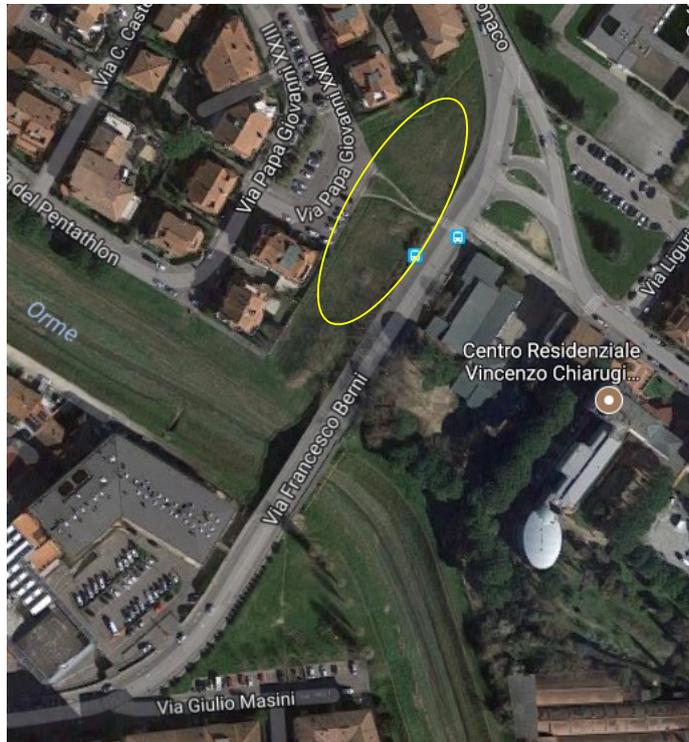


COMUNE DI EMPOLI



RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA

PER L'AREA SOGGETTA A PROGETTO UNITARIO
CONVENZIONATO (P.U.C.) N. 6. 7 UBICATA FRA VIA
F. BERNI E VIA PAPA GIOVANNI XXIII AD EMPOLI

Committente: Edilfutura S.r.l.
Piazza Pinturicchio, 14
50053 Empoli FI

Dott. Geol. Luca Gambacciani

Empoli, febbraio 2021

PREMESSA

Committenza L'Edilfutura S.r.l ci ha incaricato di eseguire i rilievi geologici e geognostici per la redazione della relazione geologico-tecnica di supporto al Progetto Unitario Convenzionato P.U.C. 6.7, sito fra via Papa Giovanni XXIII e via F. Berni ad Empoli (vedi Fig. 1).



Fig. 1 – Inquadramento dell'area del PUA 6.3

Indagine geognostica e sismica Nell'area in esame sono state eseguite n. 1 prova penetrometrica statica della profondità di 15 m ed un sondaggio a carotaggio continuo anch'esso spintosi fino a -15 m dal p. c.

La prova penetrometrica è stata attrezzata con canna piezometrica per la rilevazione dell'eventuale presenza di falda acquifera.

E' stata inoltre condotta una indagine sismica a rifrazione per la determinazione della Vs30 ai sensi dell'Ordinanza P.C.M. n°3274/03 (che istituisce diverse categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto).

Per l'ubicazione delle indagine geognostiche e sismiche condotte si veda la sottostante Fig. 2.

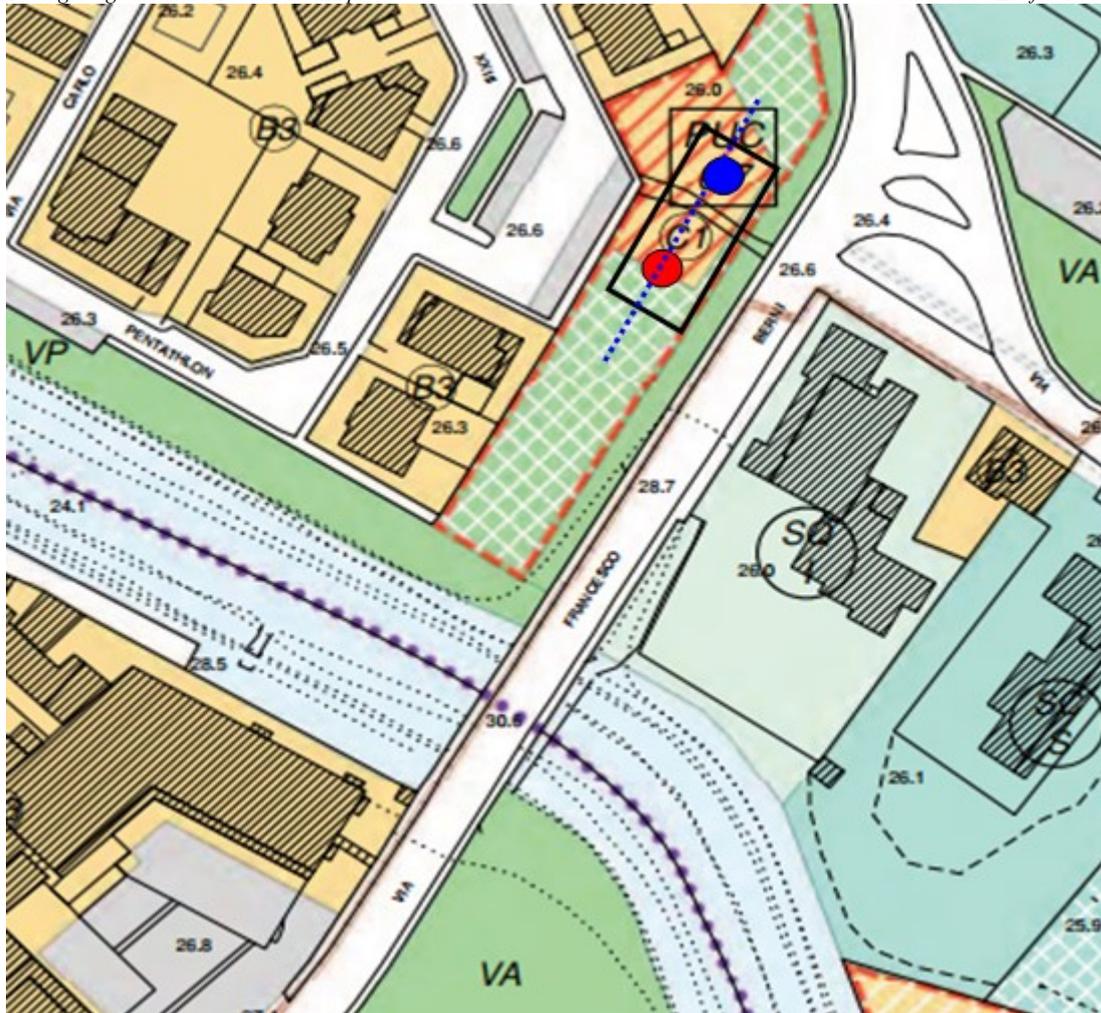


Fig. 2



Inquadramento legislativo L'analisi geologica comprendente la determinazione delle caratteristiche litostratigrafiche del terreno e la redazione della presente relazione sono stati svolti in conformità alle Normative vigenti in materia ed in particolare si è fatto riferimento alle seguenti Norme Tecniche:

- **D.M. Min. LL.PP. 14 settembre 2005:** Testo Unico – Norme tecniche per le costruzioni.
- **D.M. Min. LL.PP. 11 marzo 1988:** Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- **Circolare Min. LL.PP. 24 settembre 1988 n.30483:** Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le

prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- **Delibera G.R. n.431 del 19/06/2006:** Riclassificazione sismica del territorio regionale: Attuazione del D.M. 14.09.2005 e Ord. P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006.
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3519/2006:** Classificazione sismica nazionale.
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274/2003:** Classificazione sismica nazionale.
- **DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA GIUNTA REGIONALE TOSCANA 9 luglio 2009, n. 36/R :** Regolamento di attuazione dell'articolo 117, commi 1 e 2 della legge regionale 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.
- Nel definire la **pericolosità ed il rischio idraulico dell'area** si fa riferimento alla cartografia fornita dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno ed in particolare allo Stralcio 363 del PGRA (sia pericolosità che rischio idraulico, realizzato nel marzo del 2016 e la cartografia di supporto al nuovo Regolamento Urbanistico del Comune di Empoli (FI) .

VALUTAZIONE DELLE PERICOLOSITA'



Fig. 3 Pericolosità geologica (da P.S. Comune di Empoli)

Pericolosità geologica

L'area d'intervento, secondo la Carta della Pericolosità Geologica del P.S. del Comune di Empoli, è classificata con pericolosità geologica complessiva $P_g = 2$ – pericolosità media - con scarsa propensione al dissesto.

Pericolosità idraulica

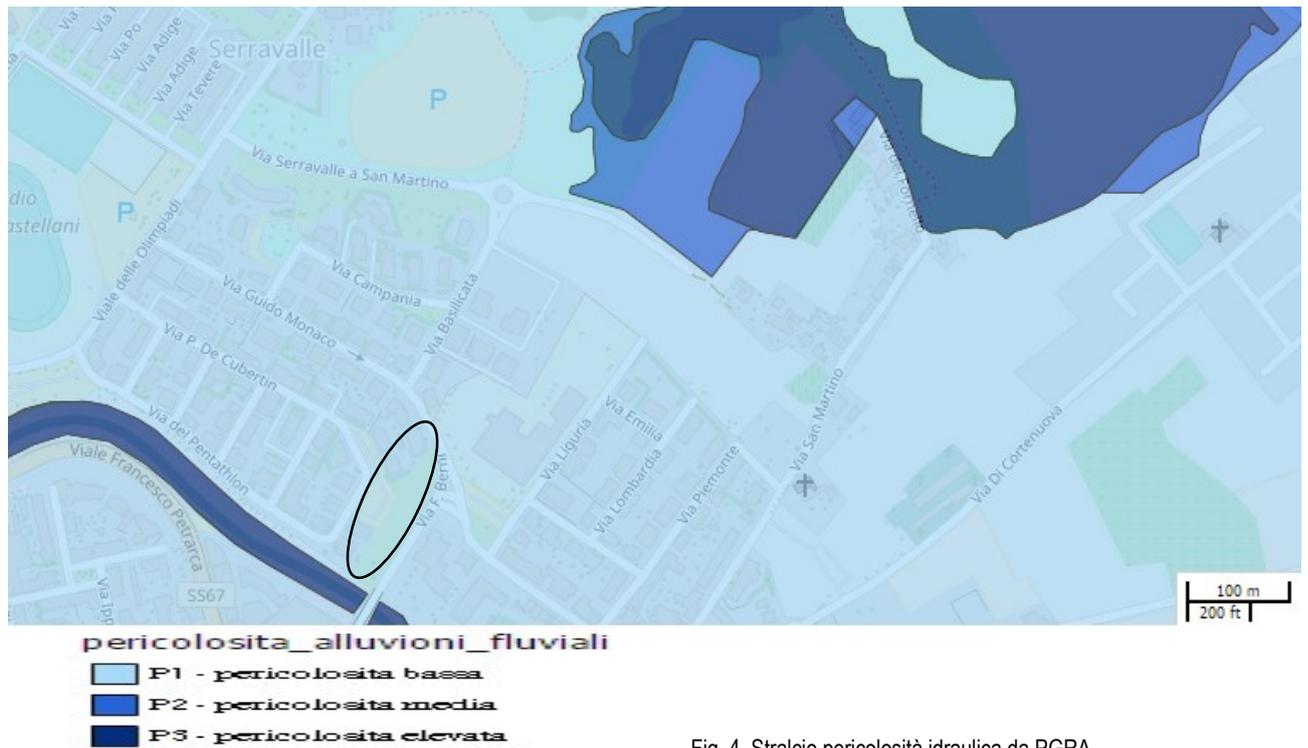


Fig. 4 Stralcio pericolosità idraulica da PGRA

Nel definire la pericolosità idraulica dell'area si fa riferimento alla cartografia dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno ed in particolare allo Stralcio 363 del PGRA realizzato nel marzo del 2016. In tale carta l'area in studio risulta essere inserita in P.I.=1 (ovvero pericolosità idraulica bassa). Il PGRA fa ricadere la zona in tale classe di pericolosità in quanto non si hanno notizie storiche di allagamenti.

In tale classe la Normativa prevista nel PGRA non prescrive alcuna misura di prevenzione.

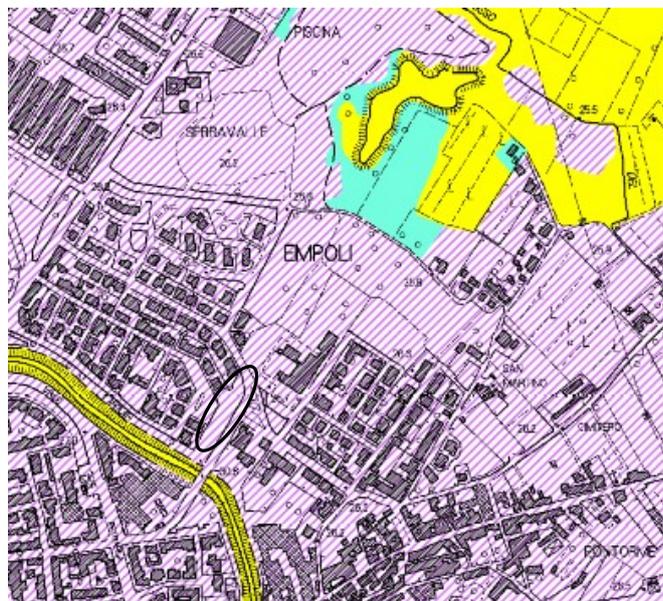


Fig. 5 Stralcio da:

Tavola 6.1 - Pericolosità idraulica ai sensi del D.P.G.R. n° 53 R/2011

Nello studio idrologico idraulico di supporto al nuovo regolamento urbanistico di Empoli che definisce la pericolosità idraulica ai sensi del D.P.G.R. n. 53 R/2011, l'area è inserita in pericolosità idraulica media.

Rischio idraulico

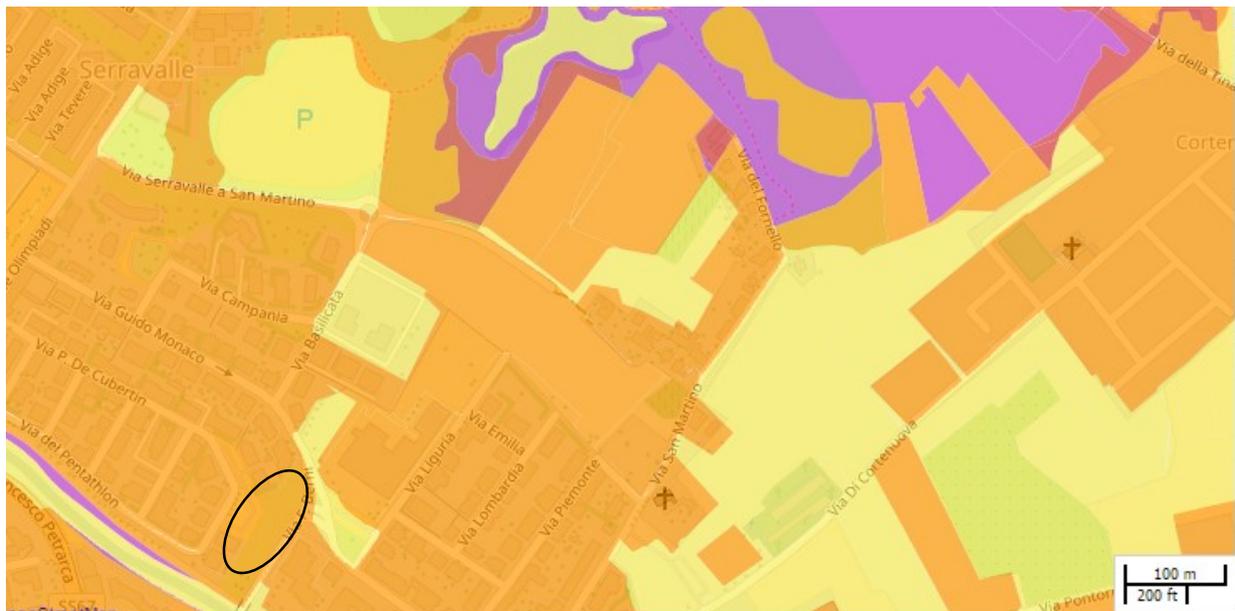


Fig. 6 Stralcio rischio idraulico da PGRA - Area in rischio idraulico R2

Per quanto riguarda il rischio idraulico, così come definito nel PGRA, l'area è inserita in R.I. 2.

GEOMORFOLOGIA ED IDROGEOLOGIA

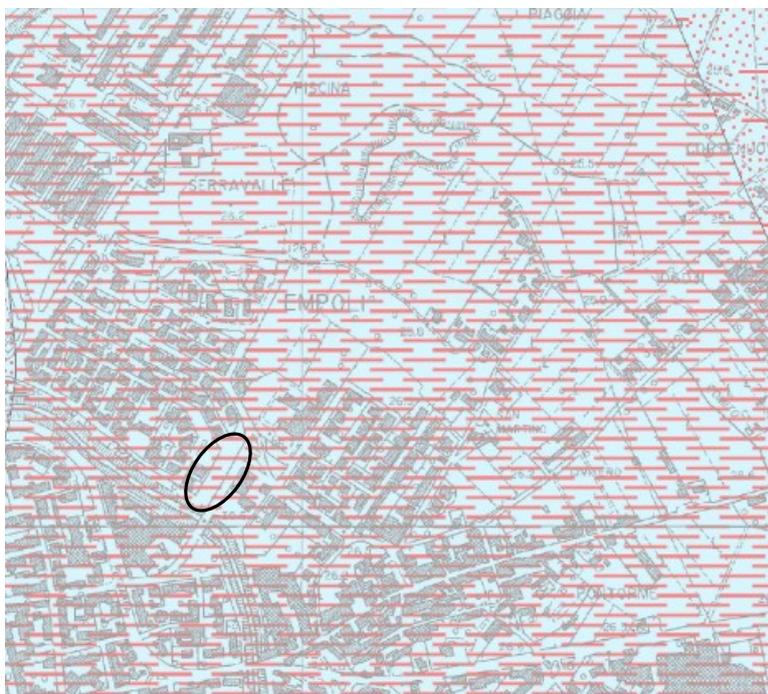


Fig. 7 Estratto da carta geologica della Variante al Piano strutturale 2013 del Comune di Empoli

	Alluvioni: Ghiaie Sabbie	(bc)
	Alluvioni: Sabbie Limi	OLOCENE (be)
	Alluvioni: Limi Argille	(bf)

Morfologia

L'area del P.U.C. 6.7 si trova a poche decine di metri dal corso del T.

Orme, sulla sua destra idrografica ed in corrispondenza del ponte di Via F. Berni. La zona fa parte dell'ampia pianura alluvionale che si estende a sud del corso dell'Arno dal quale il PUC dista circa 710 m in direzione NW.

Il terreno è completamente pianeggiante, con quote attorno ai 26 m s.l.m.

Geologia Nella zona in esame si rinvengono esclusivamente depositi alluvionali recenti depositi dal F. Arno e dai suoi affluenti.

Come potuto stabilire grazie al sondaggio a carotaggio continuo ed alla prova penetrometrica statica (vedi Tav. 1 e Tav. 2 per le stratigrafie corrispondenti), la sedimentazione nella zona è costituita da alternanze di strati limo – argillo-sabbiosi con sabbie limo argillose.

Al di sotto dei -20 m si dovrebbe avere prima uno strato di sabbie argillose e poi, dai -23 m fino a -30 m, si dovrebbero trovare ghiaie e ghiaie con sabbia (questo in base a sondaggio di 30 m eseguito poco più di 300 m in linea d'aria dal luogo in esame).

Idrogeologia I depositi alluvionali che si depositano in questa zona, come in tutta la pianura empoiese, costituiscono dal punto di vista idrogeologico un acquifero multistrato in cui si individuano falde acquifere più o meno interconnesse, localizzate a vari livelli di profondità.

Nell'area in studio, sulla base delle misure effettuate nel perforo della prova penetrometrica (attrezzato a piezometro) e del sondaggio eseguito, non si ha una falda freatica superficiale: infatti nel piezometro piazzato nel perforo della prova penetrometrica (spintasi fino a -15 m) non è stata rinvenuta acqua né al momento della installazione (luglio 2017) né a seguito delle modeste piogge dei primi giorni di novembre 2017. Riteniamo che la falda si trovi al di sotto dei -20 m dal piano di campagna.

STRATIGRAFIA DELL'AREA

Come già detto in Premessa, per la caratterizzazione stratigrafica dell'area di P.U.C. si sono utilizzati i dati di un sondaggio a carotaggio continuo e quelli di una prova penetrometrica entrambi eseguiti nel luglio 2017.

In Tav. 1 si riporta la descrizione litologica dei terreni attraversati nel sondaggio a carotaggio continuo, in Tav. 2 si riporta la stratigrafia indicativa ed i parametri geotecnici ricavati dai dati penetrometrici.

Il sondaggio a carotaggio continuo S.1 è caratterizzato da limi sabbioso-argillosi molto secchi e consistenti fino a -1,65 m, seguono limi sabbiosi-argillosi marroni-grigi da consistenti a molto

Fra -2,75 m e -3,75 m si hanno alternanze fra limo sabbioso argilloso e sabbia limoso argillosa, da consistenti a molto consistenti. Fra -3,75 m e -4,2 m è stato prelevato un campione indisturbato (limo argillo-sabbioso mediamente consistente).

Da -4,2 m a -6,1 m si hanno limi sabbioso-argillosi marroni grigiastri, da consistenti a molto consistenti.

Da -6,1 m a -7,0 m limi argillosi debolmente sabbiosi di color grigio-marroncino, seguiti da limi sabbioso-argillosi marroni da consistenti a molto consistenti da -7,0 m a -9,1 m.

Fra -9,1 m e -11,1 m si hanno alternanze fra sabbie limoso argillose e limo sabbioso argilloso consistenti, mentre fra -11,1 m e -15,0 m si ha una sabbia limoso-argillosa moderatamente addensata di colore marrone.

L'interpretazione stratigrafica della prova penetrometrica statica PP1 è la seguente:

- da p.c. a -1,0 m : terreno di riporto e terreno agrario a base sabbioso-limosa, molto secco e consistente;
- da -1,0 m a -1,6 m: limo argilloso-sabbioso asciutto e molto consistente;
- da -1,6 m a -5,8 m: argilla limosa da mediamente a ben consistente;
- da -5,8 m a -7,2 m: limo argilloso mediamente consistente;
- da -7,2 m a -14,6 m: argilla limosa e limi argillosi con rare intercalazioni di limi sabbiosi, terreni da sufficientemente - mediamente consistenti a ottimamente consistenti sotto i -14 m;
- da -14,6 a -15,0: limo sabbioso ottimamente addensato.

PARAMETRI GEOTECNICI E CONSIDERAZIONI SULLE FONDAZIONI

Per la caratterizzazione geotecnica dell'area si sono utilizzate i dati delle analisi di laboratorio a cui è stato sottoposto il campione prelevato nel sondaggio a carotaggio continuo ed i dati ottenuti dalle prove penetrometrica statica.

Di seguito descriviamo la loro interpretazione iniziando con i dati ottenuti dai sondaggi e dalle analisi di laboratorio.

Analisi di laboratorio Sul campione indisturbato prelevato è stata determinata l'umidità naturale ed il peso di volume ed è stata effettuata inoltre una prova ad espansione naturale libera.

Nella tabella seguente i risultati ottenuti:

 IGETECMA s.n.c. Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05	COMMITTENTE: Edilfutura LOCALITA': Empoli		Montelupo Fiorentino li 07/08/2017 V.A. n. 148/2017 del 31/07/17
	Tabella riassuntiva Certificato di Prova n. 741/2017		
CAMPIONE	SIC1		
Profondità metri	3,6 - 4,1		
Parametri fisici			
Peso volume naturale (kN/m ³)	18,3		
Peso volume secco (kN/m ³)	14,2		
Umidità naturale (%)	28,25		
Prova Espansione Laterale Libera			
Coazione non drenata, C_u (kPa)	49,8		
Modulo elastico tangente iniziale, E_{ti} (kPa)	5966		




Dati ricavati dalla prova penetrometrica statica

Dai dati della prova penetrometrica, elaborati con il metodo di De Beer, si è ottenuto l'angolo di attrito ϕ , mentre la coazione non drenata C_u ed il carico ammissibile σ -amm si sono ottenuti con la formula di Brinch-Hansen (Terzaghi modificato : coeff. di sicurezza $F=3$), come riportato nel tabulato allegato (vedi Tav. 2).

Siamo di fronte ad un terreno dalle discrete caratteristiche geomeccaniche, con valori piuttosto buoni di capacità portante (sempre maggiore di 1,5 kg/cmq e con valori medi maggiori di 2 kg/cmq su tutto il profilo investigato), coazione non drenata ed angolo di attrito interno.

Tabella riassuntiva delle caratteristiche geotecniche medie del terreno (prova penetrometrica)

Profondità	Litologia	σ -amm medio (kg/cmq)	angolo di attrito ϕ	coesione non drenata C_u
0,0 – 1,0	Terreno di riporto (qualche decimetro, poi terreno agrario)	10,29 (terreno fortemente essiccato a causa di siccità estiva)	34	5,87
1,0 – 1,6	Limi argillosi	5,39	27	2,79
1,6 – 5,8	Argille limose	2,45	21	1,17
5,8 – 7,2	Limi argillosi	3,42	24	1,60
7,2 – 14,6	Argille limose	3,32	22	1,41
14,6 – 15,0	Limi sabbiosi	8,12	32	3,80

Riassumendo possiamo pertanto dire siamo di fronte ad un terreno dalle caratteristiche geotecniche da discrete a buone, sicuramente in grado di sostenere il peso dell'edificio in progetto nell'ambito della P.U.C..

Fondazioni – Calcolo della capacità portante

L'edificio sarà dotato di seminterrati ed avrà indicativamente un piano di posa delle fondazioni attorno a -3,4 m dal p. di c. attuale.

Calcolo carico limite della fondazione

Il calcolo di R_d per fondazioni di tipo superficiale con il metodo degli Stati Limite Ultimi (SLU) viene eseguito applicando al calcolo della capacità portante i coefficienti parziali elencati nelle Tabelle 6.2.II e 6.4.I. del Decreto Ministeriale 14/01/08, considerando entrambi gli approcci previsti dal citato D.M. :

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

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	γ_ϕ	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

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

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

Si è proceduto al calcolo del Rd in condizioni statiche, effettuando il calcolo del Rd per una platea di 27 m x 11,8 m impostata a -3,4 m dal piano di campagna.

Calcolo Rd in condizioni statiche con il criterio di Terzaghi adattato al D.M. 14/1/08						
Dati caratteristici			App.1, C1 (A1+M1+R1)	App.1, C2 (A2+M2+R2)	App.2, C1 (A1+M1+R3)	
Quota imposta (m)	3,40	Quota imposta (m)	3,40	3,40	3,40	
ϕ	10,00	ϕ	10,00	10,00	10,00	
Cu (t/mq)	5,08	Cu (t/mq)	5,08	3,63	5,08	
γ (t/mc)	1,85	γ (t/mq)	1,85	1,85	1,85	Calcolo condizioni statiche platea 11,8 x 27 m
B (m)	11,80	B (m)	11,80	11,80	11,80	
L(m)	27,00	L(m)	27,00	27,00	27,00	
Nq	2,47	Nq	2,47	2,21	2,47	
Nc	8,32	Nc	8,32	6,86	8,32	
N γ	0,52	N γ	0,52	0,43	0,52	
		γ_R	1,00	1,80	2,30	
		Rd platea (kg/cm 2)	3,56	1,31	1,55	

Si ottiene un valore di **Rd min = 1,31 kg/cm 2** .

STIMA DEI CEDIMENTI

Per il calcolo dei cedimenti si è utilizzata la formula:

$$H_{tot} = \sum H_i \cdot \Delta\sigma \cdot m_v,$$

con i simboli aventi i seguenti significati:

H_{tot} = cedimento totale, in cm; H_i = spessore dello strato i -esimo, si sono considerati strati sotto il piano di fondazione pari a $0,5 B$ (con B larghezza di fondazione, assimilata quadrata di lato pari a 18 m) fino ad arrivare ad una profondità di $3B$ sotto il piano di posa; $\Delta\sigma$: incremento di pressione in mezzeria dello strato i -esimo; $m_v = 1/E_{ed}$ coefficiente di compressibilità volumetrica ricavato dalla media dei valori degli m_v calcolati dalla prova penetrometrica e sottostanti al piano di posa della platea (-3,4 m) considerato uguale fino alla profondità di possibile influenza del carico.

Facciamo notare che il carico efficace sul piano di posa è molto limitato, infatti stimando il carico trasmesso dall'edificio sulla platea in 0,66 kg/cm 2 , il carico che si ha a tale profondità dovuto al peso del terreno è di 0,629 kg/cm 2 , quindi il carico efficace sul piano di posa sarà di appena 0,031 kg/cm 2 .

In tali condizioni si ottiene un cedimento stimato per la platea di 0,76 cm.

Si tratta di un cedimento del tutto accettabili e tale da non dar luogo a distorsioni angolari critiche.

Per quanto riguarda l' ϵ visto che al di sotto dei depositi alluvionali si hanno depositi argillosi del Pliocene marino che hanno parametri geotecnici migliori dell'alluvionale, si può adottare il valore di 1,0.

CARATTERIZZAZIONE SISMOSTRATIGRAFICA DEI TERRENI E CALCOLO DEL PARAMETRO V_{s30}

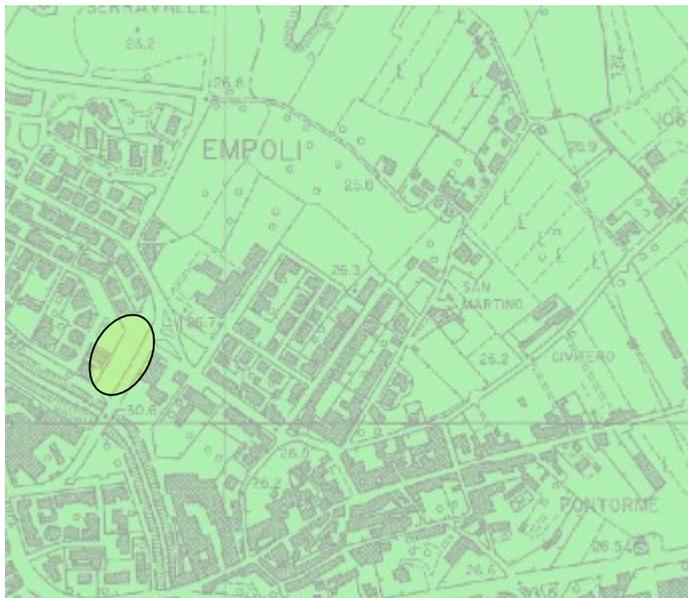


Fig.8

S2 PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE MEDIA

(da Pericolosità sismica – Comune di Empoli Gennaio 2013)

Il territorio di Empoli, come indicato nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 ed aggiornato con la Deliberazione della Giunta Regionale Toscana n. 421 del 26 maggio 2014, è inserito in Zona sismica 3.

Secondo la carta della Pericolosità Sismica redatta dal Comune di Empoli, la zona in esame ha grado di pericolosità sismica S2 e risulta stabile, anche se suscettibile di amplificazioni locali ma senza possibilità di liquefazione.

Al fine di caratterizzare dal punto di vista sismostratigrafico il sottosuolo dell'area e pervenire al calcolo del parametro V_{s30} richiesto dalla Ordinanza P.C.M. n. 3274/03, è stata eseguita, dalla Igetecma s.n.c. di Montelupo Fiorentino, una indagine geofisica mediante sismica a rifrazione.

E' stato eseguito n°1 profilo di sismica a rifrazione con onde SH, utilizzando 24 canali con una spaziatura di 3 m, per un totale di 69 m di rilievo.

Scopo dell'indagine è stata la caratterizzazione sismostratigrafica dei terreni ed il calcolo del parametro V_{s30} .

L'indagine mediante sismica a rifrazione ha messo in evidenza la presenza di quattro orizzonti sismici con le seguenti classi di velocità delle onde di taglio SH:

$V_1=126-130\text{m/s}$; $V_2=223\text{m/s}$; $V_3=358-374\text{m/s}$.

Il primo orizzonte sismico ha uno spessore compreso fra 2.0 m e 2.8 m e può essere riferito, a terreno naturale e a materiali di riporto. Il secondo orizzonte sismico, con uno spessore variabile fra 11.8 e 19.4 m, raggiunge profondità comprese fra 14.6 m e 21.5 m e può essere riferito a

depositi allentati. Le velocità del terzo orizzonte sismico sono riferibili al passaggio a depositi mediamente addensati.

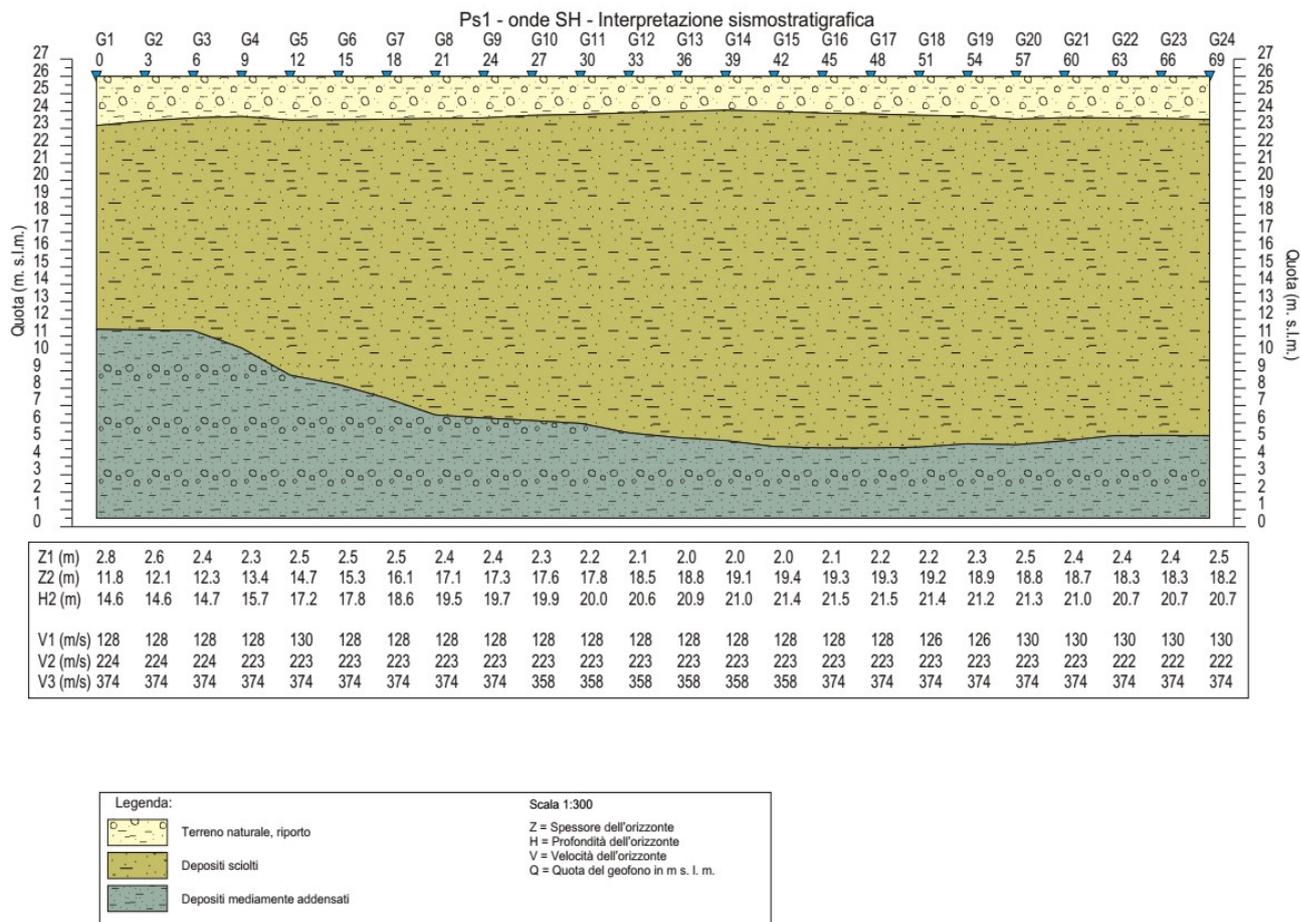


Fig. 9 Interpretazione sismo stratigrafica lungo il profilo sismico eseguito

La categoria di sottosuolo del sito in esame è risultata in classe C, con un valore medio calcolato Vs30 pari a 243 m/sec.

Liquefacibilità del terreno Il fenomeno della liquefazione dei terreni durante i terremoti, interessa in genere i depositi sabbiosi e/o sabbioso limosi sciolti, a granulometria uniforme, normalmente consolidati ed immersi in falda. Durante una sollecitazione sismica, infatti, le sollecitazioni indotte nel terreno, possono determinare un aumento delle pressioni interstiziali fino ad eguagliare la pressione litostatica e la tensione di sconfinamento, annullando la resistenza al taglio e inducendo fenomeni di fluidificazione.

La probabilità che un deposito raggiunga tali condizioni dipende dal grado di addensamento, dalla granulometria e forma dei granuli, dalle condizioni di drenaggio, dall'andamento ciclico delle sollecitazioni sismiche e loro durata, dall'età del deposito, dalla profondità della linea di falda (prossima alla superficie). Dall'osservazione di zone colpite da liquefazione, si è notato che questa avviene nelle seguenti circostanze: terremoti di magnitudo uguale o superiore a 5.5 Richter, con

accelerazioni superiori o uguali a 0,2 g, al di sopra dei 15 metri di profondità (oltre questa profondità non sono state osservate liquefazioni), la profondità della falda era posizionata in prossimità della superficie (inferiore ai 3 m).

Nel caso in esame avendo a disposizione la stratigrafia della prova penetrometrica e del sondaggio e non essendo in presenza di falda nei primi 15 m dal piano di campagna (nel piezometro posizionato nel perforo della prova penetrometrica non si trova acqua di falda) escludiamo che si possa verificare liquefazione in caso di sisma uguale o maggiore di 5,5 Richter.

Anche lo studio sulla pericolosità sismica del Comune di Empoli, che classifica l'area in S2, esclude la possibilità di liquefazione nella zona in studio.

CONCLUSIONI E PARERE DI FATTIBILITA' GEOLOGICO-TECNICA PER IL PUA 6.3

Riassumendo possiamo dire che il terreno nell'area in studio è costituito da alternanze di strati limo sabbiosi ed argillo-limosi fino a -9 m dal piano di campagna, che passano a sabbie argillo limose fra -9 e -15 m. Al di sotto dei -20 m si dovrebbero rinvenire ghiaie sabbiose sede di falda acquifera.

Nel perforo della prova penetrometrica (profondità 15 m), attrezzato a piezometro, non è stata rinvenuta acqua di falda.

Dal punto di vista geotecnico, il terreno ha caratteristiche geomeccaniche discrete ed in grado di sostenere l'edificio previsto nel P.U.c. con cedimenti che stimiamo molto limitati (inferiori al centimetro).

L'indagine geofisica condotta mediante sismica a rifrazione ha permesso di stabilire che la categoria di sottosuolo del sito in esame è la classe C secondo la tabella 3.2.II delle NTC 2008, mentre sulla base della stratigrafia individuata e delle velocità sismiche determinate si può escludere che il terreno sia soggetto a liquefazione in caso di sisma con magnitudo M=5,5 Richter o superiore.

La stabilità geomorfologica dell'area è buona (terreno pianeggiante) e la zona ha un rischio idraulico medio-basso.

Concludendo possiamo dire che non esistono limitazioni di carattere morfologico, geologico ed idrogeologico per la fattibilità degli interventi in progetto nell'area del P.U.C. 6.7.

Il parere di fattibilità geologica, sismica ed idraulica dell'intervento è pertanto del tutto positivo.

Empoli, li 24/02/21

Dott. Geol. Luca Gambacciani

GEA s.n.c. - Via delle Pratella, 20 - 50056 Montelupo F.no (FI)											
SONDAGGIO: 1			LUNGHEZZA (m): 15,0			LEGENDA:					
DA METRI: 0,0 A METRI: 15,0			Sonda tipo: Boart Longyear Deltabase 520			PROVE S.P.T.: PA Punta aperta - PC Punta chiusa					
Responsabile: Dott. Luca Gambacciani			Operatore: Paolo Marziali			CAMPIONI: S Pareti sottili - O Osterberg - M Mazier					
COMMITTENTE: Edilfutura S.r.l.						R Rimaneggiato - Rs Rimaneggiato da S.P.T.					
CANTIERE: Empoli (FI)						PIEZOMETRI: A Aperto - C Casagrande - E Elettrico					
LOCALITA': Via Giovanni XXIII						PERFORAZIONE: CS Carotiere semplice - CD Carotiere doppio - EC Elica continua					
DATA INIZIO: 14-7-2017 DATA FINE: 14-7-2017						STABILIZZAZIONE: RM Rivestimento metallico					
QUOTA BOCCAFORO (m s.l.m.):						FB Fanghi bentonitici					
						% CAROTAGGIO — R.Q.D. —					
S.P.T. Prof. Tipo Valori	CAMPIONI Prof. Tipo	STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE		Prof. (m)	Carot. (%) RQD (%)	Pocket Vane Test Test kg/cmq	FALDA Rinv Stab	Piezo- metri	Diam. (mm)	Metodo Perf.ne	Metodo Stab.ne
			Materiale di riporto con frammenti lateritici	0,2							
1			Limo sabbioso argilloso disseccato, colore marrone chiaro	1,65							
2			Limo sabbioso argilloso marrone grigiastro, da amolto consistente	2,75							
3			Alternanza tra limo sabbioso argilloso e sabbia limoso argillosa, da consistente a molto consistente	3,75							
4	3,8-4,2 S		Campione indisturbato	4,2							
5			Limo sabbioso argilloso marrone grigiastro, da consistente a molto consistente	6,1							
6			Limo argilloso, debolmente sabbioso, colore grigio marroncino, con presenza di spalmature di ferro/manganese	7,0							
7			Limo sabbioso argilloso marrone grigiastro, da consistente a molto consistente	9,1							
8			Alternanza tra sabbia limoso argillosa e limo sabbioso argilloso, consistente, colore grigio marroncino	11,1							
9			Sabbia limoso argillosa, moderatamente addensata, colore marrone	15,0					15,0 101	15,0 CS	12,0 RM

Tav. 1 - Stratigrafia del sondaggio a carotaggio continuo

Prof. (m)	Rp (kg/cmq)	Rl (kg/cmq)	Ral	Rp/Ral	Litologia	Falda	Cu kg/cmq	σ -amm kg/cmq	Φ gradi	Mv
0,4	98	131	2,20	9,5	A		4,26	8,12	26	0,003
0,6	111	265	10,27	34,0	Sl		6,53	11,10	41	0,003
0,8	119	168	3,27	57,6	Sl		7,44	11,90	42	0,003
1,0	105	136	2,07	18,5	La		5,25	10,03	29	0,003
1,2	66	151	5,67	20,6	La		3,30	6,34	26	0,005
1,4	49	97	3,20	23,7	Ls		2,58	4,98	30	0,007
1,6	50	81	2,07	19,7	La		2,50	4,84	25	0,007
1,8	42	80	2,53	13,1	Al		2,00	3,91	22	0,008
2,0	38	86	3,20	14,6	Al		1,81	3,55	22	0,009
2,2	32	71	2,60	12,3	Al		1,52	3,02	21	0,010
2,4	33	72	2,60	13,4	Al		1,57	3,13	21	0,010
2,6	31	68	2,47	13,7	Al		1,48	2,96	21	0,011
2,8	31	65	2,27	12,6	Al		1,48	2,97	21	0,011
3,0	32	69	2,47	16,6	Al		1,52	3,07	21	0,010
3,2	23	52	1,93	14,4	Al		1,10	2,27	21	0,022
3,4	22	46	1,60	15,0	Al		1,05	2,19	20	0,023
3,6	17	39	1,47	15,9	Al		0,81	1,75	20	0,029
3,8	16	32	1,07	16,0	Al		0,76	1,67	20	0,031
4,0	18	33	1,00	20,8	La		0,90	1,94	22	0,028
4,2	17	30	0,87	17,0	Al		0,81	1,78	20	0,029
4,4	16	31	1,00	15,0	Al		0,76	1,70	20	0,031
4,6	19	35	1,07	21,9	La		0,95	2,07	22	0,026
4,8	15	28	0,87	13,2	Al		0,71	1,64	20	0,033
5,0	20	37	1,13	17,6	La		1,00	2,19	23	0,025
5,2	18	35	1,13	16,9	Al		0,86	1,93	20	0,028
5,4	22	38	1,07	15,7	Al		1,05	2,31	20	0,023
5,6	24	45	1,40	16,4	Al		1,14	2,50	21	0,021
5,8	28	50	1,47	16,8	Al		1,33	2,87	21	0,018
6,0	36	61	1,67	18,6	La		1,80	3,77	24	0,009
6,2	44	73	1,93	30,0	Ls		2,32	4,76	30	0,008
6,4	47	69	1,47	19,1	La		2,35	4,84	25	0,007
6,6	27	64	2,47	9,0	A		1,17	2,62	21	0,019
6,8	24	69	3,00	13,8	Al		1,14	2,57	21	0,021
7,0	25	51	1,73	22,1	La		1,25	2,78	23	0,020
7,2	23	41	1,20	20,3	La		1,15	2,61	23	0,022
7,4	19	36	1,13	15,0	Al		0,90	2,15	20	0,026
7,6	19	38	1,27	13,6	Al		0,90	2,16	20	0,026
7,8	31	52	1,40	18,6	La		1,55	3,40	23	0,011
8,0	29	54	1,67	13,2	Al		1,38	3,09	21	0,017
8,2	26	59	2,20	13,4	Al		1,24	2,83	21	0,019
8,4	25	54	1,93	11,0	A		1,09	2,56	21	0,020
8,6	26	60	2,27	16,3	Al		1,24	2,85	21	0,019
8,8	21	45	1,60	21,0	La		1,05	2,51	23	0,024
9,0	18	33	1,00	14,2	Al		0,86	2,15	20	0,028
9,2	19	38	1,27	16,8	Al		0,90	2,26	20	0,026
9,4	20	37	1,13	15,8	Al		0,95	2,36	20	0,025
9,6	21	40	1,27	14,3	Al		1,00	2,46	20	0,024
9,8	21	43	1,47	17,5	La		1,05	2,57	23	0,024
10,0	19	37	1,20	13,6	Al		0,90	2,30	20	0,026
10,2	20	41	1,40	20,0	La		1,00	2,50	23	0,025
10,4	23	38	1,00	16,4	Al		1,10	2,69	21	0,022
10,6	21	42	1,40	15,0	Al		1,00	2,52	20	0,024
10,8	18	39	1,40	13,5	Al		0,86	2,26	20	0,028
11,0	20	40	1,33	9,4	A		0,87	2,29	20	0,025
11,2	42	74	2,13	22,5	La		2,10	4,64	24	0,008
11,4	48	76	1,87	23,2	Ls		2,53	5,47	30	0,007
11,6	29	60	2,07	12,1	Al		1,38	3,30	21	0,017
11,8	36	72	2,40	15,0	Al		1,71	3,95	21	0,009
12,0	33	69	2,40	16,0	Al		1,57	3,69	21	0,010
12,2	26	57	2,07	17,0	Al		1,24	3,06	21	0,019
12,4	25	48	1,53	16,3	Al		1,19	2,99	21	0,020

Tav. 2 Interpretazione prova penetrometrica statica (contunua pag. successiva)

12,6	28	51	1,53	24,7	:-:--:-:~	Ls
12,8	57	74	1,13	19,4	-----	La
13,0	27	71	2,93	15,0	=====	Al
13,2	31	58	1,80	15,0	=====	Al
13,4	30	61	2,07	17,3	-----	La
13,6	32	58	1,73	12,0	=====	A
13,8	27	67	2,67	19,3	-----	La
14,0	22	43	1,40	11,4	=====	A
14,2	35	64	1,93	15,0	=====	Al
14,4	69	104	2,33	23,0	-----	La
14,6	62	107	3,00	17,2	-----	La
14,8	72	126	3,60	24,0	:-:--:-:~	Ls
15,0	73	118	3,00	24,3	:-:--:-:~	Ls

1,47	3,54	28	0,018
2,85	6,16	25	0,006
1,29	3,20	21	0,019
1,48	3,57	21	0,011
1,50	3,63	23	0,017
1,39	3,44	21	0,010
1,35	3,37	23	0,019
0,96	2,63	20	0,023
1,67	4,00	21	0,010
3,45	7,40	26	0,005
3,10	6,74	26	0,005
3,79	8,06	32	0,005
3,84	8,18	32	0,005

Tav. 2 (continua da pag. precedente) Interpretazione prova penetrometrica statica



VERBALE DI ACCETTAZIONE N. 132/2017

Settore: **indagini geognostiche**

Committente: **Edilfutura S.r.l.**
Località: **Via Giovanni XXIII - Empoli (FI)**

Indice

Premessa

- 1 - La campagna geognostica
 - 1.1 - Modalità esecutive del sondaggio
 - 1.2 - Campionamento (Metodo Shelby)
 - 1.3 - Prove penetrometriche
- 2 - Scheda tecnico-informativa del macchinario usato per la perforazione.

Allegati

- I - Descrizione stratigrafica dei sondaggi
- II - Documentazione fotografica
- III - Prove penetrometriche

Premessa

Su incarico dell'Impresa Edilfutura S.r.l. è stata effettuata una campagna geognostica in Empoli, Via Giovanni XXIII.

In tale campagna, concordata con il Dott. Geol. Luca Gambacciani, è stato eseguito un sondaggio verticale a carotaggio continuo ed una prova penetrometrica CPT.

1- La campagna geognostica

1.1 - Modalità esecutive del sondaggio

I sondaggi verticali a carotaggio continuo sono eseguiti a secco in terreni sciolti o argilla utilizzando come utensile di perforazione un carotiere semplice con corona con prismi in widia avente diametro 101 mm; utilizzando acqua come fluido di circolazione in caso di terreni cementati o roccia tenera. In presenza di roccia viene montato un carotiere doppio dotato di una corona diamantata .

A sostegno della parete del foro viene installata una tubazione metallica di rivestimento del diametro 127 mm, utilizzando acqua come fluido di circolazione.

Durante l'indagine geognostica è stato eseguito un sondaggio verticale a carotaggio continuo denominato S1 spinto alla profondità di 15,00 m d.p.c..

La stratigrafia del sondaggio è descritta in allegato I, mentre in allegato II è riportata la documentazione fotografica delle carote estratte .

Il riepilogo dell'attività di sondaggio è indicato in Tab. I.

Il materiale prelevato viene posto in apposite cassette catalogatrici a tenuta, costituite da cinque scomparti di 1 ml cadauno.

Su ogni cassetta sono segnati i seguenti dati:

- Cantiere
- Committente
- Tipo e numero del sondaggio
- Profondità del sondaggio
- Data di inizio e fine sondaggio

Sondaggio	S1
Profondità dal p.c. (m)	15,00
Metodo di perforazione	CC
Utensile	CS
N° Campioni	1
N° SPT	-

Legenda: CC - carotaggio continuo;

CS - carotiere semplice.

Tab. I - Riepilogo delle attività di sondaggio.

1.2 - Campionamento

Durante la perforazione, si possono prelevare campioni indisturbati mediante campionatori a pareti sottili del tipo a pressione o a pistone. Il tubo campionatore consiste in una fustella in acciaio inox trafilato a freddo di lunghezza 600 mm e diametro interno 84 mm. L'estremità tagliente della fustella permette di penetrare nel terreno senza creare disturbi rilevanti.

Effettuato il campionamento la fustella viene recuperata dal carotiere, ripulita, paraffinata al fine di far rimanere integre il più possibile le caratteristiche fisiche del campione e quindi sigillata alle due estremità con appositi tappi.

Ogni fustella è stata etichettata indicando:

- Cantiere;
- Committente;
- Data di prelievo;
- Quota di prelievo;
- Tipo di campione;
- Polarità (alto, basso).

Durante la campagna geognostica è stato prelevato un campione indisturbato (Tab. II)

Sondaggio	S1
CI1	3,75-4,20

Legenda: CI – Campione indisturbato

Tab. II - Riepilogo dei campioni prelevati

1.3 - Prove penetrometriche

Durante la campagna geognostica è stata eseguita una prova penetrometrica statica C.P.T. (Tab. III)
L'elaborazione della prova penetrometrica è riportata in allegato III.

Prova penetrometrica	Profondità (m)
CPT 1	15,00

Tab. III – Riepilogo delle prove penetrometriche eseguite

– Modalità esecutive della prova penetrometrica statica.

La prova penetrometrica statica CPT (Cone Penetration Test) consiste nell'infissione nel terreno di una punta conica in acciaio (tipo Begemann), dotata di un manicotto per la misura dell'attrito laterale e collegata ad una batteria di aste, mediante la spinta prodotta da un martinetto idraulico da 100 o 200 KN. Le misure vengono eseguite ogni 20 cm di profondità e le letture sono fatte visivamente su una cella di carico piezoelettrica. La spinta necessaria per infiggere la batteria di aste può essere misurata da una cella di carico in testa alla batteria stessa o da una punta elettrica; il contrasto viene fornito tramite ancoraggio dello strumento al terreno mediante elicoidi prima di iniziare la prova. Dai valori di resistenza alla punta e di attrito laterale si ottengono, dopo elaborazione, informazioni sulla stratigrafia del terreno e sulla portanza dello stesso. Le prove sono standardizzate secondo le norme: ASTM, ISSMFE 1998.

2 - Scheda tecnico-informativa del macchinario usato per la perforazione.

2.1 - Sonda di perforazione

- Perforatrice idraulica Boart Longyear “Deltabase 520”
- motore: diesel da 85 kw a 2.800 g/1'
- coppia max.: 750 kgm
- velocità g/1': 20/50/70/110/181/211/342/550
- tiro: 6000 kg
- spinta: 4500 kg
- corsa: 4500 mm

2.1.1 - Pompa acqua-fanghi

- Nenzi “Delta Triplex “a pistoncini; trasmissione con motore idraulico
- portata: 100 l/1'
- pressione max.: 50 bar

2.2 - Accessori per sonde

2.2.1 - Carotieri

Carotiere semplice $\phi=101$ mm, $\phi=134$ mm $\phi=152$ mm, (l=1.500-3000 mm)

Carotiere doppio T2 $\phi=101$ mm e l=1.500-3000 mm

Carotiere doppio T6 $\phi=101$ mm e l=1.500-3000 mm

Carotiere doppio T6S $\phi=101$ mm e l=1.500 mm

2.2.2 - Aste di perforazione

In acciaio NYY coniche con $\phi=76$ mm,(l=500 mm,1000 mm, 1.500 mm e 3.000 mm)

2.2.3 - Tubi di rivestimento

In acciaio con $\phi=127$ mm, 152 mm, 194 mm, (l=1.500 mm)

2.2.4 - Corone

Con prismi al widia tipo H1, SG1, Kal, Diamante, corone e scarpe speciali per carotaggi in RSU

2.2.5. – Campionatori

Campionatore SHELBY per Fustelle Inox $\phi=88,9$ mm.

Campionatore Rotativo tipo NESGI

2.3 - Penetrometro PAGANI “TG 63/100”

- Penetrometro statico/dinamico DPSH Pagani “TG 63/100”
- pressione massima di infissione statica: 100 KN
- contrasto mediante elicoidi autoancoranti
- peso del maglio: 63,5 Kg
- altezza di caduta del maglio: 75 cm
- punta statica: tipo Begemann
- punta dinamica: tipo ISSMFE superpesante
- lunghezza aste: 1 m

ALLEGATI:

- I - Descrizione stratigrafica dei sondaggi
- II - Documentazione fotografica
- III - Prove penetrometriche

ALLEGATO I

STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI

ALLEGATO II

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Empoli - Firenze



Sondaggio S1 - da p.c. a 5.00 m.



Sondaggio S1 - da 5.00 m. a 10.00 m.

Empoli - Firenze



Sondaggio S1 - da 10.00 a 15.00 m.

ALLEGATO III

ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

Gea s.n.c. - Indagini Geognostiche

Sede: Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)
Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Committente: Edilfutura S.r.l.	Indagine: VA-132-17 Rapporto : 160-17 Prova n° 1
Località: Via Giovanni XXIII, Empoli	in data: 14/07/17
Note sulla committenza: ==	
Note relative alla prova: ==	
Falda rilevata alla profondità di cm: ==	Spinta del penetrometro (tonnellate): 10

Z	Qc	Fs	Rf	Car	Dr	Fi	Cu	Cu n.	Mv	Classificazione
40	98	10,27	10,48	C	0,0	0,0	6,98	94,33	0,00340	Argilla
60	111	3,27	2,94	I	70,4	29,6	0,00	0,00	0,00300	Sabbia limosa
80	119	2,07	1,74	I	61,9	34,0	0,00	0,00	0,00280	Sabbia limosa
100	105	5,67	5,40	C	0,0	0,0	3,85	20,39	0,00317	Limo argilloso
120	66	3,20	4,85	C	0,0	0,0	2,18	9,57	0,00505	Limo argilloso
140	49	2,07	4,22	I	61,9	25,6	0,00	0,00	0,00680	Limo sabbioso
160	50	2,53	5,07	C	0,0	0,0	1,72	5,67	0,00667	Limo argilloso
180	42	3,20	7,62	C	0,0	0,0	2,18	6,33	0,00794	Argilla limosa
200	38	2,60	6,84	C	0,0	0,0	1,77	4,61	0,00877	Argilla limosa
220	32	2,60	8,13	C	0,0	0,0	1,77	4,19	0,01042	Argilla limosa
240	33	2,47	7,47	C	0,0	0,0	1,68	3,63	0,01010	Argilla limosa
260	31	2,27	7,31	C	0,0	0,0	1,54	3,08	0,01075	Argilla limosa
280	31	2,47	7,96	C	0,0	0,0	1,68	3,11	0,01075	Argilla limosa
300	32	1,93	6,04	C	0,0	0,0	1,31	2,28	0,01042	Limo argilloso
320	23	1,60	6,96	C	0,0	0,0	1,09	1,77	0,01449	Argilla limosa
340	22	1,47	6,67	C	0,0	0,0	1,00	1,53	0,01515	Argilla limosa
360	17	1,07	6,27	C	0,0	0,0	0,73	1,05	0,02941	Argilla limosa
380	16	1,00	6,25	C	0,0	0,0	0,68	0,94	0,03125	Argilla limosa
400	18	0,87	4,81	C	0,0	0,0	0,59	0,78	0,02778	Limo argilloso
420	17	1,00	5,88	C	0,0	0,0	0,68	0,86	0,02941	Limo argilloso
440	16	1,07	6,67	C	0,0	0,0	0,73	0,88	0,03125	Argilla limosa
460	19	0,87	4,56	C	0,0	0,0	0,59	0,68	0,02632	Limo argilloso
480	15	1,13	7,56	C	0,0	0,0	0,77	0,86	0,03333	Argilla limosa
500	20	1,13	5,67	C	0,0	0,0	0,77	0,83	0,01667	Limo argilloso
520	18	1,07	5,93	C	0,0	0,0	0,73	0,75	0,02778	Limo argilloso
540	22	1,40	6,36	C	0,0	0,0	0,95	0,95	0,01515	Argilla limosa
560	24	1,47	6,11	C	0,0	0,0	1,00	0,96	0,01389	Argilla limosa
580	28	1,67	5,95	C	0,0	0,0	1,13	1,05	0,01190	Limo argilloso
600	36	1,93	5,37	C	0,0	0,0	1,31	1,18	0,00926	Limo argilloso
620	44	1,47	3,33	I	55,5	27,2	0,00	0,00	0,00758	Limo sabbioso
640	47	2,47	5,25	C	0,0	0,0	1,68	1,41	0,00709	Limo argilloso
660	27	1,67	6,17	C	0,0	0,0	1,13	0,92	0,01235	Argilla limosa
680	24	1,73	7,22	C	0,0	0,0	1,18	0,93	0,01389	Argilla limosa
700	25	1,20	4,80	C	0,0	0,0	0,82	0,63	0,01333	Limo argilloso
720	23	1,13	4,93	C	0,0	0,0	0,77	0,58	0,01449	Limo argilloso
740	19	1,27	6,67	C	0,0	0,0	0,86	0,63	0,02632	Argilla limosa
760	19	1,40	7,37	C	0,0	0,0	0,95	0,67	0,02632	Argilla limosa
780	31	1,67	5,38	C	0,0	0,0	1,13	0,78	0,01075	Limo argilloso
800	29	2,20	7,59	C	0,0	0,0	1,50	1,00	0,01149	Argilla limosa
820	26	1,93	7,44	C	0,0	0,0	1,31	0,86	0,01282	Argilla limosa
840	25	2,27	9,07	C	0,0	0,0	1,54	0,98	0,01333	Argilla
860	26	1,60	6,15	C	0,0	0,0	1,09	0,68	0,01282	Argilla limosa
880	21	1,00	4,76	C	0,0	0,0	0,68	0,41	0,01587	Limo argilloso

Legenda Parametri Geotecnici:

Z - Profondità dal piano di campagna (in cm). Qc - Resistenza alla punta (in Kg/cm2). Fs - Resistenza unitaria attrito laterale (in Kg/cm2). Rf - Rapporto delle resistenze Fs/Qc (in %). Car - Caratterizzazione del terreno (Incoerente/Coerente). Dr - Densità relativa (in %). Fi - Angolo di attrito efficace (in gradi). Cu - Resistenza al taglio non drenata (in Kg/cm2). Cu n.- Resistenza al taglio non drenata normalizzata. Mv - Coefficiente compressione volumetrica (in cm2/Kg). Classificazione - interpretazione stratigrafica del terreno (da SEARLE 1979)

Gea s.n.c. - Indagini Geognostiche

Sede: Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)
Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Committente: Edilfutura S.r.l.	Indagine: VA-132-17 Rapporto : 160-17 Prova n° 1
Località: Via Giovanni XXIII, Empoli	in data: 14/07/17
Note sulla committenza: ==	
Note relative alla prova: ==	
Falda rilevata alla profondità di cm: ==	Spinta del penetrometro (tonnellate): 10

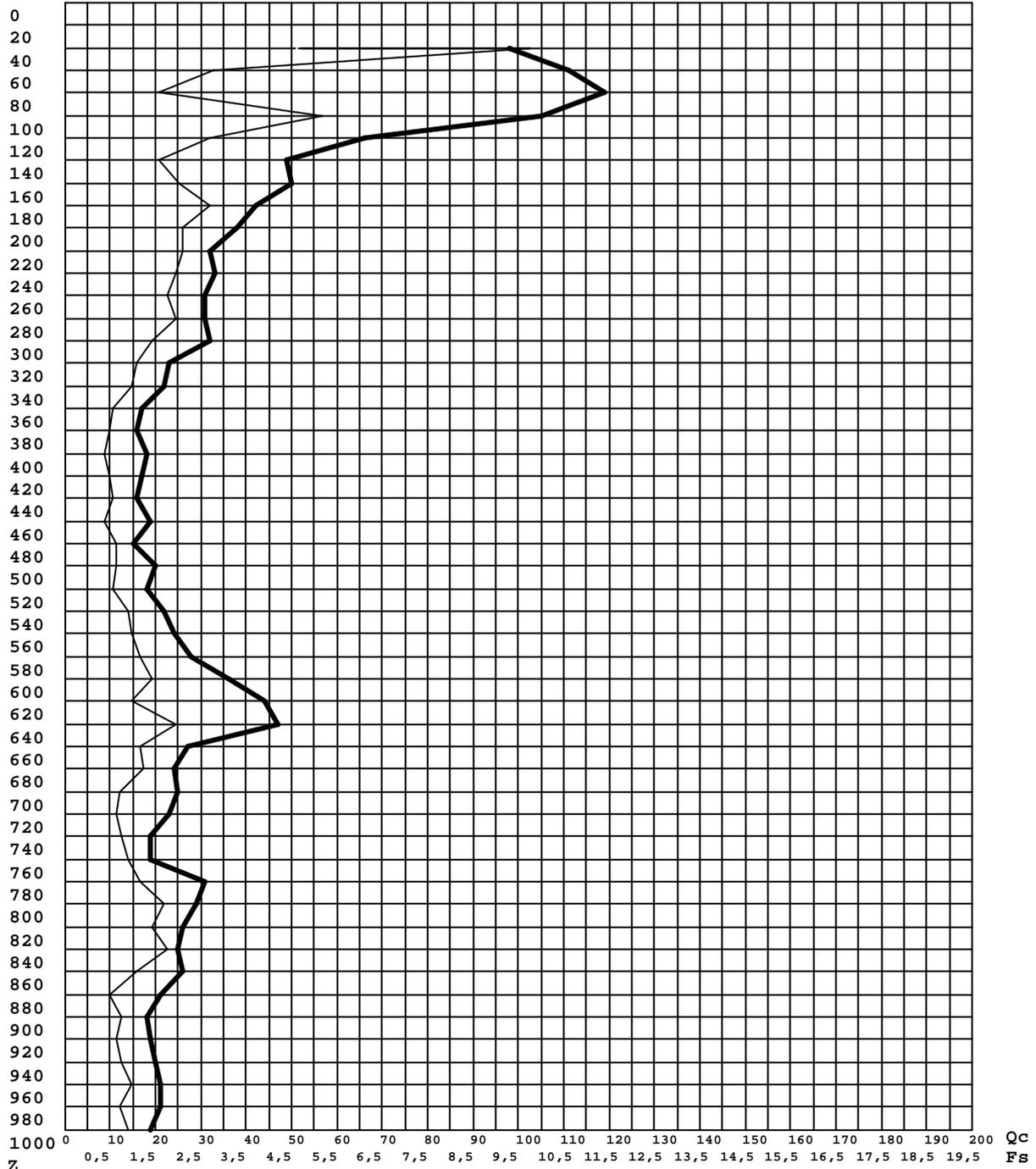
Z	Qc	Fs	Rf	Car	Dr	Fi	Cu	Cu n.	Mv	Classificazione
900	18	1,27	7,04	C	0,0	0,0	0,86	0,51	0,02778	Argilla limosa
920	19	1,13	5,96	C	0,0	0,0	0,77	0,45	0,02632	Limo argilloso
940	20	1,27	6,33	C	0,0	0,0	0,86	0,49	0,01667	Argilla limosa
960	21	1,47	6,98	C	0,0	0,0	1,00	0,56	0,01587	Argilla limosa
980	21	1,20	5,71	C	0,0	0,0	0,82	0,45	0,01587	Limo argilloso
1000	19	1,40	7,37	C	0,0	0,0	0,95	0,51	0,02632	Argilla limosa
1020	20	1,00	5,00	C	0,0	0,0	0,68	0,36	0,01667	Limo argilloso
1040	23	1,40	6,09	C	0,0	0,0	0,95	0,49	0,01449	Limo argilloso
1060	21	1,40	6,67	C	0,0	0,0	0,95	0,49	0,01587	Argilla limosa
1080	18	1,33	7,41	C	0,0	0,0	0,91	0,45	0,02778	Argilla limosa
1100	20	2,13	10,67	C	0,0	0,0	1,45	0,71	0,01667	Argilla
1120	42	1,87	4,44	I	60,0	25,0	0,00	0,00	0,00794	Limo sabbioso
1140	48	2,07	4,31	I	61,9	25,4	0,00	0,00	0,00694	Limo sabbioso
1160	29	2,40	8,28	C	0,0	0,0	1,63	0,76	0,01149	Argilla limosa
1180	36	2,40	6,67	C	0,0	0,0	1,63	0,75	0,00926	Argilla limosa
1200	33	2,07	6,26	C	0,0	0,0	1,41	0,63	0,01010	Argilla limosa
1220	26	1,53	5,90	C	0,0	0,0	1,04	0,46	0,01282	Limo argilloso
1240	25	1,53	6,13	C	0,0	0,0	1,04	0,45	0,01333	Argilla limosa
1260	28	1,13	4,05	I	50,7	25,3	0,00	0,00	0,01190	Limo sabbioso
1280	57	2,27	3,98	I	63,6	26,2	0,00	0,00	0,00585	Limo sabbioso
1300	27	1,80	6,67	C	0,0	0,0	1,22	0,51	0,01235	Argilla limosa
1320	31	2,07	6,67	C	0,0	0,0	1,41	0,57	0,01075	Argilla limosa
1340	30	1,73	5,78	C	0,0	0,0	1,18	0,47	0,01111	Limo argilloso
1360	32	1,33	4,17	I	53,7	25,2	0,00	0,00	0,01042	Limo sabbioso
1380	27	1,40	5,19	C	0,0	0,0	0,95	0,37	0,01235	Limo argilloso
1400	22	1,93	8,79	C	0,0	0,0	1,31	0,51	0,01515	Argilla
1420	35	2,33	6,67	C	0,0	0,0	1,59	0,60	0,00952	Argilla limosa
1440	69	3,00	4,35	I	68,8	25,7	0,00	0,00	0,00483	Limo sabbioso
1460	62	3,60	5,81	C	0,0	0,0	2,45	0,90	0,00538	Limo argilloso
1480	72	3,00	4,17	I	68,8	26,1	0,00	0,00	0,00463	Limo sabbioso
1500	73	0,00	0,00		0,0	0,0	0,00	0,00	0,00000	

Legenda Parametri Geotecnici:

Z - Profondità dal piano di campagna (in cm). Qc - Resistenza alla punta (in Kg/cm2). Fs - Resistenza unitaria attrito laterale (in Kg/cm2).
Rf - Rapporto delle resistenze Fs/Qc (in %). Car - Caratterizzazione del terreno (Incoerente/Coerente). Dr - Densità relativa (in %).
Fi - Angolo di attrito efficace (in gradi). Cu - Resistenza al taglio non drenata (in Kg/cm2). Cu n.- Resistenza al taglio non drenata normalizzata.
Mv - Coefficiente compressione volumetrica (in cm2/Kg). Classificazione - interpretazione stratigrafica del terreno (da SEARLE 1979)

Diagramma di resistenza alla punta

Committente :Edilfutura S.r.l.
Note :==
Indagine :VA-132-17 - Certificato di prova : 160-17
Località :Via Giovanni XXIII, Empoli
Numero prova :1
Data prova :14/07/17
Note operative :==
Profondità falda :== (cm)
Spinta penetr. :10 (tonn.)



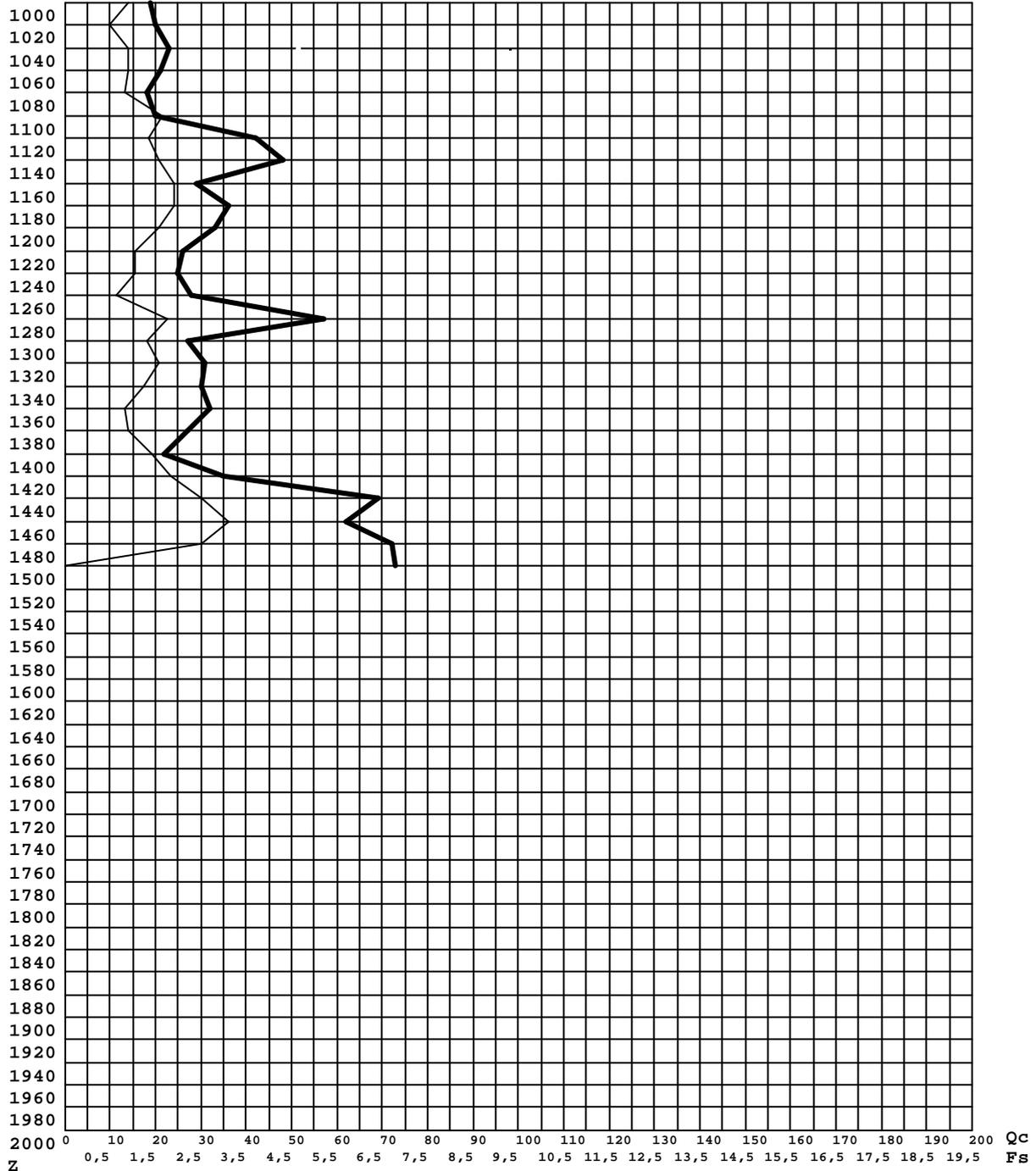
Legenda

Ascisse : Qc - lettura punta (in Kg/cm² - tratto grafico marcato)
: Fs - resistenza unitaria attrito laterale (in Kg/cm²)
Ordinata: Z - profondità dal piano di campagna (in centimetri)

Gea s.n.c. - Indagini Geognostiche
Sede: Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)
Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Diagramma di resistenza alla punta

Committente :Edilfutura S.r.l.
Note :==
Indagine :VA-132-17 - Certificato di prova : 160-17
Località :Via Giovanni XXIII, Empoli
Numero prova :1
Data prova :14/07/17
Note operative :==
Profondità falda :== (cm)
Spinta penetr. :10 (tonn.)



Legenda

Ascisse : Qc - lettura punta (in Kg/cm² - tratto grafico marcato)
 : Fs - resistenza unitaria attrito laterale (in Kg/cm²)
Ordinata: Z - profondità dal piano di campagna (in centimetri)

Gea s.n.c. - Indagini Geognostiche
Sede: Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)
Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415



IGETECMA s.n.c. Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Laboratorio autorizzato con D.M. n. 54143 del 07/11/2005 ai sensi della Circolare 08/09/10 n. 7618/STC
Esecuzione e certificazione prove geotecniche – settore A
Laboratorio autorizzato con D.M. n. 162 del 19/04/2011 ai sensi dell'art. 20 della L. n. 1086/71
Prove e controlli su strutture e materiali da costruzione – settore A

Rapporto di Prova n°274/17/S

Montelupo Fiorentino 13/09/2017

SETTORE: Geofisica
COMMITTENTE: EDILFUTURA S.R.L.
RICHIEDENTE: Geol. Gambacciani
CANTIERE: Via Papa Giovanni XXIII, Empoli (FI)
RIFERIMENTO: R.P.E. n°277/17

Indice generale:

- 1 Scopo dell'indagine (Pag.2)
- 2 Indagine mediante sismica a rifrazione (Pag.2)
 - 2.1 Procedure di campagna (Pag.2)
 - 2.2 Metodo di elaborazione dei dati (Pag.2)
- 3 Presentazione dei dati (Pag.4)
- 4 Risultati dell'indagine (Pag.4)
- 5 Normativa sismica e calcolo del parametro VS30 (Pag.5)
- 6 Caratteristiche della strumentazione (Pag.6)

Il Direttore del Laboratorio
Ing. F. Politi

Il Tecnico
Geol. A. Farolfi

1 Scopo dell'indagine

Per conto della EDILFUTURA S.R.L., su richiesta del Dott. Geol. Gambacciani, è stata eseguita una indagine geofisica mediante sismica a rifrazione con onde SH in Via Papa Giovanni XXIII, Empoli (FI). E' stato eseguito n°1 profilo di sismica a rifrazione con onde SH, utilizzando 24 canali con una spaziatura di 3 m, per un totale di 69 m di rilievo.

Scopo dell'indagine è stata la caratterizzazione sismostratigrafica dei terreni ed il calcolo del parametro Vs30.

2 Indagine mediante sismica a rifrazione

2.1 Procedure di campagna

Vengono stesi i cavi sismici lungo la zona di interesse e ad essi vengono collegati i geofoni precedentemente infissi nel terreno alle equidistanze prestabilite.

La produzione di onde di taglio viene effettuata ponendo una trave di legno a diretto contatto con il terreno in senso trasversale al profilo ed energizzando su entrambi i lati dopo averla adeguatamente caricata, l'impatto rende operativo, tramite un accelerometro reso solidale con la fonte di energizzazione (*trigger*), il sistema di acquisizione dati, permettendo così la registrazione ai geofoni della forma d'onda rappresentativa della velocità di spostamento del suolo. Le energizzazioni vengono effettuate alternativamente su entrambi i lati, mediante massa battente, e sommate con polarità scambiata in modo da migliorare l'individuazione dell'onda di taglio polarizzata orizzontalmente che viene generata. Al fine di ottenere una migliore risoluzione della sismo-stratigrafia, i punti di energizzazione, detti punti di scoppio (*shot points*), vengono disposti simmetricamente rispetto al profilo: ai suoi estremi (*end*), esternamente (*offset*) ed a distanze variabili entro il profilo stesso (punti di scoppio centrali). La profondità di investigazione è, in linea teorica direttamente correlata alla lunghezza del profilo, alla distanza degli offset e soprattutto al contrasto di velocità dei mezzi attraversati. I tempi di arrivo delle onde sismiche nel terreno sono funzione della distanza tra i geofoni, delle caratteristiche meccaniche dei litotipi attraversati e della loro profondità.

2.2 Metodo di elaborazione dei dati

La procedura d'elaborazione dati consiste di due fasi: la lettura dei tempi d'arrivo ai vari geofoni dello stendimento per ciascuna energizzazione effettuata e la loro successiva elaborazione mediante metodi di calcolo.

I tempi di primo arrivo delle onde sismiche vengono riportati su diagrammi spazio-tempo (dromocroni) nei quali l'asse dei tempi ha l'origine coincidente con l'istante in cui viene prodotta l'onda sismica (*t₀*), mentre nelle ascisse si hanno le distanze relative fra i geofoni dello stendimento. Tali diagrammi consentono di determinare, nei punti di flesso, le variazioni di velocità fra i vari strati attraversati dai raggi sismici e, tramite elaborazioni, le profondità a cui si verificano

tali variazioni. In Tabella I sono riportate le relazioni tra le velocità medie delle onde sismiche di compressione P e di taglio SH (espresse in m/sec) e le principali litologie, desunte da letteratura. Il procedimento di elaborazione dei tempi d'arrivo per ottenere le profondità dei rifrattori, utilizza più metodi: il Metodo del tempo di ritardo (*delay time*), il Metodo del tempo di intercetta ed il Metodo reciproco generalizzato (G.R.M.) proposto da Palmer (1980). Il G.R.M. è un metodo interpretativo che si basa su tempi d'arrivo da energizzazioni coniugate, effettuate cioè da parti opposte del profilo sismico: tramite la determinazione di due funzioni (analisi della velocità e tempo-profondità) si determinano le velocità e quindi le profondità dei rifrattori individuati sulle dromocrone.

La funzione di analisi della velocità corrisponde al tempo necessario al raggio sismico a percorrere un tratto di lunghezza nota sul rifrattore (distanza intergeofonica), per cui la sua determinazione permette di ottenere una precisa stima della velocità delle onde sismiche nel rifrattore stesso. Tramite un procedimento di migrazione dei dati, sia la funzione tempo-profondità che quella di analisi della velocità vengono calcolate per distanze intergeofoniche crescenti (da 0 a multipli interi dell'equidistanza dei geofoni): viene scelta poi quella distanza per la quale le curve presentano il miglior andamento rettilineo. I limiti del metodo a rifrazione risiedono nella impossibilità teorica di rilevare successioni stratigrafiche composte da strati a velocità decrescente con la profondità, in tal caso lo strato o gli strati non possono essere messi in evidenza dalle onde rifratte in quanto l'energia incidente, al contatto fra la sommità dello strato e la base dello strato sovrastante a più alta velocità, subisce una flessione verso il basso e non può venire di conseguenza rifratta; tale situazione è nota come "orizzonte nascosto". Altra limitazione consiste nella presenza di uno strato a velocità intermedia ma di ridotto spessore; anche in questo caso l'orizzonte non produce alcun cambiamento di pendenza sulle dromocrone, e non è quindi sismicamente rilevabile. Ambedue le situazioni stratigrafiche portano a sovraestimare o sottostimare lo spessore delle coperture. Quando da altri rilievi si è a conoscenza della possibile presenza di orizzonti sismici nascosti è possibile, in fase di elaborazione dei dati con il metodo G.R.M., la verifica dello spessore di tali zone, poiché negli strati nascosti si ha sempre un aumento di velocità con la profondità, ma il loro spessore è sottile e/o il contrasto di velocità con lo strato sottostante è così piccolo, per cui i raggi sismici che partono da questi strati vengono oscurati dai raggi che partono dallo strato sottostante. Gli strati a bassa velocità presentano invece una velocità sismica minore rispetto allo strato sovrastante (inversione di velocità), per cui alla loro interfaccia non si verifica una rifrazione critica e così non vengono evidenziati sul grafico tempo-distanza. L'individuazione di eventuali strati nascosti e/o inversioni di velocità viene effettuata attraverso il confronto fra i valori delle funzioni tempo-velocità misurate e quelle ricalcolate in base al valore di XY utilizzata per l'elaborazione (Palmer 1980).

Materiale	V P m/s	V SH m/s
-----------	---------	----------

		VP/VSH 1.9 - 3.5	VP/VSH 1.9 - 3.5
Detrito superficiale alterato	300 - 600	86 - 158	171 - 316
Ghiaia, pietrisco, sabbia asciutta	500 - 900	143 - 263	257 - 474
Sabbia bagnata	600 - 1800	171 - 316	514 - 947
Argilla	900 - 2700	257 - 474	771 - 1421
Acqua	1430 - 1680	-	-
Arenaria	1800 - 4000	514 - 947	1143 - 2105
Scisti argillosi	2500 - 4200	714 - 1316	1200 - 2211
Calcare	2000 - 6000	571 - 1053	1714 - 3158
Sale	4200 - 5200	1200 - 2211	1486 - 2737
Granito	4000 - 6000	1143 - 2105	1714 - 3158
Rocce metamorfiche	3000 - 7000	857 - 1579	2000 - 3684

Tabella I – Velocità dei principali materiali.

3 Presentazione dei dati

Nella presente relazione vengono forniti i seguenti elaborati:

- planimetria con ubicazioni delle indagini
- sezioni sismiche interpretate, rappresentazioni bidimensionali delle velocità sismiche e degli spessori degli strati individuati lungo il profilo
- tabulati numerici delle velocità delle onde sismiche e degli spessori relativi ad ogni strato rilevato per ciascuna sezione sismica
- registrazioni di campagna e dromocrone relative.

4 Risultati dell'indagine

L'indagine mediante sismica a rifrazione ha messo in evidenza la presenza di quattro orizzonti sismici con le seguenti classi di velocità delle onde di taglio SH:

$$V1 = 126 - 130 \text{ m/s}$$

$$V2 = 223 \text{ m/s}$$

$$V3 = 358 - 374 \text{ m/s}$$

Il primo orizzonte sismico ha uno spessore compreso fra 2.0 m e 2.8 m e può essere riferito, a terreno naturale e a materiali di riporto. Il secondo orizzonte sismico, con uno spessore variabile fra 11.8 e 19.4 m, raggiunge profondità comprese fra 14.6 m e 21.5 m e può essere riferito a depositi allentati. Le velocità del terzo orizzonte sismico sono riferibili al passaggio a depositi mediamente addensati.

5 Normativa sismica e calcolo del parametro V_{s30}

L'Ordinanza P.C.M. n°3274/03 istituisce diverse categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto. Tali categorie vengono definite in base al calcolo del parametro V_{s30} che è dato da:

$$V_{s30} = 30 / \sum_{i=1,N} (h_i/V_i)$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio SH (in m/sec.) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

I valori di V_{s30} calcolati lungo il profilo Ps1 variano fra 355 m/s e 381 m/s, con un valore medio di 243 m/s. Per i contrasti di velocità e i rapporti stratigrafici individuati, la zona in esame rientra nella categoria C dei suoli di fondazione. Si ricorda che i calcoli sono stati effettuati da piano campagna e una eventuale asportazione o riporto dei materiali superficiali influirebbe sul valore del parametro V_{s30} , sugli spessori e di conseguenza sulla categoria di suolo.

Categorie di Suolo di Fondazione	V_s 30 m/s	N_{spt} - C_u
A Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	$V_{s30} > 800$	
B Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/sec e 800 m/sec (ovvero $N_{spt30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_u > 250$ kPa nei terreni a grana fine)	$360 < V_{s30} < 800$	$N_{spt} > 50$ $C_u > 250$ kPa
C Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec (ovvero $15 < N_{spt} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_u < 250$ kPa nei terreni a grana fina)	$180 < V_{s30} < 360$	$15 < N_{spt} < 50$ $70 < C_u < 250$ kPa
D Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/sec (ovvero $N_{spt} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_u < 70$ kPa nei terreni a grana fina)	$V_{s30} < 180$	$N_{spt} < 15$ $C_u < 70$ kPa
E Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento con $V_s > 800$ m/sec.	$V_{s30} < 360$	
S1 Depositati costituiti da V_{s30} inferiori a 100m/s (ovvero $10 < c_u < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche	$V_{s30} < 100$	$10 < C_u < 20$ kPa

S2		
Depositi di terreni suscettibili a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.		

Tabella III – Categorie di suolo di fondazione

6 Caratteristiche della strumentazione

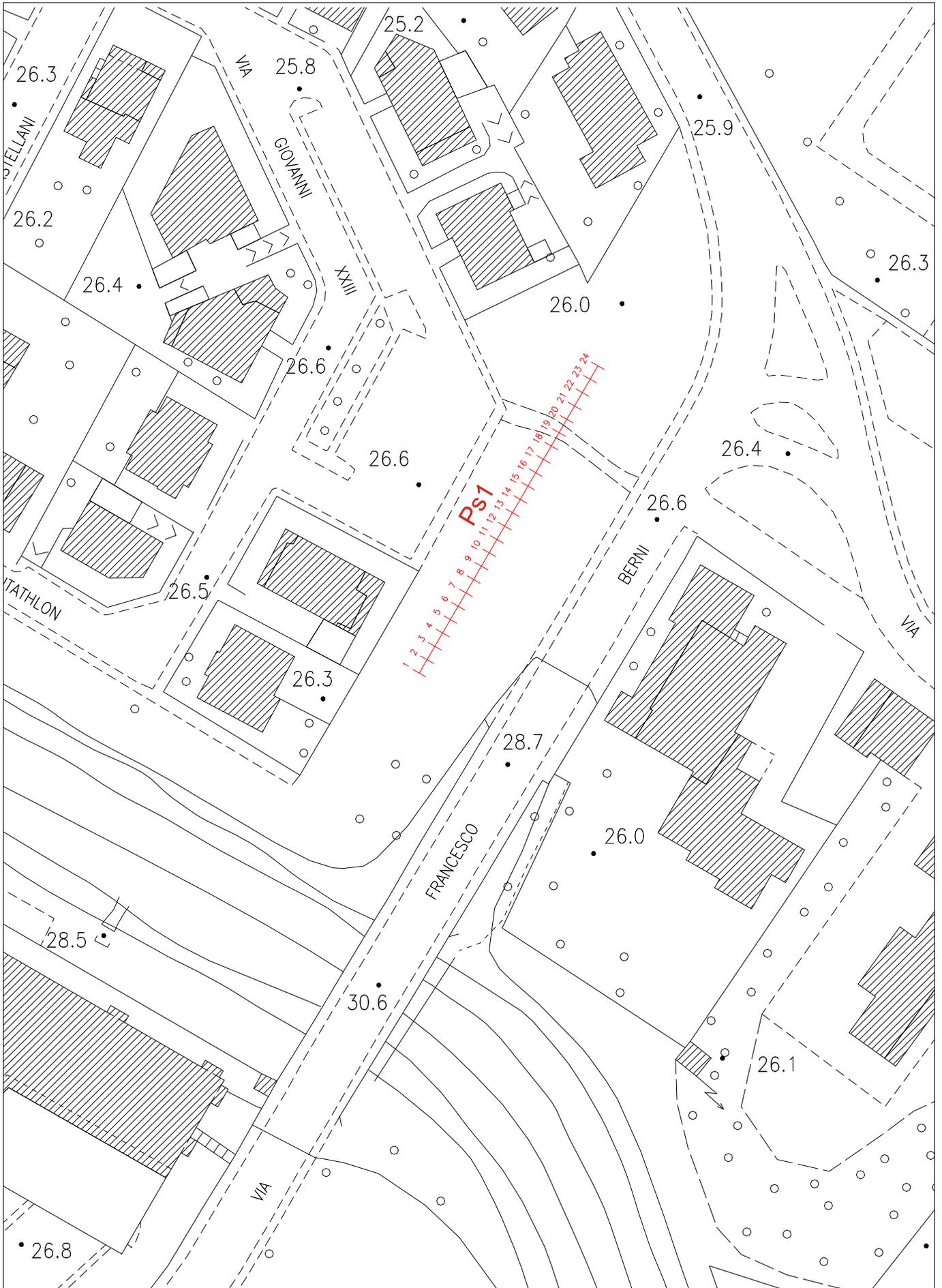
Il sistema di acquisizione usato nella presente campagna d'indagini è così configurato:

Sismica a rifrazione:

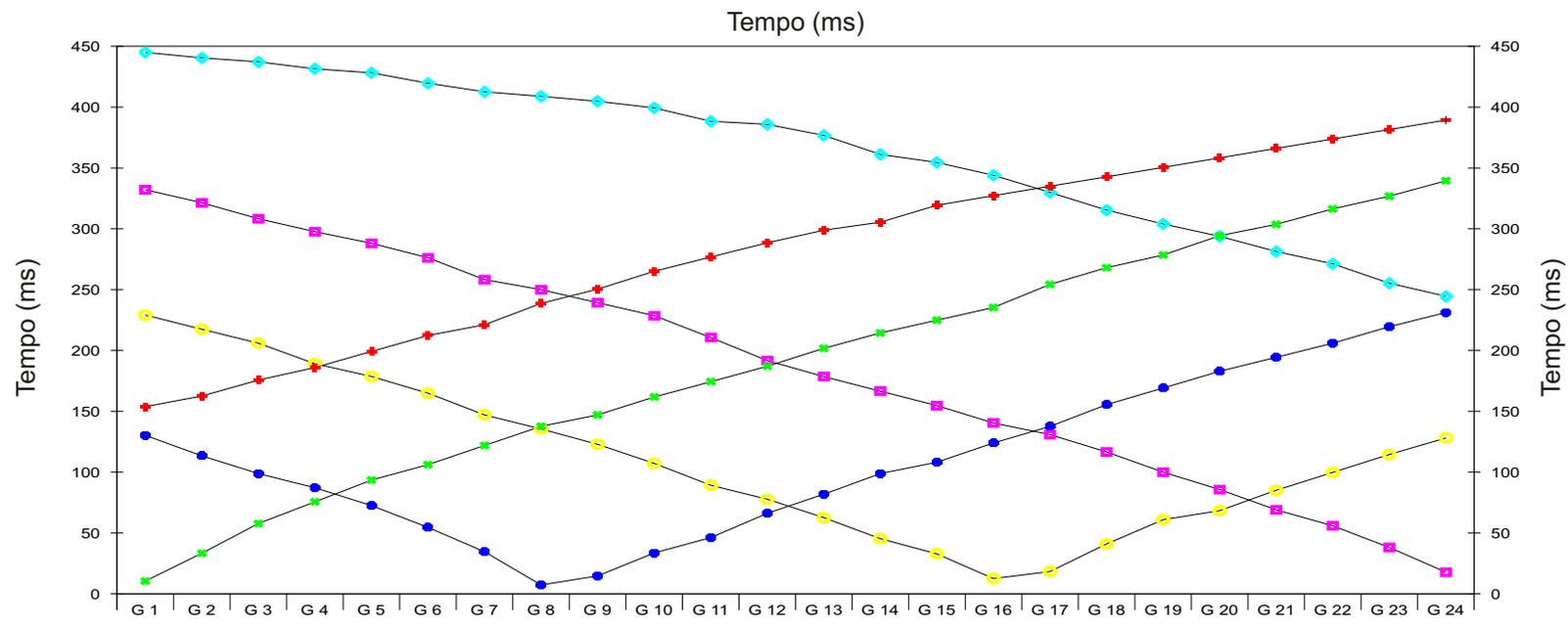
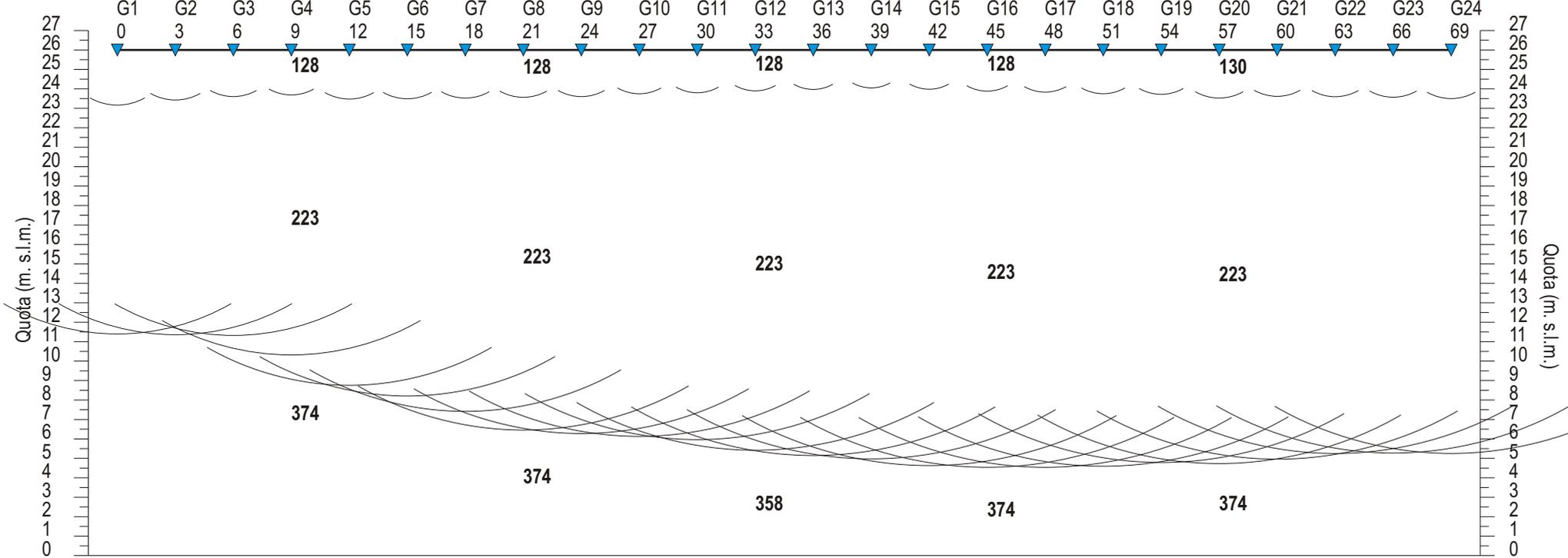
Sismografo GEODE 48 canali (2 moduli a 24 canali) con Controller Stratavisor NZC:

- 1 risoluzione segnale A/D 24 bit;
- 2 escursione dinamica 144 dB, 110 dB istantanea a 2 ms;
- 3 passo di campionamento da 0.02 a 16 ms indipendente dal tempo d'acquisizione;
- 4 fino a 64.000 campioni per traccia;
- 5 distorsione 0.0005% a 2ms, 1.75 – 208 Hz;
- 6 amplificazione del segnale da 0 a 36 dB;
- 7 filtri anti-aliasing a 90 dB della frequenza di Nyquist;
- 8 filtri digitali low-cut, high-cut, notch;
- 9 precisione trigger in sommatoria 1/32 del passo di campionamento;
- 10 pre-trigger fino a 4096 campioni, delay sino a 1.000 ms;
- 11 salvataggio dati in formato SEG-2 su hard-disk incorporato;
- 12 24 geofoni verticali con frequenza propria di 14 Hz;
- 13 24 geofoni orizzontali con frequenza propria di 4.5 Hz;
- 14 sistema di starter (trigger) mediante accelerometro;
- 15 energizzazione mediante mazza da 5 Kg, minibang calibro 8, grave da 30/60 kg.

Ubicazione indagini



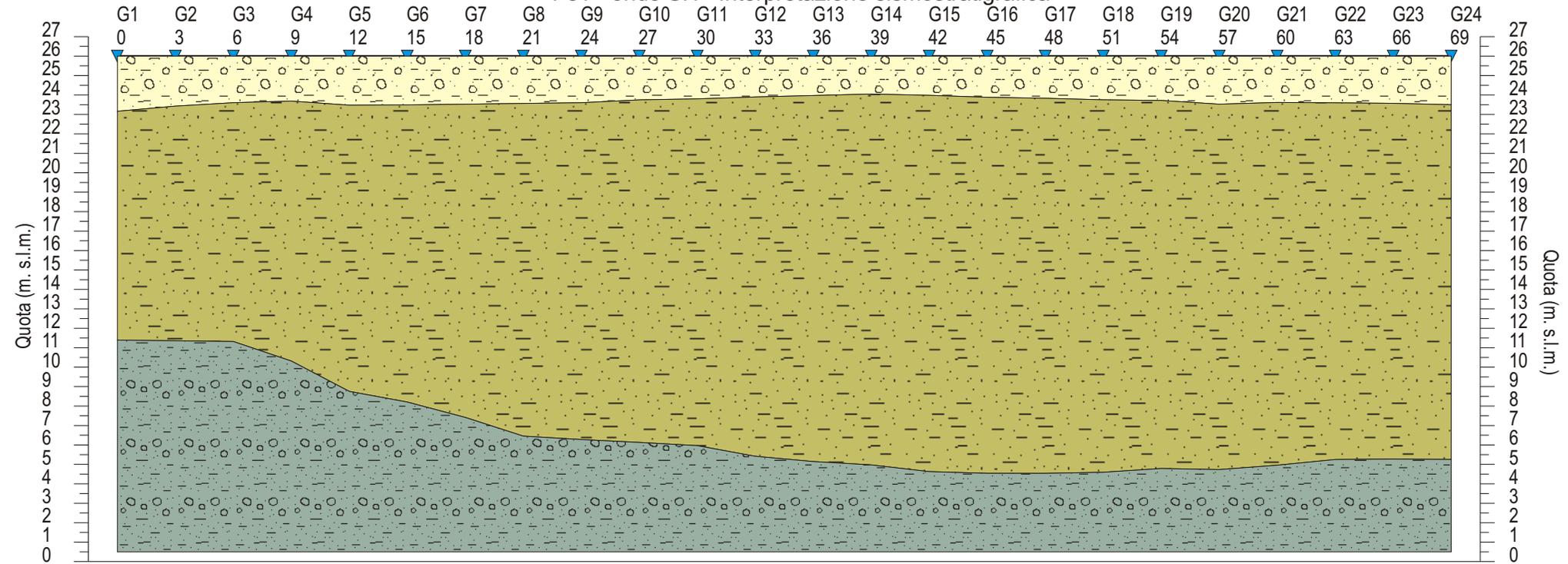
Profilo di sismica a Rifrazione Ps1 - onde SH



Legenda

- Geofono
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato
- 1326** Velocità in m/sec.
- Contatti tettonici
Faglie presunte
- Scala 1:300

Ps1 - onde SH - Interpretazione sismostratigrafica



Z1 (m)	2.8	2.6	2.4	2.3	2.5	2.5	2.5	2.4	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	2.0	2.0	2.1	2.2	2.2	2.3	2.5	2.4	2.4	2.4	2.5
Z2 (m)	11.8	12.1	12.3	13.4	14.7	15.3	16.1	17.1	17.3	17.6	17.8	18.5	18.8	19.1	19.4	19.3	19.3	19.2	18.9	18.8	18.7	18.3	18.3	18.2
H2 (m)	14.6	14.6	14.7	15.7	17.2	17.8	18.6	19.5	19.7	19.9	20.0	20.6	20.9	21.0	21.4	21.5	21.5	21.4	21.2	21.3	21.0	20.7	20.7	20.7
V1 (m/s)	128	128	128	128	130	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	126	126	130	130	130	130	130	130
V2 (m/s)	224	224	224	223	223	223	223	223	223	223	223	223	223	223	223	223	223	223	223	223	223	222	222	222
V3 (m/s)	374	374	374	374	374	374	374	374	374	358	358	358	358	358	358	374	374	374	374	374	374	374	374	374

Legenda:

- Terreno naturale, riporto
- Depositi sciolti
- Depositi mediamente addensati

Scala 1:300

Z = Spessore dell'orizzonte
 H = Profondità dell'orizzonte
 V = Velocità dell'orizzonte
 Q = Quota del geofono in m s. l. m.

Dati Ps1 - onde SH

Tempi di arrivo

Geo. N °	Dist. m	ShotA ms	ShotB ms	ShotC ms	ShotD ms	ShotG ms	ShotH ms
1	0.0	153.80	10.50	130.30	229.10	332.20	445.00
2	3.0	162.60	33.30	113.50	217.50	321.40	440.50
3	6.0	175.70	57.80	98.80	206.00	308.30	437.20
4	9.0	186.00	75.60	87.20	189.20	297.60	431.50
5	12.0	199.20	93.50	72.50	178.70	288.10	428.20
6	15.0	212.40	106.10	54.60	165.00	276.20	419.60
7	18.0	221.10	121.90	34.60	147.10	258.30	412.60
8	21.0	238.70	137.70	7.30	135.60	250.00	408.90
9	24.0	250.40	147.10	14.70	122.90	239.30	404.80
10	27.0	265.10	161.80	33.60	107.20	228.60	399.40
11	30.0	276.80	174.40	46.20	89.30	210.70	388.40
12	33.0	288.50	187.10	66.20	77.70	191.70	385.90
13	36.0	298.80	201.80	81.90	62.60	178.60	376.80
14	39.0	305.40	214.40	98.80	45.30	166.70	361.20
15	42.0	319.40	224.90	108.20	32.80	154.70	354.60
16	45.0	327.20	235.40	124.00	12.60	140.50	344.00
17	48.0	335.00	254.30	137.70	18.40	130.90	329.90
18	51.0	342.70	268.00	155.50	41.00	116.60	315.40
19	54.0	350.50	278.50	169.20	60.90	100.00	304.00
20	57.0	358.30	294.30	182.90	68.30	85.70	293.80
21	60.0	366.10	303.70	194.40	85.10	69.00	281.40
22	63.0	373.80	316.40	206.00	99.80	55.90	271.20
23	66.0	381.60	326.90	219.60	114.50	38.10	255.30
24	69.0	389.40	339.50	231.20	128.20	17.80	244.50

Geo. N °	Q m slm	V1 m/s.	Z1 m	Q1 m slm	V2 m/s.	Z2 m	H2 m	Q2 m slm	V3 m/s.
1	26.0	128	2.8	23.2	224	11.8	14.6	11.4	374
2	26.0	128	2.6	23.4	224	12.1	14.6	11.4	374
3	26.0	128	2.4	23.6	224	12.3	14.7	11.3	374
4	26.0	128	2.3	23.7	223	13.4	15.7	10.3	374
5	26.0	130	2.5	23.5	223	14.7	17.2	8.8	374
6	26.0	128	2.5	23.5	223	15.3	17.8	8.2	374
7	26.0	128	2.5	23.5	223	16.1	18.6	7.4	374
8	26.0	128	2.4	23.6	223	17.1	19.5	6.5	374
9	26.0	128	2.4	23.6	223	17.3	19.7	6.3	374
10	26.0	128	2.3	23.7	223	17.6	19.9	6.1	358
11	26.0	128	2.2	23.8	223	17.8	20.0	6.0	358
12	26.0	128	2.1	23.9	223	18.5	20.6	5.4	358
13	26.0	128	2.0	24.0	223	18.8	20.9	5.1	358
14	26.0	128	2.0	24.0	223	19.1	21.0	5.0	358
15	26.0	128	2.0	24.0	223	19.4	21.4	4.6	358
16	26.0	128	2.1	23.9	223	19.3	21.5	4.5	374
17	26.0	128	2.2	23.8	223	19.3	21.5	4.5	374
18	26.0	126	2.2	23.8	223	19.2	21.4	4.6	374
19	26.0	126	2.3	23.7	223	18.9	21.2	4.8	374
20	26.0	130	2.5	23.5	223	18.8	21.3	4.7	374
21	26.0	130	2.4	23.6	223	18.7	21.0	5.0	374
22	26.0	130	2.4	23.6	222	18.3	20.7	5.3	374
23	26.0	130	2.4	23.6	222	18.3	20.7	5.3	374
24	26.0	130	2.5	23.5	222	18.2	20.7	5.3	374

Legenda:

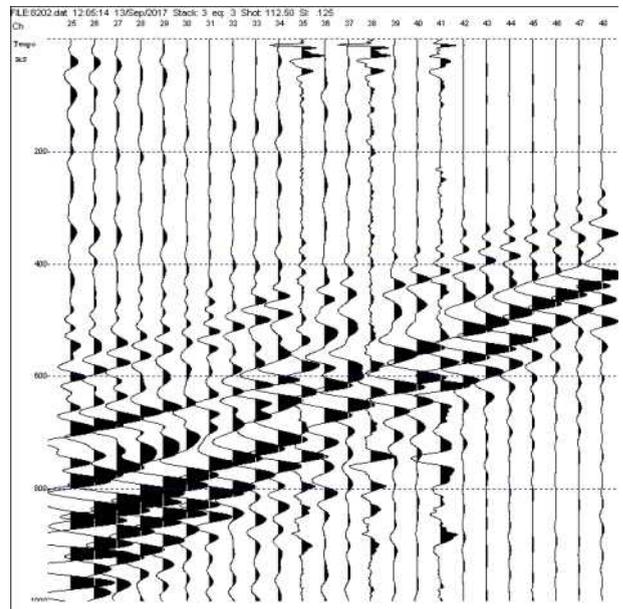
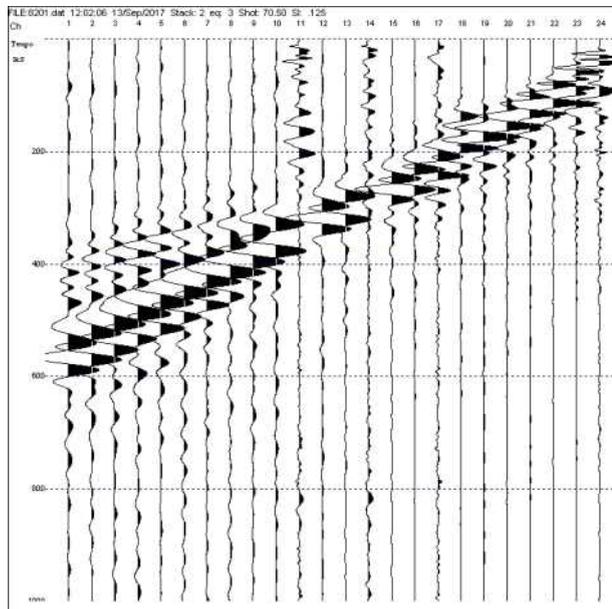
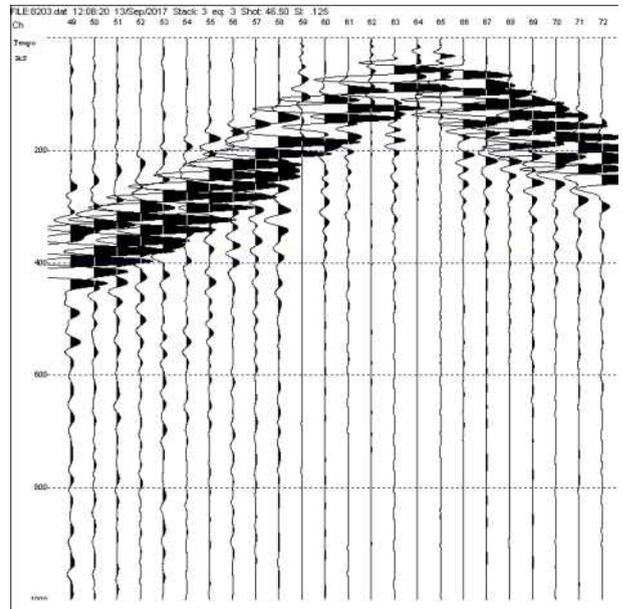
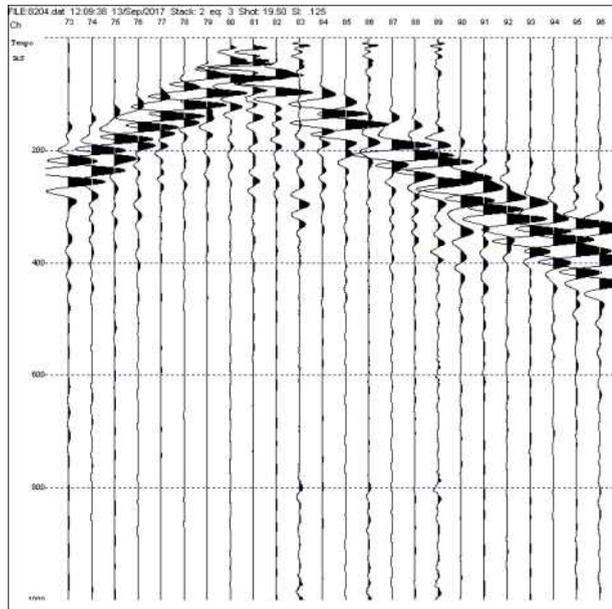
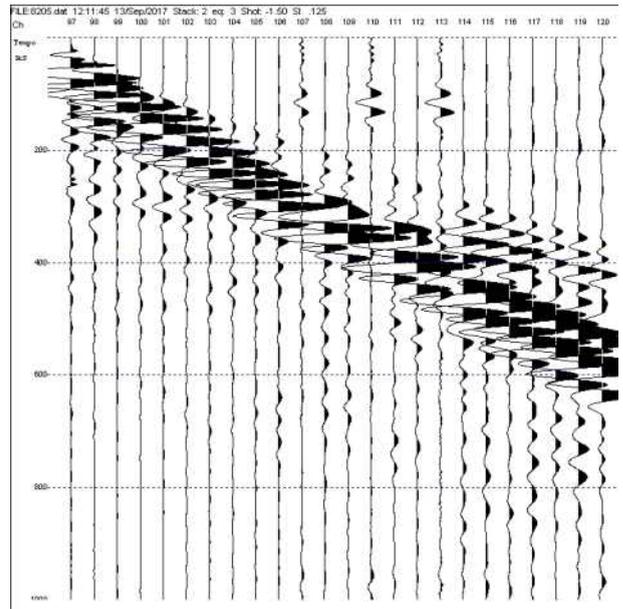
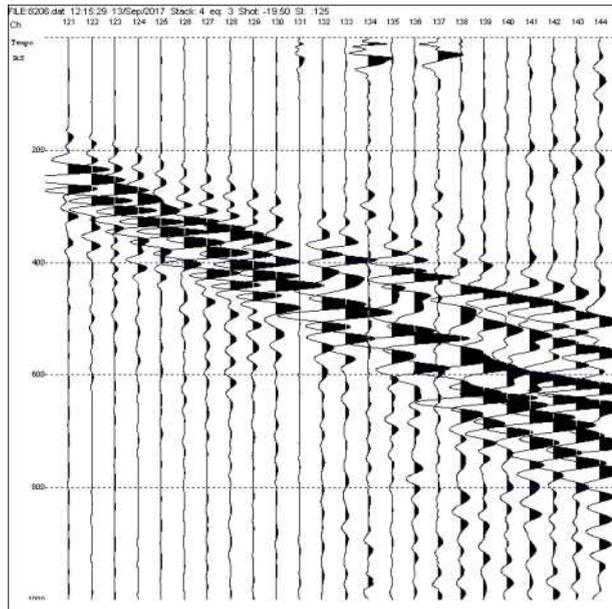
Z = Spessore dell'orizzonte

H = profondità dell'orizzonte

V = Velocità dell'orizzonte

Q = Quota del geofono in m s. l. m.

Registrazioni Ps1 - onde SH



Documentazione fotografica

