniforme il comportamento meccanico e sismico dei terreni sottoposti ai carichi strutturali futuri. Per questo motivo non si riporta la carta di zonizzazione geotecnica.

CastelBolognese 10.12.2021

Dott.Geol. Andreatta Giancarlo



CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI (Normative di riferimento: D.M. 14/09/05**- Circolare n°617/2009 -Circ.LL.PP.) - D.M.17/01/18. Committente:****EMELCA****CONDIZIONE STRATIGRAFICA.**

Il Decreto Ministeriale 14.09.2005 ed il successivo D.M. 17.01.2018 contengono nuove disposizioni in materia di classificazione sismica e di normativa tecnica.

Il numero delle zone sismiche viene riportato qui di seguito unitamente ai valori di accelerazione orizzontale (ag/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico:

Zona 2003	Valore di ag	Comune: FUSIGNANO
1	0.35	1. Accel.max orizz.RER: 0.175
2	0.25	(Rischio Sismico E/R - 2015)
3	0.15	Zona sismica 2005: 2
4	0.05	2. Accelerazione orizz.: 0.25

Ai fini della definizione delle azioni sismiche di progetto, vengono definite 5 categorie di profili stratigrafici del suolo di fondazione (le profondità si riferiscono al piano posa delle fondazioni):

Tab. 3.2.II - Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato:

- A** Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/sec, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 metri.
- B** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina 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.
- C** Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a m. 30, 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** Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina 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 m/s e 180 m/s.
- E** 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 metri

La classificazione del sito si ottiene sulla base dei valori di $V_{s,eq}$ (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio (in m/s) definita dalla seguente espressione:

$$V_{s,eq} = H / \text{Somma } N-i=1 \quad h_i/V_{s,i}$$

dove:

h_i = spessore dello strato i -esimo (m.)

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nello i -esimo strato (m/sec)

N = numero di strati

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

N.B. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m. la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro VS_{30} ottenuto ponendo $H = 30$ m e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a 30 metri di profondità.

Metodo di calcolo delle Vs,eq:**PROVA GEOFISICA MASW+HVSr**

Si ottiene la misura diretta delle Vs mediante una prova geofisica MASW-REMI, previa acquisizione con apparecchiatura "HVSr - TROMINO" per gli strati investigati:

LITOTIPO	Spessore strati "hi" (ml.)	Vs' in sito (m/s)	hi/Vs' (Vs mis.) (sec)
<i>h1. Limi argilloso-sabbiosi</i>	<i>10</i>	<i>152</i>	0.066
<i>h2. Sabbie limoso-argillose</i>	<i>8</i>	<i>185</i>	0.043
<i>h3. Argille-sabbie</i>	<i>15</i>	<i>205</i>	0.073
<i>h4. Limi-Sabbie-Argille (media)</i>	<i>400</i>	<i>310</i>	1.290
<i>h5. Argille</i>	433 ml Profondità substrato con Vs>800 m/s	<i>620</i>	Somma hi/Vs,i 1.473

$$Vs,eq = 30 / \text{Somma } N-i=1 \text{ hi/Vs,i} = 173.89 \text{ m/sec}$$

dove:

hi = spessore dello strato i-esimostrati (m.)
Vs,i = velocità delle onde di taglio nello i-esimo strato (m/sec)
N = numero di strati
H = 30 m

Occorre immettere delle informazioni a carattere geologico-stratigrafico:

LITOTIPO	Spessore strati "hi" (ml.)	Fattore geologico	Periodo Olocene - Pleistocene
h1. Limi argilloso-sabbiosi	10	Dove: - Depositi recenti e terreni Olocene-Pleist. = O - Terreni del Terziario (substrato) = P	<i>O</i>
h2. Sabbie limoso-argillose	8		<i>O</i>
h3. Argille-sabbie	15		<i>O</i>
h4. Limi-Sabbie-Argille (media)	400		<i>O</i>
h5. Argille	433 Prof. tetto		<i>P</i>

Metodi di calcolo delle Vs,eq	Vs,eq (m/sec)	Terreno liquefacibile	CATEGORIA SUOLO
Misure in sito con indagini Dirette con tromografo	173.89	Inserire SI o NO <i>NO</i>	D

che viene così definita dal D.M. 17.01.18:

D *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m. caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.*

VALUTAZIONE DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA PER LE ANALISI DI SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO E PER LA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI TOPOGRAFICI
(Atto di indirizzo e coordinamento tecnico L.R.20/2000 - Aggiornamento DGR2193/2015 - DGR630/2019)

Per calcolare i Fattori di Amplificazione (F.A.) richiesti nell'analisi di secondo livello di approfondimento sono state realizzate indagini geotecniche e geofisiche che hanno permesso di definire lo spessore H del deposito di copertura e la velocità equivalente delle onda di taglio.

Per copertura si intende una coltre detritica di origine continentale (alluvionale, eluvio-colluviale, gravitativa, ecc.) o di alterazione presente sulla superficie al tetto del substrato geologico per un intervallo H > 3 metri. Quindi H è lo spessore della copertura o profondità del substrato rigido, ovvero del bedrock sismico.

- Spessore del deposito di copertura e profondità del substrato rigido (H)
- Velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato (VsH e Vs30) del deposito di copertura secondo le formule:

$$Vs_H = \frac{H}{\sum_{i=1}^N h_i / Vs_i}$$

dove:

N = Numero di strati del profilo sismico corrispondenti alla copertura

H = spessore totale dei terreni di copertura o profondità del tetto substrato rigido

hi = spessore strati (m.) fino al substrato rigido

Vsi = velocità delle onde di taglio dello strato (m/sec) fino al substrato rigido

$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^M h_i / Vs_i}$$

dove:

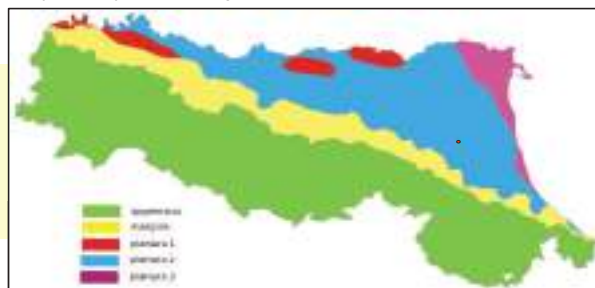
M = Numero di strati del profilo sismico fino alla profondità di m. 30

hi = spessore strati (m.) fino alla profondità di m. 30

Vsi = velocità delle onde di taglio dello strato (m/sec) fino alla profondità di m. 30

Nel nostro caso si ha:

Terreni di copertura H =	ml.	433.00
Substrato marino Vs =	m/sec	620.00
Vs30 =	m/sec	173.89
VsH =	m/sec	294.05
CATEGORIA di SUOLO		D



Le tabelle per il calcolo dei coefficienti di amplificazione sismica (II° livello di approfondimento) vengono divise a secondo della zona geologica e successione stratigrafica.

Poiché siamo in presenza di sedimenti fini limoso-argilloso-sabbiosi fino alla profondità di m. 50-60 cui seguono sedimenti sabbioso-argillosi presenti con intercalazioni più fini fino a circa m. 300-400

di profondità dove si riscontra il substrato marino delle Argille grigie pleistoceniche (vedi sezione CARG)

l'area in esame viene localizzata nell'ambito: **A2.1.2 - PIANURA PADANA E COSTA ADRIATICA**

Per la pianura e la costa sono stati individuati diversi ambienti caratterizzati da differenti caratteristiche litostratigrafiche, in particolare da diversa profondità dell'orizzonte che costituisce il substrato rigido, che in pianura non sempre coincide con l'orizzonte caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s.

PIANURA 2: settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un significativo contrasto di impedenza a circa 100 m da p.c. e dal tetto del substrato rigido a circa 150 m da p.c.;

V_{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5

Fattore di Amplificazione PGA

V_{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1.8	1.8	1.8	1.7	1.6	1.5
SA2	2.7	2.7	2.4	2.1	1.9	1.8
SA3	3.3	3.2	2.8	2.5	2.3	2.1
SA4	3.3	3.1	2.7	2.4	2.1	1.9

Fattori di Amplificazione **SA1** ($0.1s \leq T \leq 0.5s$), **SA2** ($0.4s \leq T \leq 0.8s$), **SA3** ($0.7s \leq T \leq 1.1s$), **SA4** ($0.5s \leq T \leq 1.5s$)

Vs30 (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6
SI2	3.1	3.0	2.7	2.4	2.1	2.0
SI3	3.6	3.3	2.9	2.5	2.2	2.0

Fattori di Amplificazione **SI1** ($0.1s \leq T \leq 0.5s$), **SI2** ($0.5s \leq T \leq 1.0s$), **SI3** ($0.5s \leq T \leq 1.5s$)

Considerando una Vs30 pari a: 173.89 e uno spessore H = ml. 433.00 si ottengono seguenti F.A.:

- accelerazione di picco orizzontale (PGA)¹:

- intensità spettrale $SA = \int_{T_1}^{T_2} A(T, \zeta) dT$

dove A è lo spettro di risposta in accelerazione, T è il periodo proprio e ζ è lo smorzamento²; sono stati considerati quattro intervalli di periodo proprio T ottenendo quattro valori di intensità spettrale:

F.A. P.G.A.	1.7
F.A. SA1 0,1s<T<0,5s	1.8
F.A. SA2 0,4s<T<0,8s	2.7
F.A. SA3 0,7s<T<1,1s	3.3
F.A. SA4* 0,5s<T<1,5s	3.2
F.A. SI1 0,1s<T<0,5s	2
F.A. SI2 0,5s<T<1,0s	3.1
F.A. SI3* 0,5s<T<1,5s	3.5

- intensità spettrale $SI = \int_{T_1}^{T_2} V(T, \zeta) dT$

dove V è lo spettro di risposta in velocità, T è il periodo proprio e ζ è lo smorzamento²; sono stati considerati tre intervalli di periodo proprio T ottenendo tre valori di intensità spettrale:

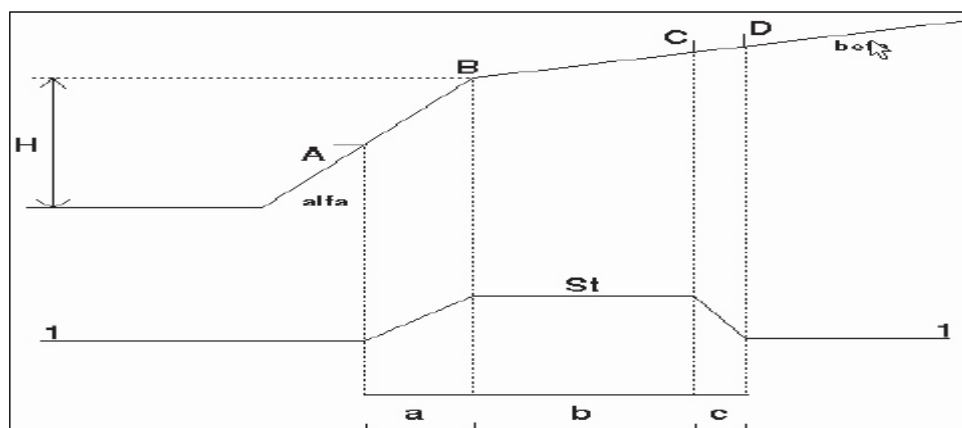
*I fattori di amplificazione SA4 e SI3 sono richiesti per studi in aree di pianura e di costa.

EFFETTI DELLA TOPOGRAFIA

Gli effetti topografici possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15°

Devono essere calcolati in caso di configurazioni geometriche bidimensionali e tridimensionali (cocuzzolo, cresta, dorsale allungata) di altezza H > 30 metri.

Per pendii con inclinazione maggiore di 15° la risposta sismica locale deve essere moltiplicata per un fattore St (coefficiente di amplificazione topografica) calcolato nel seguente modo:



Angolo alfa = gradi° **0.2** gradiente maggiore
 Angolo beta = gradi° **0.3** gradiente minore
 Altezza H = ml. **1.00**

Per St si impone comunque un valore compreso tra 1,0 e 1,4:

St = 1 + 0,8 x (alfa + beta - 0,40) sul segmento BC = 1.0

dove:

b = valore minimo tra 20alfa e (H+10)/4 = ml. 0.07

alfa = gradiente della parte più ripida
 beta = gradiente della parte meno ripida
 St = 1,0 in A (a = H/3 = 0.33 ml.)
 St = 1,0 in D (c = H/4 = 0.25 ml.)

La DGR 630/2019 richiede inoltre il calcolo del parametro H_{SM} che esprime lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazione in cm/sec²) ed è dato dal prodotto del parametro Acceleration Spectrum Intensity (ASIUHS), valore integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per l'intervallo di periodi 0,1s≤T≤0,5s, diviso per ΔT (in questo caso pari a 0,4s) e moltiplicato per il fattore di amplificazione in accelerazione (FA) calcolato per lo stesso intervallo di periodo:

$$H_{SM} = \frac{ASIUHS}{\Delta T} \times FA$$

I valori di ASIUHS/T, calcolati per ogni punto della griglia INGV, sono riportati in un file all_4_coord.kmz (cartella Allegato_4.zip) disponibile nella pagina web dedicata agli indirizzi per gli studi di microzonazione sismica a cura del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli dell'Emilia Romagna. Per il sito in esame si ottiene, attraverso un'interpolazione lineare dei dati, un valore di: ASIUHS/DT = **372.84** cm/sec²
 per cui essendo: F.A. SA1 (0,1-0,5) = 1.80 si ottiene: HSM (0.1-0.5) = cm/sec² 671.11

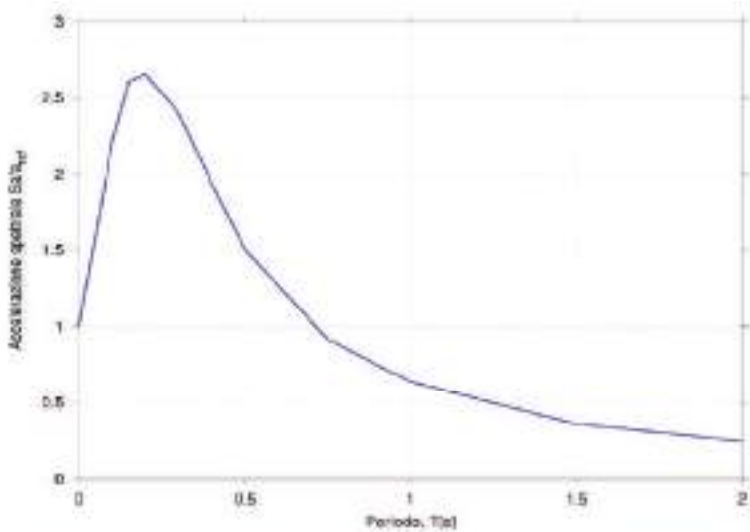
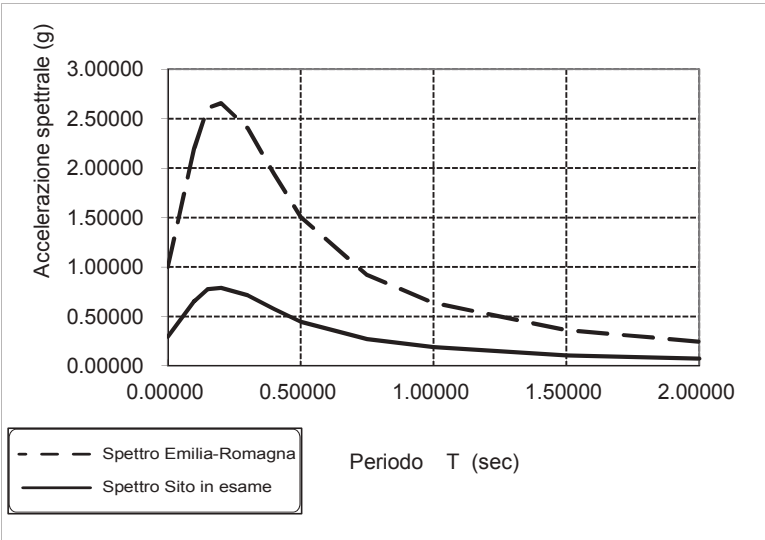
Riassumendo per il territorio preso in esame si ha:

Comune:			FUSIGNANO	
Zona sismica 2003:			2	
Accelerazione max orizz.: Arefg			0.175	(Indirizzi microzonazione E-R; L.R.2015)
Vs30 (m/sec)			173.89	
Categoria di Suolo			D	(D.M. 17.01.2018)
(PGA/PGA ₀)	F.A. P.G.A.		1.7	(da tab. D.GR. Em.Romagna n° 630/2019)
(SA/SA ₀)	F.A. SA1	0,1s<T<0,5s	1.8	
(SA/SA ₀)	F.A. SA2	0,4s<T<0,8s	2.7	
(SA/SA ₀)	F.A. SA3	0,7s<T<1,1s	3.3	
(SA/SA ₀)	F.A. SA4*	0,5s<T<1,5s	3.2	
(SI/SI ₀)	F.A. SI1	0,1s<T<0,5s	2	(intervalli di periodo per l'intensità di Housner per strutture basse max. 4-5 piani, regolari e rigide)
(SI/SI ₀)	F.A. SI2	0,5s<T<1,0s	3.1	(intervalli di periodo per l'intensità di Housner per strutture più alte e flessibili)
(SI/SI ₀)	F.A. SI3*	0,5s<T<1,5s	3.5	
HSM (0.1-0.5) = cm/sec²			671.11	(da D.GR. Em.Romagna n° 630/2019)
FATTORE St			1	(coefficiente amplificazione topografica)

Per la definizione del moto di riferimento (All. 4) viene riportata la forma dello spettro di risposta normalizzato rappresentativo del moto sismico atteso per un periodo di ritorno di 475 anni (con smorzamento pari al 5%) in Emilia-Romagna.

Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per **FUSIGNANO** e per il sito in esame stimeremo lo spettro di risposta moltiplicando i valori spettro del comune per F.A. stimati in precedenza ottenendo una accelerazione max attesa al suolo di: **A max= g 0.2975**

T (s)	Sa/aref	Sa/PGA
0.00000	1.00000	0.29750
0.10000	2.21000	0.65748
0.15000	2.60800	0.77588
0.20000	2.65620	0.79022
0.30000	2.40330	0.71498
0.40000	1.93940	0.57697
0.50000	1.50500	0.44774
0.75000	0.91720	0.27287
1.00000	0.63590	0.18918
1.50000	0.36080	0.10734
2.00000	0.24620	0.07324



T(s)	Sa/aref
0.00	1.0000
0.10	2.2100
0.15	2.6080
0.20	2.6562
0.30	2.4033
0.40	1.9394
0.50	1.5050
0.75	0.9172
1.00	0.6359
1.50	0.3608
2.00	0.2462

Figura 1: Spettro di risposta normalizzato (Periodo di ritorno: 475 anni, smorzamento: 3% per l’Emilia-Romagna)

Tabella 1: Valori che definiscono lo spettro (anche figura 1)

- POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (DGR Emilia Romagna n° 630/2019 - DM 17.01.2018).

Tiene conto anche della magnitudo del terremoto nel rapporto di sforzo ciclico indotto, tramite una modifica della nota espressione di Seed ed Idriss, introducendo un fattore correttivo funzione della Magnitudo (Adottato dal C.N.R. nel 1985).

SISMA DI PROGETTO (cenni teorici)

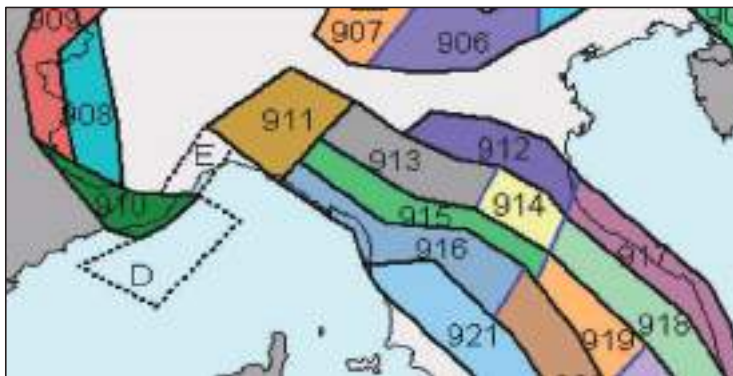
Nella zona si sono verificati numerosi terremoti per un raggio di Km. **20** centrato su **Fusignano**. Si apprende di una serie di eventi con intensità massima del **7** ° grado della Scala Mercalli mod. e con ipocentri localizzati a circa Km. **10** di profondità (R = distanza dal fuoco). In prima approssimazione la magnitudo della scala Richter (M) è ricavabile dalle seguenti espressioni :

$$M = 0,6 * I + \log R + 0,4 = 5.60$$

$$M = 0,53 * I + 0,96 = 4.67$$

Considerando la zona sismogenetica: Zs = **914**

per la verifica assumiamo una magnitudo di riferimento **Mw = 6.14** (INGV Zonazione sismogenetica Z9)



Numero ZS	Zone ZS	Mw (max)
922, 936	Colli Albani, Etna	5.45
928	Ischia, Vesuvio	5.91
901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	Sarola, Valtese, Grigioni-Valtellina, Trieste-Monte Nevoso, Bergamasco, Piemonte, Alpi Occidentali, Tortona-Bobbio, Dorsale Ferrarese, Appennino Emilian-Romagnolo, Forlivese, Versilia-Chianti, Rimini-Ancona, Val di Chiana, Ciociaria, Etruria, Basilento, Eolie-Patti, Sicilia settentrionale, Belice	6.14

Per la valutazione delle accelerazioni massime riferite al suolo vengono proposte le correlazioni utilizzate da Kawashima (1981). I depositi vengono distinti in base al grado di consolidazione :

- 1) Depositi consolidati
- 2) Depositi medio-consolidati
- 3) Depositi soffici

Nel nostro caso possiamo considerare : **> 3** **Distanza dall'epicentro 10 Km.**
) Depositi soffici

Si ha quindi : $a_{max} = 402,8 * 10^{-0,265M / (dist.epicentro + 30)^{1,218}} = \text{cm/sec}^2 \ 178.58$

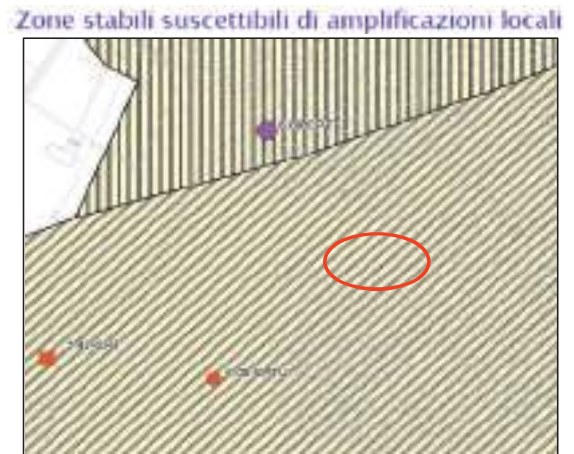
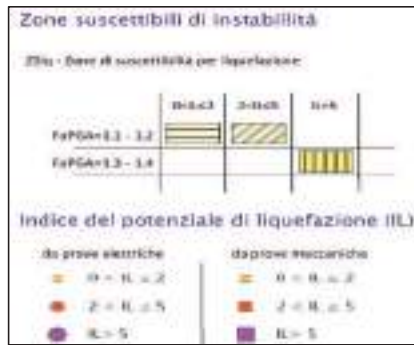
- INDICE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Metodo Boulanger e Idriss, 2014 - Seed e Idriss, 1983).

Il Decreto Ministeriale 14.09.2005 ed il successivo D.M. 17.01.2018 contengono nuove disposizioni in materia di classificazione sismica e di normativa tecnica.

Il numero delle zone sismiche viene riportato qui di seguito unitamente ai valori di accelerazione orizzontale (ag/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico:

Zona 2003	Valore di ag	Comune: FUSIGNANO
1	0.35	Zona sismica 2003: 2
2	0.25	1. Accel.max orizz.RER: 0.175
3	0.15	(Rischio Sismico E/R - 2016)
4	0.05	2. Accelerazione orizz.: 0.25

Considerando il fattore di amplificazione F.PGA relativo alla zona in esame del comune di: FUSIGNANO come emerge dagli studi di microzonazione sismica (terzo livello di approfondimento) approvati dalla Regione Emilia-Romagna LR 77/2009 (consultabili all'indirizzo: <http://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/pnsrs>), si ha:



Fa (PGA) = **1.70**

a max = accelerazione massima al suolo * F.A. = **297.50**

da adottare per l'area considerata.

A questo punto si ricava il fattore di resistenza alla liquefazione :

risultare maggiore di 1,0 onde verificare la non liquefacibilità dello strato considerato.

CSR = a max/g*sigma v/sigma' v * rd * rn

CRR = $0,45 \cdot 0,57 \cdot [(16 \cdot (N1 + DNf)^{0,5}) / 100 + [(16 \cdot (N1 + DNf)^{0,5} / 75)^{14}]$

Dove :

rd = coeff. di smorzamento in funzione della profondità = $1 - 0,015 \cdot z$

rn = coeff. correttivo in funzione della magnitudo = $0,1 \cdot (M - 1)$

N1 = $(1,7 / (\sigma' v + 0,7)) \cdot N_{spt}$

DNf = "5" per le sabbie limose a spigoli vivi

Prova **SCPT** **1** Prof.falda idrica ml. **2.80**

Profondità strato (ml)	Sigma v daN/cm ²	Sigma' v daN/cm ²	Rp kg/cm ²	N1	rd	rn	DNf	Possibilità liquefazione	FL liq
4.2	0.588	0.532	13	6	0.94	0.51	5	POSSIBILE	0.85
4.8	0.672	0.592	15	7	0.93	0.51	5	POSSIBILE	0.87
7	0.980	0.812	11	4	0.90	0.51	5	POSSIBILE	0.74
7.6	1.064	0.872	11	4	0.89	0.51	5	POSSIBILE	0.73
8.2	1.148	0.932	8	3	0.88	0.51	5	POSSIBILE	0.68

Per tener conto della **frazione argillosa** Ishihara (1985), elaborando i risultati di prove triassiali cicliche, ha fornito la seguente correlazione (per C>10%) :

$$Rp2 = Rp1 + 26 \log FC *$$

Dove : **FC** = peso della frazione argillosa (passante #200) = **10** %

Rp1 = (Nspt*Alfa); dove Alfa è il coeff. usato per la correlazione con Rp pari a 3-4= **4**

L'indice del potenziale di liquefazione viene valutato con la relazione: $IL = da\ 0\ a\ 20 - F(z) \cdot w(z) \cdot dz$:

con: $w(z) = 200 / Z_{crit} \times (1 - Z / Z_{crit})$ con Z=profondità strato e $Z_{crit} = 20$ metri. La variabile F(z) vale (Sonmez, 2003):

$F(z) = 0$ per $FL \geq 1.2$ - $F(z) = 2 \times 10^{-6} \times \exp(-18.427 \times FL)$ per $1.2 > FL \geq 0.95$ - con $FL < 0.95$: $F(z) = 1 - FL$

Prof. z (ml.)	FL	F(z)	w(z)	IL	da cui deriva il rischio di liquefazione
4.20	0.85	0.346	7.90	2.7	MODERATO
4.80	0.87	0.333	7.60	2.5	MODERATO
7.00	0.74	0.461	6.50	3.0	MODERATO
7.60	0.73	0.469	6.20	2.9	MODERATO
8.20	0.68	0.520	5.90	3.1	MODERATO

(Microzonazione Sismica Regione Emilia-Romagna DGR 630/2019)

* FC è il contenuto di fine espresso in %. In assenza di dati specifici per il sito, FC può essere stimato con l'espressione empirica: $FC = 80 \cdot Ic - 137$ in cui Ic è l'indice di classificazione del terreno da

prova CPT proposto da Robertson (1990):

con

$$F = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}} \cdot 100$$

$$I_e = \sqrt{(\log F + 1.22)^2 + (\log Q_{t0} - 3.47)^2}$$

$$Q_{t0} = \left(\frac{q_c - \sigma_{v0}}{p_a} \right) \cdot \left(\frac{p_a}{\sigma'_{v0}} \right)^m$$

In base al valore stimato dell'indice del potenziale di liquefazione I_L si definiscono le seguenti classi di pericolosità (Sonmez, 2003):

$I_L = 0$ Non liquefacibile ($F_L \geq 1.2$)
 $0 < I_L \leq 2$ Potenziale basso
 $2 < I_L \leq 5$ Potenziale moderato
 $5 < I_L \leq 15$ Potenziale alto
 $15 < I_L$ Potenziale molto alto



Prova	SCPT	2	Prof.falda idrica ml.		2.80				
Profondità strato (ml)	Sigma v daN/cm ²	Sigma' v daN/cm ²	Rp kg/cm ²	N1	rd	m	DNf	Possibilità liquefazione	FL liq
6.2	0.868	0.732	11	4	0.91	0.51	5	POSSIBILE	0.75
7	0.960	0.812	11	4	0.90	0.51	5	POSSIBILE	0.74
7.2	1.008	0.832	19	7	0.89	0.51	5	POSSIBILE	0.87
7.4	1.036	0.852	11	4	0.89	0.51	5	POSSIBILE	0.73
10.6	1.484	1.172	10	3	0.84	0.51	5	POSSIBILE	0.70

Prof. z (ml.)	FL	F(z)	w(z)	IL	da cui deriva il rischio di liquefazione
6.20	0.75	0.448	6.90	3.1	MODERATO
7.00	0.74	0.461	6.50	3.0	MODERATO
7.20	0.87	0.334	6.40	2.1	MODERATO
7.40	0.73	0.466	6.30	2.9	MODERATO
10.60	0.70	0.499	4.70	2.3	MODERATO

Prova	SCPT	3	Prof.falda idrica ml.		2.80				
Profondità strato (ml)	Sigma v daN/cm ²	Sigma' v daN/cm ²	Rp kg/cm ²	N1	rd	m	DNf	Possibilità liquefazione	FL liq
3	0.420	0.412	19	10	0.96	0.51	5	IMPOSSIBILE	1.14
5	0.700	0.612	14	6	0.93	0.51	5	POSSIBILE	0.84
5.4	0.756	0.652	14	6	0.92	0.51	5	POSSIBILE	0.82
7.6	1.064	0.872	11	4	0.89	0.51	5	POSSIBILE	0.73
8.8	1.232	0.992	16	5	0.87	0.51	5	POSSIBILE	0.79

Prof. z (ml.)	FL	F(z)	w(z)	IL	da cui deriva il rischio di liquefazione
3.00	1.14	0.002	8.50	0.0	BASSO
5.00	0.84	0.361	7.50	2.7	MODERATO
5.40	0.82	0.375	7.30	2.7	MODERATO
7.60	0.73	0.469	6.20	2.9	MODERATO
8.80	0.79	0.407	5.60	2.3	MODERATO

Prova	SCPT	4	Prof.falda idrica ml.		2.80				
Profondità strato (ml)	Sigma v daN/cm ²	Sigma' v daN/cm ²	Rp kg/cm ²	N1	rd	rn	DNf	Possibilità liquefazione	FL liq
3	0.420	0.412	8	4	0.96	0.51	5	POSSIBILE	0.82
5.4	0.756	0.652	12	5	0.92	0.51	5	POSSIBILE	0.79
5.6	0.784	0.672	23	9	0.92	0.51	5	IMPOSSIBILE	1.02
6.2	0.868	0.732	12	5	0.91	0.51	5	POSSIBILE	0.77
6.6	0.924	0.772	18	7	0.90	0.51	5	POSSIBILE	0.86

Prof. z (ml.)	FL	F(z)	w(z)	IL	da cui deriva il rischio di liquefazione
3.00	0.82	0.363	8.50	3.3	MODERATO
5.40	0.79	0.412	7.30	3.0	MODERATO
5.60	1.02	0.013	7.20	0.1	BASSO
6.20	0.77	0.431	6.90	3.0	MODERATO
6.60	0.86	0.336	6.70	2.3	MODERATO

7.11.3.4 STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

7.11.3.4.1 Generalità

Il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

In assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali.

7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a liquefazione

La verifica a liquefazione **può essere omessa** quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
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;
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) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

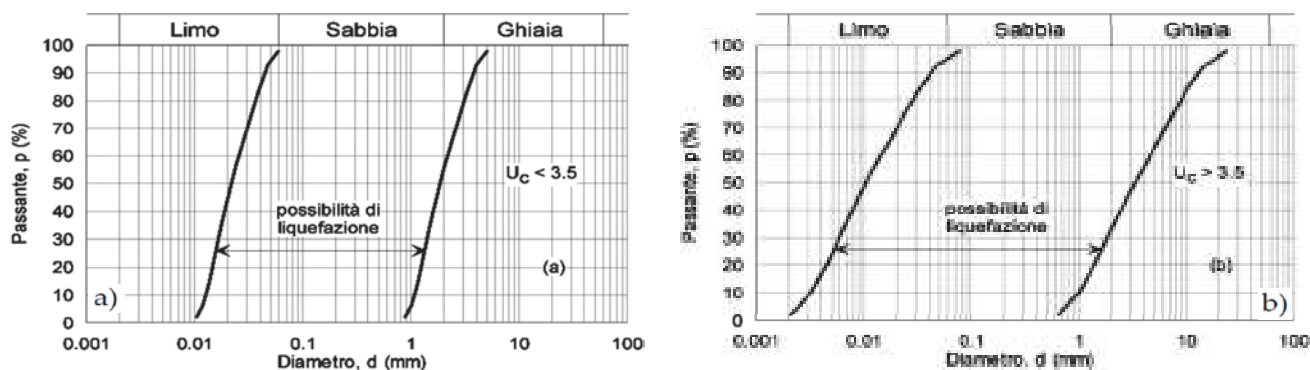


Fig. 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Quando la condizione 1 non risulti soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4.

7.11.3.4.3 Metodi di analisi

Quando nessuna delle condizioni del § 7.11.3.4.2 risulti soddisfatta e il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, occorre valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

Salvo utilizzare procedure di analisi avanzate, la verifica può essere effettuata con metodologie di tipo storico-empirico in cui il **coefficiente di sicurezza** viene definito dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione e la sollecitazione indotta dal terremoto di progetto. La resistenza alla liquefazione può essere valutata sulla base dei risultati di prove in sito o di prove cicliche di laboratorio. La sollecitazione indotta dall'azione sismica è stimata attraverso la conoscenza dell'accelerazione massima attesa alla profondità di interesse.

L'adeguatezza del margine di sicurezza nei confronti della liquefazione deve essere valutata e motivata dal progettista.

- CEDIMENTI POST-SISMICI (DGR Emilia Romagna n° 630/2019): EMELCA - FUSIGNANO.

Nel caso che i terreni risultino liquefacibili o suscettibili di significativi incrementi delle pressioni interstiziali durante l'evento sismico di riferimento devono esserne valutati gli effetti in termini di cedimenti permanenti post-sismici seguendo le indicazioni del paragrafo B).

Il cedimento permanente indotto dall'azione sismica in corrispondenza di una verticale di esplorazione si ottiene dalla somma dei contributi al cedimento stimati per i diversi strati del sottosuolo, fino alla quale tali contributi non sono più significativi. Il cedimento permanente post-sismico può dunque essere stimato con l'equazione

$$s = \sum_{i=1}^n \epsilon_{vi} \cdot \Delta z_i$$

in cui ϵ_{vi} è la deformazione volumetrica dello strato i-esimo
 Δz_i il suo spessore

I cedimenti conseguenti a liquefazione di terreni granulari saturi hanno luogo immediatamente dopo il terremoto o comunque in un tempo non superiore a un giorno, i cedimenti per densificazione di terreni granulari insaturi avvengono durante lo scuotimento sismico, mentre i cedimenti per consolidazione di terreni coesivi soffici possono richiedere tempi anche molto lunghi in funzione delle condizioni stratigrafiche e geotecniche.

- Calcolo cedimenti postsismici terreni granulari.

La deformazione volumetrica (e verticale) E_v nei terreni granulari saturi può essere stimata da prove CPT in funzione della resistenza di punta correlato con indice di compressione da prove edometriche:.

Spessore strato granulare (CPT n° 1) H = cm. 20

Prof. da ml. 4.00 0.00
a ml. 4.20 0.00

$ru = Du/s'vo = 0.30$ - rapporto di pressione interstiziale durante il terremoto di riferimento ($\geq 0,3$)

$Cc = 0.60$ - Indice di compressione da prove edometriche

$Cr = Cc * 0,225 = 0.1350$ - Indice di riconsolidazione postciclica

$eo = \% 0.65$ - Indice dei vuoti iniziale (sabbia sciolta 0,85 - densa 0,42)

$Alfa = 1.50$ - Costante sperimentale compresa tra 1,00 e 1,50

$Evr = alfa * Cr / 1+eo * \log (1/1-Do/s'vo) = 0.0190$ - deformazione volumetrica postciclica

Cedimenti strato DH = $Evr * H = \text{cm. } 0.38$

Spessore strato granulare (CPT n° 1) H = cm. 20

Prof. da ml. 4.60 0.00
a ml. 4.80 0.00

$ru = Du/s'vo = 0.30$ - rapporto di pressione interstiziale durante il terremoto di riferimento ($\geq 0,3$)

$Cc = 0.60$ - Indice di compressione da prove edometriche

$Cr = Cc * 0,225 = 0.1350$ - Indice di riconsolidazione postciclica

$eo = \% 0.65$ - Indice dei vuoti iniziale (sabbia sciolta 0,85 - densa 0,42)

$Alfa = 1.50$ - Costante sperimentale compresa tra 1,00 e 1,50

$Evr = alfa * Cr / 1+eo * \log (1/1-Do/s'vo) = 0.0190$ - deformazione volumetrica postciclica

Cedimenti strato DH = $Evr * H = \text{cm. } 0.38$ **Cedimento totale terreni granulari cm. 0.76**

- Calcolo cedimenti postsismici terreni coesivi soffici.

Nei depositi coesivi soffici ($cu \leq 70 \text{ kPa}$; $VS < 180 \text{ m/s}$) e plastici ($IP \geq 30\%$), in cui si prevede un incremento delle pressioni interstiziali durante l'azione sismica di riferimento, la deformazione volumetrica (e verticale) e quindi l'entità del cedimento di riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto può essere stimata:

Spessore strato coesivo (prova CPT n° 1) DH = cm.

80

Prof. da ml. 2.80

a ml. 3.60

$ru = Du/s'vo = 0.30$ - rapporto di pressione interstiziale durante il terremoto di riferimento (≥ 0.3)

$IP = \% 40$ - Indice di plasticità delle argille considerate

$Cc = 0,0348 + 0,0162 * IP = 0.68$ - Indice di compressione

$Cr = Cc * 0,225 = 0.15$ - Indice di riconsolidazione postciclica

$eo = \% 0.70$ - Indice dei vuoti iniziale

$\text{Alfa} = 1.50$ - Costante sperimentale compresa tra 1,00 e 1,50

$Evr = \text{alfa} * Cr / 1 + eo * \log (1/1 - Do/s'vo) = 0.0210$ - deformazione volumetrica postciclica

Cedimenti strato $DH = Evr * H = \text{cm.}$ 1.68

Spessore strato coesivo (prova CPT n° 1) DH = cm.

200

Prof. da ml. 5.00

a ml. 7.00

$ru = Du/s'vo = 0.30$ - rapporto di pressione interstiziale durante il terremoto di riferimento (≥ 0.3)

$IP = \% 39$ - Indice di plasticità delle argille considerate

$Cc = 0,0348 + 0,0162 * IP = 0.67$ - Indice di compressione

$Cr = Cc * 0,225 = 0.15$ - Indice di riconsolidazione postciclica

$eo = \% 0.80$ - Indice dei vuoti iniziale

$\text{Alfa} = 1.50$ - Costante sperimentale compresa tra 1,00 e 1,50

$Evr = \text{alfa} * Cr / 1 + eo * \log (1/1 - Do/s'vo) = 0.0194$ - deformazione volumetrica postciclica

Cedimenti strato $DH = Evr * H = \text{cm.}$ 3.87 **Cedimento totale terreni coesivi cm. 5.55**

FUSIGNANO - EMELCA, VIALE GARIBALDI LOTTIZZAZIONE

Strumento: TRZ-0033/01-09

Inizio registrazione: 19/10/01 14:23:59 Fine registrazione: 19/10/01 14:43:59

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 90% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

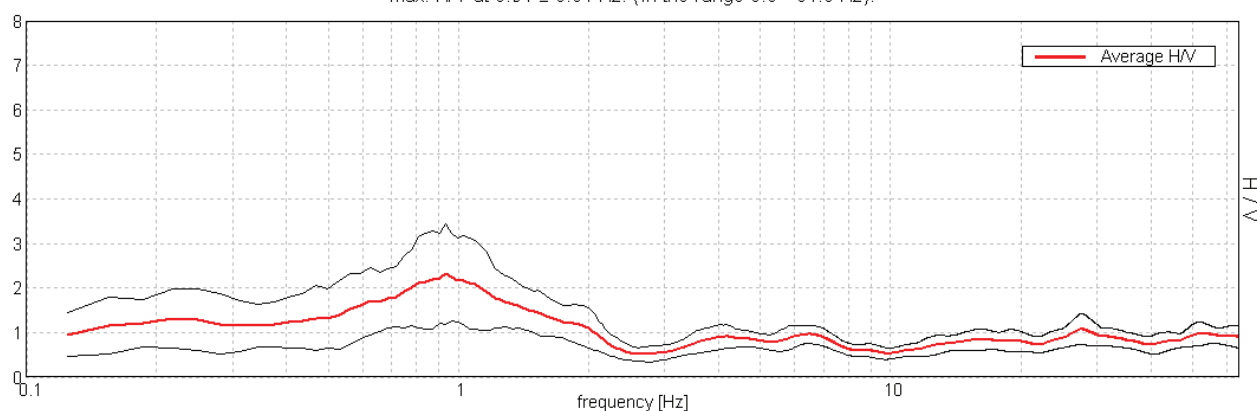
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

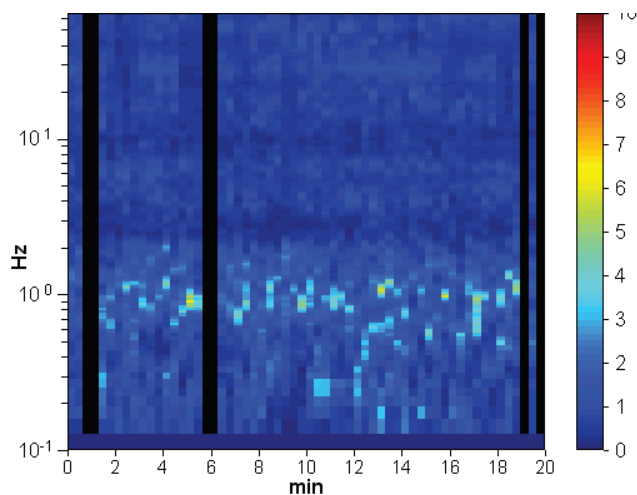
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

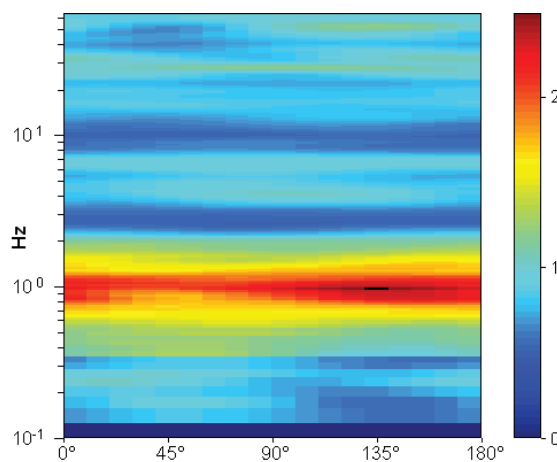
Max. H/V at 0.94 ± 0.04 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



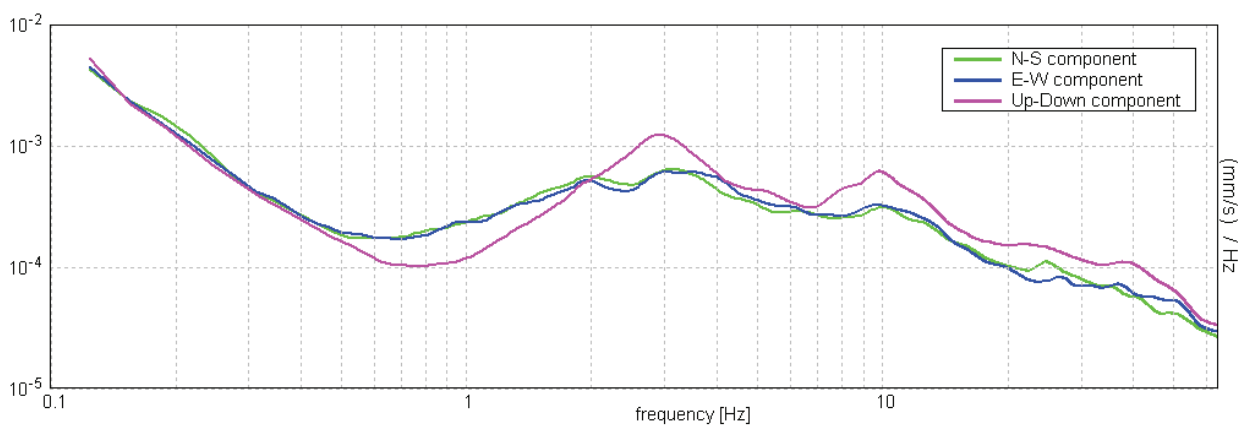
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V

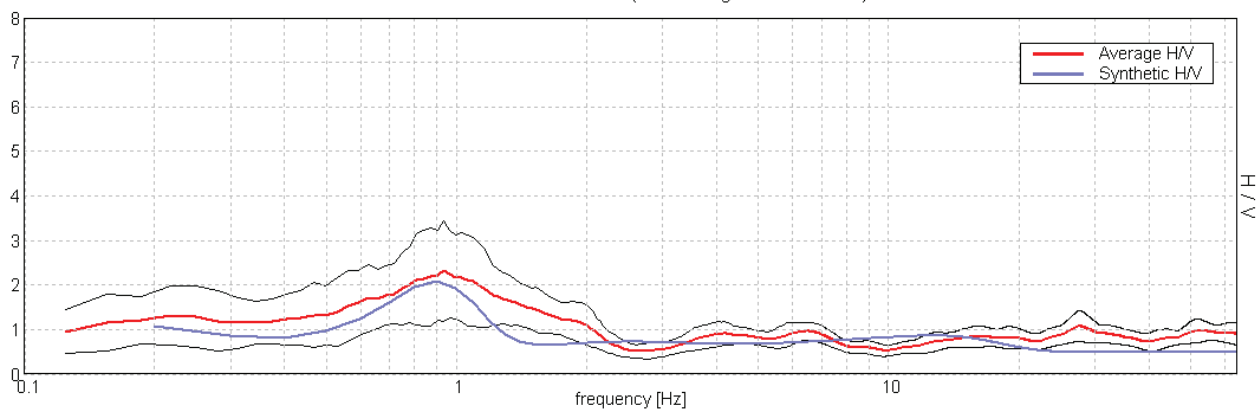


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



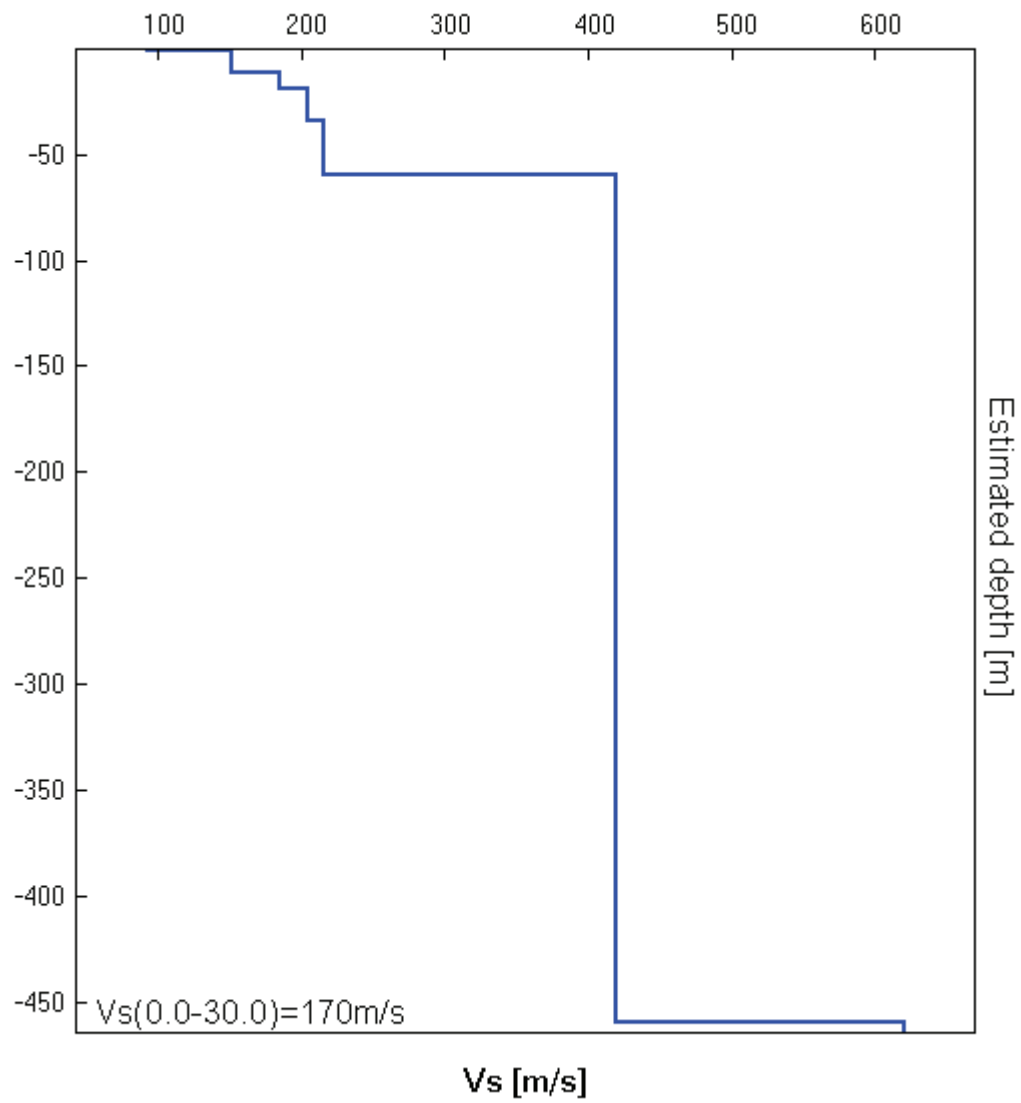
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 0.94 ± 0.04 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.50	1.50	92	0.25
11.50	10.00	152	0.30
19.50	8.00	185	0.30
34.50	15.00	205	0.30
59.50	25.00	215	0.30
459.50	400.00	420	0.35
inf.	inf.	620	0.35

$V_s(0.0-30.0)=170\text{m/s}$



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente**].

Picco H/V a 0.94 ± 0.04 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.94 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1012.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 46	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

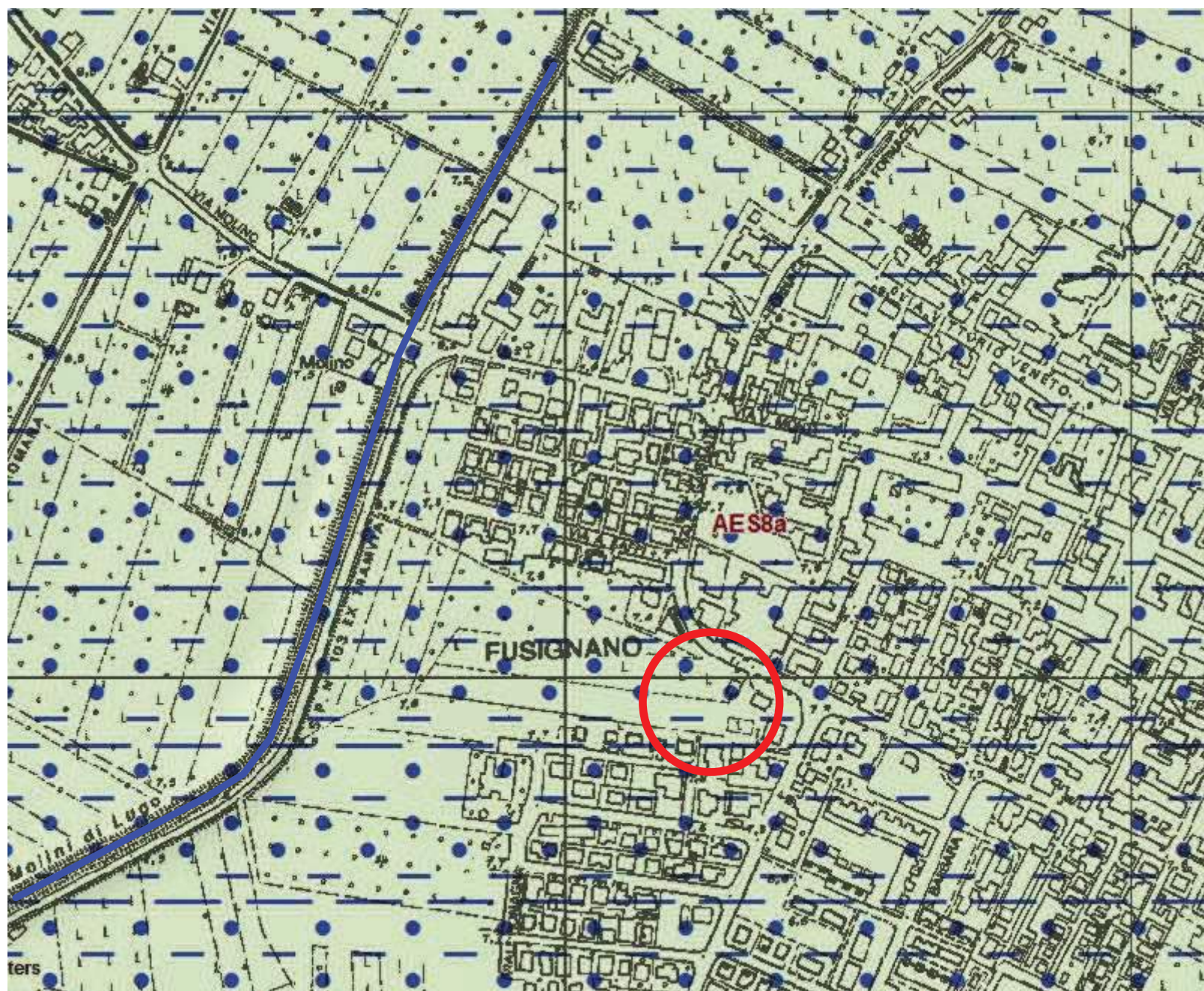
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.344 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.938 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.32 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$|0.01864| < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.01748 < 0.14063$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5563 < 2.0$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



LEGENDA:



Area intervento

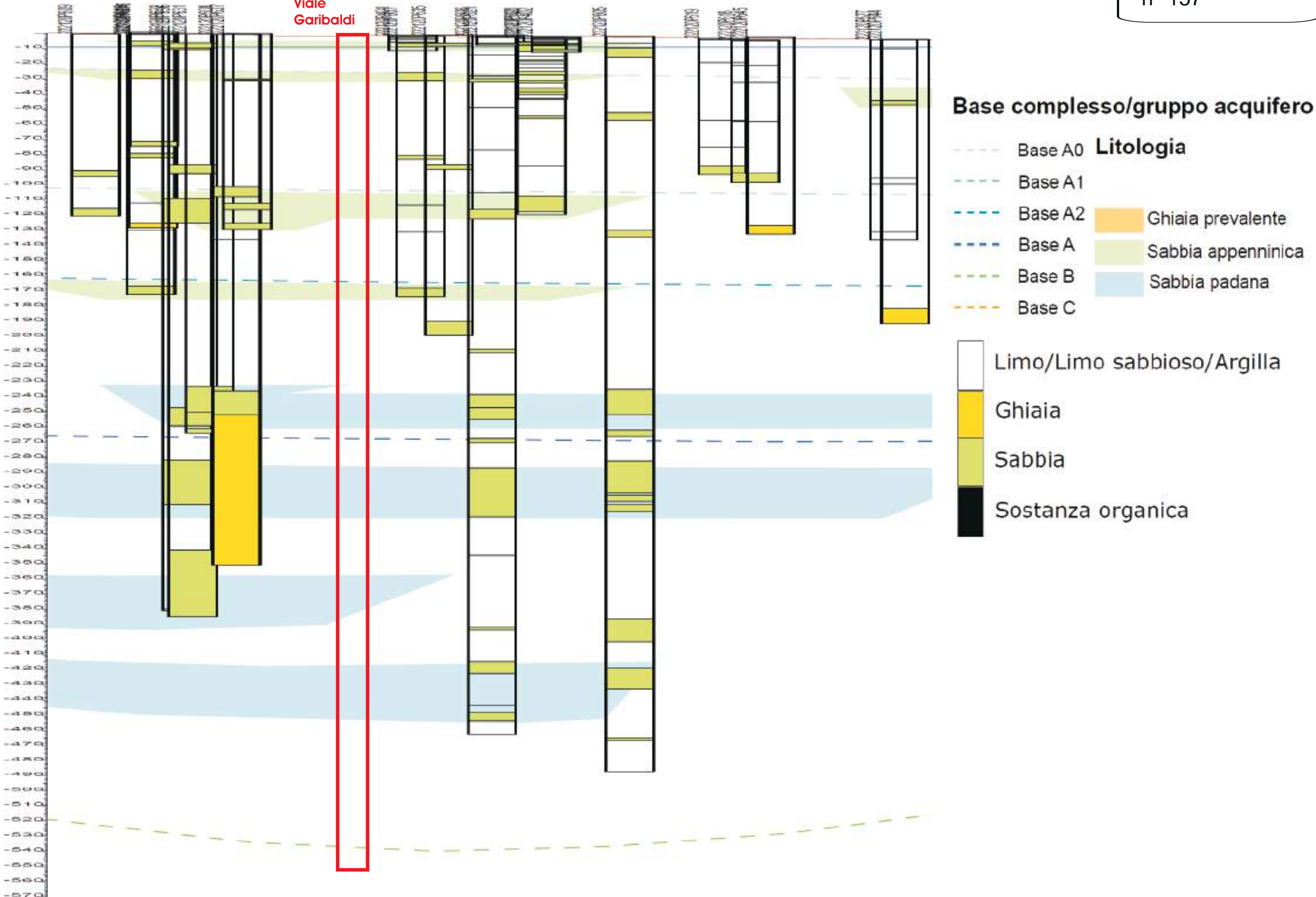


Alluvioni di pianura: Facies limoso-SABBIOSO
argillosa



Alveo Canale Molini

Viale
Garibaldi

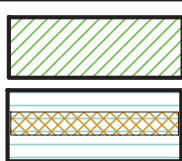




confini intervento

Stradello pedonale

LEGENDA:



Terreno rimaneggiato

Argilla e limi sabbiosi sciolti

SEZIONE GEOTECNICA

Scala 1:100

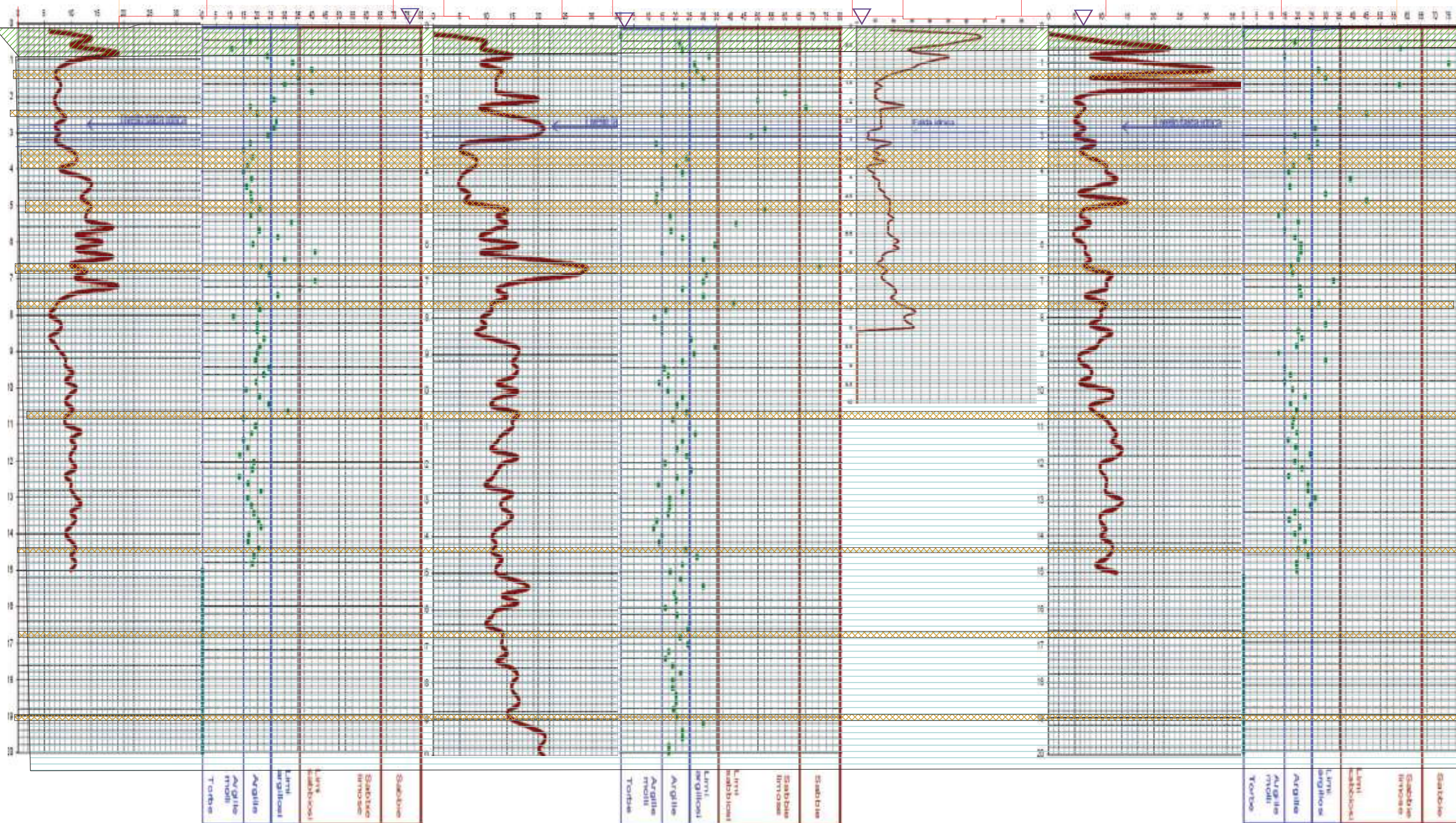
confini intervento

CPT
n° 2





CPT
n° 3

DPL
n° 5

CPT
n° 1



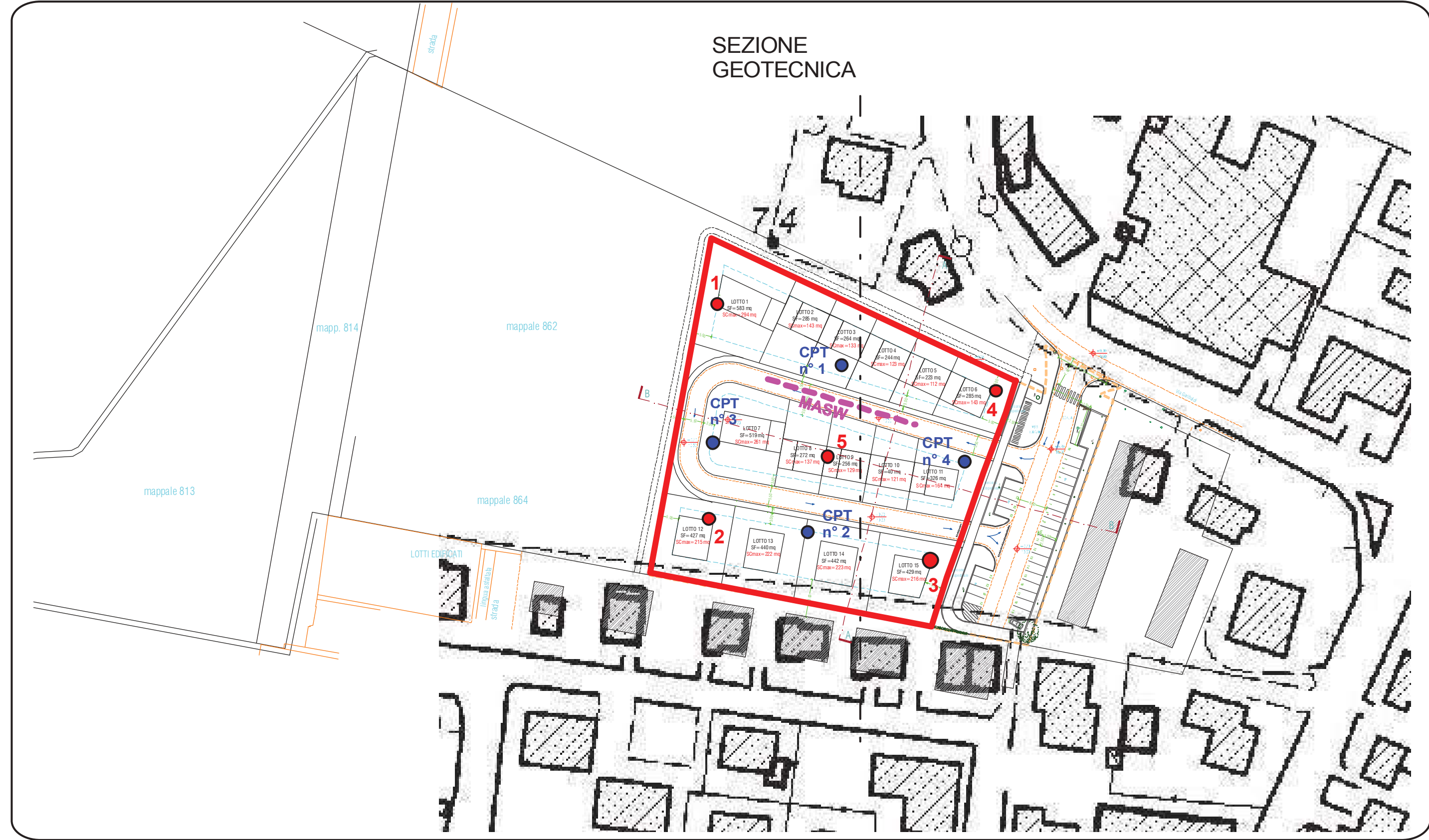
LEGENDA:

-  Area da edificare
-  Prova penetrometrica dinamica
-  CPT n° 1 Prova penetrometrica statica
-  Prova geofisica MASW

CARTA UBICAZIONE
PROVE

Scala 1:1.000

SEZIONE
GEOTECNICA

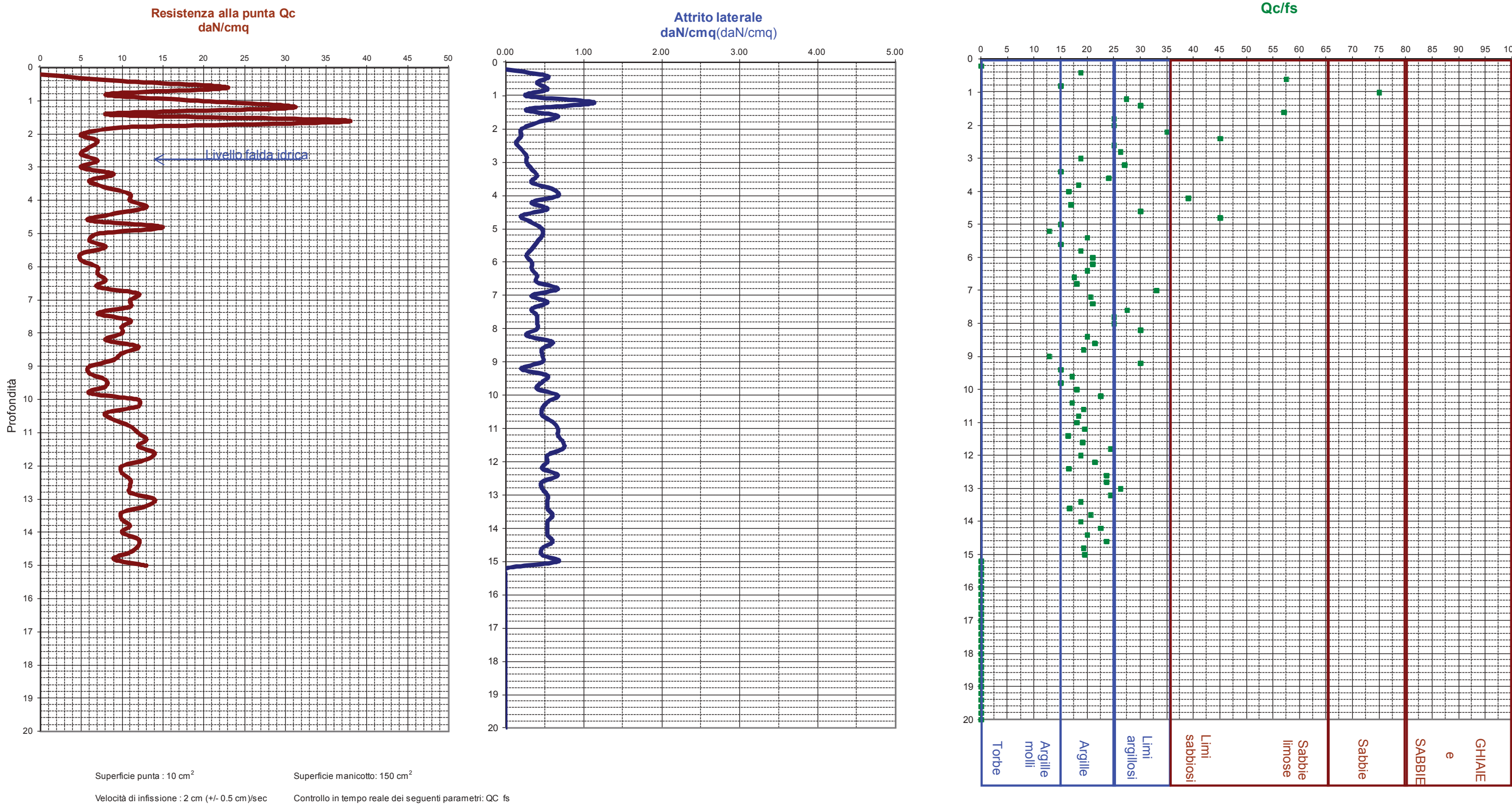


Dott. ANDREATTA GIANCARLO
GEOLOGO
Via XXV Aprile, 140 - CASTEL BOLOGNESE (Ra)
Via I° Maggio, 85/c - IMOLA (Bo)
Tel. 0546/656362 - cell. 333/2209149

PROVA penetrometrica statica C.P.T. n°1

Punta meccanica tipo "Begemann"

Committente: EMELCA
Località: via Garibaldi-Fusignano
Data: 19.10.2021
Profondità falda dal p.c. prova: 2.80 ml.

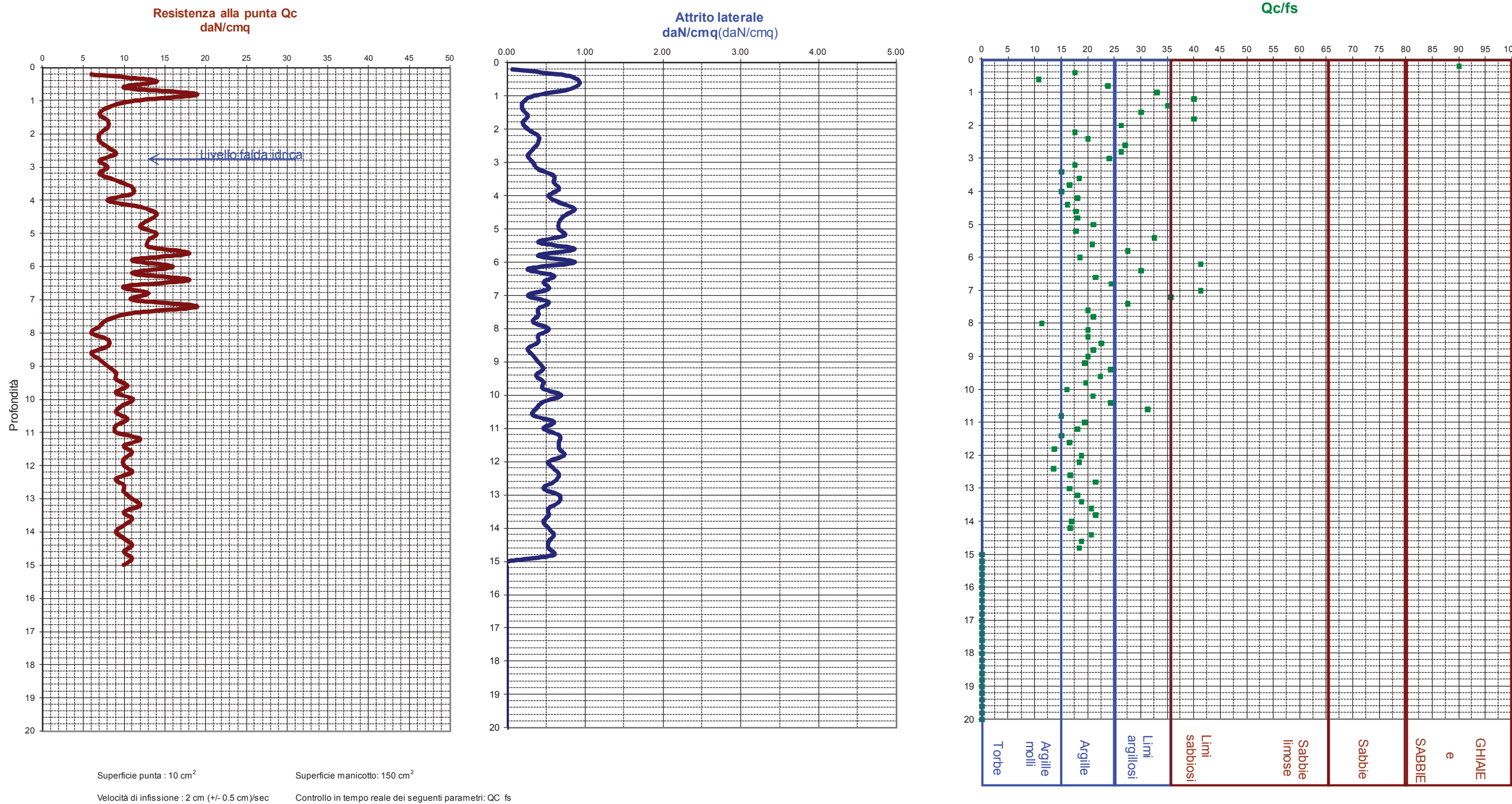


Dott. ANDREATTA GIANCARLO
GEOLOGO
Via XXV Aprile, 140 - CASTEL BOLOGNESE (Ra)
Via I° Maggio, 85/c - IMOLA (Bo)
Tel. 0546/656362 - cell. 333/2209149

PROVA penetrometrica statica C.P.T. n° 2

Punta meccanica tipo "Begemann"

Committente: EMELCA
Località: via Garibaldi-Fusignano
Data: 19.10.2021
Profondità falda dal p.c. prova: 2.80 ml.

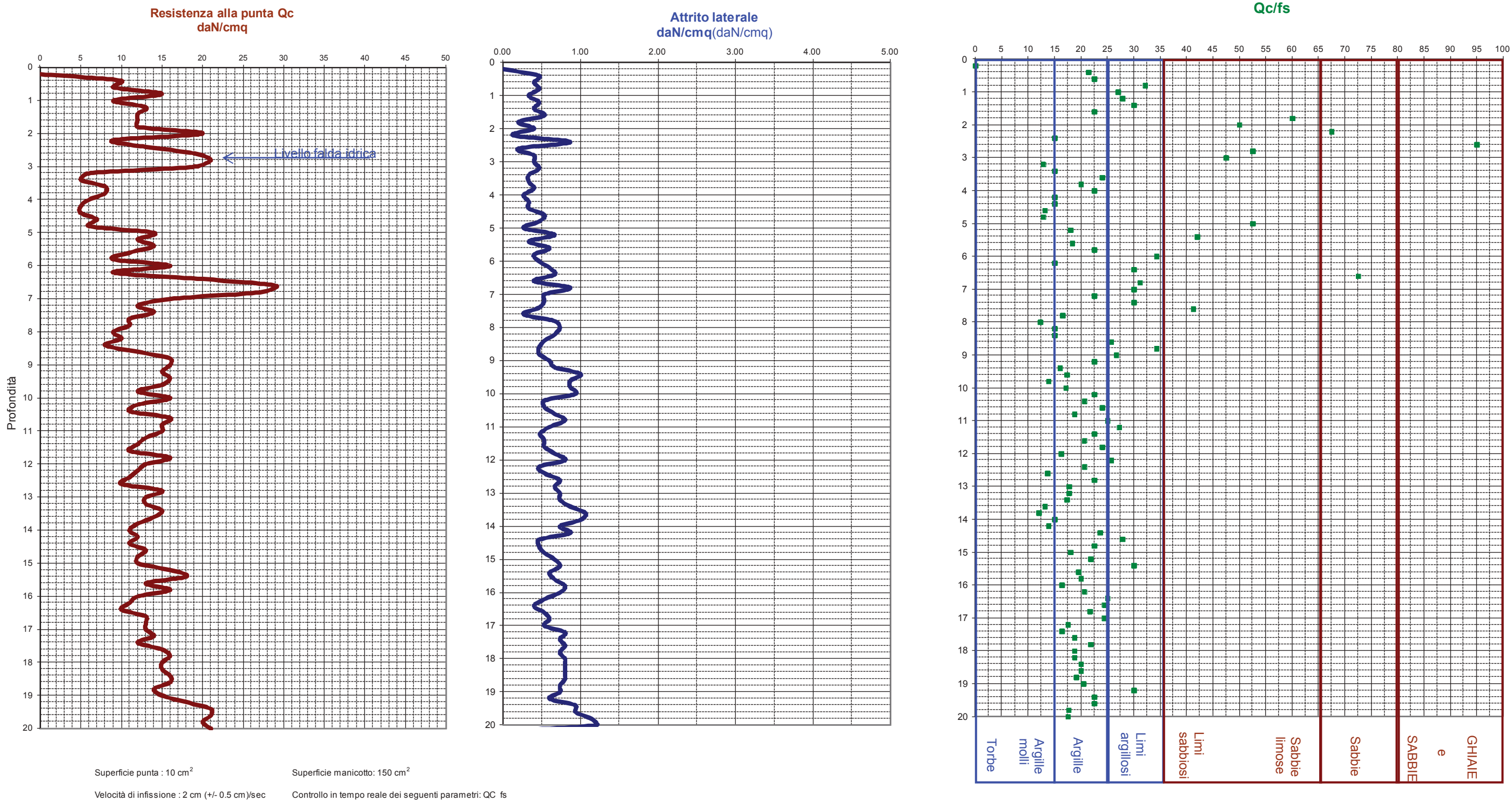


Dott. ANDREATTA GIANCARLO
GEOLOGO
Via XXV Aprile, 140 - CASTEL BOLOGNESE (Ra)
Via I° Maggio, 85/c - IMOLA (Bo)
Tel. 0546/656362 - cell. 333/2209149

PROVA penetrometrica statica C.P.T. n° 3

Punta meccanica tipo "Begemann"

Committente: EMELCA
Località: via Garibaldi-Fusignano
Data: 19.10.2021
Profondità falda dal p.c. prova: 2.80 ml.

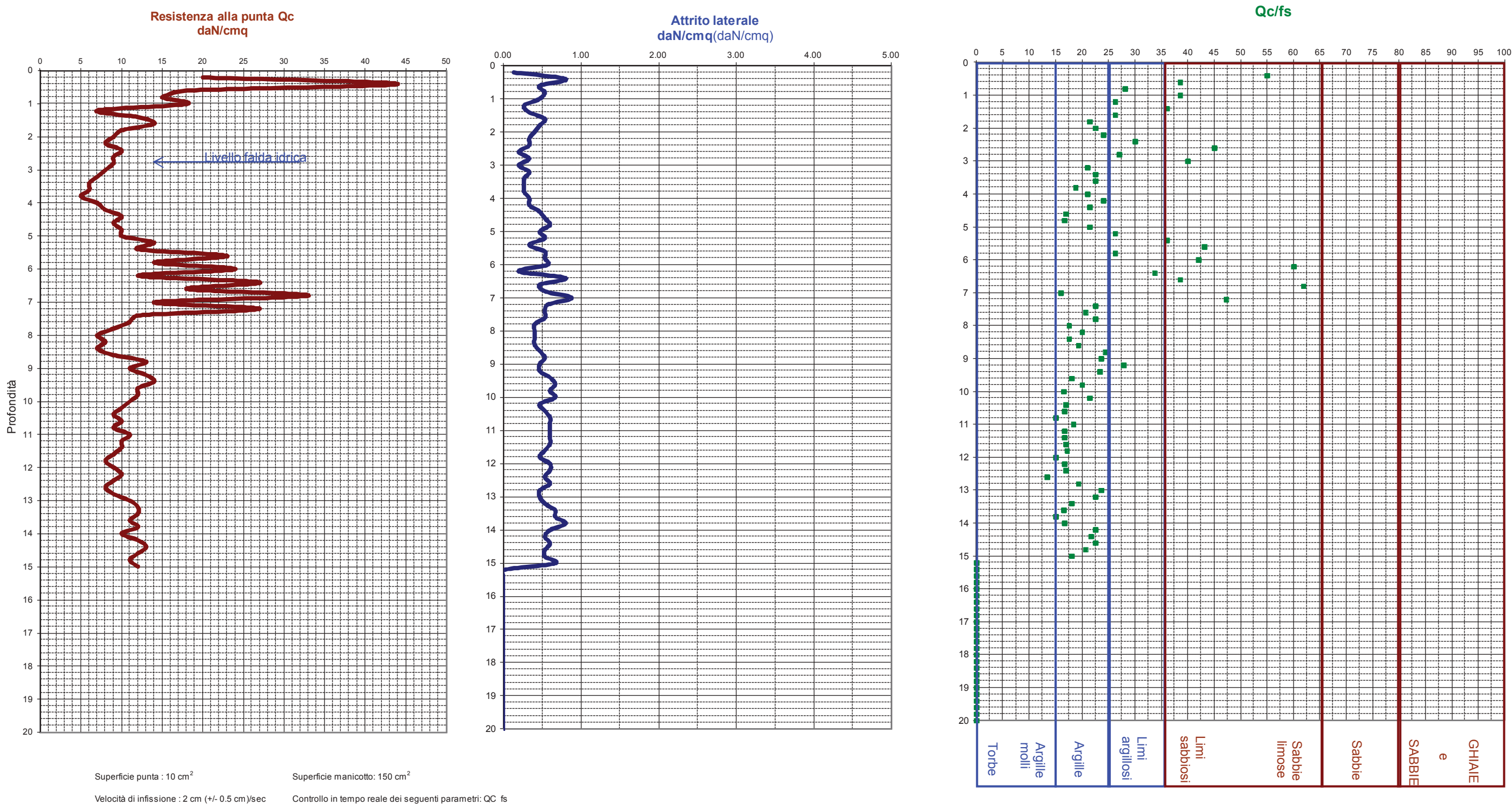


Dott. ANDREATTA GIANCARLO
GEOLOGO
Via XXV Aprile, 140 - CASTEL BOLOGNESE (Ra)
Via I° Maggio, 85/c - IMOLA (Bo)
Tel. 0546/656362 - cell. 333/2209149

PROVA penetrometrica statica C.P.T. n°4

Punta meccanica tipo "Begemann"

Committente: EMELCA
Località: via Garibaldi-Fusignano
Data: 19.10.2021
Profondità falda dal p.c. prova: 2.80 ml.



PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PENETROMETRICA STATICA						N°	1				
Località :		via Garibaldi-Fusignano		Committente :		EMELCA		Data :		19.10.2021	
Prof.	Rp	RI	STRATIGRAFIA	Colonna	Falda	ADDENSAMENTO (sabbia)	Gamma t'	Densità	Angolo Attrito	K	
ml.	daN/cmq		SCHMERTMANN	stratigrafica	idrica	CONSISTENZA (argilla)	daN/mc	ed I.C.	e coesione	Wink.	
0											
0.2	0										
0.4	10	0.533	Argilla compatta	|| || || || || ||		Mediamente consistente	1753	0.37	0.5	daN/cmq 3.0	
0.6	23	0.400	SABBIA	..°°°°°°°°°°°°°°		POCO ADDENSATA	1600	27 %	31 °	2.2	
0.8	8	0.533	Argilla organica	//////////		Mediamente consistente	1720	0.5	0.4	daN/cmq 4.0	
1	20	0.267	SABBIA SCIOLTA	..°°°°°°°°°°		POCO ADDENSATA	1600	23 %	31 °	1.9	
1.2	31	1.133	Argilla limosa e sabbiosa	!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!		Molto consistente	1922	0.79	1.55	daN/cmq 9.0	
1.4	8	0.267	Argilla limosa e sabbiosa	!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!		Scarsamente consistente	1720	0.25	0.4	daN/cmq 2.0	
1.6	38	0.667	SABBIA	..°°°°°°°°°°°°°°		MEDIAMENTE ADDENSATA	1700	37 %	33 °	4.0	
1.8	10	0.400	Argilla media	|||||||||		Mediamente consistente	1753	0.43	0.5	daN/cmq 3.5	
2	5	0.200	Argilla tenera	|||||||		Mediamente consistente	1650	0.31	0.25	daN/cmq 2.5	
2.2	7	0.200	SABBIA ARGILLOSA TENERA	|||°°°°°°°°°°		SCARSAMENTE ADDENSAT,	1500	16 %	28 °	0.6	
2.4	6	0.133	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO	==:==:==:== ==:==		SCARSAMENTE ADDENSAT,	1500	16 %	28 °	0.6	
2.6	5	0.200	Argilla tenera	|||||||		Mediamente consistente	1650	0.31	0.25	daN/cmq 2.5	
2.8	7	0.267	Argilla tenera	|||||||	<H2O	Mediamente consistente	700	0.43	0.35	daN/cmq 3.5	
3	5	0.267	Argilla tenera	|||||||		Mediamente consistente	650	0.31	0.25	daN/cmq 2.5	
3.2	9	0.333	Argilla media	|||||||||		Mediamente consistente	737	0.37	0.45	daN/cmq 3.0	
3.4	6	0.400	Argilla organica/torba	/\V\V\V\V\		Scarsamente consistente	677	0.37	0.3	daN/cmq 3.0	
3.6	8	0.333	Argilla media	|||||||||		Mediamente consistente	720	0.31	0.4	daN/cmq 2.5	
3.8	11	0.600	Argilla compatta	|| || || || || ||		Mediamente consistente	767	0.37	0.55	daN/cmq 3.0	
4	11	0.667	Argilla organica	//////////		Consistente (compatta)	767	0.61	0.55	daN/cmq 6.0	
4.2	13	0.333	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO	==:~==:~==:~ ==:~==		POCO ADDENSATA	600	23 %	31 °	1.9	
4.4	9	0.533	Argilla organica	//////////		Consistente (compatta)	737	0.53	0.45	daN/cmq 4.5	
4.6	6	0.200	Argilla tenera	|||||||		Mediamente consistente	677	0.37	0.3	daN/cmq 3.0	
4.8	15	0.333	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO	==:~==:~==:~ ==:~==		POCO ADDENSATA	600	27 %	31 °	2.2	
5	7	0.467	Argilla organica	//////////		Mediamente consistente	700	0.43	0.35	daN/cmq 3.5	
5.2	6	0.467	Argilla organica/torba	/\V\V\V\V\		Scarsamente consistente	677	0.37	0.3	daN/cmq 3.0	
5.4	8	0.400	Argilla media	|||||||||		Mediamente consistente	720	0.31	0.4	daN/cmq 2.5	
5.6	5	0.333	Argilla organica/torba	/\V\V\V\V\		Scarsamente consistente	650	0.31	0.25	daN/cmq 2.5	
5.8	5	0.267	Argilla tenera	|||||||		Mediamente consistente	650	0.31	0.25	daN/cmq 2.5	
6	7	0.333	Argilla media	|||||||||		Mediamente consistente	700	0.31	0.35	daN/cmq 2.5	
6.2	7	0.333	Argilla media	|||||||||		Mediamente consistente	700	0.31	0.35	daN/cmq 2.5	
6.4	8	0.400	Argilla media	|||||||||		Mediamente consistente	720	0.31	0.4	daN/cmq 2.5	
6.6	7	0.400	Argilla organica	//////////		Mediamente consistente	700	0.43	0.35	daN/cmq 3.5	
6.8	12	0.667	Argilla compatta	|| || || || || ||		Mediamente consistente	780	0.43	0.6	daN/cmq 3.5	
7	11	0.333	Argilla limosa e sabbiosa	!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!		Mediamente consistente	767	0.37	0.55	daN/cmq 3.0	
7.2	11	0.533	Argilla media	|||||||||		Mediamente consistente	767	0.43	0.55	daN/cmq 3.5	
7.4	7	0.333	Argilla media	|||||||||		Mediamente consistente	700	0.31	0.35	daN/cmq 2.5	
7.6	11	0.400	Argilla limosa e sabbiosa	!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!		Mediamente consistente	767	0.37	0.55	daN/cmq 3.0	
7.8	10	0.400	Argilla media	|||||||||		Mediamente consistente	753	0.43	0.5	daN/cmq 3.5	
8	10	0.400	Argilla media	|||||||||		Mediamente consistente	753	0.43	0.5	daN/cmq 3.5	
8.2	8	0.267	Argilla limosa e sabbiosa	!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!		Scarsamente consistente	720	0.25	0.4	daN/cmq 2.0	
8.4	12	0.600	Argilla compatta	|| || || || || ||		Mediamente consistente	780	0.43	0.6	daN/cmq 3.5	
8.6	10	0.467	Argilla media	|||||||||		Mediamente consistente	753	0.43	0.5	daN/cmq 3.5	
8.8	9	0.467	Argilla media	|||||||||		Mediamente consistente	737	0.37	0.45	daN/cmq 3.0	
9	6	0.467	Argilla organica/torba	/\V\V\V\V\		Scarsamente consistente	677	0.37	0.3	daN/cmq 3.0	
9.2	6	0.200	Argilla tenera	|||||||		Mediamente consistente	677	0.37	0.3	daN/cmq 3.0	
9.4	8	0.533	Argilla organica	//////////		Mediamente consistente	720	0.5	0.4	daN/cmq 4.0	
9.6	8	0.467	Argilla organica	//////////		Mediamente consistente	720	0.5	0.4	daN/cmq 4.0	
9.8	6	0.400	Argilla organica/torba	/\V\V\V\V\		Scarsamente consistente	677	0.37	0.3	daN/cmq 3.0	
10	12	0.667	Argilla compatta	|| || || || || ||		Mediamente consistente	780	0.43	0.6	daN/cmq 3.5	
10.2	12	0.533	Argilla compatta	|| || || || || ||		Mediamente consistente	780	0.43	0.6	daN/cmq 3.5	
10.4	8	0.467	Argilla organica	//////////		Mediamente consistente	720	0.5	0.4	daN/cmq 4.0	
10.6	9	0.467	Argilla media	|||||||||		Mediamente consistente	737	0.37	0.45	daN/cmq 3.0	
10.8	11	0.600	Argilla compatta	|| || || || || ||		Mediamente consistente	767	0.37	0.55	daN/cmq 3.0	
11	12	0.667	Argilla compatta	|| || || || || ||		Mediamente consistente	780	0.43	0.6	daN/cmq 3.5	
11.2	13	0.667	Argilla compatta	|| || || || || ||		Mediamente consistente	792	0.5	0.65	daN/cmq 4.0	
11.4	12	0.733	Argilla organica	//////////		Consistente (compatta)	780	0.64	0.6	daN/cmq 7.0	
11.6	14	0.733	Argilla compatta	|| || || || || ||		Mediamente consistente	803	0.5	0.7	daN/cmq 4.0	
11.8	13	0.533	Argilla compatta	|| || || || || ||		Mediamente consistente	792	0.5	0.65	daN/cmq 4.0	
12	10	0.533	Argilla compatta	|| || || || || ||		Mediamente consistente	753	0.37	0.5	daN/cmq 3.0	
12.2	10	0.467	Argilla media	|||||||||		Mediamente consistente	753	0.43	0.5	daN/cmq 3.5	
12.4	11	0.667	Argilla organica	//////////		Consistente (compatta)	767	0.61	0.55	daN/cmq 6.0	
12.6	11	0.467	Argilla media	|||||||||		Mediamente consistente	767	0.43	0.55	daN/cmq 3.5	
12.8	11	0.467	Argilla media	|||||||||		Mediamente consistente	767	0.43	0.55	daN/cmq 3.5	
13	14	0.533	Argilla limosa e sabbiosa	!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!		Mediamente consistente	803	0.43	0.7	daN/cmq 3.5	
13.2	13	0.533	Argilla compatta	|| || || || || ||		Mediamente consistente	792	0.5	0.65	daN/cmq 4.0	
13.4	10	0.533	Argilla compatta	|| || || || || ||		Mediamente consistente	753	0.37	0.5	daN/cmq 3.0	
13.6	10	0.600	Argilla organica	//////////		Consistente (compatta)	753	0.57	0.5	daN/cmq 5.0	
13.8	11	0.533	Argilla media	|||||||||		Mediamente consistente	767	0.43	0.55	daN/cmq 3.5	
14	10	0.533	Argilla compatta	|| || || || || ||		Mediamente consistente	753	0.37	0.5	daN/cmq 3.0	
14.2	12	0.533	Argilla compatta	|| || || || || ||		Mediamente consistente	780	0.43	0.6	daN/cmq 3.5	
14.4	12	0.600	Argilla compatta	|| || || || || ||		Mediamente consistente	780	0.43	0.6	daN/cmq 3.5	
14.6	11	0.467	Argilla media	|||||||||		Mediamente consistente	767	0.43	0.55	daN/cmq 3.5	
14.8	9	0.467	Argilla media	|||||||||		Mediamente consistente	737	0.37	0.45	daN/cmq 3.0	
15	13										
15.2	0										
15.4	0										
15.6	0										
15.8	0										
16	0										
16.2	0										
16.4	0										
16.6	0										
16.8	0										
17	0										
17.2	0										
17.4	0										
17.6	0										
17.8	0										
18	0										
18.2	0										
18.4	0										
18.6	0										

PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PENETROMETRICA STATICA						N°	2				
Località :		via Garibaldi-Fusignano		Committente :		EMELCA		Data :		19.10.2021	
Prof.	Rp	RI	STRATIGRAFIA	Colonna	Falda	ADDENSAMENTO (sabbia)	Gamma t'	Densità	Angolo Attrito	K	
ml.	daN/cm ^q		SCHMERTMANN	stratigrafica	idrica	CONSISTENZA (argilla)	daN/mc	ed I.C.	e coesione	Wink.	
0											
0.2	6	0.067	SABBIA SCIOLTA con GHIAIA	o:°o:°o:°o:°o:°o:							
0.4	14	0.800	Argilla compatta	|| || || || || ||		Mediamente consistente	1803	0.5	0.7 daN/cm ^q	4.0	
0.6	10	0.933	Argilla organica/torba	//\V\V\V\V\		Scarsamente consistente	1753	0.57	0.5 daN/cm ^q	5.0	
0.8	19	0.800	Argilla limosa e sabbiosa	!!!!!!!!!!!!!!!!		Consistente (compatta)	1849	0.57	0.95 daN/cm ^q	5.0	
1	11	0.333	Argilla limosa e sabbiosa	!!!!!!!!!!!!!!!!		Mediamente consistente	1767	0.37	0.55 daN/cm ^q	3.0	
1.2	8	0.200	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO	=:=:=:=:= :=:=		SCARSAMENTE ADDENSAT.	1550	18 %	29 °	0.8	
1.4	7	0.200	SABBIA ARGILLOSA TENERA	:-:-:-:-:-:- :-:-:-		SCARSAMENTE ADDENSAT.	1500	16 %	28 °	0.6	
1.6	8	0.267	Argilla limosa e sabbiosa	!!!!!!!!!!!!!!!!		Scarsamente consistente	1720	0.25	0.4 daN/cm ^q	2.0	
1.8	8	0.200	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO	=:=:=:=:= :=:=		SCARSAMENTE ADDENSAT.	1550	18 %	29 °	0.8	
2	7	0.267	Argilla tenera	|||| ||| ||| |||	</						

PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PENETROMETRICA STATICA						N°	3				
Località :		via Garibaldi-Fusignano		Committente :		EMELCA		Data :		19.10.2021	
Prof.	Rp	RI	STRATIGRAFIA	Colonna	Falda	ADDENSAMENTO (sabbia)	Gamma t'	Densità	Angolo Attrito	K	
ml.	daN/cmq		SCHMERTMANN	stratigrafica	idrica	CONSISTENZA (argilla)	daN/mc	ed I.C.	e coesione	Wink.	
0											
0.2	0										
0.4	10	0.467	Argilla media	|||||||		Mediamente consistente	1753	0.43	0.5 daN/cmq	3.5	
0.6	9	0.400	Argilla media	|||||||		Mediamente consistente	1737	0.37	0.45 daN/cmq	3.0	
0.8	15	0.467	Argilla limosa e sabbiosa	|||||||		Mediamente consistente	1814	0.5	0.75 daN/cmq	4.0	
1	9	0.333	Argilla media	|||||||		Mediamente consistente	1737	0.37	0.45 daN/cmq	3.0	
1.2	13	0.467	Argilla limosa e sabbiosa	|||||||		Mediamente consistente	1792	0.43	0.65 daN/cmq	3.5	
1.4	12	0.400	Argilla limosa e sabbiosa	|||||||		Mediamente consistente	1780	0.37	0.6 daN/cmq	3.0	
1.6	12	0.533	Argilla compatta	|||||||		Mediamente consistente	1780	0.43	0.6 daN/cmq	3.5	
1.8	12	0.200	SABBIA SCIOLTA	.....		SCARSAMENTE ADDENSAT.	1550	18 %	29 °	0.8
2	20	0.400	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO	==:~==:~==: ==:~==		POCO ADDENSATA	1650	35 %	32 °	3.0	
2.2	9	0.133	SABBIA SCIOLTA	.....		SCARSAMENTE ADDENSAT.	1500	16 %	28 °	0.6
2.4	13	0.867	Argilla organica	|||||||		Consistente (compatta)	1792	0.68	0.65 daN/cmq	8.0	
2.6	19	0.200	SABBIA SCIOLTA	.....		POCO ADDENSATA	1600	23 %	31 °	1.9
2.8	21	0.400	SABBIA e LIMO ARGILLOSO	==:~==:~==: ==:~== <H2O		POCO ADDENSATA	600	27 %	31 °	2.2	
3	19	0.400	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO	==:~==:~==: ==:~==		POCO ADDENSATA	650	31 %	32 °	2.6	
3.2	6	0.467	Argilla organica/torba	/\/\/\/\		Scarsamente consistente	677	0.37	0.3 daN/cmq	3.0	
3.4	5	0.333	Argilla organica/torba	/\/\/\/\		Scarsamente consistente	650	0.31	0.25 daN/cmq	2.5	
3.6	8	0.333	Argilla media	|||||||		Mediamente consistente	720	0.31	0.4 daN/cmq	2.5	
3.8	8	0.400	Argilla media	|||||||		Mediamente consistente	720	0.31	0.4 daN/cmq	2.5	
4	6	0.267	Argilla tenera	|||||||		Mediamente consistente	677	0.37	0.3 daN/cmq	3.0	
4.2	5	0.333	Argilla organica/torba	/\/\/\/\		Scarsamente consistente	650	0.31	0.25 daN/cmq	2.5	
4.4	5	0.333	Argilla organica/torba	/\/\/\/\		Scarsamente consistente	650	0.31	0.25 daN/cmq	2.5	
4.6	7	0.533	Argilla organica/torba	/\/\/\/\		Scarsamente consistente	700	0.43	0.35 daN/cmq	3.5	
4.8	6	0.467	Argilla organica/torba	/\/\/\/\		Scarsamente consistente	677	0.37	0.3 daN/cmq	3.0	
5	14	0.267	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO	==:~==:~==: ==:~==		POCO ADDENSATA	600	23 %	31 °	1.9	
5.2	12	0.667	Argilla compatta	|||||||		Mediamente consistente	780	0.43	0.6 daN/cmq	3.5	
5.4	14	0.333	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO	==:~==:~==: ==:~==		POCO ADDENSATA	600	23 %	31 °	1.9	
5.6	11	0.600	Argilla compatta	|||||||		Mediamente consistente	767	0.37	0.55 daN/cmq	3.0	
5.8	9	0.400	Argilla media	|||||||		Mediamente consistente	737	0.37	0.45 daN/cmq	3.0	
6	16	0.467	Argilla limosa e sabbiosa	|||||||		Mediamente consistente	823	0.5	0.8 daN/cmq	4.0	
6.2	9	0.600	Argilla organica	|||||||		Consistente (compatta)	737	0.53	0.45 daN/cmq	4.5	
6.4	20	0.667	Argilla limosa e sabbiosa	|||||||		Consistente (compatta)	857	0.61	1 daN/cmq	6.0	
6.6	29	0.400	SABBIA	.....		POCO ADDENSATA	650	31 %	32 °	2.6
6.8	27	0.867	Argilla limosa e sabbiosa	|||||||		Consistente (compatta)	901	0.75	1.35 daN/cmq	8.0	
7	16	0.533	Argilla limosa e sabbiosa	|||||||		Mediamente consistente	823	0.5	0.8 daN/cmq	4.0	
7.2	12	0.533	Argilla compatta	|||||||		Mediamente consistente	780	0.43	0.6 daN/cmq	3.5	
7.4	14	0.467	Argilla limosa e sabbiosa	|||||||		Mediamente consistente	803	0.43	0.7 daN/cmq	3.5	
7.6	11	0.267	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO	==:~==:~==: ==:~==		POCO ADDENSATA	550	19 %	30 °	1.5	
7.8	11	0.667	Argilla organica	|||||||		Consistente (compatta)	767	0.61	0.55 daN/cmq	6.0	
8	9	0.733	Argilla organica	|||||||		Consistente (compatta)	737	0.53	0.45 daN/cmq	4.5	
8.2	10	0.667	Argilla organica	|||||||		Consistente (compatta)	753	0.57	0.5 daN/cmq	5.0	
8.4	8	0.533	Argilla organica	|||||||		Mediamente consistente	720	0.5	0.4 daN/cmq	4.0	
8.6	12	0.467	Argilla media	|||||||		Mediamente consistente	780	0.5	0.6 daN/cmq	4.0	
8.8	16	0.467	Argilla limosa e sabbiosa	|||||||		Mediamente consistente	823	0.5	0.8 daN/cmq	4.0	
9	16	0.600	Argilla limosa e sabbiosa	|||||||		Mediamente consistente	823	0.5	0.8 daN/cmq	4.0	
9.2	15	0.667	Argilla compatta	|||||||		Consistente (compatta)	814	0.53	0.75 daN/cmq	4.5	
9.4	16	1.000	Argilla molto compatta	|||||||		Mediamente consistente	823	0.5	0.8 daN/cmq	4.0	
9.6	15	0.867	Argilla compatta	|||||||		Consistente (compatta)	814	0.53	0.75 daN/cmq	4.5	
9.8	12	0.867	Argilla organica	|||||||		Consistente (compatta)	780	0.64	0.6 daN/cmq	7.0	
10	16	0.933	Argilla molto compatta	|||||||		Mediamente consistente	823	0.5	0.8 daN/cmq	4.0	
10.2	12	0.533	Argilla compatta	|||||||		Mediamente consistente	780	0.43	0.6 daN/cmq	3.5	
10.4	11	0.533	Argilla media	|||||||		Mediamente consistente	767	0.43	0.55 daN/cmq	3.5	
10.6	16	0.667	Argilla compatta	|||||||		Consistente (compatta)	823	0.57	0.8 daN/cmq	5.0	
10.8	15	0.800	Argilla compatta	|||||||		Consistente (compatta)	814	0.53	0.75 daN/cmq	4.5	
11	15	0.600	Argilla compatta	|||||||		Consistente (compatta)	814	0.53	0.75 daN/cmq	4.5	
11.2	13	0.478	Argilla limosa e sabbiosa	|||||||		Mediamente consistente	792	0.43	0.65 daN/cmq	3.5	
11.4	12	0.533	Argilla compatta	|||||||		Mediamente consistente	780	0.43	0.6 daN/cmq	3.5	
11.6	11	0.533	Argilla media	|||||||		Mediamente consistente	767	0.43	0.55 daN/cmq	3.5	
11.8	16	0.667	Argilla compatta	|||||||		Consistente (compatta)	823	0.57	0.8 daN/cmq	5.0	
12	13	0.800	Argilla compatta	|||||||		Mediamente consistente	792	0.5	0.65 daN/cmq	4.0	
12.2	12	0.467	Argilla media	|||||||		Mediamente consistente	780	0.5	0.6 daN/cmq	4.0	
12.4	11	0.533	Argilla media	|||||||		Mediamente consistente	767	0.43	0.55 daN/cmq	3.5	
12.6	10	0.733	Argilla organica	|||||||		Consistente (compatta)	753	0.57	0.5 daN/cmq	5.0	
12.8	15	0.667	Argilla compatta	|||||||		Consistente (compatta)	814	0.53	0.75 daN/cmq	4.5	
13	13	0.733	Argilla compatta	|||||||		Mediamente consistente	792	0.5	0.65 daN/cmq	4.0	
13.2	13	0.733	Argilla compatta	|||||||		Mediamente consistente	792	0.5	0.65 daN/cmq	4.0	
13.4	15	0.867	Argilla compatta	|||||||		Consistente (compatta)	814	0.53	0.75 daN/cmq	4.5	
13.6	14	1.067	Argilla organica	|||||||		Consistente (compatta)	803	0.72	0.7 daN/cmq	8.0	
13.8	12	1.000	Argilla organica	|||||||		Consistente (compatta)	780	0.64	0.6 daN/cmq	7.0	
14	11	0.733	Argilla organica	|||||||		Consistente (compatta)	767	0.61	0.55 daN/cmq	6.0	
14.2	12	0.867	Argilla organica	|||||||		Consistente (compatta)	780	0.64	0.6 daN/cmq	7.0	
14.4	11	0.467	Argilla media	|||||||		Mediamente consistente	767	0.43	0.55 daN/cmq	3.5	
14.6	13	0.467	Argilla limosa e sabbiosa	|||||||		Mediamente consistente	792	0.43	0.65 daN/cmq	3.5	
14.8	12	0.533	Argilla compatta	|||||||		Mediamente consistente	780	0.43	0.6 daN/cmq	3.5	
15	12	0.667	Argilla compatta	|||||||		Mediamente consistente	780	0.43	0.6 daN/cmq	3.5	
15.2	16	0.733	Argilla compatta	|||||||		Consistente (compatta)	823	0.57	0.8 daN/cmq	5.0	
15.4	18	0.600	Argilla limosa e sabbiosa	|||||||		Consistente (compatta)	841	0.57	0.9 daN/cmq	5.0	
15.6	13	0.667	Argilla compatta	|||||||		Mediamente consistente	792	0.5	0.65 daN/cmq	4.0	
15.8	16	0.800	Argilla compatta	|||||||		Consistente (compatta)	823	0.57	0.8 daN/cmq	5.0	
16	12	0.733	Argilla organica	|||||||		Consistente (compatta)	780	0.64	0.6 daN/cmq	7.0	
16.2	11	0.533	Argilla media	|||||||		Mediamente consistente	767	0.43	0.55 daN/cmq	3.5	
16.4	10	0.400	Argilla media	|||||||		Mediamente consistente	753	0.43	0.5 daN/cmq	3.5	
16.6	13	0.533	Argilla compatta	|||||||		Mediamente consistente	792	0.5	0.65 daN/cmq	4.0	
16.8	13	0.600	Argilla compatta	|||||||		Mediamente consistente	792	0.5	0.65 daN/cmq	4.0	
17	13	0.533	Argilla compatta	|||||||		Mediamente consistente	792	0.5	0.65		

PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PENETROMETRICA STATICA						N°	4								
Località :			via Garibaldi-Fusignano			Committente :			EMELCA			Data : 19.10.2021			
Prof.	Rp	RI	STRATIGRAFIA	Colonna	Falda	ADDENSAMENTO (sabbia)	Gamma t'	Densità	Angolo Attrito	K					
ml.	daN/cm ^q		SCHMERTMANN	stratigrafica	idrica	CONSISTENZA (argilla)	daN/mc	ed I.C.	e coesione	Wink.					
0															
0.2	20	0.133	SABBIA SCIOLTA	.°.°.°.°.°.°.°.°.°											
0.4	44	0.800	SABBIA	.°.°.°.°.°.°.°.°.°		MEDIAMENTE ADDENSATA	1750	39 %	33 °	4.0					
0.6	18	0.467	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO	=.:.=.:.=.: =.:.=		POCO ADDENSATA	1650	31 %	32 °	2.6					
0.8	15	0.533	Argilla limosa e sabbiosa	!!!!!!!!!!!!!!!		Mediamente consistente	1814	0.5	0.75 daN/cm ^q	4.0					
1	18	0.467	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO	=.:.=.:.=.: =.:.=		POCO ADDENSATA	1650	31 %	32 °	2.6					
1.2	7	0.267	Argilla tenera	|||| ||| |		Mediamente consistente	1700	0.43	0.35 daN/cm ^q	3.5					
1.4	12	0.333	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO	=.:.=.:.=.: =.:.=		POCO ADDENSATA	1600	23 %	31 °	1.9					
1.6	14	0.533	Argilla limosa e sabbiosa	!!!!!!!!!!!!!!!		Mediamente consistente	1803	0.43	0.7 daN/cm ^q	3.5					
1.8	10	0.467	Argilla media	||||||||		Mediamente consistente	1753	0.43	0.5 daN/cm ^q	3.5					
2	9	0.400	Argilla media	||||||||		Mediamente consistente	1737	0.37	0.45 daN/cm ^q	3.0					
2.2	8	0.333	Argilla media	||||||||		Mediamente consistente	1720	0.31	0.4 daN/cm ^q	2.5					
2.4	10	0.333	Argilla limosa e sabbiosa	!!!!!!!!!!!!!!!		Mediamente consistente	1753	0.31	0.5 daN/cm ^q	2.5					
2.6	9	0.200	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO	=.:.=.:.=.: =.:.=		SCARSAMENTE ADDENSAT.	1550	18 %	29 °	0.8					
2.8	9	0.333	Argilla media	||||||||	<H2O	Mediamente consistente	737	0.37	0.45 daN/cm ^q	3.0					
3	8	0.200	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO	=.:.=.:.=.: =.:.=		SCARSAMENTE ADDENSAT.	550	18 %	29 °	0.8					
3.2	7	0.333	Argilla media	||||||||		Mediamente consistente	700	0.31	0.35 daN/cm ^q	2.5					
3.4	6	0.267	Argilla tenera	|||| ||| |		Mediamente consistente	677	0.37	0.3 daN/cm ^q	3.0					
3.6	6	0.267	Argilla tenera	|||| ||| |		Mediamente consistente	677	0.37	0.3 daN/cm ^q	3.0					
3.8	5	0.267	Argilla tenera	|||| ||| |		Mediamente consistente	650	0.31	0.25 daN/cm ^q	2.5					
4	7	0.333	Argilla media	||||||||		Mediamente consistente	700	0.31	0.35 daN/cm ^q	2.5					
4.2	8	0.333	Argilla media	||||||||		Mediamente consistente	720	0.31	0.4 daN/cm ^q	2.5					
4.4	10	0.467	Argilla media	||||||||		Mediamente consistente	753	0.43	0.5 daN/cm ^q	3.5					
4.6	9	0.533	Argilla organica	/|/|/|/|/|/|/|/|/|		Consistente (compatta)	737	0.53	0.45 daN/cm ^q	4.5					
4.8	10	0.600	Argilla organica	/|/|/|/|/|/|/|/|/|		Consistente (compatta)	753	0.57	0.5 daN/cm ^q	5.0					
5	10	0.467	Argilla media	||||||||		Mediamente consistente	753	0.43	0.5 daN/cm ^q	3.5					
5.2	14	0.533	Argilla limosa e sabbiosa	!!!!!!!!!!!!!!!		Mediamente consistente	803	0.43	0.7 daN/cm ^q	3.5					
5.4	12	0.333	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO	=.:.=.:.=.: =.:.=		POCO ADDENSATA	600	23 %	31 °	1.9					
5.6	23	0.533	SABBIA e LIMO ARGILLOSO	:::::>::::~: :::::		POCO ADDENSATA	600	27 %	31 °	2.2					
5.8	14	0.533	Argilla limosa e sabbiosa	!!!!!!!!!!!!!!!		Mediamente consistente	803	0.43							

Prova Penetrometrica dinamica DPL30 n°

1

CARATTERISTICHE STRUMENTALI:

Massa battente = 30 kg.

Altezza caduta = 20 cm.

Sezione punta = 10 cmq

Committente:

EMELCA PUA

Località:

viale Garibaldi

Comune:

FUSIGNANO

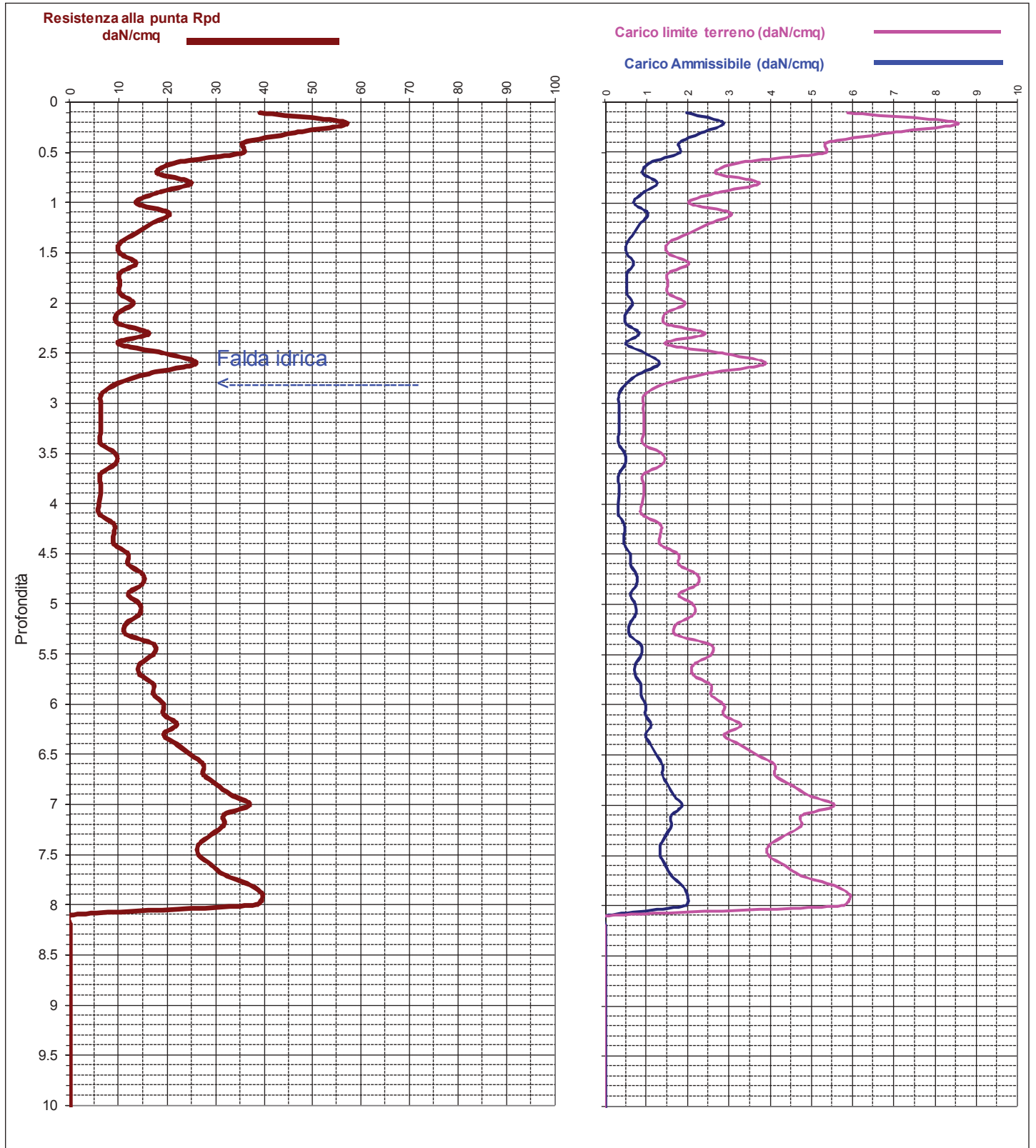
Data:

19.10.2021

- Coeff. di sicurezza = 20

Profondità Falda: ml.

2.80



CARATTERISTICHE STRUMENTALI:

Massa battente = 30 kg.

Altezza caduta = 20 cm.

Sezione punta = 10 cmq

Committente:

EMELCA PUA

Località:

viale Garibaldi

Comune:

FUSIGNANO

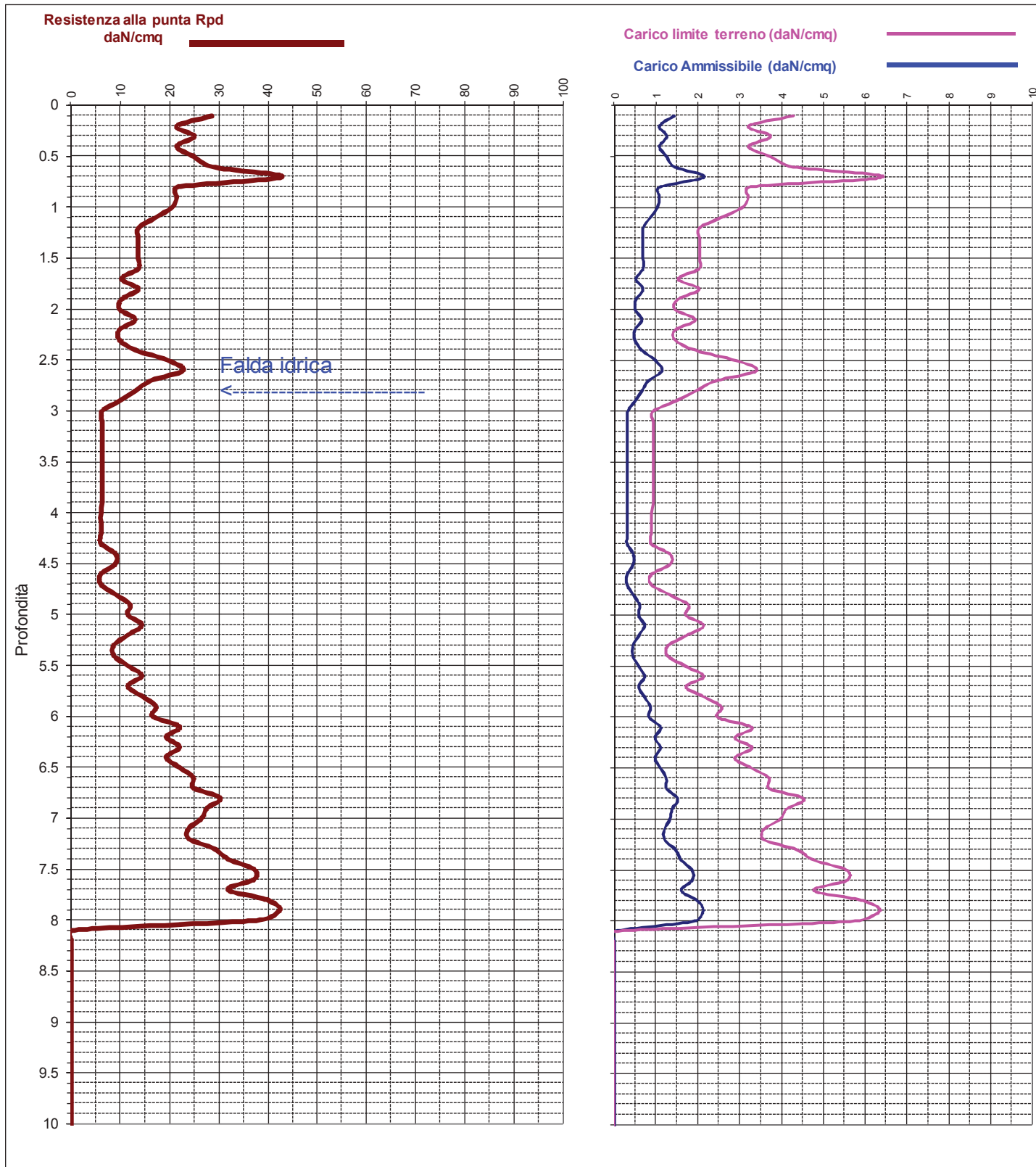
Data:

19.10.2021

- Coeff. di sicurezza = 20

Profondità Falda: ml.

2.80



CARATTERISTICHE STRUMENTALI:

Massa battente = 30 kg.

Altezza caduta = 20 cm.

Sezione punta = 10 cmq

Committente:

EMELCA PUA

Località:

viale Garibaldi

Comune:

FUSIGNANO

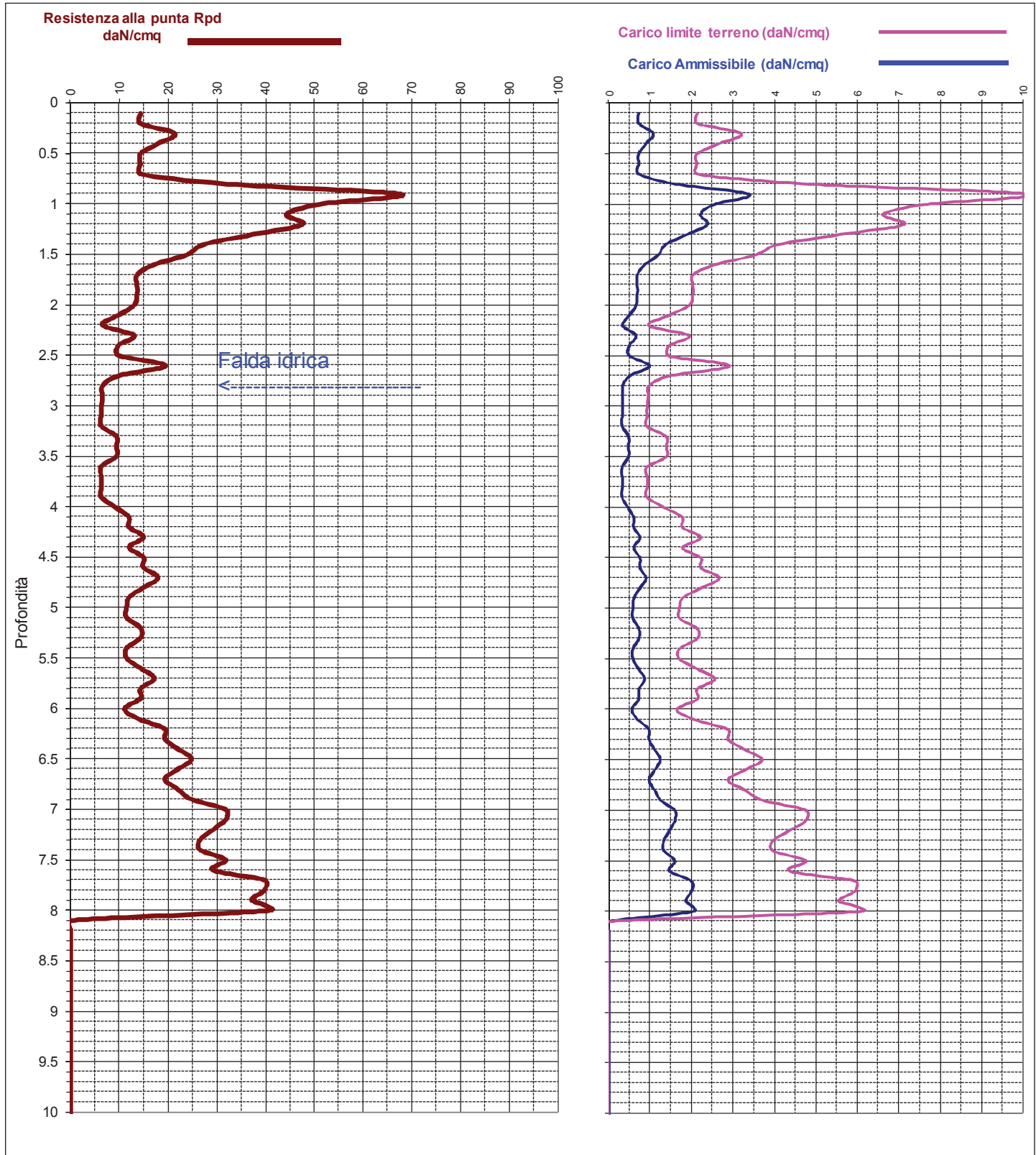
Data:

19.10.2021

- Coeff. di sicurezza = 20

Profondità Falda: ml.

2.80



CARATTERISTICHE STRUMENTALI:

Massa battente = 30 kg.

Altezza caduta = 20 cm.

Sezione punta = 10 cmq

Committente:

EMELCA PUA

Località:

viale Garibaldi

Comune:

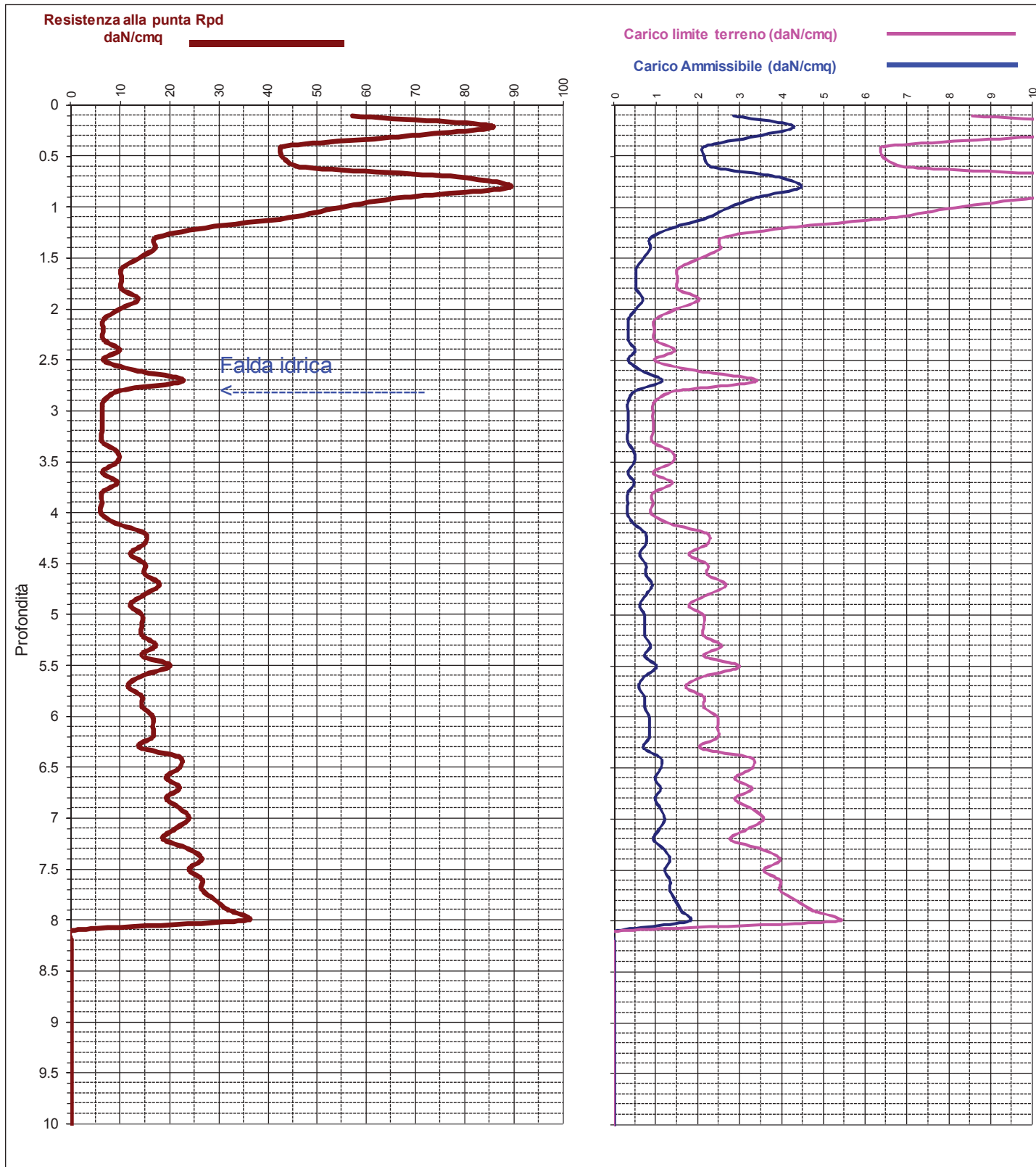
FUSIGNANO

Data:

19.10.2021

- Coeff. di sicurezza = 20

Profondità Falda: ml. 2.80



CARATTERISTICHE STRUMENTALI:

Massa battente = 30 kg.
Altezza caduta = 20 cm.
Sezione punta = 10 cmq

Committente:

EMELCA PUA

Località:

viale Garibaldi

Comune:

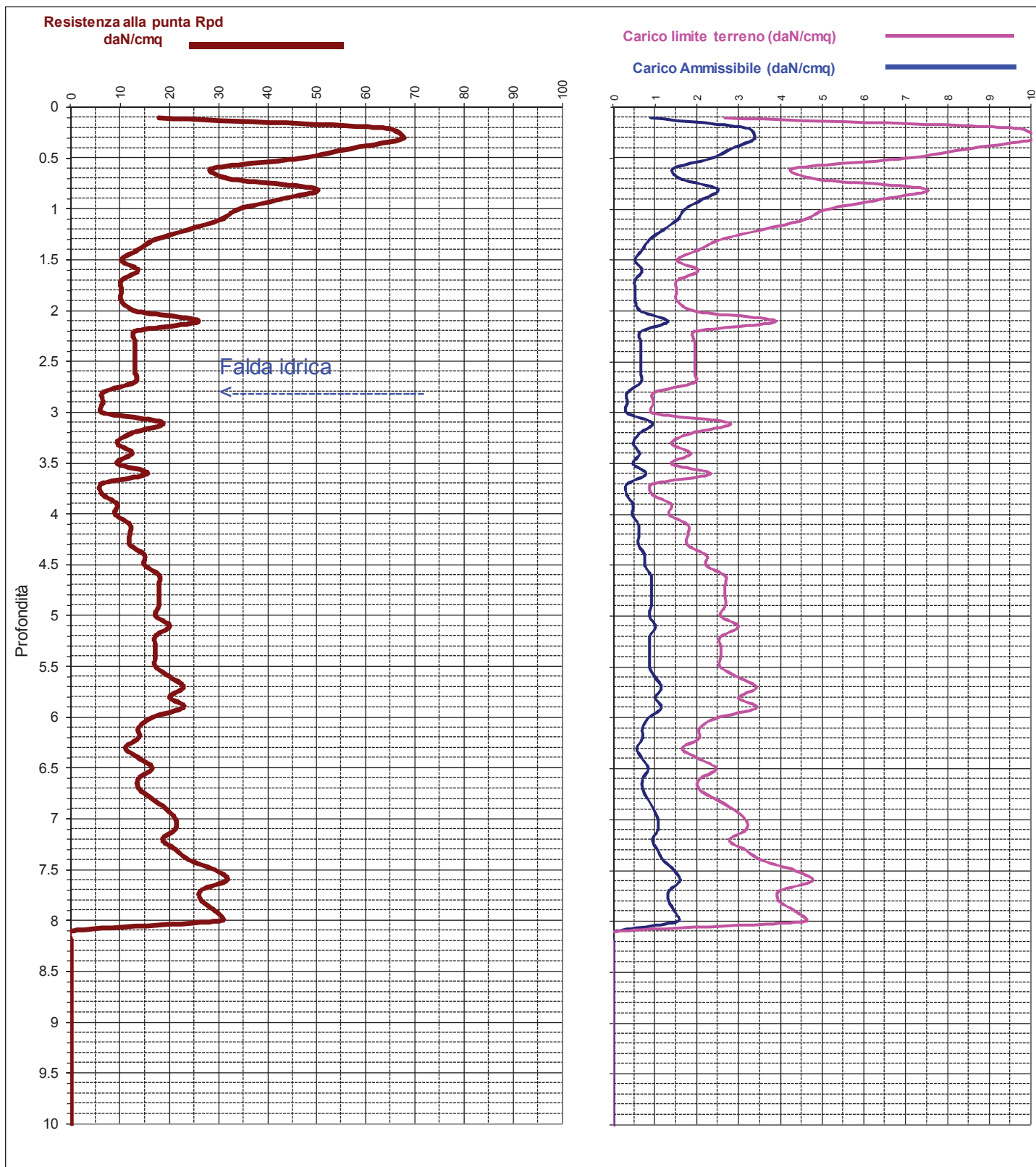
FUSIGNANO

Data:

19.10.2021

- Coeff. di sicurezza = 20

Profondità Falda: ml. 2.80



ANDREATTA dott. GIANCARLO - GEOLOGO -								PARAMETRI GEOTECNICI				DPL30		N°		I	
Via XXV Aprile n° 140 - Tel. 0546-656362. CastelBolognese (Ra)																	
Committ.:		EMELCA PUA		FUSIGNANO		Loc. : viale Garibaldi		Data: 19.10.2021				Prof.acqua: ml.		2.8			
Prof.	N10	Rp din.	Y' t (Sabb.)	Y' t (Arg.)	Angolo Corr.	Attrito Corr.	Dr %	Addensamento	Kw	Kh	Cu	Consistenza (ARGILLA)	Cu1	Cu2	Kw	Kh	
ml.		daN/cm ^q	daN/mc		Rdin.	Nspt	Sabb.	(SABBIA)	(SABBIA) daN/cm ^c		da SPT daN/cm ^q		TERZAGHI daN/cm ^q		(ARGILLA) daN/cm ^c		
0					°	°											
0.1	11	39.21	1750	1853	54	33	39	Media	4	2.2	1.00	Plastica	1.19	1.20	9	3.92	
0.2	16	57.03	1800	1909	52	34	46	Media	5	3.3	1.26	Solido-plastica	1.58	1.49	10	5.70	
0.3	13	46.34	1800	1878	48	33	43	Media	5	2.6	1.18	Solido-plastica	1.34	1.38	10	4.63	
0.4	10	35.64	1700	1838	45	33	37	Media	4	2.0	0.83	Plastica	1.13	1.09	9	3.56	
0.5	10	35.64	1700	1838	43	33	37	Media	4	2.0	0.83	Plastica	1.13	1.09	9	3.56	
0.6	6	21.39	1600	1762	40	31	27	Sciolta	3	1.2	0.51	Molle-plastica	0.71	0.67	7	2.14	
0.7	5	17.82	1600	1735	38	31	23	Sciolta	2	1.0	0.35	Molle-plastica	0.59	0.56	5	1.78	
0.8	7	24.95	1650	1785	39	32	31	Sciolta	3	1.4	0.59	Plastica	0.83	0.78	8	2.50	
0.9	5	17.82	1600	1735	37	31	23	Sciolta	2	1.0	0.35	Molle-plastica	0.59	0.56	5	1.78	
1	4	13.58	1550	1694	35	30	19	Sciolta	2	0.8	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.36	
1.1	6	20.38	1600	1755	36	31	27	Sciolta	3	1.2	0.51	Molle-plastica	0.68	0.67	7	2.04	
1.2	5	16.98	1600	1728	35	31	23	Sciolta	2	1.0	0.35	Molle-plastica	0.57	0.56	5	1.70	
1.3	4	13.58	1550	1694	34	30	19	Sciolta	2	0.8	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.36	
1.4	3	10.19	1550	1651	32	29	18	Molto sciolta	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.45	0.34	3	1.02	
1.5	3	10.19	1550	1651	32	29	18	Molto sciolta	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.45	0.34	3	1.02	
1.6	4	13.58	1550	1694	33	30	19	Sciolta	2	0.8	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.36	
1.7	3	10.19	1550	1651	31	29	18	Molto sciolta	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.45	0.34	3	1.02	
1.8	3	10.19	1550	1651	31	29	18	Molto sciolta	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.45	0.34	3	1.02	
1.9	3	10.19	1550	1651	31	29	18	Molto sciolta	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.45	0.34	3	1.02	
2	4	12.97	1550	1688	32	30	19	Sciolta	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.51	0.45	4	1.30	
2.1	3	9.73	1550	1645	30	29	18	Molto sciolta	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.43	0.34	3	0.97	
2.2	3	9.73	1550	1645	30	29	18	Molto sciolta	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.43	0.34	3	0.97	
2.3	5	16.22	1600	1721	32	31	23	Sciolta	2	0.9	0.35	Molle-plastica	0.54	0.56	5	1.62	
2.4	3	9.73	1550	1645	30	29	18	Molto sciolta	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.43	0.34	3	0.97	
2.5	6	19.46	1600	1748	33	31	27	Sciolta	3	1.1	0.51	Molle-plastica	0.65	0.67	7	1.95	
2.6	8	25.95	1650	1791	34	32	35	Sciolta	3	1.5	0.67	Plastica	0.86	0.90	8	2.59	
2.7	5	16.22	1600	1721	31	31	23	Sciolta	2	0.9	0.35	Molle-plastica	0.54	0.56	5	1.62	
2.8	3	9.73	550	645	29	29	18	Molto sciolta	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.43	0.34	3	0.97	
2.9	2	6.49	500	584	28	28	16	Molto sciolta	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.29	0.22	1	0.65	
3	2	6.21	500	577	28	28	16	Molto sciolta	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62	
3.1	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto sciolta	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62	
3.2	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto sciolta	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62	
3.3	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto sciolta	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62	
3.4	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto sciolta	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62	
3.5	3	9.31	550	638	29	29	18	Molto sciolta	1	0.5	0.28	Fluido-plastica	0.41	0.34	3	0.93	
3.6	3	9.31	550	638	29	29	18	Molto sciolta	1	0.5	0.28	Fluido-plastica	0.41	0.34	3	0.93	
3.7	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto sciolta	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62	
3.8	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto sciolta	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62	
3.9	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto sciolta	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62	
4	2	5.95	500	571	27	28	16	Molto sciolta	1	0.3	0.22	Fluido-plastica	0.26	0.22	1	0.60	
4.1	2	5.95	500	571	27	28	16	Molto sciolta	1	0.3	0.22	Fluido-plastica	0.26	0.22	1	0.60	
4.2	3	8.93	550	632	28	29	18	Molto sciolta	1	0.5	0.28	Fluido-plastica	0.40	0.34	3	0.89	
4.3	3	8.93	550	632	28	29	18	Molto sciolta	1	0.5	0.28	Fluido-plastica	0.40	0.34	3	0.89	
4.4	3	8.93	550	632	28	29	18	Molto sciolta	1	0.5	0.28	Fluido-plastica	0.40	0.34	3	0.89	
4.5	4	11.90	550	675	29	30	19	Sciolta	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.19	
4.6	4	11.90	550	675	29	30	19	Sciolta	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.19	
4.7	5	14.88	600	708	30	31	23	Sciolta	2	0.9	0.35	Molle-plastica	0.52	0.56	5	1.49	
4.8	5	14.88	600	708	30	31	23	Sciolta	2	0.9	0.35	Molle-plastica	0.52	0.56	5	1.49	
4.9	4	11.90	550	675	29	30	19	Sciolta	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.19	
5	5	14.29	600	702	30	31	23	Sciolta	2	0.8	0.35	Molle-plastica	0.50	0.56	5	1.43	
5.1	5	14.29	600	702	30	31	23	Sciolta	2	0.8	0.35	Molle-plastica	0.50	0.56	5	1.43	
5.2	4	11.43	550	669	29	30	19	Sciolta	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.48	0.45	4	1.14	
5.3	4	11.43	550	669	29	30	19	Sciolta	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.48	0.45	4	1.14	
5.4	6	17.14	600	729	30	31	27	Sciolta	3	1.0	0.51	Molle-plastica	0.57	0.67	7	1.71	
5.5	6	17.14	600	729	30	31	27	Sciolta	3	1.0	0.51	Molle-plastica	0.57	0.67	7	1.71	
5.6	5	14.29	600	702	30	31	23	Sciolta	2	0.8	0.35	Molle-plastica	0.50	0.56	5	1.43	
5.7	5	14.29	600	702	30	31	23	Sciolta	2	0.8	0.35	Molle-plastica	0.50	0.56	5	1.43	
5.8	6	17.14	600	729	30	31	27	Sciolta	3	1.0	0.51	Molle-plastica	0.57	0.67	7	1.71	
5.9	6	17.14	600	729	30	31	27	Sciolta	3	1.0	0.51	Molle-plastica	0.57	0.67	7	1.71	
6	7	19.24	650	746	31	32	31	Sciolta	3	1.1	0.59	Plastica	0.64	0.78	8	1.92	
6.1	7	19.24	650	746	31	32	31	Sciolta	3	1.1	0.59	Plastica	0.64	0.78	8	1.92	
6.2	8	21.98	650	766	31	32	35	Sciolta	3	1.3	0.67	Plastica	0.73	0.90	8	2.20	
6.3	7	19.24	650	746	31	32	31	Sciolta	3	1.1	0.59	Plastica	0.64	0.78	8	1.92	
6.4	8	21.98	650	766	31	32	35	Sciolta	3	1.3	0.67	Plastica	0.73	0.90	8	2.20	
6.5	9	24.73	700	784	32	32	36	Media	4	1.4	0.74	Plastica	0.82	0.99	8	2.47	
6.6	10	27.48	700	800	32	33	37	Media	4	1.6	0.83	Plastica	0.87	1.09	9	2.75	
6.7	10	27.48	700	800	32	33	37	Media	4	1.6	0.83	Plastica	0.87	1.09	9	2.75	
6.8	11	30.23	750	814	32	33	39	Media	4	1.7	1.00	Plastica	0.96	1.20	9	3.02	
6.9	12	32.98	750	827	33	33	41	Media	5	1.9	1.10	Plastica	1.05	1.29	10	3.30	
7	14	37.06	800	844	33	34	45	Media	5	2.1	1.26	Solido-plastica	1.18	1.47	10	3.71	
7.1	12	31.76	750	821	32	33	41	Media	5	1.8	1.10	Plastica	1.01	1.29	10	3.18	
7.2	12																

ANDREATTA dott. GIANCARLO - GEOLOGO -									PARAMETRI GEOTECNICI				DPL30		N°		2	
Via XXV Aprile n° 140 - Tel. 0546-656362. CastelBolognese (Ra)																		
Committ.: EMELCA PUA			FUSIGNANO			Loc. : viale Garibaldi			Data: 19.10.2021				Prof.acqua: ml.		2.8			
Prof.	N10	Rp din.	Y' t (Sabb.)	Y' t (Arg.)	Angolo Corr.	Attrito Corr.	Dr %	Addensamento	Kw	Kh	Cu	Consistenza (ARGILLA)	Cu1	Cu2	Kw	Kh		
ml.		daN/cm	daN/mc		Rdin.	Nspt	Sabb.	(SABBIA)	(SABBIA) daN/cm		da SPT daN/cm		TERZAGHI daN/cm			(ARGILLA) daN/cm		
0					°	°												
0.1	8	28.51	1650	1805	53	32	35	Scioltata	3	1.6	0.67	Plastica	0.91	0.90	8	2.85		
0.2	6	21.39	1600	1762	46	31	27	Scioltata	3	1.2	0.51	Molle-plastica	0.71	0.67	7	2.14		
0.3	7	24.95	1650	1785	45	32	31	Scioltata	3	1.4	0.59	Plastica	0.83	0.78	8	2.50		
0.4	6	21.39	1600	1762	42	31	27	Scioltata	3	1.2	0.51	Molle-plastica	0.71	0.67	7	2.14		
0.5	7	24.95	1650	1785	42	32	31	Scioltata	3	1.4	0.59	Plastica	0.83	0.78	8	2.50		
0.6	8	28.51	1650	1805	41	32	35	Scioltata	3	1.6	0.67	Plastica	0.91	0.90	8	2.85		
0.7	12	42.77	1750	1866	43	33	41	Media	5	2.4	1.10	Plastica	1.30	1.29	10	4.28		
0.8	6	21.39	1600	1762	38	31	27	Scioltata	3	1.2	0.51	Molle-plastica	0.71	0.67	7	2.14		
0.9	6	21.39	1600	1762	38	31	27	Scioltata	3	1.2	0.51	Molle-plastica	0.71	0.67	7	2.14		
1	6	20.38	1600	1755	37	31	27	Scioltata	3	1.2	0.51	Molle-plastica	0.68	0.67	7	2.04		
1.1	5	16.98	1600	1728	36	31	23	Scioltata	2	1.0	0.35	Molle-plastica	0.57	0.56	5	1.70		
1.2	4	13.58	1550	1694	34	30	19	Scioltata	2	0.8	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.36		
1.3	4	13.58	1550	1694	34	30	19	Scioltata	2	0.8	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.36		
1.4	4	13.58	1550	1694	34	30	19	Scioltata	2	0.8	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.36		
1.5	4	13.58	1550	1694	33	30	19	Scioltata	2	0.8	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.36		
1.6	4	13.58	1550	1694	33	30	19	Scioltata	2	0.8	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.36		
1.7	3	10.19	1550	1651	31	29	18	Molto scioltata	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.45	0.34	3	1.02		
1.8	4	13.58	1550	1694	32	30	19	Scioltata	2	0.8	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.36		
1.9	3	10.19	1550	1651	31	29	18	Molto scioltata	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.45	0.34	3	1.02		
2	3	9.73	1550	1645	31	29	18	Molto scioltata	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.43	0.34	3	0.97		
2.1	4	12.97	1550	1688	32	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.51	0.45	4	1.30		
2.2	3	9.73	1550	1645	30	29	18	Molto scioltata	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.43	0.34	3	0.97		
2.3	3	9.73	1550	1645	30	29	18	Molto scioltata	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.43	0.34	3	0.97		
2.4	4	12.97	1550	1688	31	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.51	0.45	4	1.30		
2.5	6	19.46	1600	1748	33	31	27	Scioltata	3	1.1	0.51	Molle-plastica	0.65	0.67	7	1.95		
2.6	7	22.70	1650	1771	33	32	31	Scioltata	3	1.3	0.59	Plastica	0.76	0.78	8	2.27		
2.7	5	16.22	1600	1721	31	31	23	Scioltata	2	0.9	0.35	Molle-plastica	0.54	0.56	5	1.62		
2.8	4	12.97	550	688	31	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.51	0.45	4	1.30		
2.9	3	9.73	550	645	29	29	18	Molto scioltata	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.43	0.34	3	0.97		
3	2	6.21	500	577	28	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62		
3.1	2	6.21	500	577	28	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62		
3.2	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62		
3.3	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62		
3.4	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62		
3.5	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62		
3.6	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62		
3.7	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62		
3.8	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62		
3.9	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62		
4	2	5.95	500	571	27	28	16	Molto scioltata	1	0.3	0.22	Fluido-plastica	0.26	0.22	1	0.60		
4.1	2	5.95	500	571	27	28	16	Molto scioltata	1	0.3	0.22	Fluido-plastica	0.26	0.22	1	0.60		
4.2	2	5.95	500	571	27	28	16	Molto scioltata	1	0.3	0.22	Fluido-plastica	0.26	0.22	1	0.60		
4.3	2	5.95	500	571	27	28	16	Molto scioltata	1	0.3	0.22	Fluido-plastica	0.26	0.22	1	0.60		
4.4	3	8.93	550	632	28	29	18	Molto scioltata	1	0.5	0.28	Fluido-plastica	0.40	0.34	3	0.89		
4.5	3	8.93	550	632	28	29	18	Molto scioltata	1	0.5	0.28	Fluido-plastica	0.40	0.34	3	0.89		
4.6	2	5.95	500	571	27	28	16	Molto scioltata	1	0.3	0.22	Fluido-plastica	0.26	0.22	1	0.60		
4.7	2	5.95	500	571	27	28	16	Molto scioltata	1	0.3	0.22	Fluido-plastica	0.26	0.22	1	0.60		
4.8	3	8.93	550	632	28	29	18	Molto scioltata	1	0.5	0.28	Fluido-plastica	0.40	0.34	3	0.89		
4.9	4	11.90	550	675	29	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.19		
5	4	11.43	550	669	29	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.48	0.45	4	1.14		
5.1	5	14.29	600	702	30	31	23	Scioltata	2	0.8	0.35	Molle-plastica	0.50	0.56	5	1.43		
5.2	4	11.43	550	669	29	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.48	0.45	4	1.14		
5.3	3	8.57	550	626	28	29	18	Molto scioltata	1	0.5	0.28	Fluido-plastica	0.38	0.34	3	0.86		
5.4	3	8.57	550	626	28	29	18	Molto scioltata	1	0.5	0.28	Fluido-plastica	0.38	0.34	3	0.86		
5.5	4	11.43	550	669	29	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.48	0.45	4	1.14		
5.6	5	14.29	600	702	30	31	23	Scioltata	2	0.8	0.35	Molle-plastica	0.50	0.56	5	1.43		
5.7	4	11.43	550	669	29	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.48	0.45	4	1.14		
5.8	5	14.29	600	702	30	31	23	Scioltata	2	0.8	0.35	Molle-plastica	0.50	0.56	5	1.43		
5.9	6	17.14	600	729	30	31	27	Scioltata	3	1.0	0.51	Molle-plastica	0.57	0.67	7	1.71		
6	6	16.49	600	723	30	31	27	Scioltata	3	0.9	0.51	Molle-plastica	0.55	0.67	7	1.65		
6.1	8	21.98	650	766	31	32	35	Scioltata	3	1.3	0.67	Plastica	0.73	0.90	8	2.20		
6.2	7	19.24	650	746	31	32	31	Scioltata	3	1.1	0.59	Plastica	0.64	0.78	8	1.92		
6.3	8	21.98	650	766	31	32	35	Scioltata	3	1.3	0.67	Plastica	0.73	0.90	8	2.20		
6.4	7	19.24	650	746	31	32	31	Scioltata	3	1.1	0.59	Plastica	0.64	0.78	8	1.92		
6.5	8	21.98	650	766	31	32	35	Scioltata	3	1.3	0.67	Plastica	0.73	0.90	8	2.20		
6.6	9	24.73	700	784	32	32	36	Media	4	1.4	0.74	Plastica	0.82	0.99	8	2.47		
6.7	9	24.73	700	784	32	32	36	Media	4	1.4	0.74	Plastica	0.82	0.99	8	2.47		
6.8	11	30.23	750	814	32	33	39	Media	4	1.7	1.00	Plastica	0.96	1.20	9	3.02		
6.9	10	27.48	700	800	32	33	37	Media	4	1.6	0.83	Plastica	0.87	1.09	9	2.75		
7	10	26.47	700	794	32	33	37	Media	4	1.5	0.83	Plastica	0.84	1.09	9	2.65		
7.1	9	23.82	700	778	31	32	36	Media	4	1.4	0.74	Plastica	0.79	0.99	8	2.38		
7.2	9	23.82	700	778	31	32	36	Media	4	1.4								

ANDREATTA dott. GIANCARLO - GEOLOGO -									PARAMETRI GEOTECNICI				DPL30		N°		3				
Via XXV Aprile n° 140 - Tel. 0546-656362. CastelBolognese (Ra)																					
Committ.: EMELCA PUA			FUSIGNANO			Loc. : viale Garibaldi			Data: 19.10.2021				Prof.acqua: ml.				2.8				
Prof.	N10	Rp din.	Y' t (Sabb.)	Y' t (Arg.)	Angolo Corr.	Attrito Corr.	Dr %	Addensamento	Kw	Kh	Cu	Consistenza (ARGILLA)	Cu1	Cu2	Kw	Kh					
ml.		daN/cm ^q	daN/mc		Corr. Rdin.	Corr. Nspt	Sabb.	(SABBIA)	(SABBIA) daN/cm ^c		da SPT daN/cm ^q		TERZAGHI daN/cm ^q			(ARGILLA) daN/cm ^c					
0					°	°															
0.1	4	14.26	1550	1702	48	30	19	Scioltata	2	0.8	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.43					
0.2	4	14.26	1550	1702	44	30	19	Scioltata	2	0.8	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.43					
0.3	6	21.39	1600	1762	44	31	27	Scioltata	3	1.2	0.51	Molle-plastica	0.71	0.67	7	2.14					
0.4	5	17.82	1600	1735	41	31	23	Scioltata	2	1.0	0.35	Molle-plastica	0.59	0.56	5	1.78					
0.5	4	14.26	1550	1702	39	30	19	Scioltata	2	0.8	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.43					
0.6	4	14.26	1550	1702	38	30	19	Scioltata	2	0.8	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.43					
0.7	4	14.26	1550	1702	37	30	19	Scioltata	2	0.8	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.43					
0.8	9	32.08	1700	1823	41	32	36	Media	4	1.8	0.74	Plastica	1.02	0.99	8	3.21					
0.9	19	67.72	1800	1934	44	34	50	Media	6	3.9	1.42	Solido-plastica	1.81	1.60	11	6.77					
1	15	50.94	1800	1892	42	34	46	Media	5	2.9	1.26	Solido-plastica	1.48	1.48	10	5.09					
1.1	13	44.15	1800	1870	40	33	43	Media	5	2.5	1.18	Solido-plastica	1.34	1.38	10	4.42					
1.2	14	47.55	1800	1882	40	34	45	Media	5	2.7	1.26	Solido-plastica	1.38	1.47	10	4.75					
1.3	11	37.36	1750	1846	39	33	39	Media	4	2.1	1.00	Plastica	1.19	1.20	9	3.74					
1.4	8	27.17	1650	1798	37	32	35	Scioltata	3	1.6	0.67	Plastica	0.86	0.90	8	2.72					
1.5	7	23.77	1650	1778	36	32	31	Scioltata	3	1.4	0.59	Plastica	0.79	0.78	8	2.38					
1.6	5	16.98	1600	1728	34	31	23	Scioltata	2	1.0	0.35	Molle-plastica	0.57	0.56	5	1.70					
1.7	4	13.58	1550	1694	33	30	19	Scioltata	2	0.8	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.36					
1.8	4	13.58	1550	1694	32	30	19	Scioltata	2	0.8	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.36					
1.9	4	13.58	1550	1694	32	30	19	Scioltata	2	0.8	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.36					
2	4	12.97	1550	1688	32	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.51	0.45	4	1.30					
2.1	3	9.73	1550	1645	30	29	18	Molto scioltata	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.43	0.34	3	0.97					
2.2	2	6.49	1500	1584	29	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.29	0.22	1	0.65					
2.3	4	12.97	1550	1688	31	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.51	0.45	4	1.30					
2.4	3	9.73	1550	1645	30	29	18	Molto scioltata	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.43	0.34	3	0.97					
2.5	3	9.73	1550	1645	30	29	18	Molto scioltata	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.43	0.34	3	0.97					
2.6	6	19.46	1600	1748	32	31	27	Scioltata	3	1.1	0.51	Molle-plastica	0.65	0.67	7	1.95					
2.7	3	9.73	1550	1645	29	29	18	Molto scioltata	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.43	0.34	3	0.97					
2.8	2	6.49	500	584	28	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.29	0.22	1	0.65					
2.9	2	6.49	500	584	28	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.29	0.22	1	0.65					
3	2	6.21	500	577	28	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62					
3.1	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62					
3.2	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62					
3.3	3	9.31	550	638	29	29	18	Molto scioltata	1	0.5	0.28	Fluido-plastica	0.41	0.34	3	0.93					
3.4	3	9.31	550	638	29	29	18	Molto scioltata	1	0.5	0.28	Fluido-plastica	0.41	0.34	3	0.93					
3.5	3	9.31	550	638	29	29	18	Molto scioltata	1	0.5	0.28	Fluido-plastica	0.41	0.34	3	0.93					
3.6	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62					
3.7	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62					
3.8	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62					
3.9	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62					
4	3	8.93	550	632	28	29	18	Molto scioltata	1	0.5	0.28	Fluido-plastica	0.40	0.34	3	0.89					
4.1	4	11.90	550	675	30	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.19					
4.2	4	11.90	550	675	30	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.19					
4.3	5	14.88	600	708	30	31	23	Scioltata	2	0.9	0.35	Molle-plastica	0.52	0.56	5	1.49					
4.4	4	11.90	550	675	29	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.19					
4.5	5	14.88	600	708	30	31	23	Scioltata	2	0.9	0.35	Molle-plastica	0.52	0.56	5	1.49					
4.6	5	14.88	600	708	30	31	23	Scioltata	2	0.9	0.35	Molle-plastica	0.52	0.56	5	1.49					
4.7	6	17.85	600	735	31	31	27	Scioltata	3	1.0	0.51	Molle-plastica	0.60	0.67	7	1.79					
4.8	5	14.88	600	708	30	31	23	Scioltata	2	0.9	0.35	Molle-plastica	0.52	0.56	5	1.49					
4.9	4	11.90	550	675	29	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.19					
5	4	11.43	550	669	29	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.48	0.45	4	1.14					
5.1	4	11.43	550	669	29	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.48	0.45	4	1.14					
5.2	5	14.29	600	702	30	31	23	Scioltata	2	0.8	0.35	Molle-plastica	0.50	0.56	5	1.43					
5.3	5	14.29	600	702	30	31	23	Scioltata	2	0.8	0.35	Molle-plastica	0.50	0.56	5	1.43					
5.4	4	11.43	550	669	29	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.48	0.45	4	1.14					
5.5	4	11.43	550	669	29	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.48	0.45	4	1.14					
5.6	5	14.29	600	702	30	31	23	Scioltata	2	0.8	0.35	Molle-plastica	0.50	0.56	5	1.43					
5.7	6	17.14	600	729	30	31	27	Scioltata	3	1.0	0.51	Molle-plastica	0.57	0.67	7	1.71					
5.8	5	14.29	600	702	30	31	23	Scioltata	2	0.8	0.35	Molle-plastica	0.50	0.56	5	1.43					
5.9	5	14.29	600	702	30	31	23	Scioltata	2	0.8	0.35	Molle-plastica	0.50	0.56	5	1.43					
6	4	10.99	550	663	28	30	19	Scioltata	2	0.6	0.30	Molle-plastica	0.49	0.45	4	1.10					
6.1	5	13.74	600	696	29	31	23	Scioltata	2	0.8	0.35	Molle-plastica	0.51	0.56	5	1.37					
6.2	7	19.24	650	746	31	32	31	Scioltata	3	1.1	0.59	Plastica	0.64	0.78	8	1.92					
6.3	7	19.24	650	746	31	32	31	Scioltata	3	1.1	0.59	Plastica	0.64	0.78	8	1.92					
6.4	8	21.98	650	766	31	32	35	Scioltata	3	1.3	0.67	Plastica	0.73	0.90	8	2.20					
6.5	9	24.73	700	784	32	32	36	Media	4	1.4	0.74	Plastica	0.82	0.99	8	2.47					
6.6	8	21.98	650	766	31	32	35	Scioltata	3	1.3	0.67	Plastica	0.73	0.90	8	2.20					
6.7	7	19.24	650	746	30	32	31	Scioltata	3	1.1	0.59	Plastica	0.64	0.78	8	1.92					
6.8	8	21.98	650	766	31	32	35	Scioltata	3	1.3	0.67	Plastica	0.73	0.90	8	2.20					
6.9	9	24.73	700	784	31	32	36	Media	4	1.4	0.74	Plastica	0.82	0.99	8	2.47					
7	12	31.76	750	821	32	33	41	Media	5	1.8	1.10	Plastica	1.01	1.29	10	3.18					
7.1	12	31.76	750	821	32	33	41	Media	5	1.8	1.10	Plastica	1.01	1.29	10	3.18					
7.2	11	29.12	750	808	32	33															

ANDREATTA dott. GIANCARLO - GEOLOGO -									PARAMETRI GEOTECNICI				DPL30		N°		4	
Via XXV Aprile n° 140 - Tel. 0546-656362. CastelBolognese (Ra)																		
Committ.: EMELCA PUA			FUSIGNANO			Loc. : viale Garibaldi			Data: 19.10.2021				Prof.acqua: ml.		2.8			
Prof.	N10	Rp din.	Y' t (Sabb.)	Y' t (Arg.)	Angolo Corr.	Attrito Corr.	Dr %	Addensamento	Kw	Kh	Cu	Consistenza (ARGILLA)	Cu1	Cu2	Kw	Kh		
ml.		daN/cm ^q	daN/mc		Corr. Rdin.	Corr. Nspt	Sabb.	(SABBIA)	(SABBIA) daN/cm ^c		da SPT daN/cm ^q		TERZAGHI daN/cm ^q			(ARGILLA) daN/cm ^c		
0					°	°												
0.1	16	57.03	1800	1909	57	34	46	Media	5	3.3	1.26	Solido-plastica	1.58	1.49	10	5.70		
0.2	24	85.54	1850	1969	55	35	57	Media	7	4.9	1.74	Solido-plastica	2.11	2.02	12	8.55		
0.3	19	67.72	1800	1934	50	34	50	Media	6	3.9	1.42	Solido-plastica	1.81	1.60	11	6.77		
0.4	12	42.77	1750	1866	46	33	41	Media	5	2.4	1.10	Plastica	1.30	1.29	10	4.28		
0.5	12	42.77	1750	1866	44	33	41	Media	5	2.4	1.10	Plastica	1.30	1.29	10	4.28		
0.6	13	46.34	1800	1878	44	33	43	Media	5	2.6	1.18	Solido-plastica	1.34	1.38	10	4.63		
0.7	22	78.42	1850	1956	46	35	55	Media	7	4.5	1.62	Solido-plastica	2.01	1.85	12	7.84		
0.8	25	89.11	1850	1975	46	35	57	Media	7	5.1	1.80	Solido-plastica	2.12	2.10	12	8.91		
0.9	19	67.72	1800	1934	43	34	50	Media	6	3.9	1.42	Solido-plastica	1.81	1.60	11	6.77		
1	16	54.34	1800	1901	42	34	46	Media	5	3.1	1.26	Solido-plastica	1.58	1.49	10	5.43		
1.1	13	44.15	1800	1870	40	33	43	Media	5	2.5	1.18	Solido-plastica	1.34	1.38	10	4.42		
1.2	8	27.17	1650	1798	37	32	35	Scioltata	3	1.6	0.67	Plastica	0.86	0.90	8	2.72		
1.3	5	16.98	1600	1728	34	31	23	Scioltata	2	1.0	0.35	Molle-plastica	0.57	0.56	5	1.70		
1.4	5	16.98	1600	1728	34	31	23	Scioltata	2	1.0	0.35	Molle-plastica	0.57	0.56	5	1.70		
1.5	4	13.58	1550	1694	33	30	19	Scioltata	2	0.8	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.36		
1.6	3	10.19	1550	1651	31	29	18	Molto scioltata	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.45	0.34	3	1.02		
1.7	3	10.19	1550	1651	31	29	18	Molto scioltata	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.45	0.34	3	1.02		
1.8	3	10.19	1550	1651	31	29	18	Molto scioltata	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.45	0.34	3	1.02		
1.9	4	13.58	1550	1694	32	30	19	Scioltata	2	0.8	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.36		
2	3	9.73	1550	1645	30	29	18	Molto scioltata	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.43	0.34	3	0.97		
2.1	2	6.49	1500	1584	29	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.29	0.22	1	0.65		
2.2	2	6.49	1500	1584	28	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.29	0.22	1	0.65		
2.3	2	6.49	1500	1584	28	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.29	0.22	1	0.65		
2.4	3	9.73	1550	1645	30	29	18	Molto scioltata	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.43	0.34	3	0.97		
2.5	2	6.49	1500	1584	28	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.29	0.22	1	0.65		
2.6	4	12.97	1550	1688	31	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.51	0.45	4	1.30		
2.7	7	22.70	1650	1771	33	32	31	Scioltata	3	1.3	0.59	Plastica	0.76	0.78	8	2.27		
2.8	3	9.73	550	645	29	29	18	Molto scioltata	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.43	0.34	3	0.97		
2.9	2	6.49	500	584	28	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.29	0.22	1	0.65		
3	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62		
3.1	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62		
3.2	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62		
3.3	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62		
3.4	3	9.31	550	638	29	29	18	Molto scioltata	1	0.5	0.28	Fluido-plastica	0.41	0.34	3	0.93		
3.5	3	9.31	550	638	29	29	18	Molto scioltata	1	0.5	0.28	Fluido-plastica	0.41	0.34	3	0.93		
3.6	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62		
3.7	3	9.31	550	638	29	29	18	Molto scioltata	1	0.5	0.28	Fluido-plastica	0.41	0.34	3	0.93		
3.8	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62		
3.9	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62		
4	2	5.95	500	571	27	28	16	Molto scioltata	1	0.3	0.22	Fluido-plastica	0.26	0.22	1	0.60		
4.1	3	8.93	550	632	28	29	18	Molto scioltata	1	0.5	0.28	Fluido-plastica	0.40	0.34	3	0.89		
4.2	5	14.88	600	708	30	31	23	Scioltata	2	0.9	0.35	Molle-plastica	0.52	0.56	5	1.49		
4.3	5	14.88	600	708	30	31	23	Scioltata	2	0.9	0.35	Molle-plastica	0.52	0.56	5	1.49		
4.4	4	11.90	550	675	29	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.19		
4.5	5	14.88	600	708	30	31	23	Scioltata	2	0.9	0.35	Molle-plastica	0.52	0.56	5	1.49		
4.6	5	14.88	600	708	30	31	23	Scioltata	2	0.9	0.35	Molle-plastica	0.52	0.56	5	1.49		
4.7	6	17.85	600	735	31	31	27	Scioltata	3	1.0	0.51	Molle-plastica	0.60	0.67	7	1.79		
4.8	5	14.88	600	708	30	31	23	Scioltata	2	0.9	0.35	Molle-plastica	0.52	0.56	5	1.49		
4.9	4	11.90	550	675	29	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.19		
5	5	14.29	600	702	30	31	23	Scioltata	2	0.8	0.35	Molle-plastica	0.50	0.56	5	1.43		
5.1	5	14.29	600	702	30	31	23	Scioltata	2	0.8	0.35	Molle-plastica	0.50	0.56	5	1.43		
5.2	5	14.29	600	702	30	31	23	Scioltata	2	0.8	0.35	Molle-plastica	0.50	0.56	5	1.43		
5.3	6	17.14	600	729	30	31	27	Scioltata	3	1.0	0.51	Molle-plastica	0.57	0.67	7	1.71		
5.4	5	14.29	600	702	30	31	23	Scioltata	2	0.8	0.35	Molle-plastica	0.50	0.56	5	1.43		
5.5	7	20.00	650	752	31	32	31	Scioltata	3	1.1	0.59	Plastica	0.67	0.78	8	2.00		
5.6	5	14.29	600	702	30	31	23	Scioltata	2	0.8	0.35	Molle-plastica	0.50	0.56	5	1.43		
5.7	4	11.43	550	669	29	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.48	0.45	4	1.14		
5.8	5	14.29	600	702	29	31	23	Scioltata	2	0.8	0.35	Molle-plastica	0.50	0.56	5	1.43		
5.9	5	14.29	600	702	29	31	23	Scioltata	2	0.8	0.35	Molle-plastica	0.50	0.56	5	1.43		
6	6	16.49	600	723	30	31	27	Scioltata	3	0.9	0.51	Molle-plastica	0.55	0.67	7	1.65		
6.1	6	16.49	600	723	30	31	27	Scioltata	3	0.9	0.51	Molle-plastica	0.55	0.67	7	1.65		
6.2	6	16.49	600	723	30	31	27	Scioltata	3	0.9	0.51	Molle-plastica	0.55	0.67	7	1.65		
6.3	5	13.74	600	696	29	31	23	Scioltata	2	0.8	0.35	Molle-plastica	0.51	0.56	5	1.37		
6.4	8	21.98	650	766	31	32	35	Scioltata	3	1.3	0.67	Plastica	0.73	0.90	8	2.20		
6.5	8	21.98	650	766	31	32	35	Scioltata	3	1.3	0.67	Plastica	0.73	0.90	8	2.20		
6.6	7	19.24	650	746	30	32	31	Scioltata	3	1.1	0.59	Plastica	0.64	0.78	8	1.92		
6.7	8	21.98	650	766	31	32	35	Scioltata	3	1.3	0.67	Plastica	0.73	0.90	8	2.20		
6.8	7	19.24	650	746	30	32	31	Scioltata	3	1.1	0.59	Plastica	0.64	0.78	8	1.92		
6.9	8	21.98	650	766	31	32	35	Scioltata	3	1.3	0.67	Plastica	0.73	0.90	8	2.20		
7	9	23.82	700	778	31	32	36	Media	4	1.4	0.74	Plastica	0.79	0.99	8	2.38		
7.1	8	21.18	650	761	31	32	35	Scioltata	3	1.2	0.67	Plastica	0.71	0.90	8	2.12		
7.2																		

ANDREATTA dott. GIANCARLO - GEOLOGO -									PARAMETRI GEOTECNICI				DPL30		N°		5				
Via XXV Aprile n° 140 - Tel. 0546-656362. CastelBolognese (Ra)																					
Committ.: EMELCA PUA			FUSIGNANO			Loc. : viale Garibaldi			Data: 19.10.2021				Prof.acqua: ml.				2.8				
Prof.	N10	Rp din.	Y' t (Sabb.)	Y' t (Arg.)	Angolo Corr.	Attrito Corr.	Dr %	Addensamento	Kw	Kh	Cu	Consistenza (ARGILLA)	Cu1	Cu2	Kw	Kh					
ml.		daN/cm	daN/mc		Corr. Rdin.	Corr. Nspt	Sabb.	(SABBIA)	(SABBIA) daN/cm		da SPT daN/cm		TERZAGHI daN/cm			(ARGILLA) daN/cm					
0					°	°															
0.1	5	17.82	1600	1735	50	31	23	Scioltata	2	1.0	0.35	Molle-plastica	0.59	0.56	5	1.78					
0.2	18	64.16	1800	1926	53	34	50	Media	6	3.7	1.34	Solido-plastica	1.71	1.51	11	6.42					
0.3	19	67.72	1800	1934	51	34	50	Media	6	3.9	1.42	Solido-plastica	1.81	1.60	11	6.77					
0.4	16	57.03	1800	1909	48	34	46	Media	5	3.3	1.26	Solido-plastica	1.58	1.49	10	5.70					
0.5	13	46.34	1800	1878	45	33	43	Media	5	2.6	1.18	Solido-plastica	1.34	1.38	10	4.63					
0.6	8	28.51	1650	1805	41	32	35	Scioltata	3	1.6	0.67	Plastica	0.91	0.90	8	2.85					
0.7	9	32.08	1700	1823	41	32	36	Media	4	1.8	0.74	Plastica	1.02	0.99	8	3.21					
0.8	14	49.90	1800	1889	43	34	45	Media	5	2.9	1.26	Solido-plastica	1.45	1.47	10	4.99					
0.9	12	42.77	1750	1866	41	33	41	Media	5	2.4	1.10	Plastica	1.30	1.29	10	4.28					
1	10	33.96	1700	1831	39	33	37	Media	4	1.9	0.83	Plastica	1.08	1.09	9	3.40					
1.1	9	30.57	1700	1816	38	32	36	Media	4	1.7	0.74	Plastica	0.97	0.99	8	3.06					
1.2	7	23.77	1650	1778	37	32	31	Scioltata	3	1.4	0.59	Plastica	0.79	0.78	8	2.38					
1.3	5	16.98	1600	1728	35	31	23	Scioltata	2	1.0	0.35	Molle-plastica	0.57	0.56	5	1.70					
1.4	4	13.58	1550	1694	33	30	19	Scioltata	2	0.8	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.36					
1.5	3	10.19	1550	1651	32	29	18	Molto scioltata	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.45	0.34	3	1.02					
1.6	4	13.58	1550	1694	33	30	19	Scioltata	2	0.8	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.36					
1.7	3	10.19	1550	1651	31	29	18	Molto scioltata	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.45	0.34	3	1.02					
1.8	3	10.19	1550	1651	31	29	18	Molto scioltata	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.45	0.34	3	1.02					
1.9	3	10.19	1550	1651	31	29	18	Molto scioltata	1	0.6	0.28	Fluido-plastica	0.45	0.34	3	1.02					
2	4	12.97	1550	1688	32	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.51	0.45	4	1.30					
2.1	8	25.95	1650	1791	34	32	35	Scioltata	3	1.5	0.67	Plastica	0.86	0.90	8	2.59					
2.2	4	12.97	1550	1688	31	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.51	0.45	4	1.30					
2.3	4	12.97	1550	1688	31	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.51	0.45	4	1.30					
2.4	4	12.97	1550	1688	31	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.51	0.45	4	1.30					
2.5	4	12.97	1550	1688	31	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.51	0.45	4	1.30					
2.6	4	12.97	1550	1688	31	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.51	0.45	4	1.30					
2.7	4	12.97	1550	1688	30	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.51	0.45	4	1.30					
2.8	2	6.49	500	584	28	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.29	0.22	1	0.65					
2.9	2	6.49	500	584	28	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.29	0.22	1	0.65					
3	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62					
3.1	6	18.62	600	742	32	31	27	Scioltata	3	1.1	0.51	Molle-plastica	0.62	0.67	7	1.86					
3.2	4	12.41	550	681	30	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.49	0.45	4	1.24					
3.3	3	9.31	550	638	29	29	18	Molto scioltata	1	0.5	0.28	Fluido-plastica	0.41	0.34	3	0.93					
3.4	4	12.41	550	681	30	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.49	0.45	4	1.24					
3.5	3	9.31	550	638	29	29	18	Molto scioltata	1	0.5	0.28	Fluido-plastica	0.41	0.34	3	0.93					
3.6	5	15.52	600	714	31	31	23	Scioltata	2	0.9	0.35	Molle-plastica	0.52	0.56	5	1.55					
3.7	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62					
3.8	2	6.21	500	577	27	28	16	Molto scioltata	1	0.4	0.22	Fluido-plastica	0.28	0.22	1	0.62					
3.9	3	9.31	550	638	29	29	18	Molto scioltata	1	0.5	0.28	Fluido-plastica	0.41	0.34	3	0.93					
4	3	8.93	550	632	28	29	18	Molto scioltata	1	0.5	0.28	Fluido-plastica	0.40	0.34	3	0.89					
4.1	4	11.90	550	675	29	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.19					
4.2	4	11.90	550	675	29	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.19					
4.3	4	11.90	550	675	29	30	19	Scioltata	2	0.7	0.30	Molle-plastica	0.50	0.45	4	1.19					
4.4	5	14.88	600	708	30	31	23	Scioltata	2	0.9	0.35	Molle-plastica	0.52	0.56	5	1.49					
4.5	5	14.88	600	708	30	31	23	Scioltata	2	0.9	0.35	Molle-plastica	0.52	0.56	5	1.49					
4.6	6	17.85	600	735	31	31	27	Scioltata	3	1.0	0.51	Molle-plastica	0.60	0.67	7	1.79					
4.7	6	17.85	600	735	31	31	27	Scioltata	3	1.0	0.51	Molle-plastica	0.60	0.67	7	1.79					
4.8	6	17.85	600	735	31	31	27	Scioltata	3	1.0	0.51	Molle-plastica	0.60	0.67	7	1.79					
4.9	6	17.85	600	735	31	31	27	Scioltata	3	1.0	0.51	Molle-plastica	0.60	0.67	7	1.79					
5	6	17.14	600	729	31	31	27	Scioltata	3	1.0	0.51	Molle-plastica	0.57	0.67	7	1.71					
5.1	7	20.00	650	752	31	32	31	Scioltata	3	1.1	0.59	Plastica	0.67	0.78	8	2.00					
5.2	6	17.14	600	729	30	31	27	Scioltata	3	1.0	0.51	Molle-plastica	0.57	0.67	7	1.71					
5.3	6	17.14	600	729	30	31	27	Scioltata	3	1.0	0.51	Molle-plastica	0.57	0.67	7	1.71					
5.4	6	17.14	600	729	30	31	27	Scioltata	3	1.0	0.51	Molle-plastica	0.57	0.67	7	1.71					
5.5	6	17.14	600	729	30	31	27	Scioltata	3	1.0	0.51	Molle-plastica	0.57	0.67	7	1.71					
5.6	7	20.00	650	752	31	32	31	Scioltata	3	1.1	0.59	Plastica	0.67	0.78	8	2.00					
5.7	8	22.86	650	772	31	32	35	Scioltata	3	1.3	0.67	Plastica	0.76	0.90	8	2.29					
5.8	7	20.00	650	752	31	32	31	Scioltata	3	1.1	0.59	Plastica	0.67	0.78	8	2.00					
5.9	8	22.86	650	772	31	32	35	Scioltata	3	1.3	0.67	Plastica	0.76	0.90	8	2.29					
6	6	16.49	600	723	30	31	27	Scioltata	3	0.9	0.51	Molle-plastica	0.55	0.67	7	1.65					
6.1	5	13.74	600	696	29	31	23	Scioltata	2	0.8	0.35	Molle-plastica	0.51	0.56	5	1.37					
6.2	5	13.74	600	696	29	31	23	Scioltata	2	0.8	0.35	Molle-plastica	0.51	0.56	5	1.37					
6.3	4	10.99	550	663	28	30	19	Scioltata	2	0.6	0.30	Molle-plastica	0.49	0.45	4	1.10					
6.4	5	13.74	600	696	29	31	23	Scioltata	2	0.8	0.35	Molle-plastica	0.51	0.56	5	1.37					
6.5	6	16.49	600	723	30	31	27	Scioltata	3	0.9	0.51	Molle-plastica	0.55	0.67	7	1.65					
6.6	5	13.74	600	696	29	31	23	Scioltata	2	0.8	0.35	Molle-plastica	0.51	0.56	5	1.37					
6.7	5	13.74	600	696	29	31	23	Scioltata	2	0.8	0.35	Molle-plastica	0.51	0.56	5	1.37					
6.8	6	16.49	600	723	30	31	27	Scioltata	3	0.9	0.51	Molle-plastica	0.55	0.67	7	1.65					
6.9	7	19.24	650	746	30	32	31	Scioltata	3	1.1	0.59	Plastica	0.64	0.78	8	1.92					
7	8	21.18	650	761	31	32	35	Scioltata	3	1.2	0.67	Plastica	0.71	0.90	8	2.12					
7.1	8	21.18	650	761	31	32	35	Scioltata	3	1.2	0.67	Plastica	0.71	0.90	8	2.12					
7.2	7	18.53	650	741	30	32	31	Scioltata	3	1.1	0.59										