

Expertise and Efficiency in Environmental and Engineering Consultancy Services

**Richiesta di variante ai sensi dell'art. 8 del D.P.R.
160/2010, e dell'art. 35 della L.R. 65/2014 per
l'ampliamento di fabbricato produttivo con relative aree
pertinenziali, posti nel Comune di Camaione località
Capezzano, via Masini 38b**

RELAZIONE GEOLOGICA

Proprietà: "Pastificio Palmerini"srl

Progettista: Arch. Marcello Bianchi

Aprile 2025



Emesso e approvato da: **Dott. Geol. Massimo Pellegrini**

INDICE

Pagina

1. PREMESSA.....	3
2. - NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3. - QUADRO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, IDROGEOLOGICO.....	6
3.1. - <i>Geologia e geomorfologia</i>	6
3.1.1. - <i>Quadro stratigrafico</i>	7
3.2. – <i>Quadro idrogeologico</i>	10
4. – FRAGILITA' IDRAULICA	12
5. - QUADRO LITOTECNICO.....	16
5.1 – <i>Quadro geotecnico parametrico</i>	16
6. - SISMICITA'.....	19
6.1. <i>Indagini sismiche eseguite. Cenni metodologici</i>	27
6.2 - <i>Risultati</i>	30
6.3. <i>Definizione del Fattore di amplificazione</i>	33
7. – PERICOLOSITA'.....	35
7.1. <i>Pericolosità Geologica</i>	35
7.2. <i>Pericolosità Idraulica</i>	36
7.3. <i>Pericolosità Sismica</i>	37
8. FATTIBILITA'	39

Annessi:

ANNESSO 1 – Indagini geognostiche/sismiche di riferimento

1. PREMESSA

Su richiesta e per conto del sig. Palmerini, con riferimento alla richiesta di variante ai sensi dell'Art.8 del DPR 160/2010 e dell'Art. 35 della L.R. 65/2014 relativa al progetto di ampliamento di edificio artigianale ubicato in via Masini a Capezzano Pianore in comune di Camaiore, tenuto conto di quanto disposto dalla normativa Regionale, sono state svolte indagini geologiche finalizzate alla definizione della fattibilità.

L'intervento, in particolare, riguarda la previsione di ampliamento con parziale demolizione e rifacimento dell'esistente pastificio e la sopraelevazione per la creazione/ampliamento di un laboratorio di lavorazione più ampio. L'intervento ricade in un'area oggi parzialmente urbanizzata e non presenta particolarità significative sotto l'aspetto geomorfologico.

Lo scopo dell'indagine è stato quello di ricostruire il quadro geostratigrafico locale, di valutare le caratteristiche geologiche-idrogeologiche, geotecniche e sismiche dell'area di studio, definire i rispettivi quadri di pericolosità e le condizioni di fattibilità delle previsioni d'intervento.

Per la ricostruzione del quadro geologico tecnico si è fatto riferimento a indagini appositamente eseguite a supporto della progettazione degli interventi previsti oltre che a precedenti accertamenti geognostici e sismici eseguiti per precedenti interventi. Si è altresì tenuto in debito conto degli studi geologici a carattere generale eseguiti sul territorio comunale a supporto del Piano Strutturale comunale¹.

L'ubicazione dell'area interessata dal progetto è riportata nella planimetria di Figg. 1a/1b (Immagine da Google Earth Pro).

¹ - Comune di Camaiore. Piano Strutturale - Indagini geologico-tecniche di supporto alla pianificazione urbanistica;
- Progetto di ampliamento di fabbricato a destinazione artigianale e formazione di vano tecnico in via Masini a Capezzano Pianore Camaiore (LU). Relazione Geologica Geotecnica Dott. Geol. Massimo Pellegrini. Ottobre 2014.



FIG. 1a – Corografia (da Google Earth)

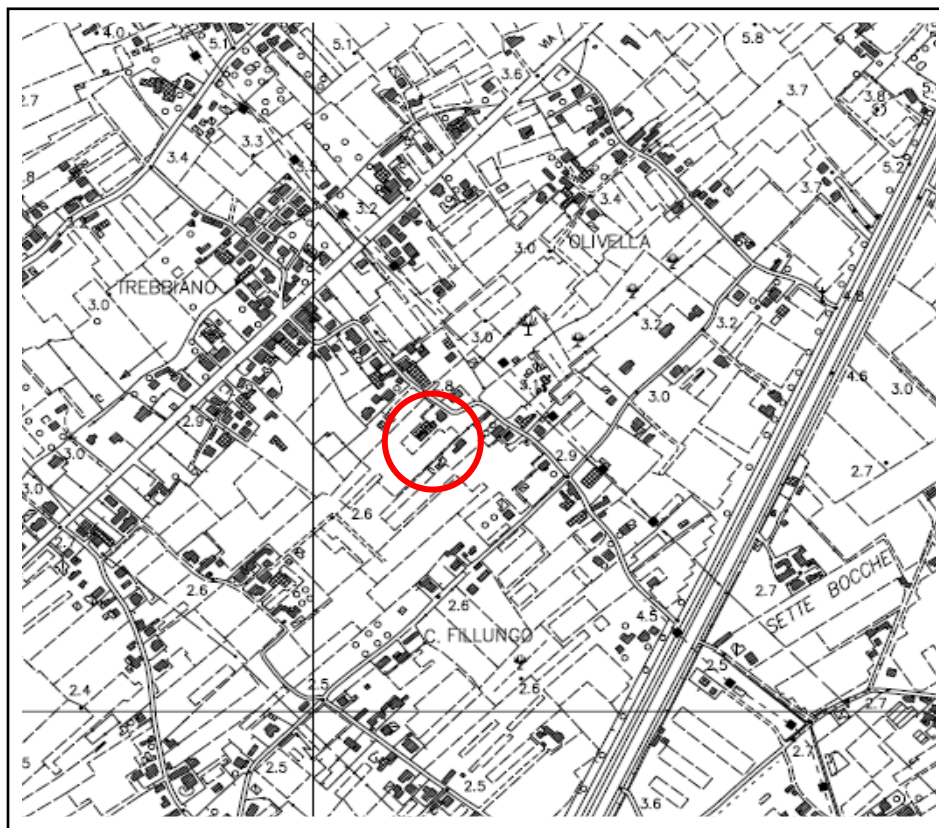


FIG. 1b – Corografia (scala 1:10.000)

2. - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Gli studi sono stati eseguiti con riferimento al seguente quadro normativo di riferimento:

- Nuovo Piano Strutturale del Comune di Camaiore. Deliberazione C.C. n. 11 del 16/03/2018;
- D.P.G.R. 1/R 2022. Regolamento di attuazione dell'articolo 181 della legge regionale 10 novembre 2014 n. 65 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento dell'attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico.
- L.R. 41 24/07/2018.
- D.M. 17 gennaio 2018 - Norme tecniche per le costruzioni.
- Circolare esplicativa del 27 luglio 2018 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018.
- Regione Toscana Direttiva Alluvioni: P.G.R.A. 2016.
- Delibera n.1271 del 12-12-2016. LR 58/2009 - Aggiornamento del Documento conoscitivo del rischio sismico 2016.
- Deliberazione GRT n. 421 del 26/05/2014: "Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519 /2006 ed ai sensi del D.M. 14.01.2008 – Revoca della DGRT 431/2006".
- DPGR 9 luglio 2009 n. 36/R - Regolamento di attuazione dell'articolo 117, commi 1 e 2 della L.R. 3 gennaio 2005 n. 1 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico."
- OPCM n. 3519 del 28.04.2006.
- Deliberazione di G.R. del 19.06.2006, n. 431 – Classificazione sismica regionale.
- DPGR 48 /R 2003 Regolamento Forestale.
- D.P.R. 328/2001.
- L.R. 39/2000 e s.m.i. Legge forestale Toscana.

3. - QUADRO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO, IDROGEOLOGICO

3.1. - Geologia e geomorfologia

L'area oggetto dell'intervento è ubicata sui terreni sabbiosi d'origine eolica e/o marina della fascia costiera versiliese. Il quadro geologico e geomorfologico della piana costiera è caratterizzato da due domini strutturali e geomorfologici distinti:

- le Alpi Apuane;
- il Bacino Neotettonico della Versilia.

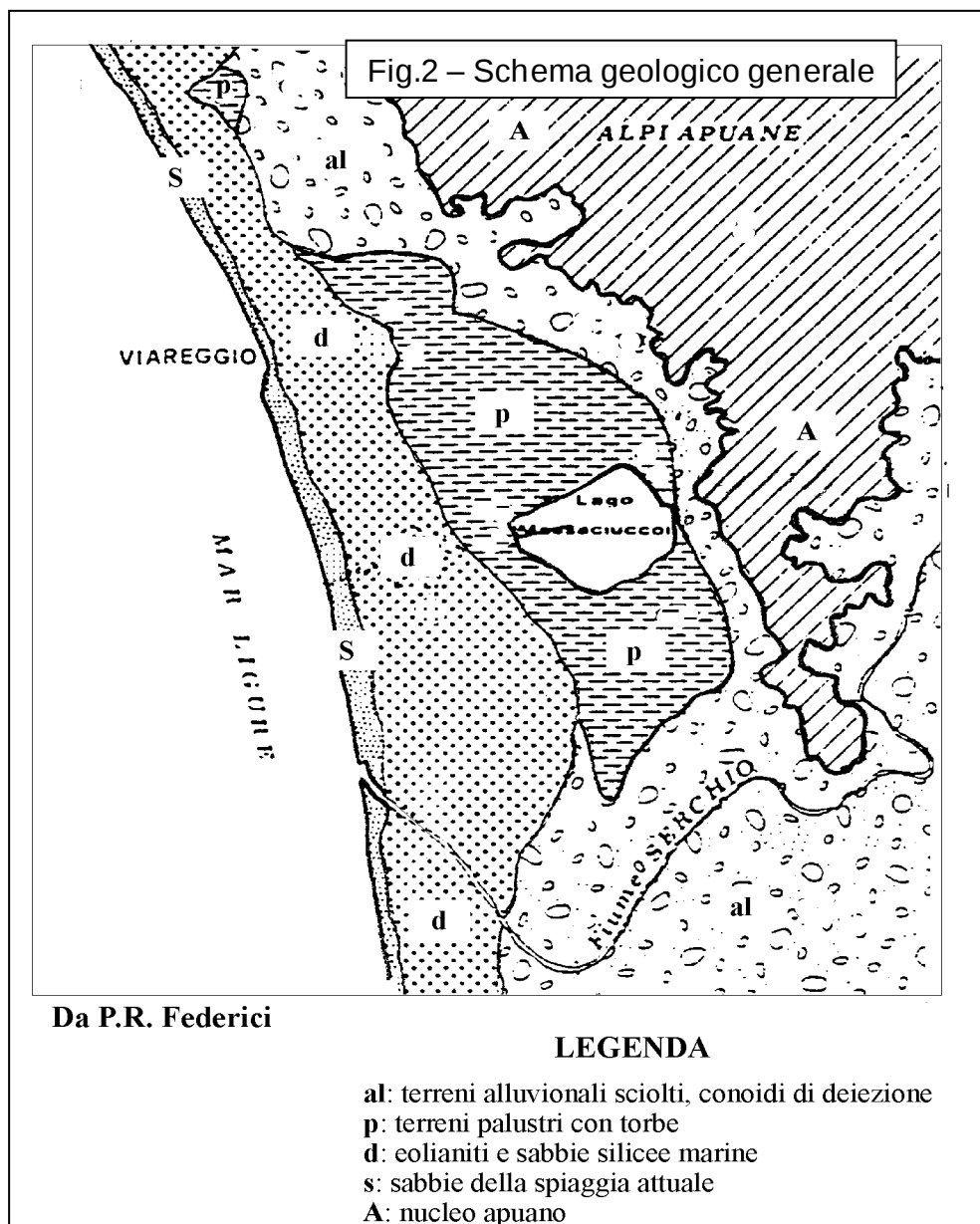
Quest'ultimo comprende la pianura versiliese, formatosi in seguito a cicli trasgressivi e regressivi marini iniziati circa 80.000 anni fa, e l'attuale zona di spiaggia.

A circa 4÷5 chilometri dalla linea di costa si rilevano i primi depositi sabbiosi, sciolti e fini, derivati da Eolianiti silicee molto evolute, morfologicamente disposti in cordoni dunari, risultato sia di movimenti glacio eustatici, sia degli apporti sedimentari da parte dei fiumi Arno, Serchio, Magra e di altri corsi minori.

Il meccanismo di formazione della pianura è stato quello classico di questo tipo di ambiente costiero: formazione successiva di lidi sabbiosi paralleli ai rilievi montuosi con lagune e stagni retrodunari talora di ampie dimensioni; il lago di Massaciuccoli e l'area paludosa alle spalle di Viareggio, sono appunto il più vistoso residuo dei numerosi specchi d'acqua che si erano formati tra i lidi versiliesi. Tracce meno evidenti, sono rappresentate più a Nord dall'area dell'ex Lago di Porta e nel comune di Camaiore dall'area depressa del "Giardo". Il quadro geologico descritto è sinteticamente illustrato dallo schema geologico di FIG.2.

La ristretta area di studio e d'intervento, da un punto di vista geomorfologico, viene a collocarsi in prossimità del margine ovest del conoide alluvionale del fiume Camaiore; è una zona pianeggiante con dislivelli tra punto e punto meno che decimetrici e con quota media di circa +2,6÷+2,7 metri sul livello mare; il fatto di essere in una zona pianeggiante conferisce un assetto geomorfologico ottimale al terreno oggetto di indagine.

Gli elementi idrografici di maggior rilievo prossimi all'area di intervento sono i fossi del Trebbiano e Fillungo, che scorrono rispettivamente poco a ovest e ad est dell'area d'intervento.



3.1.1. - Quadro stratigrafico

La stratigrafia dell'area è stata influenzata dal succedersi delle fasi climatiche e deposizionali che hanno caratterizzato la recente storia geologica dell'area, e precedentemente sintetizzate.

Studi eseguiti nel tempo sull'area e in aree limitrofe hanno evidenziato una prevalenza di terreni sabbiosi nei primi 20-25 metri dal piano campagna. Più in particolare, con riferimento a sondaggi e/o pozzi eseguiti sulla piana versiliese, non lontano dall'area di studio, il quadro litostratigrafico locale nei primi 100 metri dal piano campagna può essere così sintetizzato:

da m	a m	
p.c.	-3÷-4	Limi sabbiosi, argille organiche. Possibili intercalazioni sabbiose
-3÷-4	-20÷-25	Sabbie da medie a fini, a tratti limose
-20÷-25	<-100	argille da sabbiose a talora torbose con alternanze di livelli di ghiaia

Tab.1 : Quadro litostratigrafico

L'orizzonte basale, costituito prevalentemente da argille e argille sabbiose di origine continentale con intercalazioni ghiaiose di conoide, rappresenta la prima acme dell'ultima glaciazione (Wurm I); le sabbie superiori, di origine fluviale e in parte marina, corrispondono invece alla prima oscillazione climatica temperata tra i due periodi freddi Wurm I e Wurm II. I depositi superficiali, limosi sabbiosi e/o argilloso torbosi, di origine lacustre, che affiorano verso est a partire dall'area d'intervento, sono da correlare sia al secondo periodo freddo (Wurm II) che alla seconda oscillazione temperata, tra il Wurm II e il Wurm III.

Le sabbie più superficiali, sono in parte di origine eolica, caratterizzate da sabbie grossolane, a granuli arrotondati e con inclusioni di residui vegetali, in parte di origine marina con sabbie limose a grana fine (la frazione fine limosa varia mediamente tra il 10% e il 15%) con abbondante malacofauna fossile; l'orizzonte è nel complesso costituito da sabbie silicee (tenore $\text{SiO}_2 > 90\%$) e rappresenta i depositi della seconda oscillazione temperata, tra il Wurm II e il Wurm III.

Il quadro geologico di superficie dell'area è sinteticamente illustrato dalla carta geolitotecnica di FIG.3, estratta dallo studio geologico di supporto al P.S. comunale.

Le varie indagini geognostiche eseguite sull'area (DPSH e CPT), confermano la presenza, entro i primi 4-6 metri dal p.c., di sedimenti limosi sabbiosi e/o argillosi a tratti organici di ambiente di bassa energia, cui seguono fino oltre i 10 metri di profondità sabbie da fini limose a medie

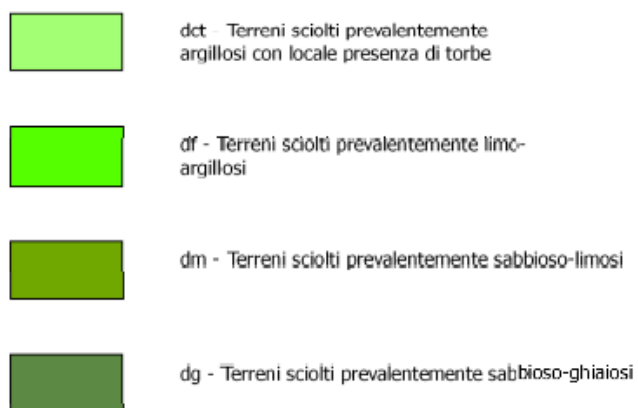
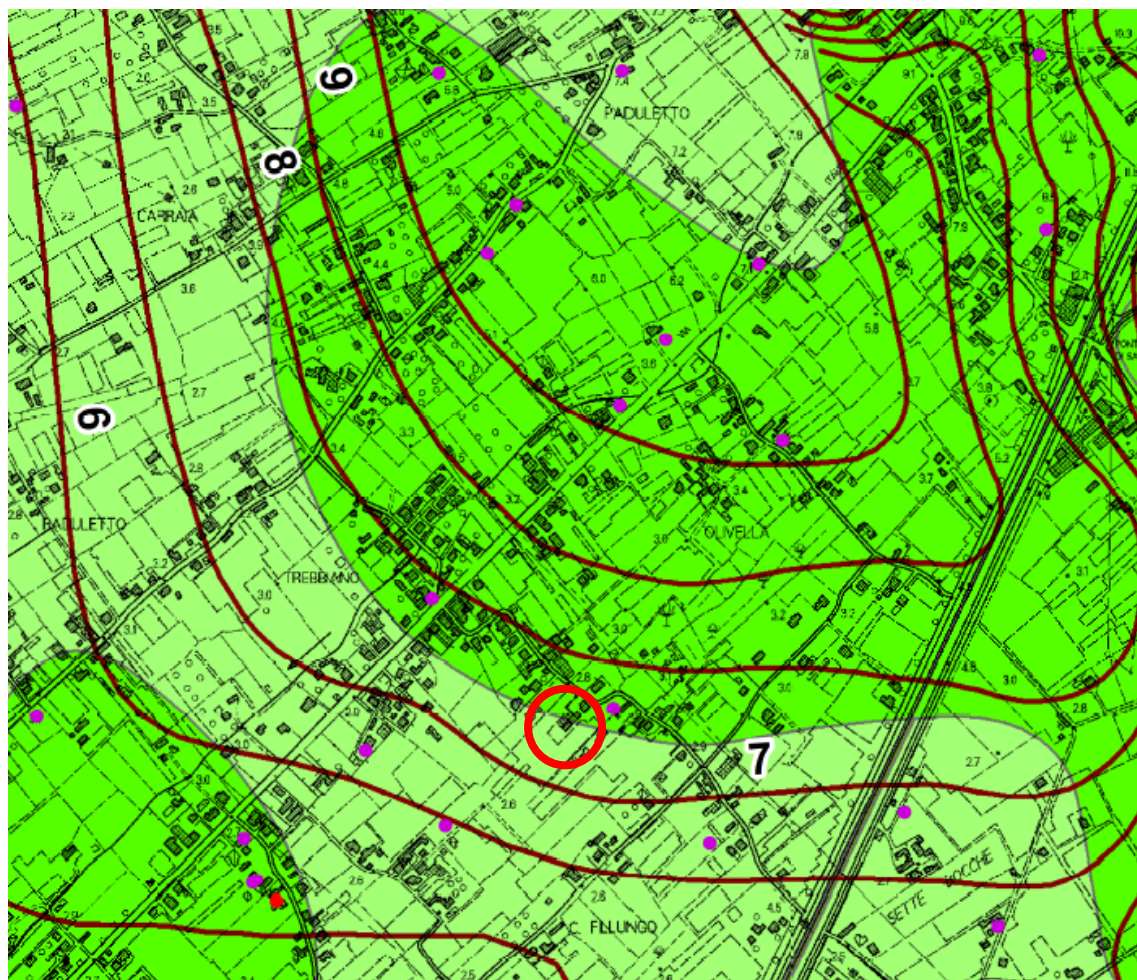


FIG. 3 – CARTA GEOLITOTECNICA

(da P.S. Comune di Camaione)

3.2. – Quadro idrogeologico

Le complesse fasi deposizionali che hanno determinato l'assetto stratigrafico della piana hanno reso piuttosto articolato il sistema idrogeologico locale. Premesso che la circolazione idrica sotterranea avviene, in generale, nei livelli più grossolani dei depositi alluvionali, nella zona in oggetto si osserva la presenza di più falde sovrapposte, circolanti sia nelle sabbie dei depositi marini, che negli orizzonti ciottoloso-sabbiosi dei depositi continentali. A seguito dell'anastomizzazione dei vari orizzonti acquiferi, le piezometriche delle diverse falde tendono a stabilizzarsi su un unico livello d'equilibrio.

Dallo studio idrogeologico generale sul territorio comunale di Camaione di supporto al Piano Strutturale, si può osservare, in generale, che nella pianura costiera di Camaione l'andamento della circolazione idrica sotterranea si svolge secondo una direzione prevalente ENE-WSW, con un gradiente idraulico medio di circa 0.13% e con assi di drenaggio rappresentati dalle aree anticamente depresse che ricevono contributi sia dalle alluvioni di origine continentale della fascia pedecollinare, sia dalla falda esistente nel cordone dunare occidentale.

La falda, localmente, con riferimento a dati piezometrici rilevati nell'Aprile 2003, mostra un livello attestato tra +1,5 e +1,0 m sull'l.m. quindi con una soggiacenza media di circa 1,1÷1,6 metri rispetto al piano campagna. L'andamento freaticometrico della zona, con riferimento alle condizioni dell'Aprile 2003, è sinteticamente illustrato dalla carta di FIG.4. Le recenti indagini eseguite a ottobre 2023, a supporto del presente intervento hanno verificato una soggiacenza di circa 1,95 m dal p.c., misura probabilmente influenzata dal periodo particolarmente spinto di magra idrogeologica.

L'area di studio ricade come detto sul margine esterno del conoide fluviale del F. Camaione, sede di una falda acquifera dolce. L'alimentazione di tale acquifero è garantita in parte dall'infiltrazione diretta delle acque meteoriche e dagli apporti dei corsi d'acqua superficiali. La vulnerabilità dell'acquifero, nonostante lo strato limoso argilloso superficiale garantisca una minima protezione geologica, è comunque, alla luce dei suoi contenuti spessori e della possibile variabilità laterale di quest'ultimo, da ritenersi comunque alta.

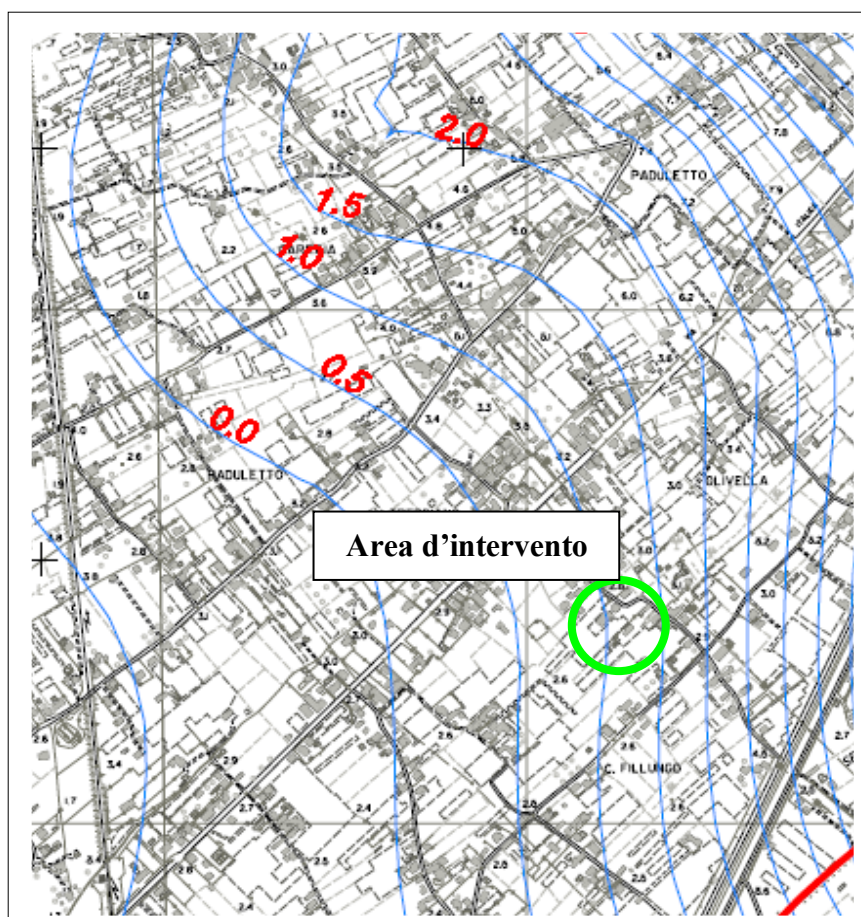


FIG. 4 – QUADRO FREATIMETRICO (rilievi Aprile 2003, da P.S. Comune di Camaione)

4. – FRAGILITA' IDRAULICA

La fragilità idraulica si pone come uno degli aspetti fondamentali nel governo del territorio; la possibile interazione tra la dinamica delle reti idrologiche e le attività antropiche necessita infatti di un'attenta analisi delle condizioni di rischio cui sono sottoposti beni e persone. Tale condizione di rischio può scaturire in conseguenza di fenomeni di trasporto in alveo legati a esondazioni (trasporto di massa liquida) e/o di dinamica d'alveo (trasporto di massa solida). Il rischio idraulico può altresì essere dovuto a fenomeni di ristagno dovuti a difficoltà di drenaggio da parte della rete scolante (compresa la rete fognaria), favoriti anche da condizioni geomorfologiche locali particolari (aree morfologicamente depresse ecc.).

Gli elementi idrografici di maggior rilievo sono rappresentati dai fossi Trebbiano e Fillungo che scorrono rispettivamente ad ovest ed est dell'area d'intervento.

Per ricostruire l'assetto di pericolosità idraulica dell'area in esame, sono state esaminate le carte tematiche in supporto al P.S. comunale e quelle relative all'Autorità di Distretto dell'Appennino Settentrionale.

L'Amministrazione Comunale di Camaiore, a supporto del piano ha fatto eseguire uno Studio idrologico idraulico sul territorio comunale (Pagliara 2016).

La Carta dell'inviluppo delle altezze d'acqua di esondazione per $T_r=200$ anni contenuta in tale studio, pone l'area d'intervento all'interno di uno scenario esondativo che ipotizza lame d'acqua con altezze oltre i 50 cm, Fig.6, mentre nel caso di $T_r=30$ anni, inferiori ai 30 cm.

Nella Carta di Pericolosità idraulica a supporto del Piano Strutturale l'area viene quindi ricompresa in una zona considerata a Pericolosità idraulica molto elevata, FIG.5, così come peraltro confermata dal PGRA dell'Autorità di Bacino Distretto Appennino Settentrionale, che inserisce l'area in zona P3 (Pericolosità elevata - alluvioni frequenti), Fig.7.

L'insieme delle informazioni raccolte e dei dati derivati dalle cartografie di rischio vigenti evidenzia quindi come per l'area su cui è previsto l'intervento sussistano condizioni di rischio idraulico.

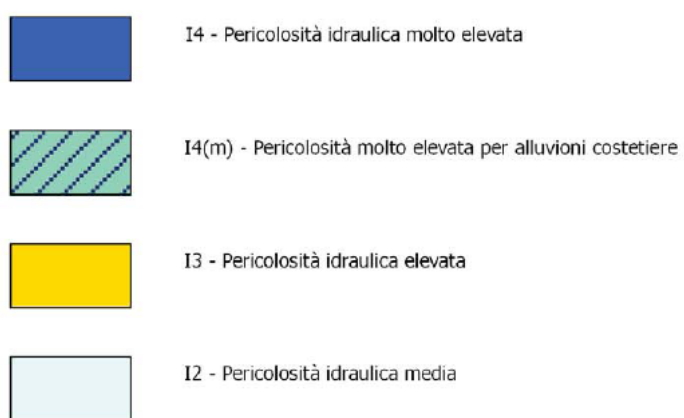
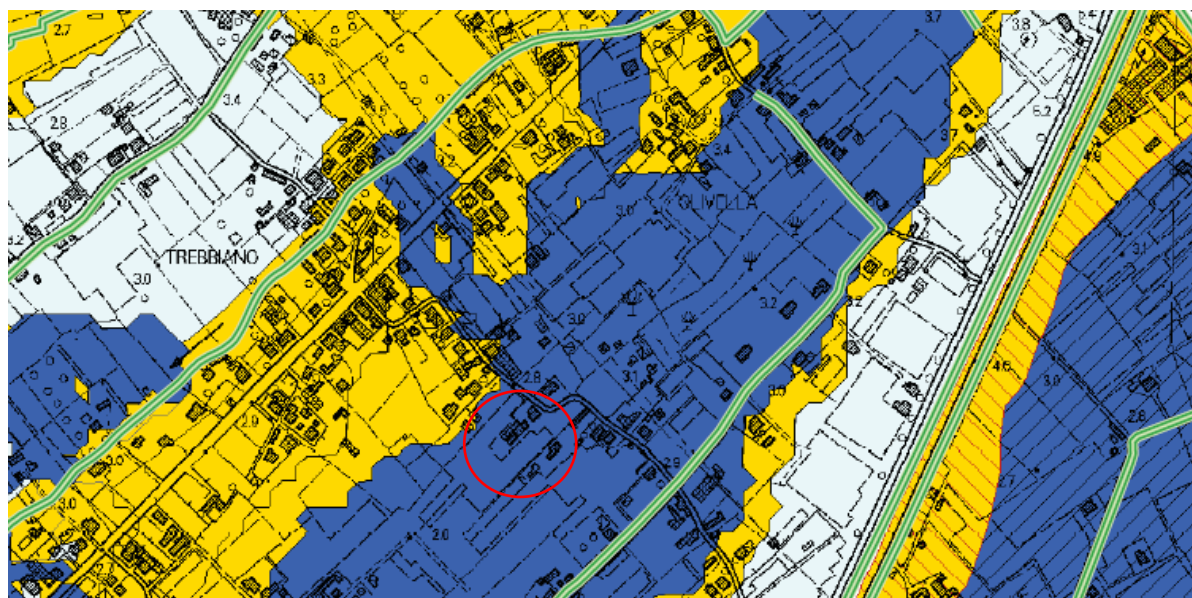


FIG. 5- Carta della Pericolosità Idraulica (da P.S. Comune di Camaione)

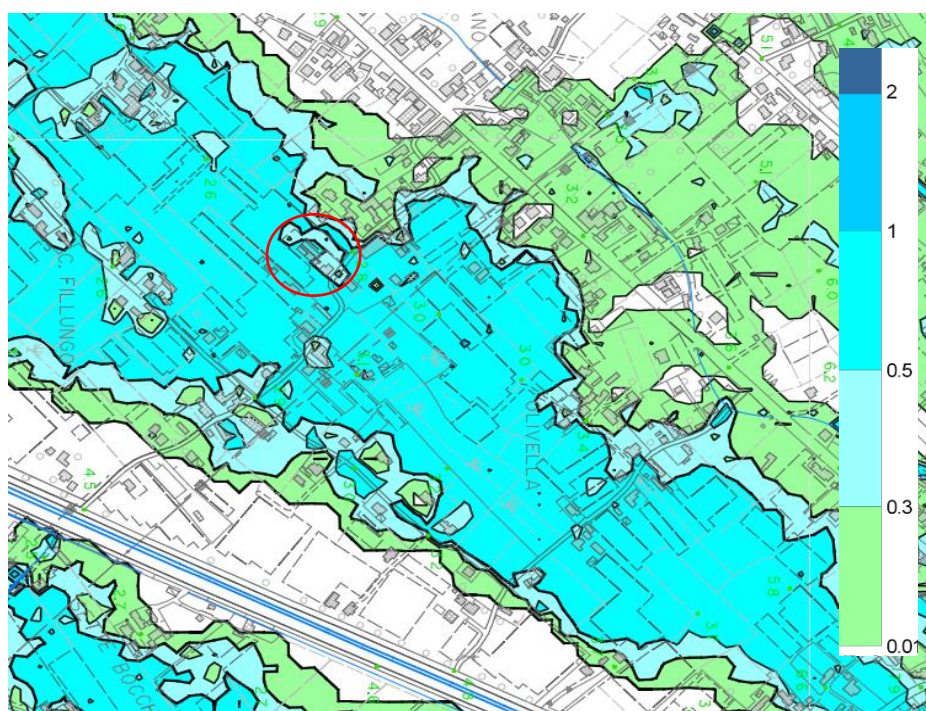


FIG. 6- Carta delle esondazioni TR=200 anni (da P.S. Comune di Camaione)

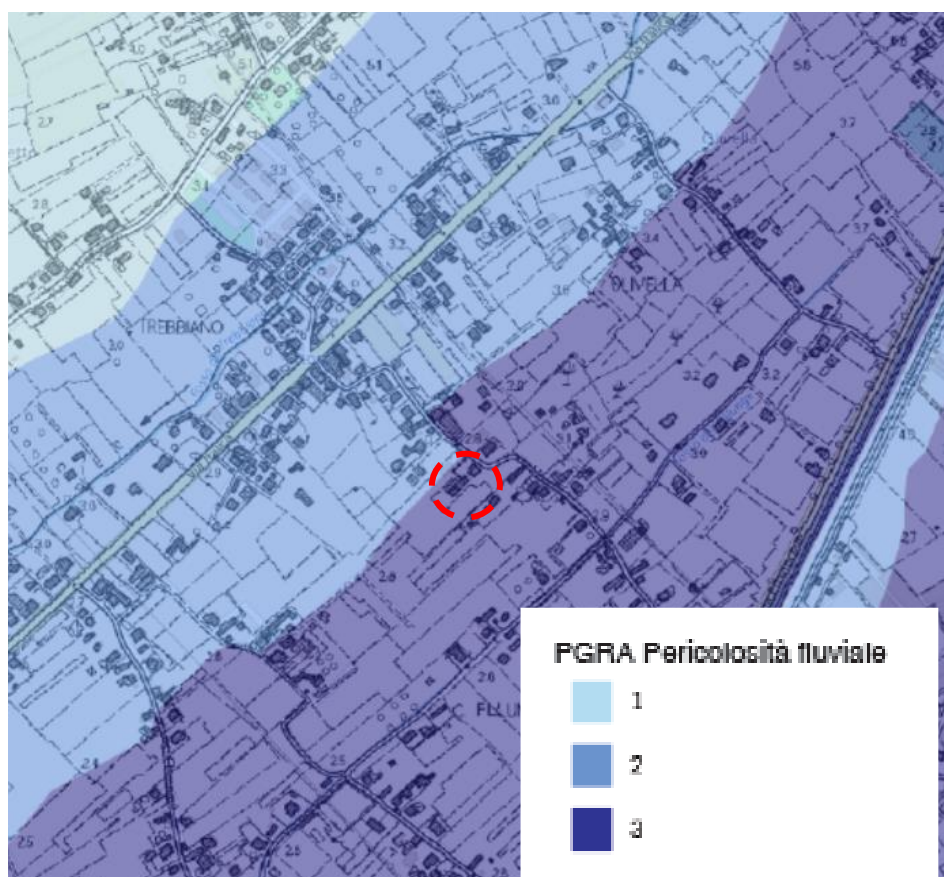


FIG. 7- Carta della Pericolosità idraulica PGRA (da Autorità di Distretto App. Settentrionale)

La Regione Toscana (in attuazione della L.R.64/2014) ha emanato la L.R. 41/2018, legge per la gestione del rischio alluvioni. La norma disciplina la classificazione di pericolosità per alluvioni frequenti e poco frequenti, introducendo opportune limitazioni a seconda dello scenario di pericolosità e del tipo di intervento diretto e/o pianificatorio. In particolare, disciplina le trasformazioni del territorio, in funzione oltre che della pericolosità anche della magnitudo idraulica (combinazione del battente e della velocità). Le Tabb.2 e 3 illustrano la scala di magnitudo idraulica (valida per scenari di alluvioni poco frequenti).

Magnitudo idraulica		
Battente	Velocità della corrente	
	vel ≤ 1 m/s	vel > 1 m/s
h > 1 m	M3 molto severa	M3 molto severa
0,5 < h ≤ 1 m	M2 severa	M3 molto severa
h ≤ 0,5 m	M1 moderata	M2 severa

Tab 2 - Magnitudo idraulica in aree con scenario relativo a alluvioni poco frequenti

Magnitudo idraulica semplificata	
Battente	
$h > 0,5 \text{ m}$	M3 molto severa
$0,3 < h \leq 0,5 \text{ m}$	M2 severa
$h \leq 0,3 \text{ m}$	M1 moderata

Tab.3 - Magnitudo idraulica in aree con scenario relativo a alluvioni poco frequenti
In assenza di dati di velocità

Tra gli obiettivi della legge ci sono in particolare quelli di far sì che gli interventi di messa in sicurezza idraulica portino almeno ad un livello di *Rischio medio R2 (danni minori ad edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e delle infrastrutture oltre la funzionalità delle attività economiche)*, considerato il livello massimo di rischio accettabile.

All'Art.18, al comma 1a, si specifica che le Aree a pericolosità per alluvioni frequenti corrispondono a quelle considerate dal PGRA a Pericolosità elevata P3 (alluvioni frequenti). Sempre all'Art.18 comma 1b, viene specificato che le Aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, corrispondono invece a quelle considerate dal PGRA a Pericolosità media P2 (alluvioni poco frequenti).

5. - QUADRO LITOTECNICO

Sotto il profilo litotecnico le formazioni che caratterizzano il quadro geologico dell'area interessata dall'intervento, tenuto conto della granulometria dei sedimenti e del loro grado di addensamento, possono essere accorpate in un'unica classe litotecnica:

Formazioni omogenee: sedimenti limosi sabbiosi e/o argillosi a tratti organici di ambiente di bassa energia (Olocene).

Caratteristiche litotecniche: depositi poco addensati nei primi 4-6 metri dal p.c. Il grado di addensamento tende ad aumentare con la profondità.

5.1 – Quadro geotecnico parametrico

Il quadro parametrico è stato ricavato tenendo conto dei dati di resistenza all'infissione ricavati da due prove penetrometriche, una dinamica pesante DPSH, eseguita nell'area d'intervento nel 2005² e spinta fino a circa 8-9 metri di profondità e l'altra di tipo CPT eseguita a supporto del presente intervento e spinta fino ai 12 metri circa dal p.c. (Annesso 1). Le due prove penetrometriche, superati i primi 1-1.5 metri relativamente più consolidati della fascia eterotermica superficiale, fino verso i 5 - 6 metri dal p.c. mostrano una bassa resistenza all'infissione (**N₂₀** intorno a 2, max 6 colpi e **R_p** mediamente inferiore ai 10 Kg/cm² che passa a valori di 6, aumentando progressivamente fino ai 6 metri dal p.c., profondità oltre la quale **N₂₀** sale oltre i 15 colpi e la **R_p** va ben oltre i 100 Kg/cm²).

Come detto, i terreni mostrano una natura prevalentemente limosa e/o granulare fine incoerente, con scarso addensamento fino verso i 6 metri dal p.c.. La densità relativa **D_r** dei limi sabbiosi si mantiene mediamente su valori intorno al 20%-30% (deposito sciolto), fino verso i 6 metri dal p.c.. A maggiore profondità la densità relativa dei depositi aumenta progressivamente. Nei primi metri dal p.c., quelli più sciolti e con maggiore componente limosa gli angoli di attrito si mantengono bassi e tendenzialmente si aggirano attorno ai 22°-24°. Tra i -5 e i -6÷-6,5 metri dal p.c., l'angolo di attrito aumenta relativamente a 24°-26°. Oltre i 6-6,5 m dal p.c. tendono ad aumentare portandosi oltre i 30° e punte fino ai 33-34° oltre i -9 metri dal p.c. I parametri geotecnici caratteristici sono stati ricavati dai dati di

² - Progetto di ampliamento e cambio di destinazione di fabbricato in via Masini a Capezzano Pianore. Relazione Geologica. VertiGeo 2005.

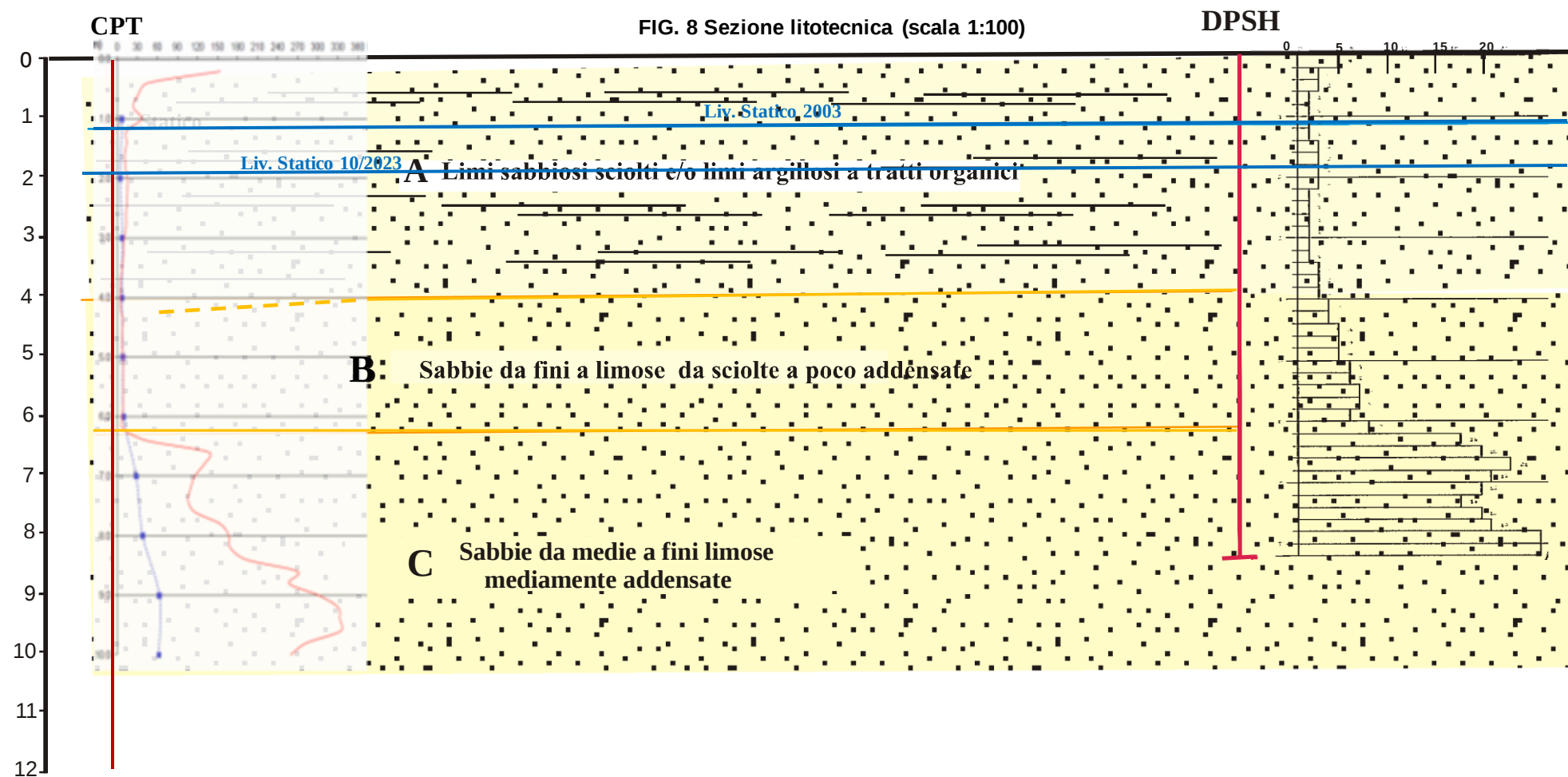
resistenza all'infissione, utilizzando le relazioni suggerite in letteratura dai vari autori (J.N.R., Schmertmann, altri).

In base ai dati rilevati nel corso dei sopralluoghi effettuati e in riferimento alle prove penetrometriche a disposizione, è stato ricostruito il seguente quadro geotecnico parametrico:

da p.c.	a -4.2m	(ORIZZONTE A) – Limi sabbiosi sciolti e/o limi argillosi a tratti organici. Deposito sciolto. N₂₀ $\cong$ 1-2 R_p $\cong$ 4-5 Kg/cm ² ϕ $\cong$ 22°-24° Dr = 20-30% E_y = 20 Kg/cm ²
-4.2m	-6.5 m	(ORIZZONTE B) – sabbie da fini a limose. Deposito da sciolto a poco addensato. N₂₀ $\cong$ 3-6 R_p $\cong$ 7-8 Kg/cm ² ϕ $\cong$ 24°-26° Dr = 30-40% E_y = 40 Kg/cm ²
- 6÷-6.5 m	<- 12 m	(ORIZZONTE C) – sabbie da medie a fini limose. Deposito da addensato a molto addensato. N₂₀ $\cong$ 16-24 R_p > 100 Kg/cm ² ϕ $\cong$ 33°-35° Dr $\cong$ 50- 60 % E_y = 110 Kg/cm ²

I parametri esposti devono intendersi come parametri caratteristici degli orizzonti litotecnici individuati.

In sintesi, (FIG.8), dai dati stratigrafici e geognostici rilevati, risulta che i terreni affioranti nella zona d'intervento, per i primi 6 m dal p.c. sono sostanzialmente caratterizzati da mediocri caratteristiche geotecniche. L'orizzonte più superficiale risulta poco addensato e con le peggiori caratteristiche geotecniche.



6. - SISMICITÀ

Secondo la Classificazione Sismica Regionale adottata con la Deliberazione di G.R. del 19.06.2006 n. 431 e s.m., che recepisce l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri n. 3519 del 28.04.2006 e s.m., il comune di Camaiore rientra nella Zona 3 di sismicità, Fig.5. Storicamente il territorio comunale di Camaiore non è stato interessato da epicentri sismici significativi, ma risente della sismicità di aree circostanti, tra cui si segnalano:

- La Garfagnana/Lunigiana e la Val di Lima con eventi sismici frequenti di magnitudo elevata (rovinosa 7°-8° MCS) talora disastrosa (distruttrice 9°-10° grado MCS);
- Aree sismiche in mare (dorsali Meloria e Maestra) anch'esse con eventi sismici frequenti ma di magnitudo contenuta.

Il quadro sismotettonico locale e le analisi eseguite dall'INGV individuano quindi per il territorio di Camaiore un grado medio - basso di rischio sismico, risentendo la zona, in modo più o meno intenso, degli effetti di propagazione e attenuazione di sismi con epicentro nel settore Lunigiana - Garfagnana, nell'Appennino centro-settentrionale e nei sistemi distensivi del Tirreno settentrionale, Figg.9 e 10. Fra gli eventi più significativi, tuttavia, si ricorda quello del 1920 (terremoto che colpì in maniera disastrosa la Garfagnana e la Lunigiana, 9°-10° grado MCS) per il quale a Camaiore furono registrate scosse con grado di sismicità variabile dal 6° al 7° grado MCS, con conseguenze tuttavia molto limitate sull'edificato (Eva et Al. 1978), Fig. 11. La scossa fu ben avvertita anche nei centri abitati della marina, senza tuttavia danni all'edificato.

Negli ultimi anni il punto di riferimento per le valutazioni di pericolosità sismica è rappresentato dalla zonazione sismogenetica ZS9 (Scandone et al. 1996 - 2000) che rappresenta la traduzione operativa del modello sismotettonico riassunto in Meletti et al. (2000). La zona che interessa l'area in esame è la 916 (Versilia - Chianti), che fa parte del complesso "Appennino settentrionale e centrale" (zone che vanno dalla 911 alla 923). Nella zona 916 i dati pubblicati dall'INGV evidenziano che negli anni di monitoraggio strumentale la magnitudo massima registrata è stata di 4.6 Md, la profondità efficace è di 6 km e che la maggior parte dei terremoti che si verificano hanno basse magnitudo, indicando così un frequente movimento che ha funzione dissipativa delle energie tettoniche che possono accumularsi nell'area. Nella successiva tabella sono riportati i dettagli delle misurazioni effettuate.

<i>zona</i>	<i>Numero eventi Md>2.0</i>	<i>Numero eventi Md>2.5</i>	<i>Numero eventi Md>3.50</i>	<i>Magnitudo massima (Md)</i>	<i>Classe di profondità (km)</i>	<i>Profondità efficace (km)</i>
916	140	83	16	4.6	5-8	6

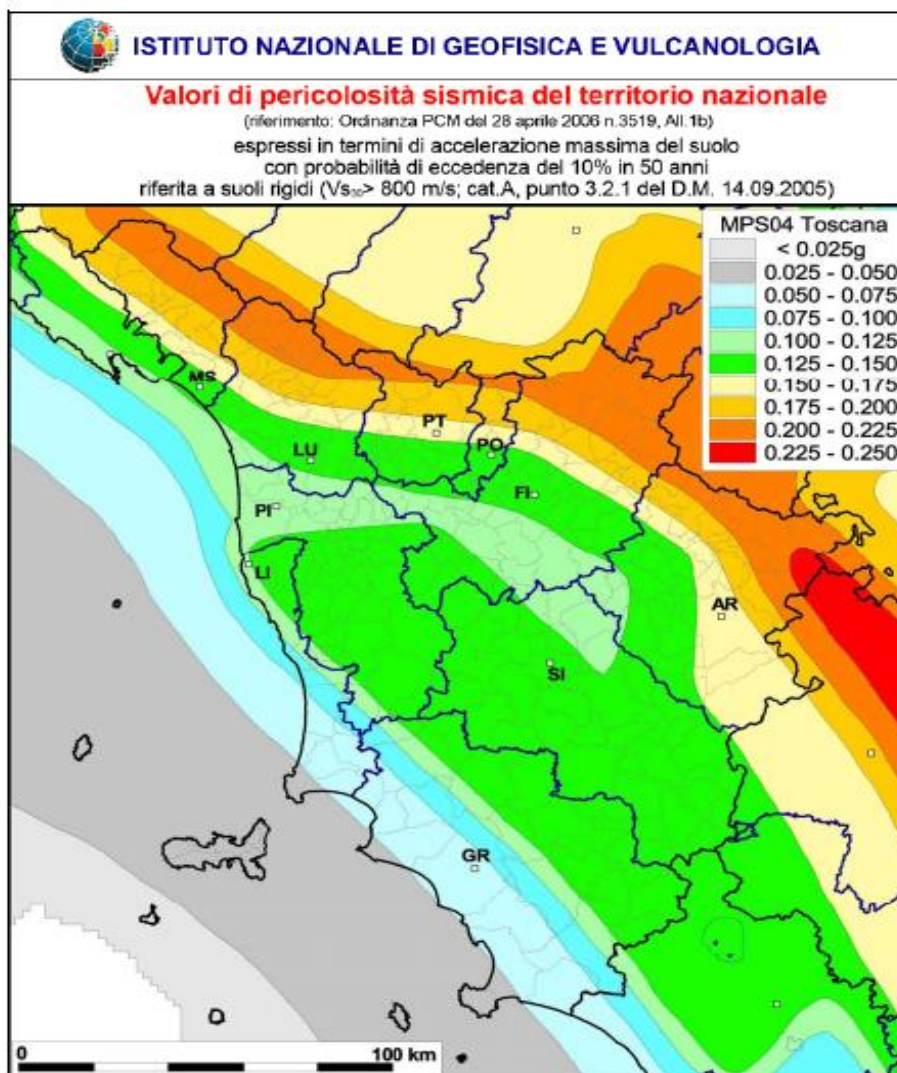


Fig. 9 – Carta della pericolosità sismica della Regione Toscana

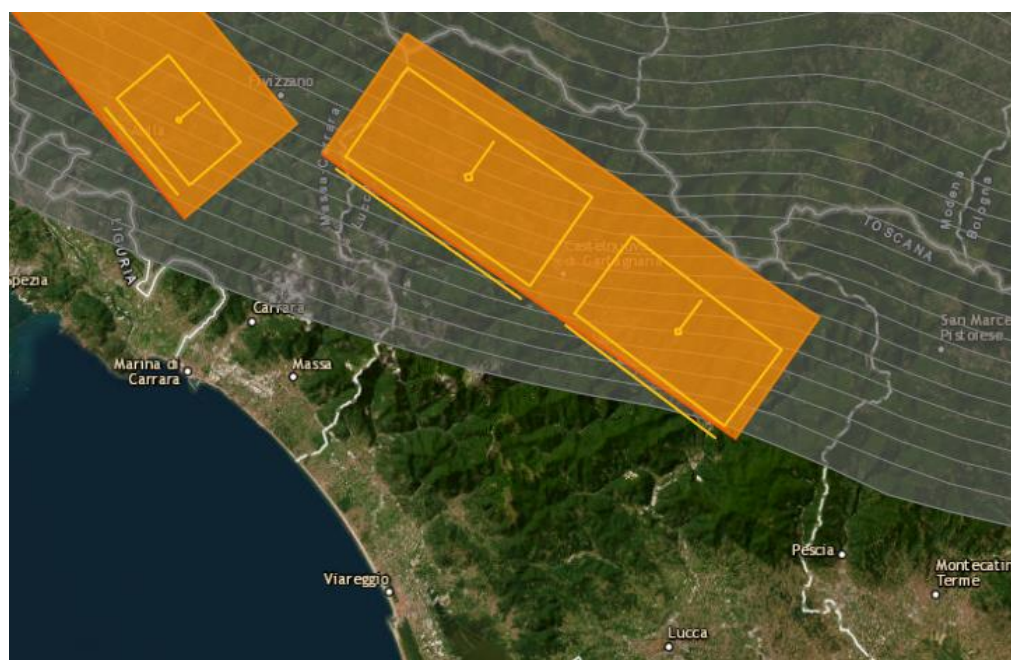


FIG. 10 - "Database of Individual Seismogenic Sources" (ver 3.3.1 DISS, 2025)

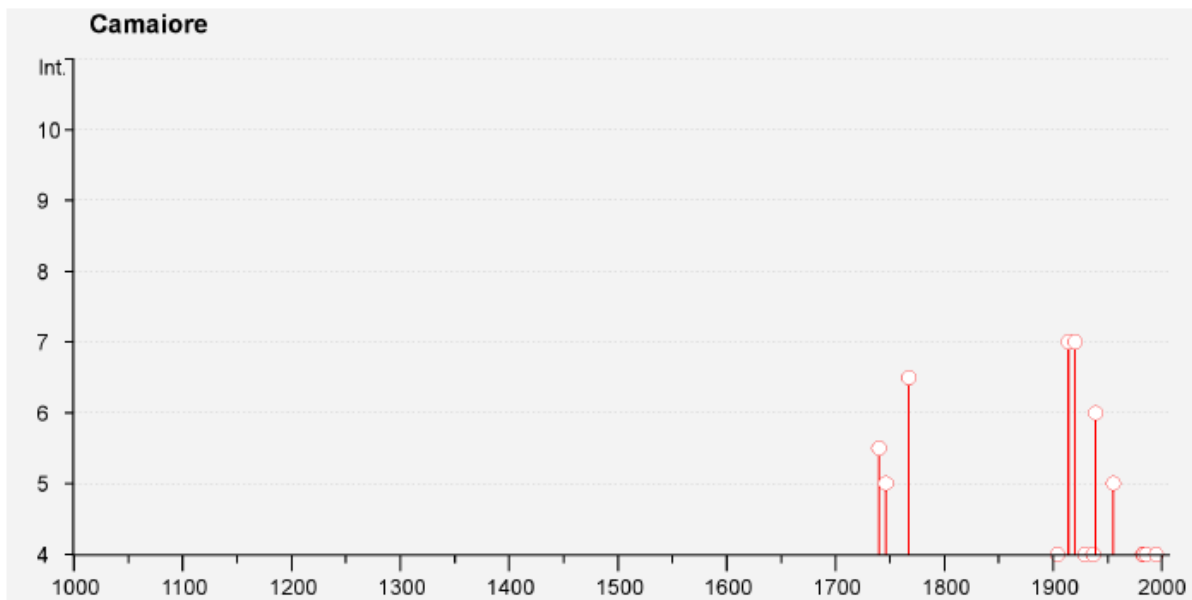


FIG 11 – Diagramma della storia sismica del Comune di Camaiore

La mappa di Fig.12 rappresenta il modello di pericolosità sismica e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A, $V_{s30} > 800$ m/s) e pianeggiante, così come ricavabile dalle mappe interattive dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia .

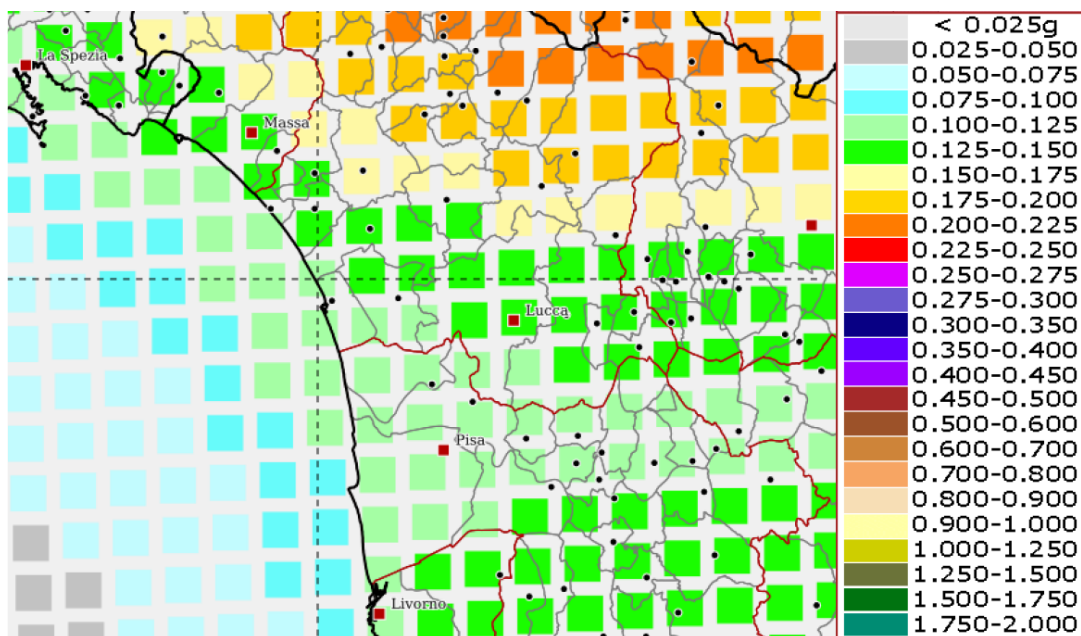
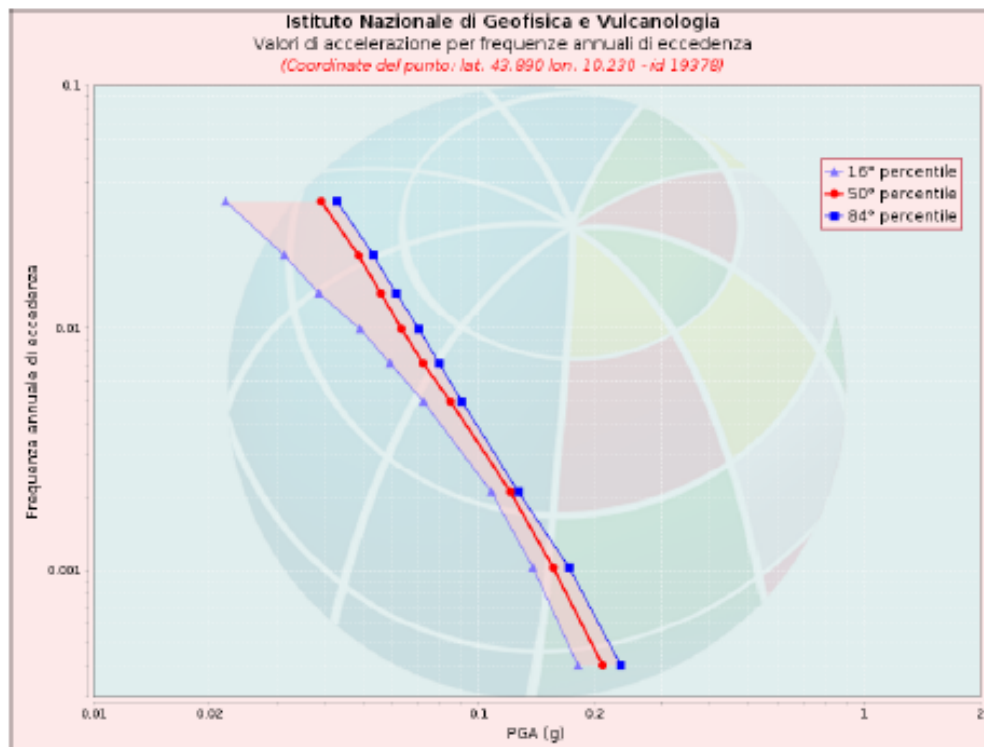


Fig. 12 Carta di pericolosità sismica. I colori si riferiscono alle accelerazioni orizzontali (in frazioni dell'accelerazione di gravità) caratterizzate da una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni. I quadrati indicano il nodo con espressi i valori di accelerazione (Fonte – Mappe interattive dell'Istituto nazionale di Geofisica e Vulcanologia - <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

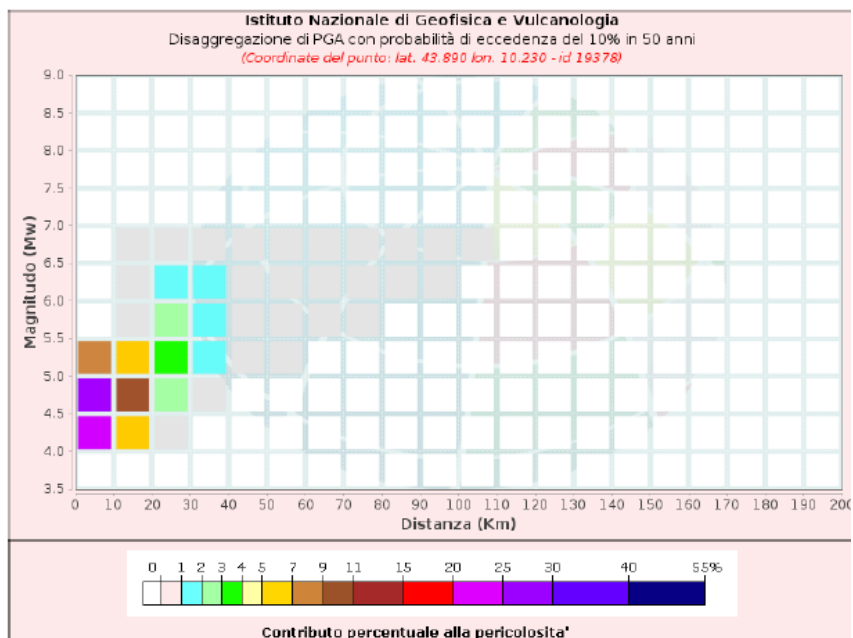
Per ogni nodo della griglia sono disponibili numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali. Quello corrispondente a Lido di Camaiore è il nodo della griglia di calcolo identificato con l'ID 19378. La Curva di Pericolosità, Fig.13, graficizza i valori di scuotimento (PGA) per diverse frequenze annuali di eccedenza (valore inverso del periodo di ritorno), riportati nella tabella allegata per il nodo identificato. La pericolosità è l'insieme dei valori di scuotimento (in questo caso per la PGA) per le diverse frequenze annuali di eccedenza. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico, relativi al valore mediano (50mo percentile) ed incertezza, espressa attraverso il 16° e l'84° percentile.



Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza			
Frequenza annuale di ecc.	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.181	0.210	0.234
0.0010	0.139	0.156	0.172
0.0021	0.108	0.121	0.127
0.0050	0.072	0.085	0.091
0.0071	0.059	0.072	0.079
0.0099	0.049	0.063	0.070
0.0139	0.039	0.056	0.061
0.0199	0.031	0.049	0.054
0.0332	0.022	0.039	0.043

Fig. 13 – Curva di pericolosità e tabella PGA

Il corrispondente grafico di disaggregazione rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. La tabella allegata, riporta i valori mostrati nel grafico ed i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon.



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni											
Distanza in Km	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	23.2000	28.0000	8.2400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	5.3200	9.7300	5.1500	0.6070	0.3700	0.0491	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.4630	2.7800	3.6500	2.7100	1.9900	0.2950	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.1630	1.2100	1.5800	1.4400	0.2470	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.1700	0.6990	0.8550	0.1680	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0103	0.2100	0.3190	0.0709	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0380	0.1100	0.0293	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0018	0.0369	0.0135	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0095	0.0061	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013	0.0017	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi: magnitudo = 4.87 ; distanza = 11.9 ; epsilon = 0.975

Fig. 14– Grafico e tabella di disaggregazione PGA

L'area interessata dalla variante, dal P.S. comunale è inserita in classe di pericolosità sismica elevata in quanto potenzialmente soggetta a fenomeni di liquefazione, Fig.15.

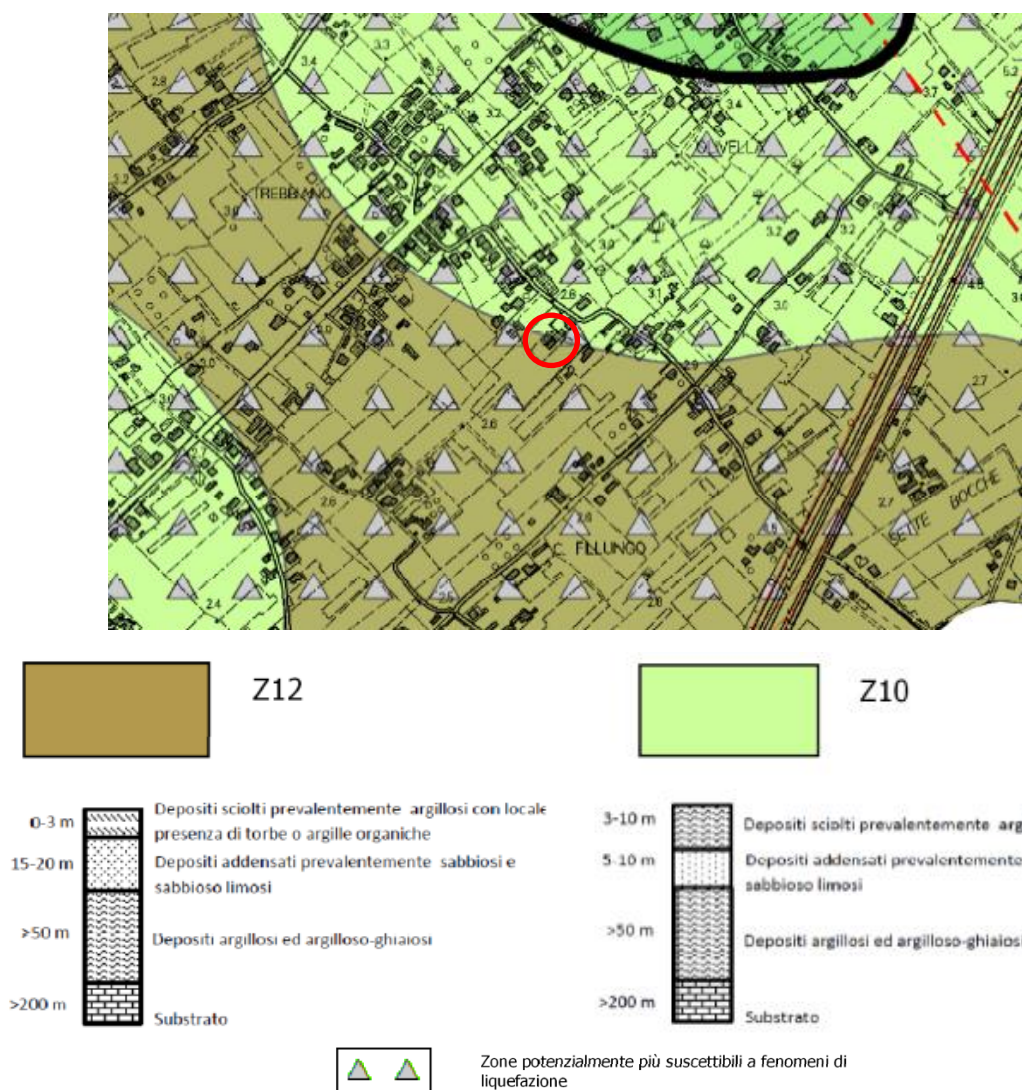


Fig. 15– Carta M.O.P.S. (da P.S, Comune di Camaio)

In linea generale, per terremoti di elevata magnitudo la liquefazione del deposito può essere indotta da un numero, anche ridotto, di cicli di carico poiché ad ogni ciclo è associata una sollecitazione dinamica di grande intensità; per contro, in terremoti di minore magnitudo lo stesso effetto si ottiene, chiaramente, solo con un numero superiore di cicli di carico. Tenendo conto di quanto sopra e considerando le stime effettuate da vari autori (Youd e Perkins, 1978) riguardanti valutazioni qualitative del grado di vulnerabilità alla liquefazione nel caso di pianure alluvionali costiere Oloceniche, sulla base del tipo di deposito sedimentario e della sua età, si ritiene ragionevole escludere, per l'area considerata dal presente studio, una rilevante probabilità di liquefazione indotta da eventi sismici, anche

tenendo conto delle basse accelerazioni indicate per il territorio del Comune di Camaiore. Come dimostrano i dati registrati durante terremoti documentati storicamente, la liquefazione è probabile con sismi di magnitudo superiore a 6 (7° - 8° MCS), con durate di scossa superiori ai 15 sec e accelerazioni $a_{mx} > 0,10g$, Magnitudo dell'entità citata non sono state registrate nel territorio comunale di Camaiore neanche in concomitanza del terremoto che colpì in maniera molto distruttiva le vicine Garfagnana e Lunigiana nel 1920.

Il fenomeno della liquefazione richiede, oltre a depositi incoerenti, anche la presenza della falda entro i primi metri dal piano campagna, condizione di fatto rispettata nell'area. Una seppur contenuta frazione limosa, porta a diminuire la suscettibilità dei depositi alla liquefazione (Shannon et Alii). La densità relativa dei depositi sabbiosi dell'area, come mostrano i dati penetrometrici a disposizione è relativamente bassa nei primi metri dal p.c. ma aumenta fino ad oltre il 50%, intorno ai 6÷6,5 m dal p.c.. C'è tuttavia da considerare che in tale intervallo i sedimenti per lo più limosi sabbiosi e/o limosi argillosi, presentano una significativa percentuale di fine che tende decisamente a diminuire la possibilità di filtrazione e quindi di liquefazione.

Trattandosi dell'aspetto sismico predominante è stato comunque opportunamente indagato. Valutazioni sulla potenziale suscettibilità a tale fenomeno, possono essere fatte speditivamente, sia a carattere qualitativo in base al tipo e all'età del deposito sia in base a valutazioni più puntuali, attraverso i valori di N_{SPT} e di velocità delle onde sismiche V_s .

-Età e tipo di deposito: i depositi che caratterizzano il sottosuolo dell'area di intervento, di epoca Olocenica, come precedentemente descritto, hanno facies legata meccanismi prevalentemente alluvionali. Secondo Youd & Perkins (1978), Fig.16, parrebbe ragionevole considerare, per l'area di variante, una bassa probabilità di liquefazione indotta da eventi sismici, anche tenendo conto delle accelerazioni indicate per il territorio del Comune di Camaiore.

-Velocità delle onde sismiche V_{sh}

Con riferimento alle velocità V_{sh} registrate con la prova MASW, si è proceduto a una valutazione del potenziale di liquefazione con riferimento al metodo proposto da Andrus e Stokoe (1997).

Nel calcolo, si è fatto riferimento alla magnitudo attesa pari a 6,14, e in ottemperanza a quanto previsto dalle NTC 2018, tenuto conto dei parametri sismici sito-specifici, considerato lo stato limite SLV, si è fatto riferimento ad una azione sismica massima A_{max} pari a 0.192 ($a_g = 0.128g$ - $S_s = 1.5$).

Tipo deposito	Età del deposito			
	<500 anni	Olocene	Pleistocene	Pre-Pleistocene
Depositi continentali				
Canali fluviali	Molto alta	Alta	Bassa	Molto bassa
Pianure di esondazione	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Pianure e conoidi alluvionali	Moderata	Bassa	Bassa	Molto bassa
Spianate e terrazzi marini	-----	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Deltaici	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Lacustri	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Colluvioni	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Scarpate	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Dune	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa
Loess	Alta	Alta	Alta	Molto bassa
Glaciali	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Tuff	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Tephra	Alta	Alta	?	?
Terreni residuali	Bassa	Bassa	Molto bassa	Molto bassa
Sebkha	Alta	Moderata	Bassa	Molto bassa

Fig.16 – Liquefacibilità secondo Youd & Perkins (1978)

Per quanto concerne la profondità della falda si è cautelativamente considerato il deposito alluvionale saturo fino alla quota di -1.5 metri rispetto al piano campagna. La tabella seguente riporta il calcolo eseguito e il diagramma di Fig.17 visualizza il coefficiente con la profondità di calcolo.

FORMULE:				RISULTATI:					
				1° STRATO2° STRATO3° STRATO4° STRATO					
$V_{s1} = V_s \cdot \left(\frac{1}{\sigma'_{v0}} \right)^{0,25}$				Spessore	4	4	4	8	
$CRR = 0,03 \cdot \left(\frac{V_{s1}}{100} \right)^2 + \frac{0,9}{(V_{s1C} - V_{s1})} - \frac{0,9}{V_{s1C}}$				V_{s1}	176,833	209,892	291,424	318,068	
$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{v0}} = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \cdot I_d \cdot \frac{1}{MSF}$				M = 6,14	CSR	0,073	0,106	0,106	0,095
r_d					0,98	0,95	0,91	0,78	
1 < $F_s = CRR/CSR$				M = 6,14	F_s	1,589 Verificato	2,046 Verificato	2,245 Verificato	3,051 Verificato
1,25 < $F_s = CRR/CSR$				M = 6,14	$F_s (O.P.C.M.)$	1,589 Verificato	2,046 Verificato	2,245 Verificato	3,051 Verificato
RISCHIO di Liquefazione (Iwasaki et.al.,1978)					Molto Basso				
PROBABILITA' di Liquefazione (Juang et. al., 2001) [P_L (%)]					0,07	0,03	0,02	0,01	
SUSCETTIBILITA' di Liquefazione (Juang et. al., 2001)					Liquef. incerta	Liquef. incerta	Liquef. incerta	Liquef. incerta	

Tab 4

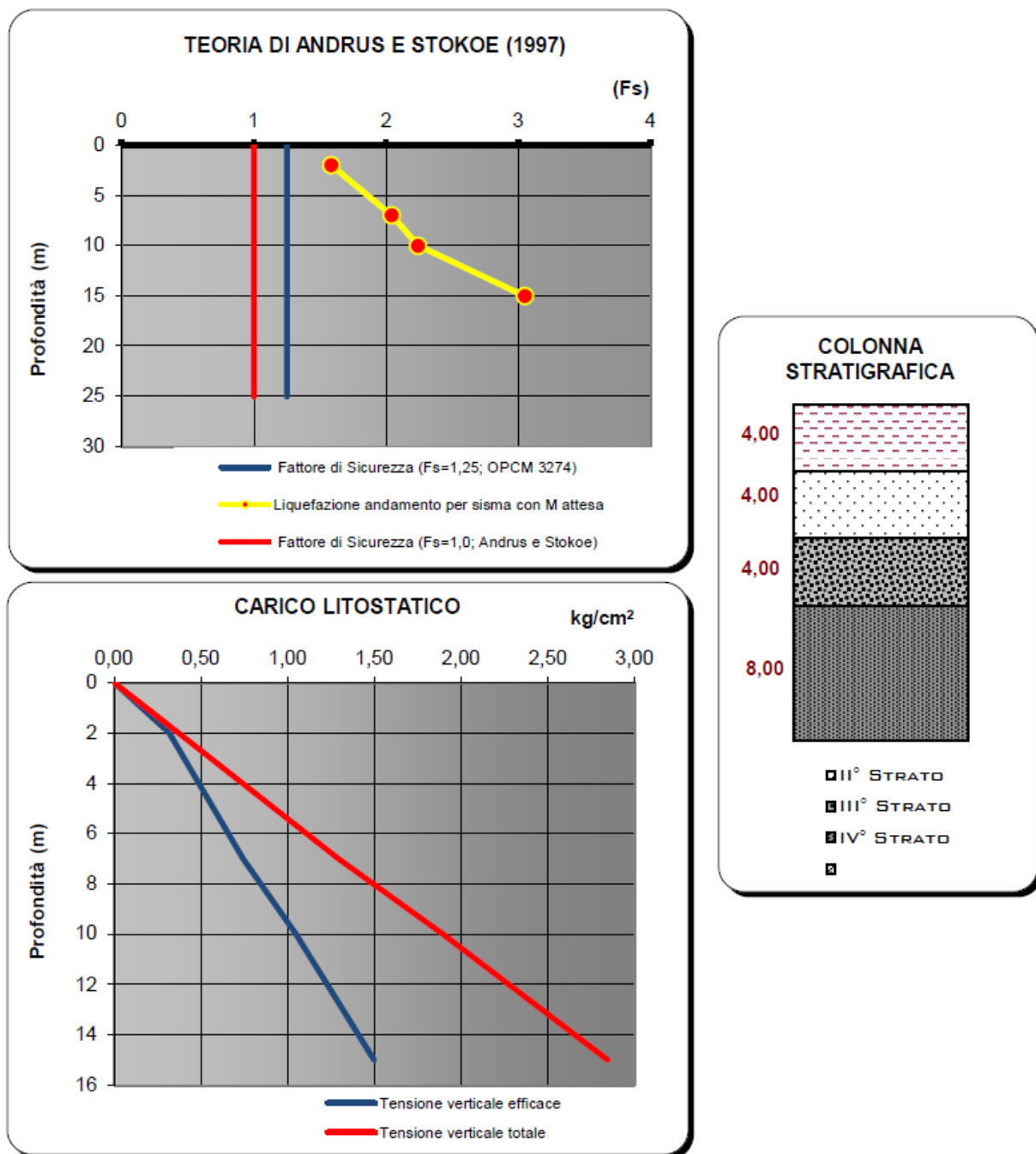


Fig.17 – Liquefacibilità secondo Andrus e Stokoe

6.1. Indagini sismiche eseguite. Cenni metodologici

Per la modellazione sismica locale del sottosuolo ci si è riferiti a un'indagine MASW (Multi-channel Analysys of Surface Waves) eseguita nell'area a supporto dei precedenti interventi³, e a un'acquisizione HVSR, eseguita a supporto delle attuali indagini.

³ - Permesso di costruire per unità immobiliare in via Masini Capezzano Pianore, Comune di Camaione.

La metodologia MASW permette di ricavare le velocità di propagazione delle onde trasversali o di taglio S (onde di corpo) nel sottosuolo sfruttando le onde di superficie e, più precisamente, le onde di Rayleigh. In un semispazio omogeneo la velocità di propagazione di tali onde non dipende dalla frequenza ovvero “non si disperdono”; in presenza di una superficie libera una particella interessata da un’onda di Rayleigh mostra un moto ellittico retrogrado (in senso antiorario). L’impiego delle onde di superficie, in particolare quelle di Rayleigh, è giustificato dal fatto che esse impiegano gran parte dell’energia necessaria alla generazione e propagazione delle onde di corpo.

La propagazione delle onde di Rayleigh, è influenzata dalla densità dei materiali attraversati e dalla velocità delle onde P ma, soprattutto, è funzione della velocità delle onde S. Al variare in senso verticale delle caratteristiche meccaniche dei terreni e, quindi, in presenza di un semispazio omogeneo stratificato, varia la velocità di propagazione di ciascuna delle componenti di frequenza di tale onda superficiale; a ognuna di queste velocità, dette “di fase”, corrisponde una differente lunghezza d’onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa caratteristica viene detta “dispersione”. La dispersione può essere quindi definita come “la deformazione di un treno d’onda dovuta ad una variazione di velocità di propagazione al variare della frequenza” (“La Metodologia MASW per la determinazione delle VS30” G. Del Moro e P. Gabrielli, Geofluid 2006). La dispersione delle onde superficiali, essendo intrinsecamente dipendente dalle caratteristiche meccaniche dei terreni attraversati, permette di studiarne le proprietà elastiche, giungendo alla realizzazione di un profilo verticale di velocità di propagazione delle onde di taglio S ed evidenziando eventuali zone di inversione di velocità.

Il metodo HVSR consiste in un’indagine sismica passiva che si basa sulla misura della risposta in frequenza di un particolare sito o e che consente di effettuare un’analisi spettrale delle diverse componenti della vibrazione del suolo (microtremore) generata sia da fenomeni naturali (es: moto ondoso, vento, terremoti...) che da attività antropiche, il cosiddetto rumore sismico ambientale. Nel dettaglio, questo metodo prevede il calcolo del rapporto spettrale, tipicamente indicato come rapporto H/V (o HVSR), della media delle componenti orizzontali rispetto alla componente verticale dello spettro di Fourier del rumore ambientale, registrato in un unico sito da un sismometro a tre componenti. Con questa procedura è possibile individuare eventuali fenomeni di risonanza sismica e le relative frequenze (frequenza di risonanza f_0). Il fenomeno di risonanza sismica è strettamente

Relazione Geologica e Relazione Geotecnica. Dott. Geol. Massimo Pellegrini 2013.

legato all'amplificazione del moto sismico. Una tipica condizione capace di amplificare il moto sismico nei terreni è data dall'assetto geologico-stratigrafico. Nel caso di un contrasto di impedenza significativo l'amplificazione è massima per determinate frequenze, dette per l'appunto frequenze di risonanza f_0 , che sono legate allo spessore della copertura e alla velocità con cui le onde di taglio si propagano al suo interno dalla seguente relazione:

$$f_0 = V_s / 4H$$

dove:

f_0 = frequenza di risonanza

V_s = velocità delle onde S nello strato

H = spessore dello strato

Tramite questa relazione, avendo a disposizione informazioni riguardo le velocità di taglio della copertura sedimentaria (informazione data da prove sismiche attive MASW, ad esempio) è possibile stimare la profondità del bedrock sismico e ricostruire così la geometria sismo-acustica del sottosuolo. Per ottenere una valutazione corretta della risposta di sito tramite le misure H/V bisogna seguire opportune procedure, sia in fase di acquisizione che in fase di analisi del segnale. Tali procedure sono state definite in ambito del progetto europeo SESAME (Site Effects Assessment Using Ambient Excitations).

L'ubicazione delle indagini eseguite è riportata in FIG.18.



FIG. 18 – Ubicazione indagini sismiche

6.2 - Risultati

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274, il testo unico sulle norme tecniche per le costruzioni in zona sismica e l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3431 prescrivono che deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale. In mancanza di tali studi si può utilizzare una classificazione che riguardi i terreni compresi tra il piano di imposta delle fondazioni degli edifici ed il sub-strato rigido di riferimento (bedrock o comunque un substrato commisurato alla estensione ed importanza dell'opera). Con l'entrata in vigore delle NTC 2018 per la valutazione dell'azione sismica secondo l'approccio semplificato riconducibile alle categorie di sottosuolo si fa riferimento a $VS_{eq} = H/(\sum_i N (h_i/VS_i))$, con:

h_i spessore dell'i-esimo strato

VS_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 e terreno molto rigido, caratterizzato da VS non inferiore a 800 m/s.

La profondità H del substrato è calcolata a partire dal piano di imposta per le fondazioni superficiali, dalla testa dei pali per le fondazioni profonde e a partire dalla testa dell'opera per le opere di sostegno. **VS_{eq}** è uguale a **VS₃₀** quando la profondità H del substrato è superiore a 30 m. Le macrocategorie individuate dalla normativa sulle costruzioni (NTC 2018) sono riportate nella tabella 5 seguente.

Categoria	Caratteristiche di sottosuolo
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelli definiti per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tab.5 Classi di sottosuolo (NTC 2018)

Le varie categorie di sottosuolo sono quindi caratterizzate da velocità $V_{s,eq}$ decrescenti e quindi da effetti amplificativi crescenti. Per ogni categoria di suolo di fondazione l'Ordinanza indica un fattore S , variabile tra 1 e 1,35, moltiplicatore dell'accelerazione a_g relativa alla zona indagata.

Per le diverse categorie di sottosuolo, il livello di sismicità di una specifica area viene caratterizzato attraverso il valore dell'accelerazione massima ($a_g S$) e vengono anche definiti i periodi $T_B - T_C - T_D$ che individuano la forma della componente orizzontale e della componente verticale dell'azione sismica.

In definitiva, in un determinato sito il moto sismico è definito da uno spettro di risposta elastico la cui espressione dipende, tramite opportuni coefficienti numerici, dalle caratteristiche del terreno (fattore S e periodi $T_B - T_C - T_D$), del periodo di vibrazione proprio della struttura (T_O), dall'accelerazione al suolo e dal fattore che tiene conto dello smorzamento viscoso della struttura.

La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le N.T.C. e di dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali. Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dai parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle N.T.C. e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo di riferimento, i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno.

L'indagine MASW eseguita non ha individuato un substrato sismico entro i 30 metri dal p.c.. Pertanto, nelle situazioni geostratigrafiche poco complesse come quella in studio, si può ricorrere all'equivalenza $V_{s,eq} = V_{s,30}$.

Il profilo di velocità ottenuto, spinto fino a 30-35 m di profondità rispetto al piano di campagna, evidenzia valori della velocità media delle onde elastiche di taglio nei 30 m dal p.c., pari a circa 244 m/s (FIG.19), che corrisponde ad un suolo di Categoria:

C

“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente, compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

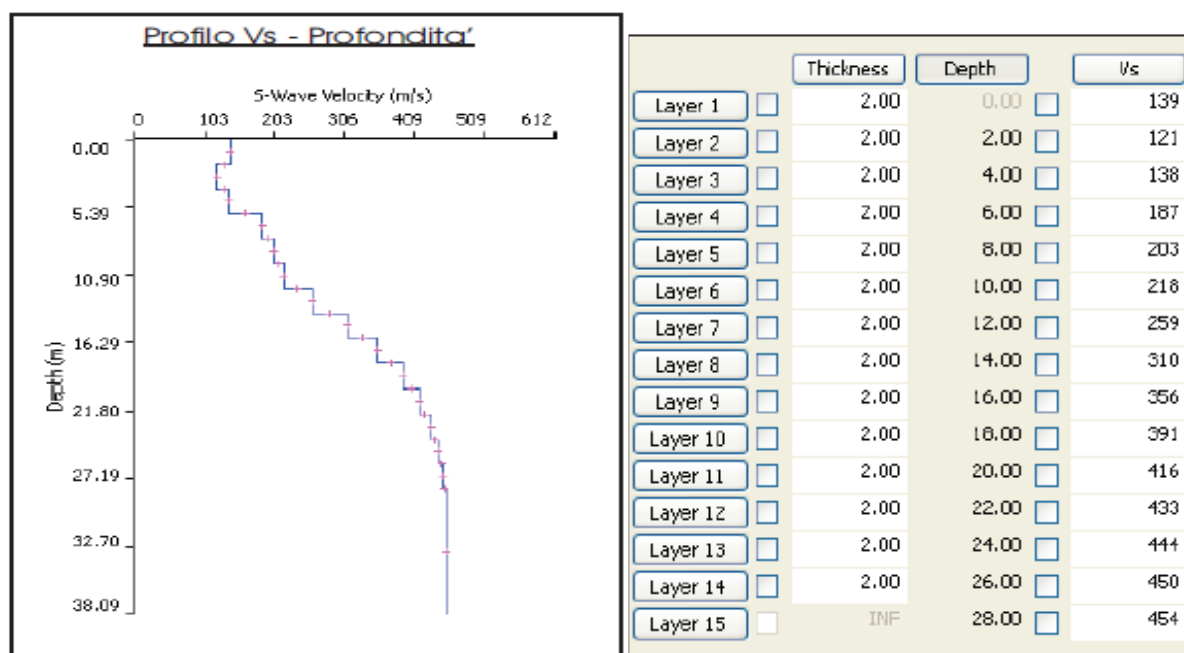


Fig. 19 - Modello del sottosuolo individuato (Vs30 al piano di campagna: 244 m/s)

I dati emersi dal MASW sono confrontabili e congruenti con altri ricavabili da un'indagine sismica tomografica eseguita lungo la non lontana via Bergamo (Fig.20).

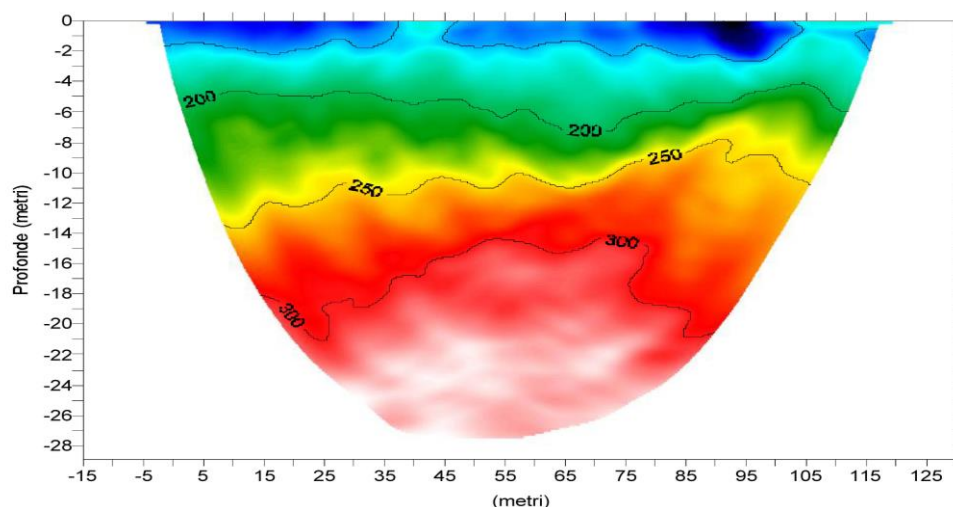


Fig.20 – Tomografia sismica onde Sh (via Bergamo)

L'acquisizione HVSR dei dati è stata utilizzata una strumentazione tromografica portatile (tromografo digitale della ditta Pasi Gemini – 2), dotata di tre canali di acquisizione connessi a tre velocimetri elettrodinamici ad alta risoluzione, in grado di misurare le componenti della velocità (moto) di ogni strato lungo le direzioni N-S; E-W; H-V. Analizzando i risultati della prova si possono fare le seguenti considerazioni:

- la misura è caratterizzata da relativi fenomeni di risonanza;
- la prova, intorno a 0.73 Hz, evidenzia un picco di ampiezza circa 3.19, Fig. 21.

Per il dettaglio relativo ai risultati e alla metodologia si rimanda alla relazione specialistica allegata.

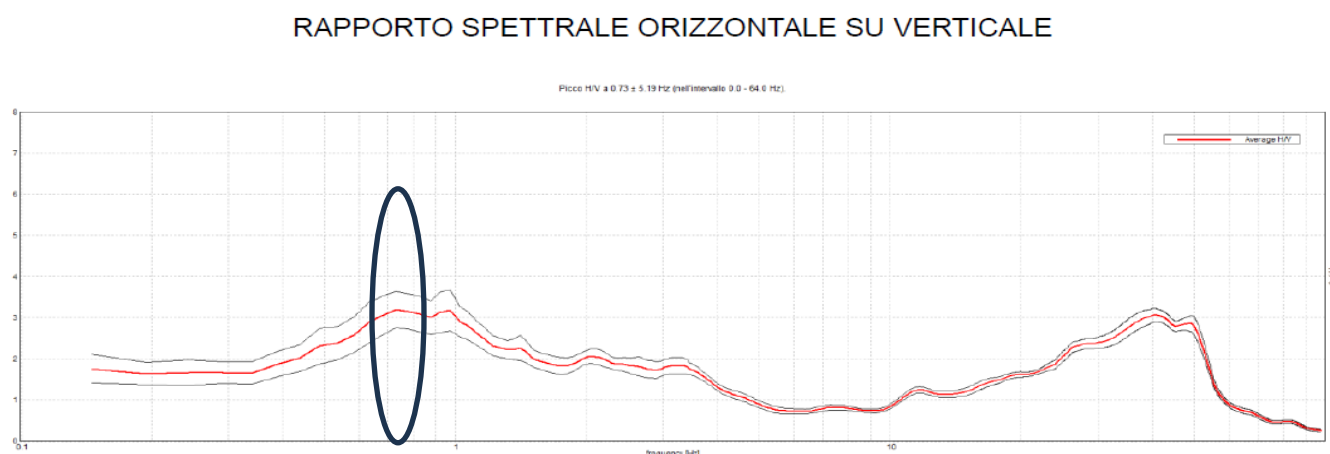


Fig. 21 HVSR

Sostanzialmente l'acquisizione individuerrebbe una superficie di risonanza intorno ai 19-20 metri dal p.c. Tale risonanza ha tuttavia un chiaro significato stratigrafico corrispondendo al passaggio dai depositi sabbiosi limosi marini e/o lacustri superficiali ai depositi continentali argillosi ghiaiosi sottostanti. Del resto, anche la prova MASW non evidenzia alcuna inversione di velocità a tali profondità.

Le indagini eseguite non evidenziano quindi presenza di substrato sismico entro i 30 metri dal piano campagna e/o contrasti significativi di impedenza entro i 100 metri dal p.c..

6.3. Definizione del Fattore di amplificazione

Per la definizione dei FA si fa riferimento all'All. A delle Specifiche Tecniche regionali approvate con Del. GRT n. 1162/2018. La prima valutazione da fare è quella della determinazione della macroarea di appartenenza del territorio comunale in cui è ubicata

l'area di progetto. Camaione ricade territorialmente nella zona di transizione. Si ricavano quindi, dal sito del Servizio sismico regionale, gli abachi di riferimento corrispondenti. Considerando l'ubicazione dell'intervento, Vita Nominale (**Vn**) pari a 50 anni e Classe d'Uso (**CU**) pari a 2, per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV), il valore di (**ag**) per un tempo di ritorno pari a 475 anni è **ag**=0.130g. Entrando quindi nell'abaco corrispondente:

- Spessore delle coperture sismiche > 30m
- Valore del $V_{sh,30}=V_{Sh,eq}$ = 244 m/s
- Frequenza fondamentale del terreno (F_0) = 0.73 Hz

FA 0.1 < T < 0.5 s

		f_0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
V_{s30} (m/s)	<200	1.0	1.3	2.0							1.2
	300	1.1	1.4	1.7	1.8	1.7	1.7	2.0	2.0	1.8	1.4
	500	1.1	1.3	1.5	1.7	1.6	1.5	1.5	1.7	1.6	1.4
	700	0.9	1.1	1.3	1.5	1.3	1.3	1.2	1.2	1.3	1.2
	≥800	1.0	1.0	1.0					1.2	1.1	1.0

per strutture come quella in esame caratterizzata da un periodo T compreso tra 0,1 e 0,5 sec (FA0105) si ricava un fattore di amplificazione 1,1 minore del limite a cui si attribuisce una effettiva amplificazione per contrasto di impedenza sismica ($FA > 1,4$) con attribuzione della classe di pericolosità S3 e relativa necessità per strutture quale quella in esame di redigere uno studio di Risposta Sismica Locale.

7. – PERICOLOSITA'

Il D.P.G.R. 5/R 2020, indica i criteri che portano a definire il grado di pericolosità di un territorio sotto il profilo geologico, sismico e idraulico attraverso le Carte della Pericolosità, geologica, sismica e idraulica di tutto il territorio.

Questi elaborati esprimono il diverso grado di pericolosità per il territorio in funzione delle caratteristiche litotecniche e geotecniche dei terreni, delle condizioni geomorfologiche, idrogeologiche e di sicurezza sismica e idraulica dell'area, delimitando le aree potenzialmente vulnerabili al verificarsi di eventi critici.

7.1. Pericolosità Geologica

Viste le peculiarità del territorio, la pericolosità si riferisce fundamentalmente allo stato fisico-litotecnico del terreno ed in particolare alle sue caratteristiche di resistenza e compressibilità. Più in dettaglio la Pericolosità Geologica si riferisce, per i terreni caratterizzanti la pianura, allo stato fisico-litotecnico ed in particolare alle loro caratteristiche di resistenza e compressibilità, che possono condizionare le opere in termini di carichi ammissibili e cedimenti assoluti o differenziali.

La tabella che segue definisce i criteri generali per l'attribuzione del grado di pericolosità geologica-litotecnica e geomorfologica di un territorio così come definito dal D.P.G.R. 5/R 2020.

Pericolosità	Caratteristiche	Pericolosità DPGR 5/R del 2020
BASSA	Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfo-evolutivi.	Pericolosità geologica bassa (G.1)
MEDIA	Aree caratterizzate da situazioni geologico-tecniche apparentemente stabili, sulle quali permangono dubbi sulle capacità portanti e valutazioni dei cedimenti che potranno essere chiariti a livello d'indagine geognostica di supporto alla progettazione edilizia.	Pericolosità geologica media (G.2)
ELEVATA	Aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche e che potrebbero essere suscettibili di cedimenti rilevanti.	Pericolosità geologica elevata (G.3)
MOLTO ELEVATA	Aree in cui sono presenti fenomeni franosi attivi e relative aree di evoluzione, ed aree in cui sono presenti intensi fenomeni geomorfologici attivi.	Pericolosità geologica molto elevata (G.4)

Tabella 6 Classi di Pericolosità Geologica

Il P.S. del Comune di Camaiore inserisce l'area interessata dalla variante in classe di pericolosità bassa G.1.

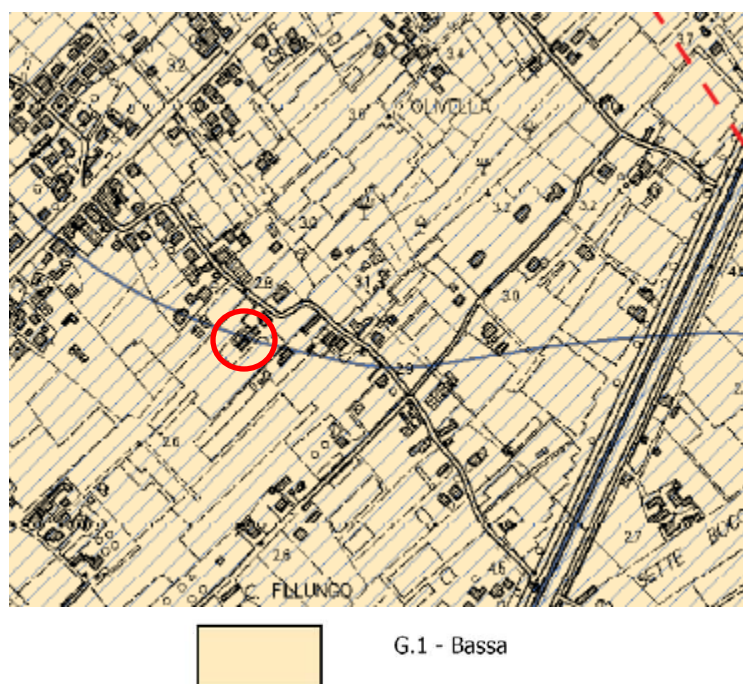


Fig. 22 Carta della Pericolosità Geologica (da P.S. Comune di Camaiore)

Considerato il complesso di indagini e dei rilievi eseguiti si ritiene comunque più corretta l'attribuzione di una Pericolosità geologica: **G.2 Media**.

7.2. Pericolosità Idraulica

Con l'avvento del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA), della L.R. 41/2018 e del D.P.G.R. 5R/2020, è sostanzialmente cambiata la definizione di pericolosità, passando da pericolosità idraulica a pericolosità da alluvione. Il PGRA dell'Autorità di distretto dell'Appennino Settentrionale introduce 3 classi di Pericolosità da alluvioni:

- Pericolosità Bassa P1 (alluvioni rare e di estrema intensità. TR= 200/500 anni)
- Pericolosità Media P2 (alluvioni poco frequenti. Tr 30/200 anni)
- Pericolosità Elevata P3 (alluvioni frequenti. Tr ≤ 30 anni).

Il D.P.G.R. 5R/2020, si è uniformato al PGRA, adottando di fatto le tre classi di pericolosità da alluvione previste. Di seguito si riportano i criteri che portano a definire il grado di pericolosità idraulica di un territorio ai sensi del citato decreto.

Classe	Pericolosità	Caratteristiche
P1	BASSA	Aree a pericolosità da alluvioni rare o di estrema intensità, come classificate negli atti di pianificazione di bacino in attuazione del d.lgs.49/2010. (Aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $200 < Tr \leq 500$ anni).
P2	MEDIA	Aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, come definite dall'articolo 2, comma 1, lettera e) della l.r.41/2018. In particolare "aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti": le aree classificate negli atti di pianificazione di bacino in attuazione del d.lgs. 49/2010 come aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti o a pericolosità per alluvioni media. (Aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $30 < Tr \leq 200$ anni).
P3	ELEVATA	Aree a pericolosità per alluvioni frequenti, come definite dall'articolo 2, comma 1, lettera d) della l.r.41/2018. In particolare "aree a pericolosità per alluvioni frequenti": le aree classificate negli atti di pianificazione di bacino in attuazione del d.lgs. 49/2010 come aree a pericolosità per alluvioni frequenti o a pericolosità per alluvioni elevata. (Aree interessate da allagamenti per eventi con $Tr \leq 30$ anni).

Tabella 7 – Classi di Pericolosità da alluvione

Come già descritto nel capitolo relativo alla fragilità idraulica del territorio, l'area interessata dalla variante è caratterizzata dalla seguente classe di pericolosità idraulica:

Pericolosità idraulica da dominio fluviale: **P3 Elevata**

Tale classificazione è comunque in accordo anche con la Carta della Pericolosità del P.S. comunale che inserisce l'area in classe di pericolosità **I4 (Pericolosità idraulica molto elevata)**

7.3. Pericolosità Sismica

Le valutazioni sulla sismicità del territorio ai fini della riduzione del rischio sismico sono rappresentate attraverso gli studi di Microzonazione Sismica, redatte a supporto del vigente PS, che consentono la valutazione delle condizioni di pericolosità sismica locale e l'individuazione delle aree, dove possono verificarsi effetti locali o di sito. Ai fini della pericolosità, la direttiva regionale DPGR 5r/2020 prevede 4 classi di pericolosità. La tabella

che segue definisce i criteri generali per l'attribuzione del grado di pericolosità Sismica di un territorio così come definito dal D.P.G.R. citato.

Classe	Pericolosità	Caratteristiche
S.1	BASSA	Zone stabili caratterizzate dalla presenza di litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata (pendii con inclinazione <15°) e dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica
S.2	MEDIA	Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali connesse con contrasti di impedenza sismica attesa oltre alcune decine di metri dal piano campagna e con frequenza fondamentale del terreno indicativamente inferiore a 1hz. zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattore di amplificazione (Fx) < 1.4; Zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone suscettibili di amplificazione topografica (pendii con inclinazione >15°); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe S3)
S.3	ELEVATA	Zone suscettibili di instabilità di versante quiescente, relative aree di evoluzione, nonché aree potenzialmente franose, suscettibili di riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti rilevanti; aree potenzialmente suscettibili di liquefazione dinamica, caratterizzate da terreni per i quali, sulla base delle informazioni disponibili, non è possibile escludere a priori il rischio di liquefazione; zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche significativamente diverse; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattore di amplificazione (Fx) > 1.4; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica atteso entro alcune decine di metri.
S.4	MOLTO ELEVATA	Aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e faglie capaci (faglie che potenzialmente possono dare deformazioni in superficie); terreni suscettibili di liquefazione dinamica accertati mediante indagini geognostiche oppure notizie storiche o studi preesistenti; Zone suscettibili di instabilità di versante attiva e relativa area di evoluzione, che potrebbero subire un'accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici.

Tabella 8 Classi di Pericolosità Sismica Locale

Il P.S comunale inserisce l'area della variante in classe di sismicità elevata per potenziale predisposizione al fenomeno della liquefazione dei depositi alluvionali:

Pericolosità Sismica: S3 Elevata

8. FATTIBILITA'

La normativa vigente prevede l'attribuzione della fattibilità geologica (FG), sismica (FS) e idraulica (FI) di un intervento sul territorio sulla base delle relative classi di pericolosità in cui ricade e del grado di esposizione previsto dalla destinazione d'uso.

Le tre fattibilità così definite in maniera "matriciale" possono variare in quattro classi con ordine di importanza crescente riferendosi alle seguenti condizioni e prescrizioni associate:

- Fattibilità senza particolari limitazioni (F1): si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali non sono necessarie prescrizioni specifiche ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.
- Fattibilità con normali vincoli (F2): si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.
- Fattibilità condizionata (F3): si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, è necessario definire la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi.
- Fattibilità limitata (F4): si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali la cui attuazione è subordinata alla realizzazione di interventi di messa in sicurezza che vanno individuati e definiti in sede di redazione del medesimo regolamento urbanistico, sulla base di studi e verifiche atti a determinare gli elementi di base utili per la predisposizione della relativa progettazione.

Facendo riferimento alle direttive tecniche di cui all'Allegato A del DPGR 5r/2020 per il territorio preso in esame e relativo alla variante in progetto sono state individuate le seguenti classi di pericolosità e relativi criteri generali di fattibilità.

Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti geologici litotecnici

Il sito è caratterizzato dalla classe di pericolosità geolitotecnica G.2

Considerando che l'intervento previsto dalla variante sostanzialmente consiste in un ampliamento la fattibilità corrispondente secondo la matrice che accompagna le norme del P.O. comunale portano ad una classe di Fattibilità F2.

	PERICOLOSITÀ GEOLOGICA			
INTERVENTI AMMESSI Art. 134-135-136 L.R. 65/2014	G1	G2	G3	G4
la realizzazione degli interventi di ristrutturazione urbanistica (art.134 c.1 f)	F2	F2	F3	F4
Addizioni volumetriche (art.134 c.1 g)	F1	F2	F3	F4
Interventi di ristrutturazione edilizia ricostruttiva (art.134 c.1 h1,h2,h3)	F1	F2	F3	F4

Nelle aree caratterizzate da pericolosità geologica media (G2), le condizioni di attuazione sono funzione delle specifiche indagini e degli studi da eseguirsi a livello edificatorio. Questi devono fornire ai progettisti i necessari parametri geotecnici e le indicazioni tecniche per una progettazione in condizioni di sicurezza. In tal senso, in relazione al progetto di ampliamento, come descritto e illustrato dalla presente Relazione Geologica, state svolte indagini mirate ed esaustive, con il necessario grado di approfondimento geognostico così come richiesto dai disposti normativi vigenti tra cui le Norme Tecniche sulle Costruzioni NTC2018 approvate con D.M, 17 gennaio 2018 e integrate dalla Circolare del 21 gennaio 2019 n.7 C.S.LL.PP., e al DPGR 19 Gennaio 2022 1/R (*Disciplina delle modalità di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico*).

Criteri generali di fattibilità in relazione al rischio alluvioni

Il sito è caratterizzato dalla classe pericolosità per alluvioni da dominio fluviale P3/I4 – frequente. Considerando che l'intervento previsto dalla variante sostanzialmente consiste in un ampliamento la fattibilità corrispondente, secondo la matrice che accompagna le norme del P.O. comunale, portano ad una classe di Fattibilità F4.

	PERICOLOSITÀ IDRAULICA			
INTERVENTI AMMESSI Art. 134-135-136 L.R. 65/2014	I1	I2	I3	I4
la realizzazione degli interventi di ristrutturazione urbanistica (art.134 c.1 f)	F2	F2	F3	F4
Addizioni volumetriche (art.134 c.1 g)	F1	F2	F3	F4
Interventi di ristrutturazione edilizia ricostruttiva (art.134 c.1 h1,h2,h3)	F1	F2	F3	F4

Nelle aree caratterizzate da pericolosità per alluvioni frequenti e poco frequenti la fattibilità degli interventi deve essere perseguita secondo quanto disposto dalla l.r. 41/2018, oltre a quanto già previsto dalla pianificazione di bacino. La fattibilità degli interventi è in particolare subordinata alla gestione del rischio di alluvioni rispetto allo scenario per alluvioni poco frequenti, con opere idrauliche, opere di sopraelevazione, interventi di difesa locale, ai sensi dell'articolo 8, comma 1 della l.r.41/2018, lettera a), b) o c).

Nel caso del progetto di cui alla variante in oggetto, l'ampliamento viene realizzato mantenendo inalterato il piano di calpestio del fabbricato esistente impostato a +0.45 m sul piano di campagna. In questo modo risulta garantito il rispetto del principio di sopraelevazione di cui alla lettera c). Come illustra lo Studio Idraulico fatto eseguire dalla Committenza allo studio CGO Ingegneria, cui si rimanda per i dovuti approfondimenti, localmente si ha un battente di 31 cm che aumentato di un franco di 10 cm comporta una quota di sicurezza idraulica di 41 cm. Vista la morfologia dell'area e visto che i vani posti a piano terra in ogni caso non sono abitativi o adibiti alla presenza continuativa di persone o al pernottamento, lo studio citato ritiene congruo un franco pari a 10 cm.

Lo studio idraulico mette altresì in evidenza come il tirante idraulico e quindi il battente per tr 200, a livello locale nell'intorno del fabbricato, a seguito della realizzazione delle opere di ampliamento subisce un incremento di 1 cm. Tale valore risulta assolutamente trascurabile visto anche le condizioni morfologiche date dalla presenza di pochi fabbricati isolati, la presenza di ampi spazi aperti delle zone agricole e visto che il modello idraulico non tiene conto delle portate che defluiscono lateralmente inondando la campagna.

Per la realizzazione dell'ampliamento è quindi dimostrato che mantenendo il piano di calpestio al di sopra del battente idraulico non si ha aggravio delle condizioni di rischio (Art. 8 lettera c) Lr 418/2018). Le opere che comportano modifiche all'involucro del fabbricato quali la modifica di aperture esterne avvengono al di sopra del battente, quindi, non sono necessarie opere di difesa locale (Art. 8 lettera d) Lr 418/2018).

Si ha quindi che gli interventi proposti non determinano per persone e beni il superamento del rischio medio R2 (D.P.C.M.29/09/1998), come richiesto dai criteri di fattibilità per F4.

Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti sismici

Il sito è caratterizzato dalle classi di pericolosità sismica S3. Considerando che l'intervento previsto dalla variante sostanzialmente consiste in un ampliamento la fattibilità

corrispondente, secondo la matrice che accompagna le norme del P.O. comunale, portano ad una classe di Fattibilità F3.

	PERICOLOSITÀ SISMICA			
	S1	S2	S3	S4
INTERVENTI AMMESSI Art. 134-135-136 L.R. 65/2014				
la realizzazione degli interventi di ristrutturazione urbanistica (art.134 c.1 f)	F2	F2	F3	F4
Addizioni volumetriche (art.134 c.1 g)	F1	F2	F3	F4
Interventi di ristrutturazione edilizia ricostruttiva (art.134 c.1 h1,h2,h3)	F1	F2	F3	F4

Si specifica che la valutazione dell'azione sismica (NTC 2018, paragrafo 3.2), è stata supportata da specifiche analisi di risposta sismica locale in conformità alle norme vigenti tra cui le NTC2018 approvate con D.M, 17 gennaio 2018 e integrate dalla Circolare del 21 gennaio 2019 n.7 C.S.LL.PP., e al DPGR 19 Gennaio 2022 1/R (*Disciplina delle modalità di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico*).

Per le aree caratterizzate dalla classe di pericolosità sismica locale elevata (S3), come previsto anche dal P.O. comunale, è necessario rispettare i seguenti criteri:

- per le aree individuate come zone di suscettibilità a liquefazione, la fattibilità degli interventi è subordinata all'esito delle verifiche delle condizioni di liquefazione dei terreni e, in funzione di tale analisi, alla eventuale realizzazione di interventi di riduzione della pericolosità sismica dei terreni (in conformità a NTC2018, punto 7.11.3.4).

In tal senso la presente Relazione ha sviluppato i necessari approfondimenti, sia in relazione alla classificazione sismica sitospecifica, al fattore di amplificazione locale e rispetto alla suscettibilità alla liquefazione. In relazione a quest'ultima problematica, le verifiche eseguite hanno evidenziato la bassa propensione dell'area al fenomeno citato, con coefficienti di sicurezza in linea con la normativa.

Dott. Geol. Massimo Pellegrini



A N N E S S O

Indagini geognostiche di riferimento

Indagini geofisiche



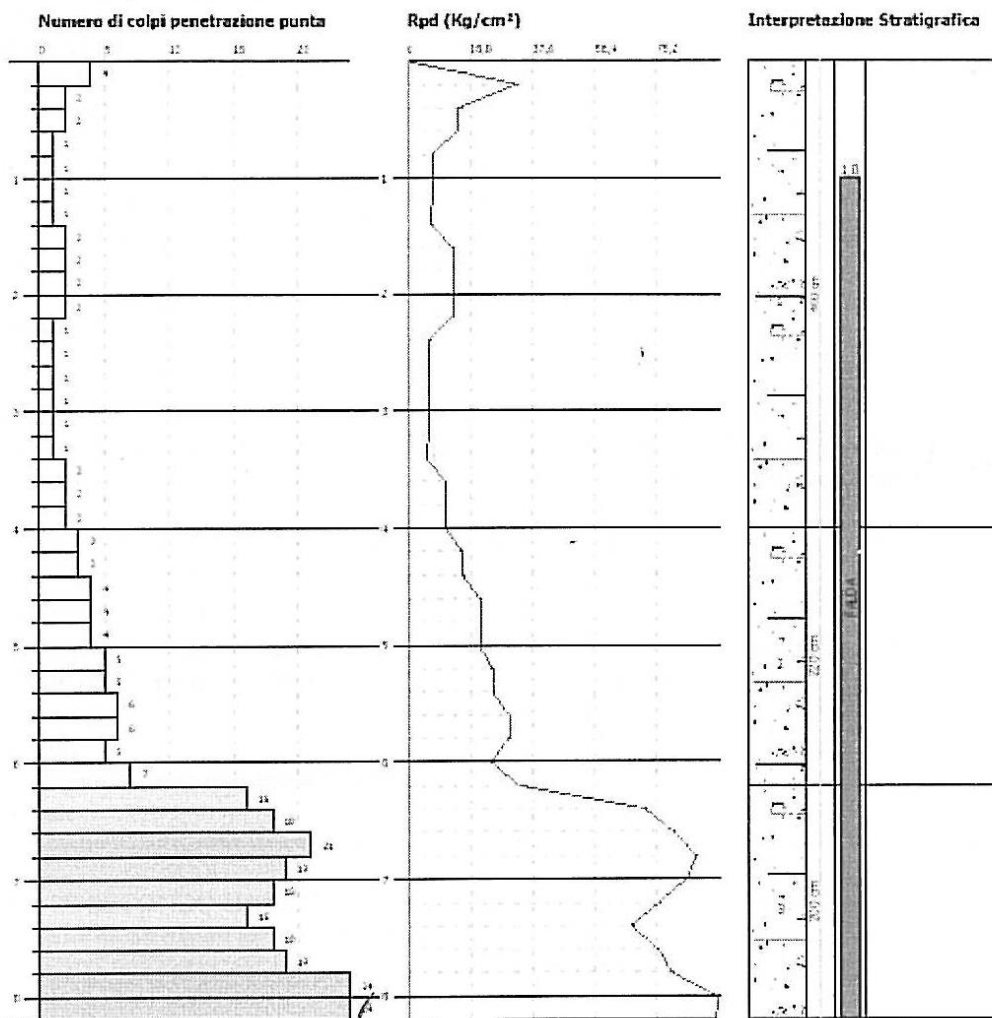
Geol. Carlo Malgarotto

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Palmerini Giuseppe
Cantiere :
Località : Via Masini - Capetreno Piacenza (Lu)

Data : 19/05/2005

Scala 1:50

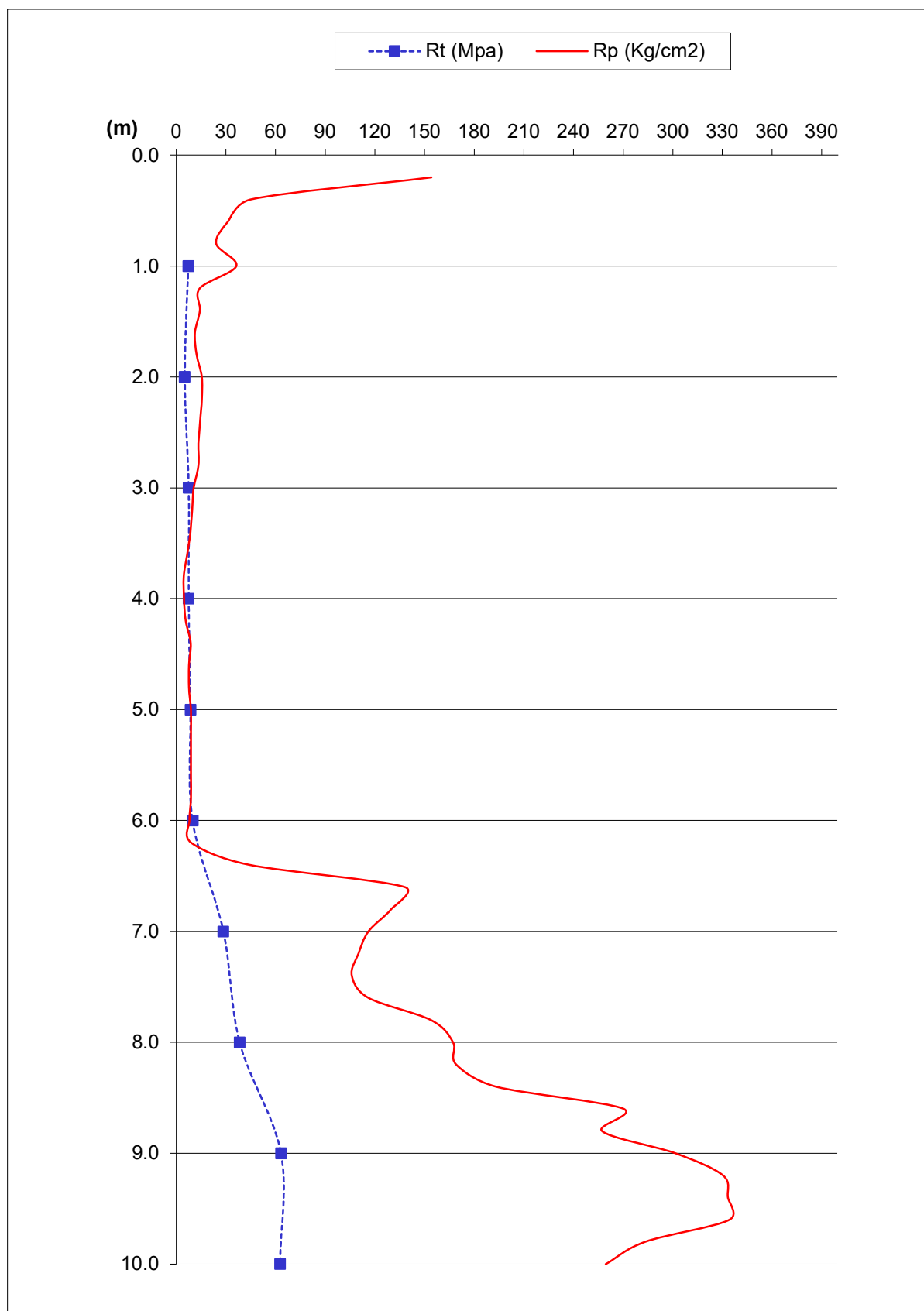


Prova n°	1			Località:	v.Masini, Capezzano P		rif.:	10palmerini		
Data :	06/10/23			livello falda (m da p.c.):						1.95
	letture strumentali di campagna			valori derivati						
profondità (m)	punta	punta più manicotto	totale	Rp <i>Kg / cm²</i>	RI <i>Kg / cm²</i>	Rt <i>Kg / cm²</i>	Rp/RI	(RI/Rp)*100		
0.2	154			154.13	-10.27		57.80	1.73		
0.4	45	85		45.13	2.67		45.13	2.22		
0.6	31	46		31.13	1.00		12.62	7.92		
0.8	24	61		24.13	2.47		15.08	6.63		
1	36	60	74	36.26	1.60	74	31.99	3.13		
1.2	14	31		14.26	1.13		15.28	6.55		
1.4	14	28		14.26	0.93		30.56	3.27		
1.6	11	18		11.26	0.47		14.08	7.10		
1.8	12	24		12.26	0.80		22.99	4.35		
2	15	23	52	15.39	0.53	52	23.09	4.33		
2.2	15	25		15.39	0.67		23.09	4.33		
2.4	14	24		14.39	0.67		19.62	5.10		
2.6	13	24		13.39	0.73		15.45	6.47		
2.8	13	26		13.39	0.87		22.32	4.48		
3	10	19	76	10.52	0.60	76	19.73	5.07		
3.2	9	17		9.52	0.53		20.40	4.90		
3.4	8	15		8.52	0.47		21.30	4.69		
3.6	6	12		6.52	0.40		24.45	4.09		
3.8	4	8		4.52	0.27		22.60	4.42		
4	4	7	76	4.65	0.20	76	23.25	4.30		
4.2	5	8		5.65	0.20		21.19	4.72		
4.4	8	12		8.65	0.27		25.95	3.85		
4.6	7	12		7.65	0.33		19.13	5.23		
4.8	7	13		7.65	0.40		16.39	6.10		
5	8	15	87	8.78	0.47	87	21.95	4.56		
5.2	8	14		8.78	0.40		16.46	6.07		
5.4	8	16		8.78	0.53		13.17	7.59		
5.6	8	18		8.78	0.67		32.93	3.04		
5.8	8	12		8.78	0.27		26.34	3.80		
6	7	12	100	7.91	0.33	100	16.95	5.90		
6.2	8	15		8.91	0.47		13.37	7.48		
6.4	43	53		43.91	0.67		23.52	4.25		
6.6	137	165		137.91	1.87		66.73	1.50		
6.8	129	160		129.91	2.07		35.43	2.82		
7	115	170	290	116.04	3.67	290	32.84	3.04		
7.2	109	162		110.04	3.53		63.48	1.58		
7.4	105	131		106.04	1.73		28.92	3.46		
7.6	115	170		116.04	3.67		28.53	3.50		
7.8	153	214		154.04	4.07		36.10	2.77		
8	166	230	390	167.17	4.27	390	69.65	1.44		
8.2	168	204		169.17	2.40		72.50	1.38		
8.4	192	227		193.17	2.33		56.81	1.76		
8.6	269	320		270.17	3.40		48.24	2.07		
8.8	256	340		257.17	5.60		38.58	2.59		
9	300	400	645	301.30	6.67	645	63.65	1.57		
9.2	329	400		330.30	4.73		41.99	2.38		
9.4	332	450		333.30	7.87		53.19	1.88		
9.6	333	427		334.30	6.27		51.17	1.95		
9.8	282	380		283.30	6.53		46.19	2.16		
10	258	350	639	259.43	6.13	639	36.71	2.16		

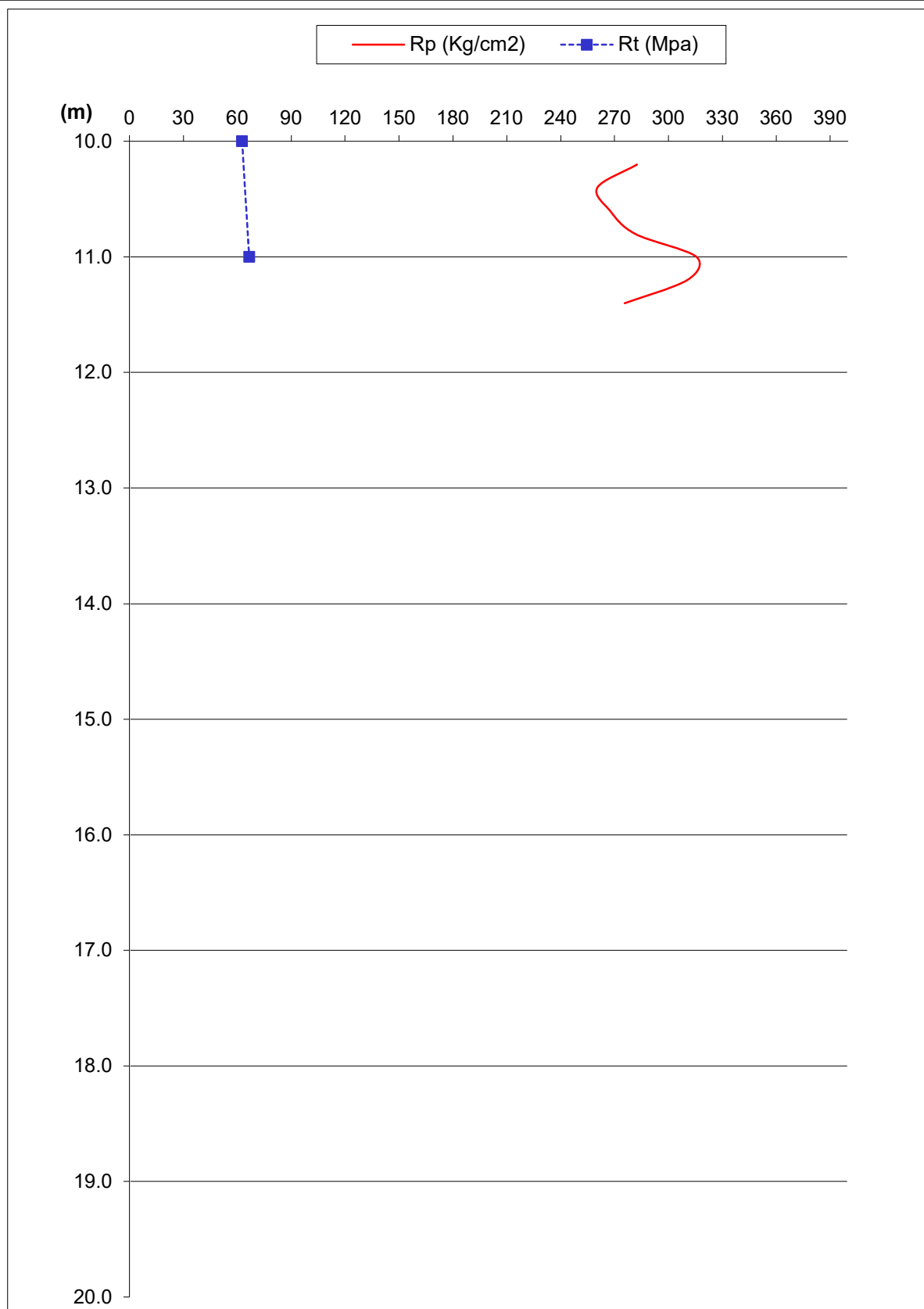
Prova n° **1** Località: **Masini, Capezzano P** rif.: **10palmerini**
 Data : **06/10/23** livello falda (m da p.c.): **1.95**

	letture strumentali di campagna			valori derivati				
profondità (m)	punta	punta più manicotto	totale	Rp <i>Kg / cm²</i>	RI <i>Kg / cm²</i>	Rt <i>Kg / cm²</i>	Rp/RI	(RI/Rp)*100
10.2	281	387		282.43	7.07		46.55	2.15
10.4	259	350		260.43	6.07		72.34	1.38
10.6	266	320		267.43	3.60		46.64	2.14
10.8	280	366		281.43	5.73		43.97	2.27
11	314	410	679	315.56	6.40	679	39.12	2.56
11.2	309	430		310.56	8.07		54.17	1.85
11.4	274	360		275.56	5.73			
11.6								
11.8								
12			710			710		
12.2								
12.4								
12.6								
12.8								
13								
13.2								
13.4								
13.6								
13.8								
14								
14.2								
14.4								
14.6								
14.8								
15								
15.2								
15.4								
15.6								
15.8								
16								
16.2								
16.4								
16.6								
16.8								
17								
17.2								
17.4								
17.6								
17.8								
18								
18.2								
18.4								
18.6								
18.8								
19								
19.2								
19.4								
19.6								
19.8								
20								

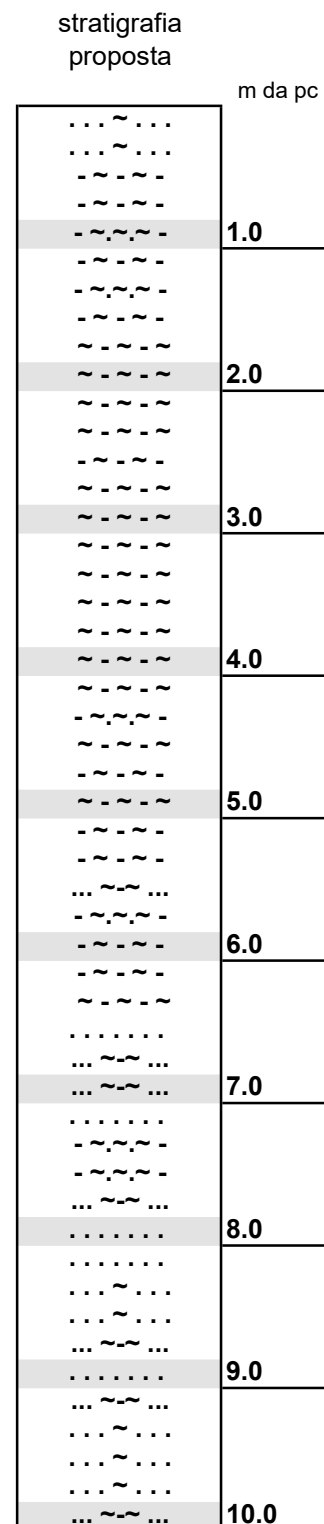
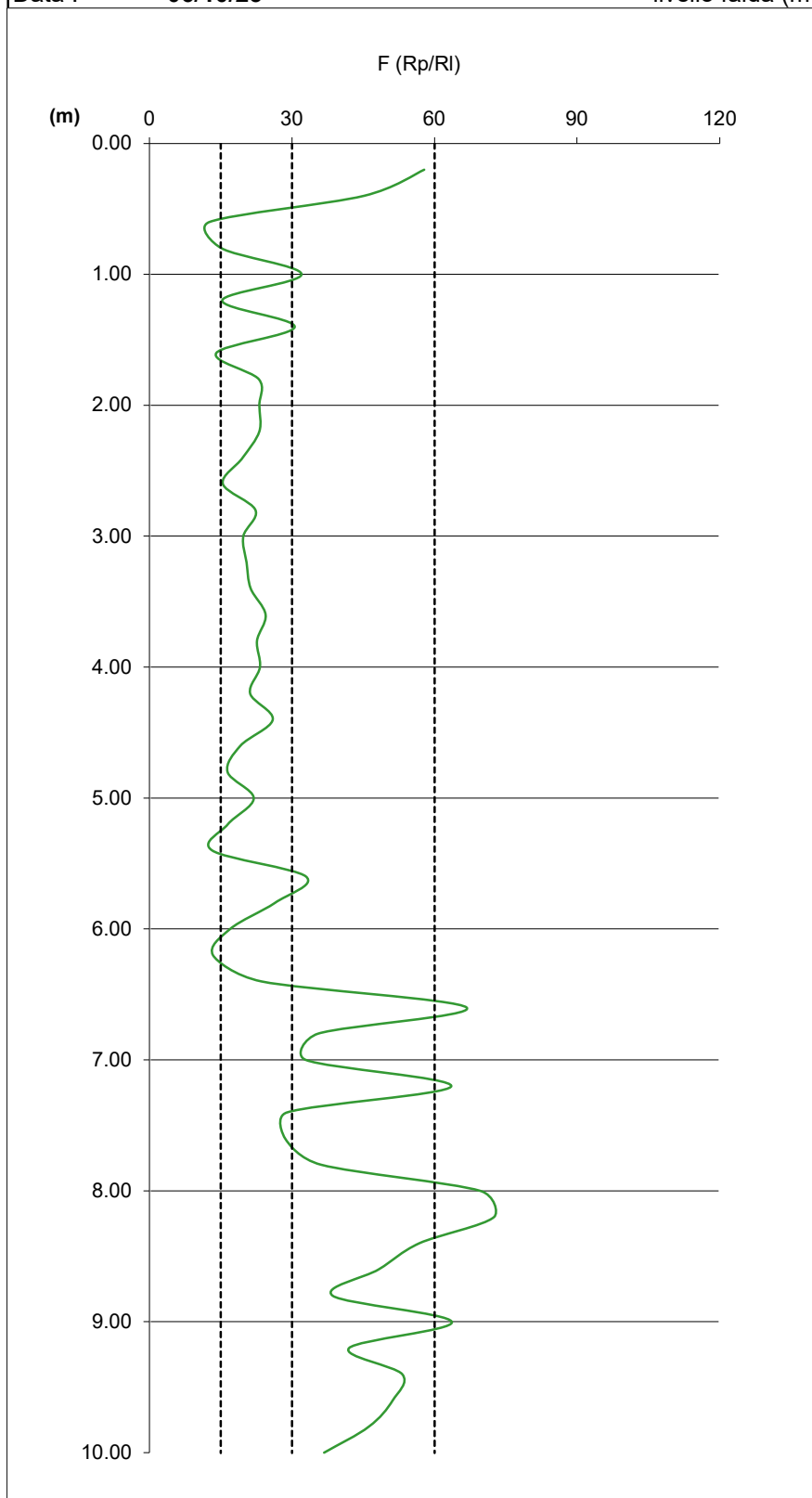
Prova n°	1	Località:	.Masini, Capezzano P	rif.:	10palmerini
Data :	06/10/23			livello falda (m da p.c.):	1.95



Prova n°	1	Località: .Masini, Capezzano P	rif.:	10palmerini
Data :	06/10/23	livello falda (m da p.c.):		1.95

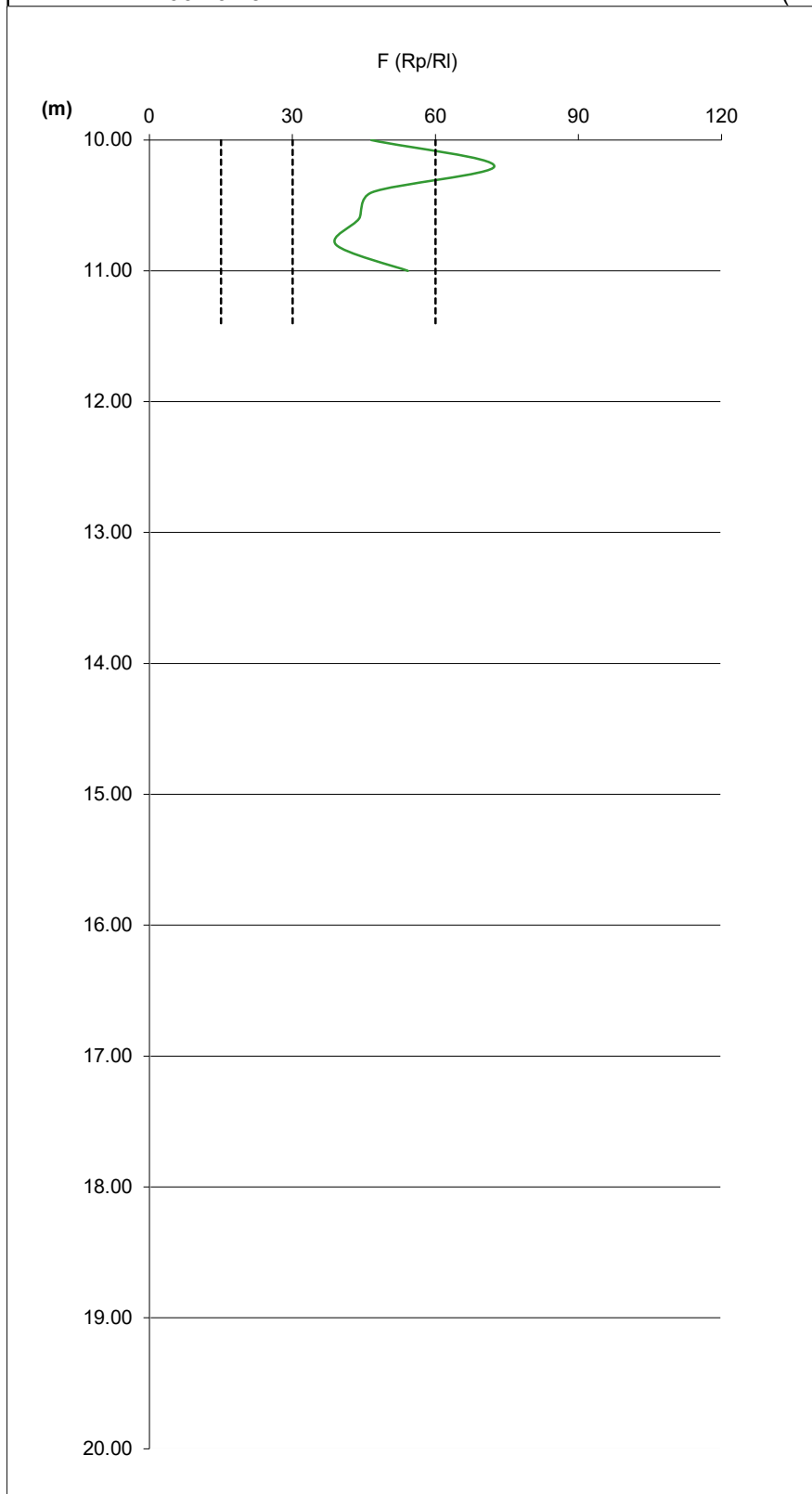


Prova n° **1** Località: **v.Masini, Capezzano P** rif.: **10palmerini**
 Data : **06/10/23** livello falda (m da p.c.): **1.95**

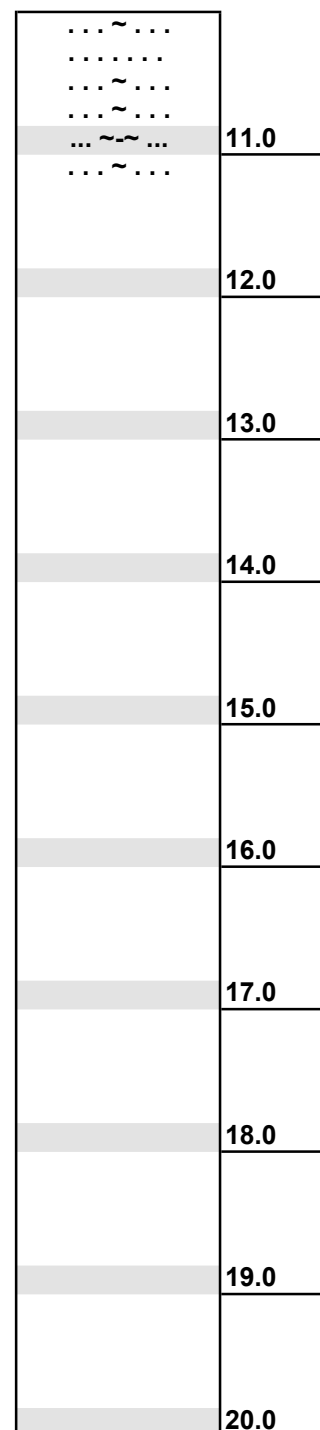


- v - v -	torba terreni organici		sabbia
-----	argilla	oooooo	ghiaia
~ ~ ~ ~	limo	~~~~~	fanghi/terreni sensitivi

Prova n° **1** Località: **r.Masini, Capezzano P** rif.: **10palmerini**
 Data : **06/10/23** livello falda (m da p.c.): **1.95**



stratigrafia
proposta



- v - v -	torba terreni organici		sabbia
-----	argilla	o o o o o	ghiaia
~ ~ ~ ~	limo	~~~~~	fanghi/terreni sensitivi

GEOLOGISTICA srl

Via Amendola 53/L 55042 Forte dei Marmi (LU)

info@geologista.it

C.F./P.Iva 02060690464

**Misurazione HVSR
c/o Pastificio Palmerini, Via Masini,
loc. Capezzano Pianore
Comune di Camaiore**

Committente:

Dott. Geol. Massimo Pellegrini

ottobre 2023

Introduzione

Su incarico del Geol. Massimo Pellegrini è stata effettuata una misurazione HVSR all'interno dell'area di proprietà del Pastificio Palmerini, Via Masini, loc. Capezzano Pianore – Comune di Camaione (LU).

Gli esiti dell'indagine sopra detta sono riportati di seguito.

Metodologia e strumentazione

È stata utilizzata la tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) con tromografo digitale (indagine sismica con metodologia dei microtremori).

La misura del rumore sismico ambientale è stata acquisita con strumentazione tromografica portatile, dotata di tre canali di acquisizione connessi a tre velocimetri elettrodinamici ad alta risoluzione, in grado di misurare le componenti della velocità (moto) di ogni strato lungo le direzioni N-S; E-W; H-V.

L'elaborazione del microtremore registrato fornisce i rapporti spettrali HVSR o H/V (Nogoshi & Igarashi, 1970) e consente di stimare le frequenze fondamentali di risonanza del sottosuolo.

Per gli aspetti teorici essenziali e le principali applicazioni si veda, fra gli altri, Nakamura (1989), SESAME projet (2004), Castellaro e Mulargia (2009a, 2009b), Albarello et alii (2011), Albarello e Castellaro (2011), Mucciarelli e Gallipoli (2011).

Per le analisi del microtremore sismico è stato utilizzato un tromografo digitale della ditta Pasi (Gemini – 2).

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate le curve H/V utilizzando i seguenti parametri:

- Tempo di acquisizione: 20 min
- Frequenza di campionamento: 200 Hz
- Larghezza delle finestre d'analisi: 20 s
- Lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale.

Per ulteriori informazioni sulle misure effettuate (condizioni ambientali, tipo di superficie di misura, “pulizia” dei dati, processing, spettri ottenuti, ecc.) si rimanda all’elaborazione riportata di seguito. La tabella che segue riporta anche una stima della sua affidabilità secondo gli standard suggeriti dalle linee guida del SESAME Projet (2004) e da Albarello et alii (2011).



Ubicazione stazione misurazione HVSr

CAPEZZANO PIANORE, VIA MASINI HVSr

Strumento: EXT- GEMINI 3D L

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 06/10/23 10:33:18 Fine registrazione: 06/10/23 10:53:18

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 90% tracciato (selezione manuale)

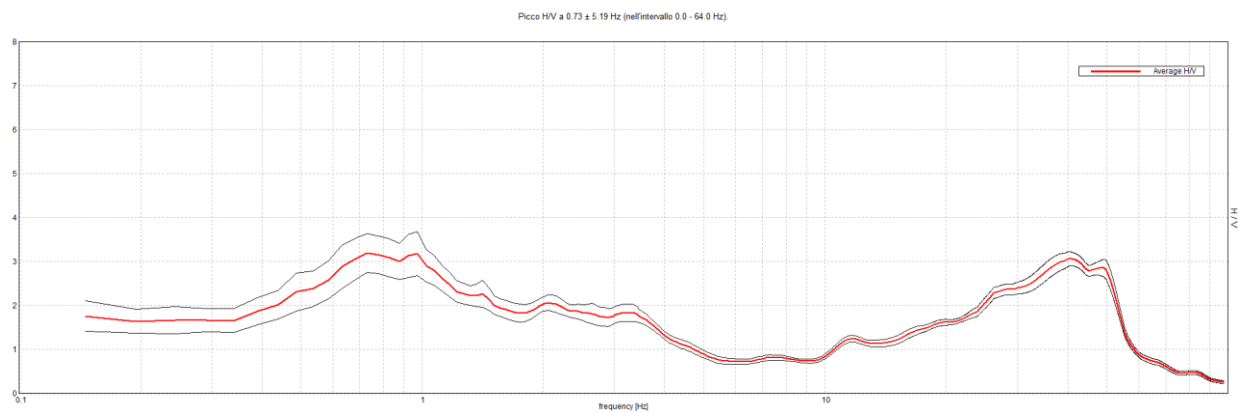
Freq. campionamento: 200 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

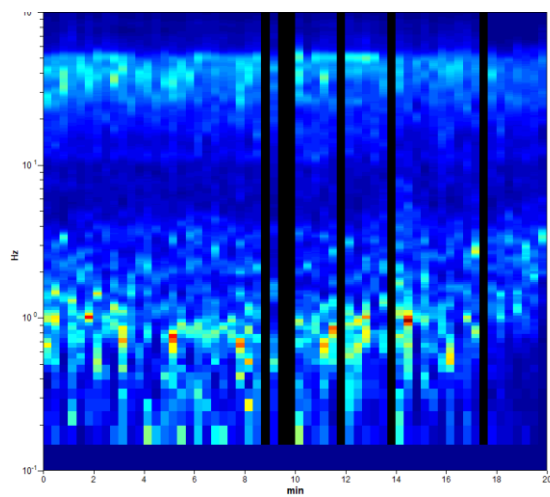
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

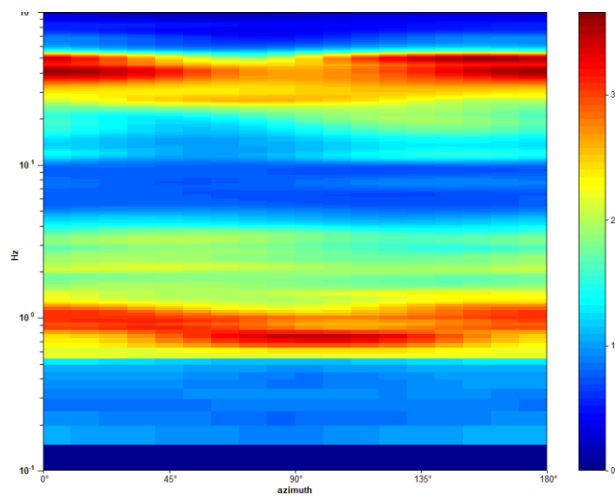
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



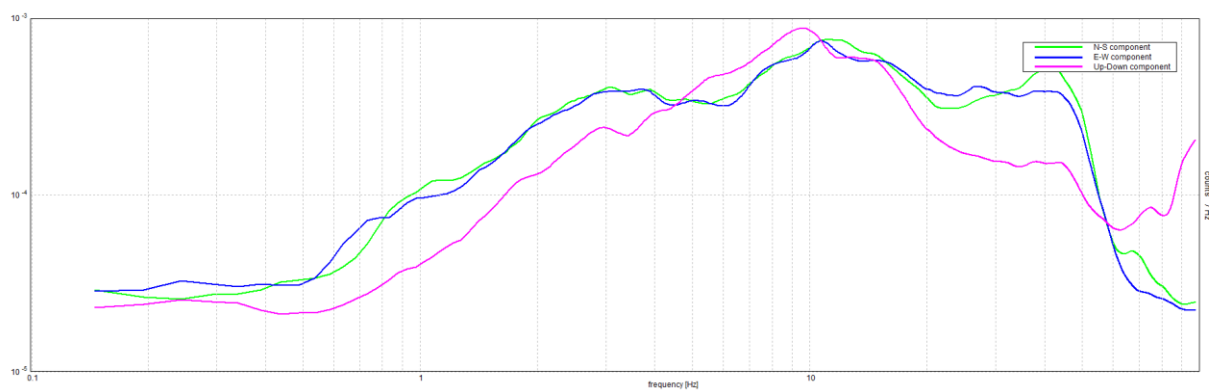
SERIE TEMPORALE H/V



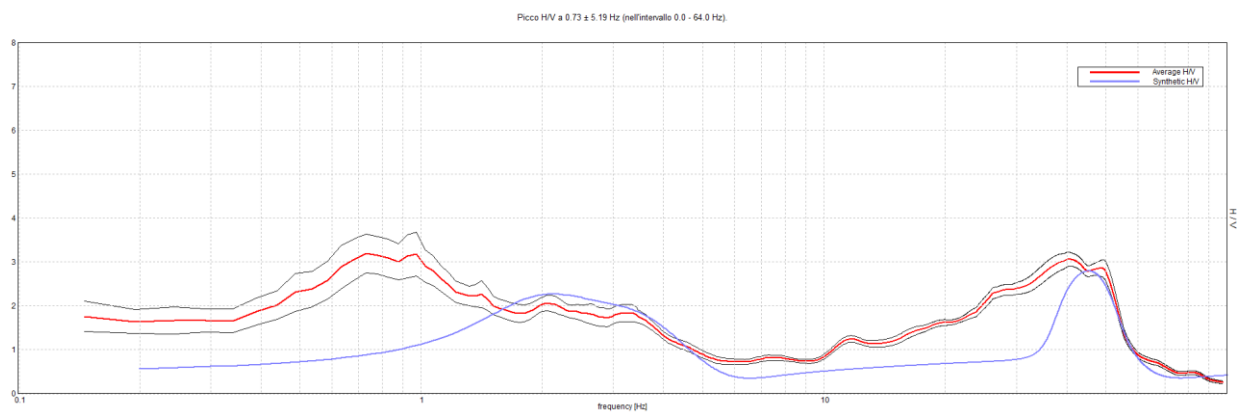
DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



[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 0.73 ± 5.19 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.73 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$791.0 > 200$	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 24	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$3.19 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 7.08774 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$5.19122 < 0.10986$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4406 < 2.0$	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

Forte dei Marmi, ottobre '23

Geologica srl

[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 0.73 ± 5.19 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.73 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$791.0 > 200$	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 24	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$3.19 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 7.08774 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$5.19122 < 0.10986$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4406 < 2.0$	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

Forte dei Marmi, ottobre '23

Geologica srl

Rapporto n° 10022013				
Committente		Geol. M. Pellegrini		
Tipo di indagine		Indagine Masw		
Cantiere		Via Masini, Capezzano – Camaiore (Lucca)		
Data misure	esecuzione	26 settembre 2013		
Data rapporto	emissione	02 ottobre 2013		
				
Redazione		Verifica		
Dott. Alessandro Bianchi So.Ge.T. di Sartini S., Bianchi A. snc		Dott. Simone Sartini So.Ge.T. di Sartini S., Bianchi A. snc		

1) Scopo dell'indagine

Dietro incarico della Committenza sono state eseguite indagini geofisiche con lo scopo di caratterizzare i terreni presenti nel lotto in studio mediante il parametro Vs30.

La caratterizzazione in oggetto è stata eseguita facendo ricorso alla tecnica denominata M.A.S.W. (Multi-channel analysis of surface waves), basata sullo studio della propagazione delle onde sismiche di superficie (Onde di Rayleigh). Oggetto della presente relazione sono i risultati a cui si è pervenuti.

2) Risultati dell'indagine MASW e definizione della Categoria di Suolo.

Ai sensi della nuova normativa antisismica nazionale (D.M. 14 Gennaio 2008 Norme Tecniche per le costruzioni) si è proceduto a determinare il parametro Vs30, che esprime la velocità media delle onde elastiche di taglio (onde S appunto) nei primi 30 metri di profondità al disotto del piano di fondazione. In particolare, per Vs30, si intende la media pesata della velocità delle onde S determinata come di seguito:

$$Vs_{30} = 30 \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

Una volta noto il valore della Vs30 è possibile collocare il terreno interessato dall'intervento all'interno di una delle categorie di suolo previste dalla legge in oggetto e riportate di seguito.

Suolo di fondazione	Vs ₃₀	N _{spt} - Cu
A <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di Vs,30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	> 800 m/s	
B <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT ₃₀ > 50 nei terreni a grana grossa e cu ₃₀ > 250 kPa nei terreni a grana fina).	> 360 m/s < 800 m/s	N_{spt} > 50 Cu > 250 kPa
C <i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT ₃₀ < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu ₃₀ < 250 kPa nei terreni a grana fina).	> 180 m/s < 360 m/s	15 < N_{spt} < 50 70 < Cu < 250 kPa
D <i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di	< 180 m/s	N_{spt} < 15 Cu < 70 kPa

Vs,30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT ₃₀ < 15 nei terreni a grana grossa e cu ₃₀ < 70 kPa nei terreni a grana fina).		
E Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).		
S₁ Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs,30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu ₃₀ < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	< 100 m/s	
S₂ Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.		

Ai fini della caratterizzazione in oggetto la velocità di propagazione delle onde sismiche può essere ottenuta per via indiretta, ovvero ricavandola da indagini geognostiche (ad esempio dal parametro Nspt ricavato da una prova penetrometrica standard) o per via diretta, impiegando indagini di tipo sismico (down-hole, sismica a rifrazione, MASW, cono sismico).

Questi ultimi metodi sono senz'altro più validi e corretti e quando esiste la possibilità di inversioni nel profilo di velocità il metodo MASW (Multi-channel analysis of surface waves) risulta particolarmente risolutivo. Si tratta di una tecnica di indagine piuttosto recente che sfrutta le onde di superficie di Rayleigh. Il MASW è una tecnica "multi-station" che rappresenta una evoluzione del metodo SASW e rispetto a quest'ultimo consente una determinazione senz'altro più affidabile delle proprietà del terreno. Il metodo mira ad una caratterizzazione sismica del sottosuolo basandosi sull'analisi della dispersione geometrica delle onde di superficie. Il risultato finale del processo di elaborazione è il profilo verticale delle velocità delle onde S.

I vantaggi della tecnica MASW possono essere così riassunti:

- particolarmente indicata per terreni attenuanti ed ambienti rumorosi;
- è in grado di evidenziare inversioni di velocità nel profilo di velocità;
- buona risoluzione;

Tali caratteristiche ne hanno reso particolarmente indicato l'uso nel sito in oggetto.

Schematicamente il processo di analisi è il seguente:

- Creazione dello spettro FK;
- Ricerca del miglior fitting fra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione teorica;

- Profilo di velocità delle onde S;

Il sismografo utilizzato per le misure sismiche è un SUMMIT™ Compact, uno strumento della DMT (Germania), a 24 canali e dinamica del convertitore analogico digitale a 24 Bit (Tecnologia Delta Sigma).

L'acquisizione del segnale è stata eseguita su uno stendimento di 24 geofoni aventi frequenza di 4,5 Hz equidistanziati 2.00 metri. Come fonte di energia elastica è stata utilizzata una mazza da 8 Kg incidente su una piastra in alluminio. L'energia prodotta ed il contenuto in frequenza dell'energizzazione sono risultati adeguati per le finalità dello studio ed il sismogramma ottenuto è risultato sempre di buona qualità. L'energizzazione è avvenuta a -4.00m e a -2.00m dal geofono n°1 e su quest'ultimo, ottenendo un profilo di velocità spinto fino a 30-35 m di profondità rispetto al piano di campagna. In mancanza di informazioni precise il coefficiente di Poisson e la densità dei terreni sono stati assunti pari rispettivamente a 0.333 e 1800 Kg/m³.

Sulla base del profilo di velocità ottenuto si ricava un valore del parametro Vs30 nell'intervallo di profondità 0.0-30 m pari a **244 m/s** che corrisponde ad un suolo di Categoria:

C

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

Tavole:

Tav. 1 - Ubicazione prova MASW.

Tav. 2 - Sismogramma.

Tav. 3 - Spettro FK – Curva di dispersione – Profilo di velocità vs Profondità - Stratigrafia.

Legenda:

— Linea Sismica



So.Ge.T.
Societa' di Geofisica

Via per S. Alessio, 1733/C
55100 S. Alessio (Lucca)
P.I./C.F. 02115540466
Tel. e Fax. +39 583 057223
www.sogetsnc.eu - e.mail: info@sogetsnc.eu

Oggetto: Ubicazione della prova MASW

Committente: geol. Massimo Pellegrini

Data: 02 Ottobre 2013

Comune:
Camaione

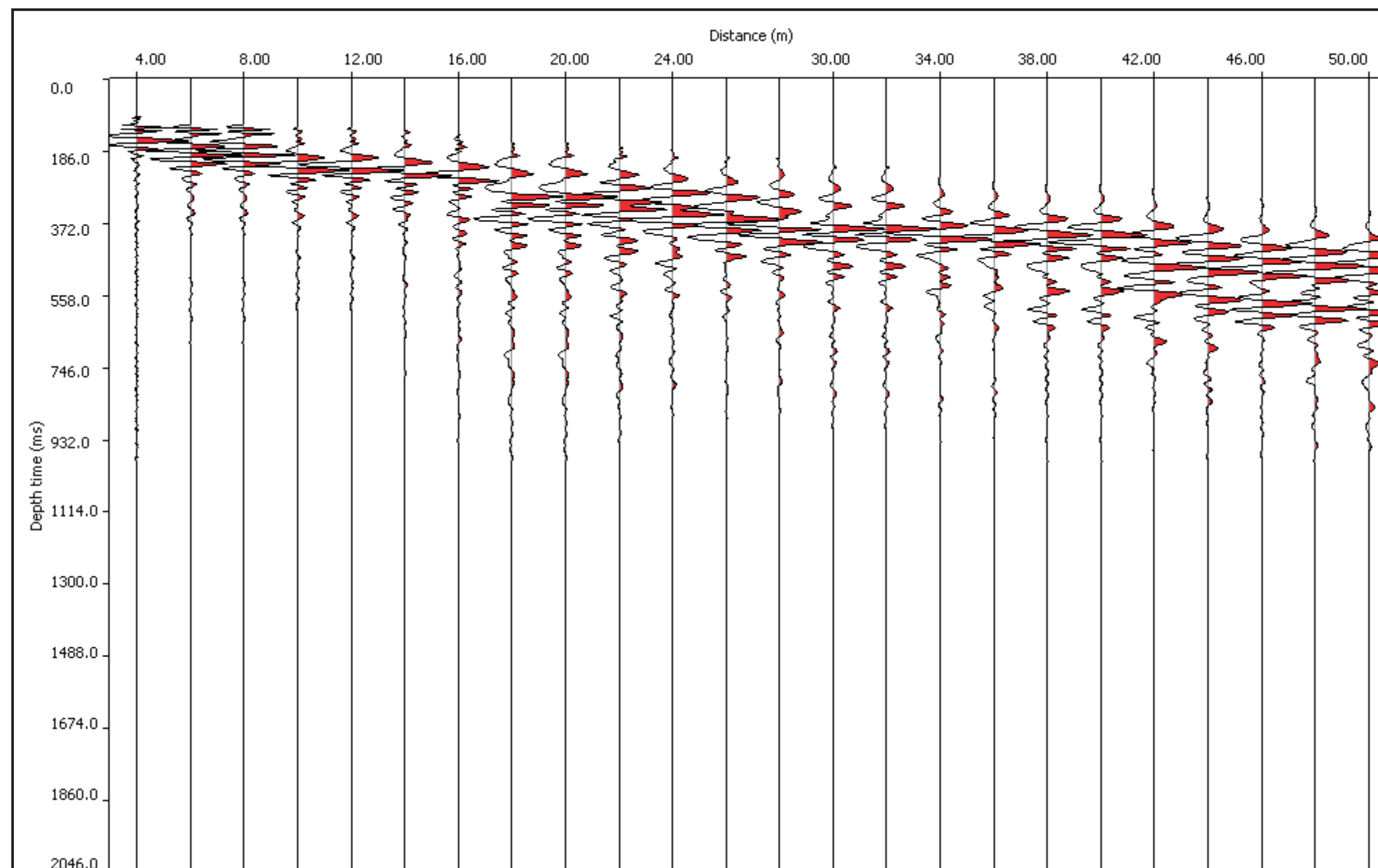
Formato: A3

Scala 1:1000

Indirizzo:
Via Masini
Capezzano, Camaione
(Lucca)

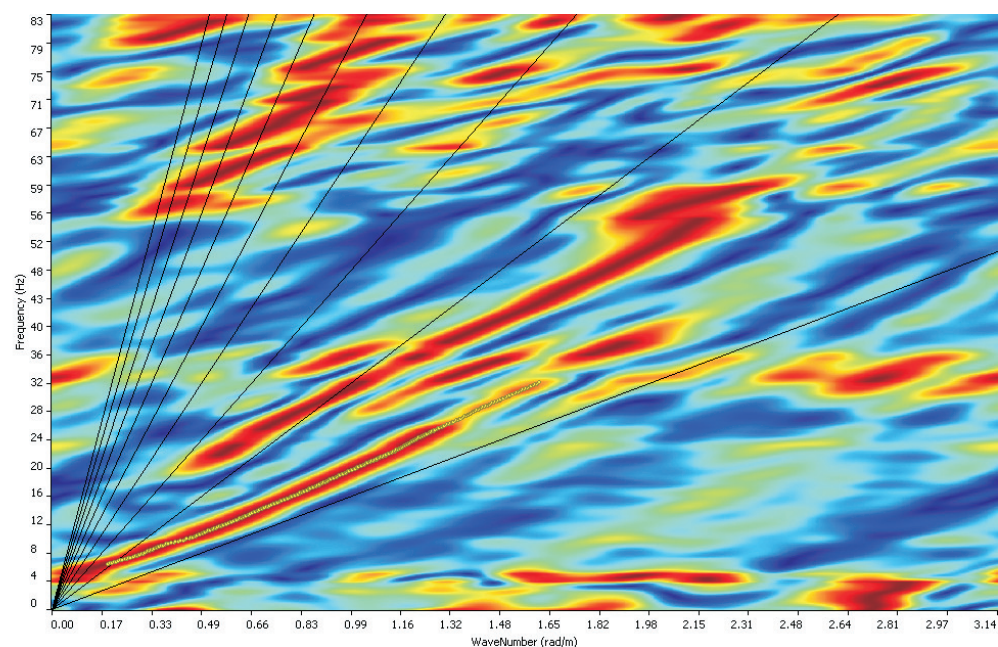
TAV.

N° **1**

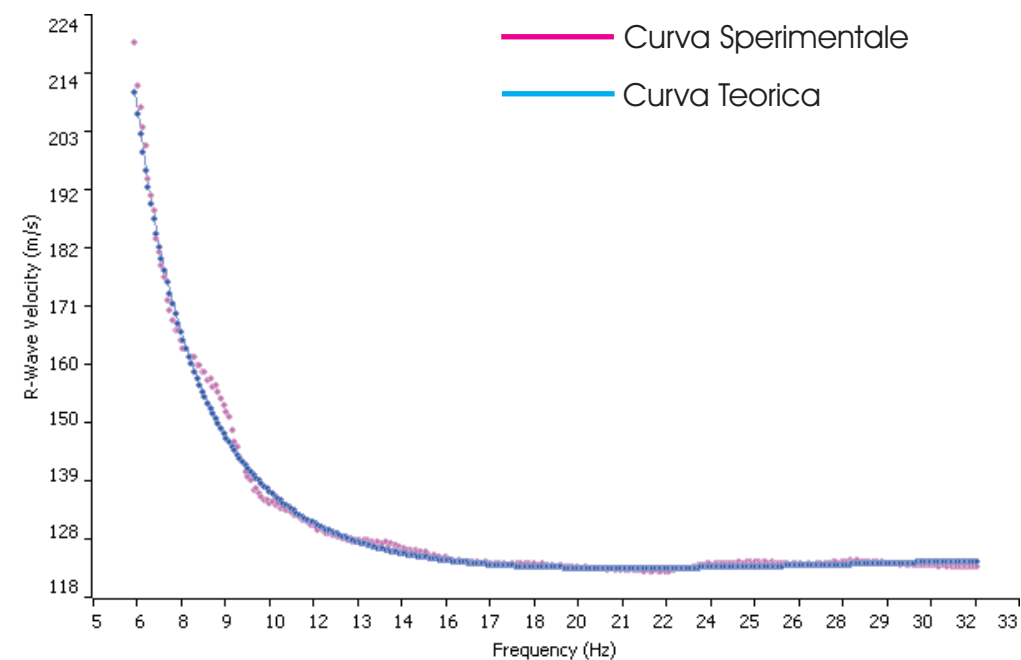


So.Ge.T. Societa' di Geofisica		Via per S. Alessio, 1733/C 55100 S. Alessio (Lucca) P.I./C.F. 02115540466 Tel. e Fax. +39 583 057223 www.sogetsnc.eu - e.mail: info@sogetsnc.eu	
Oggetto: Sismogramma			
Committente: geol. Massimo Pellegrini		Data: 02 Ottobre 2013	
Comune: Camaiore	Indirizzo: Via Masini Capezzano, Camaiore (Lucca)		TAV. N° 2

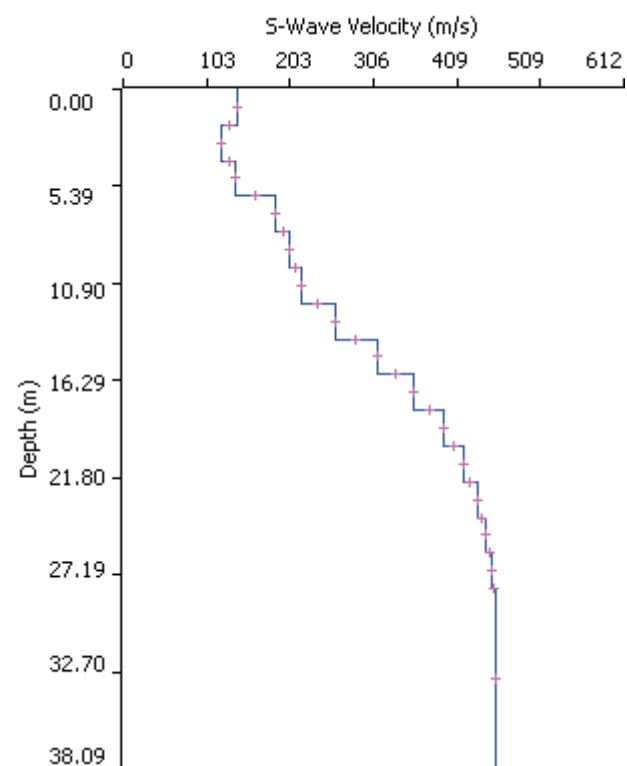
Spettro FK



Curva di Dispersione



Profilo Vs - Profondita'



	Thickness	Depth	Vs
Layer 1	2.00	0.00	139
Layer 2	2.00	2.00	121
Layer 3	2.00	4.00	138
Layer 4	2.00	6.00	187
Layer 5	2.00	8.00	203
Layer 6	2.00	10.00	218
Layer 7	2.00	12.00	259
Layer 8	2.00	14.00	310
Layer 9	2.00	16.00	356
Layer 10	2.00	18.00	391
Layer 11	2.00	20.00	416
Layer 12	2.00	22.00	433
Layer 13	2.00	24.00	444
Layer 14	2.00	26.00	450
Layer 15	INF	28.00	454