



STUDIO DI GEOLOGIA
Dott. Geol. Massimo Melani

COMUNE DI ROSIGNANO M.MO

STUDIO GEOLOGICO A SUPPORTO DEL PIANO
URBANISTICO ATTUATIVO COMPARTO 2-4u IN VIA
DELLA RESISTENZA A VADA CONDOTTO AI SENSI
DEL D.P.G.R. 5/R/2020

IL GEOLOGO
M. MELANI

DICEMBRE 2021

PREMESSA

Per la realizzazione del Piano Attuativo di iniziativa privata nel **Comparto 2-4u** viene eseguito il presente studio geologico in ottemperanza al Nuovo Regolamento n° 5/R/2020, Allegato A, “Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche”.

Gli obiettivi dello studio sono quelli di accertare le condizioni geomorfologiche, geologiche, idrauliche ed idrogeologiche presenti nel comparto e verificare la compatibilità degli aspetti geotecnici e sismici estendendo l’indagine anche in un congruo intorno dell’area in esame.

Lo studio, in ottemperanza alle direttive tecniche del Regolamento 5/R/2020 si articola in:

- Sintesi delle conoscenze
- Analisi ed approfondimenti
- Valutazione della pericolosità

Il Comune di Rosignano si è dotato del nuovo P.O.C. nel corso del quale sono state redatte da parte dello studio GEOTECNO di Firenze (Febbraio 2019) varie carte tematiche.

Gli stralci di tali cartografie vengono riportati nel presente studio.

Per una valutazione preliminare delle caratteristiche geotecniche del suolo di fondazione sono stati utilizzati anche i dati geognostici già esistenti ricadenti nelle immediate vicinanze del comparto eseguiti da parte dello scrivente nel 2013.

Nella redazione del presente studio si è comunque ottemperato alle prescrizioni tecniche contenute nella apposita scheda norma del POC che disciplina il comparto **2-4u**.

Rilevata la notevole estensione del comparto, mq 12.172 in corrispondenza di alcuni lotti sono state implementate le indagini già disponibili effettuando ulteriori prove penetrometriche in assetto statico (CPT), nonchè un sondaggio a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 30 metri.

Per quanto concerne la caratterizzazione sismica ed in particolare per la determinazione della categoria del suolo e delle geometrie sepolte è stata eseguita da parte della Soc. Gaia Servizi s.r.l. una prova down-hole che ha permesso la determinazione del parametro V_{sEQ} e quindi la classificazione del substrato sismico.

SITUAZIONE GEOMORFOLOGICA

Il comparto in esame è localizzato nella pianura costiera di Vada ad una quota altimetrica di circa 5 m s.l.m. ai margini di una zona densamente urbanizzata che ha raggiunto un buon equilibrio e di accertata stabilità. Nel corso del sopralluogo, rilevata la morfologia totalmente pianeggiante, non stati messi in evidenza situazioni di instabilità morfologica potenziali e/o in atto né fenomeni di subsidenza e forme di erosione attiva in atto a confermare la buona stabilità raggiunta da questo settore di pianura costiera. Tali considerazioni trovano peraltro riscontro sia nella carta geomorfologica allegata al P.O.C. di Fig.2 ove il comparto risulta cartografato tra le aree non interessate da dinamiche morfoevolutive che nella carta della pericolosità geologica ove il comparto ricade in classe G1, a pericolosità geologica bassa.

Sulla base di queste caratteristiche tutta l'area in studio non presenta elementi negativi dal punto di vista morfologico, gli interventi di urbanizzazione previsti non provocheranno mutamenti alla stabilità d'insieme della zona.



Fig. 1- Stralcio della carta geomorfologica allegata al P.O.C.

Forme e processi nelle pianure alluvionali

-  P2 - Terreni con pendenze medio-basse apparentemente stabili; terrazzamenti sommitali; depositi detritici colluviali con pendenze inferiori al 25%. Terreni pianeggianti in aree di pertinenza fluviale delle fasce funzionali del fiume; depositi lacustri, lagunari, palustri e di colmata.
-  P1 - Terreni pianeggianti alluvionali terrazzati stabili e non interessati dalle dinamiche morfoevolutive fluviali.

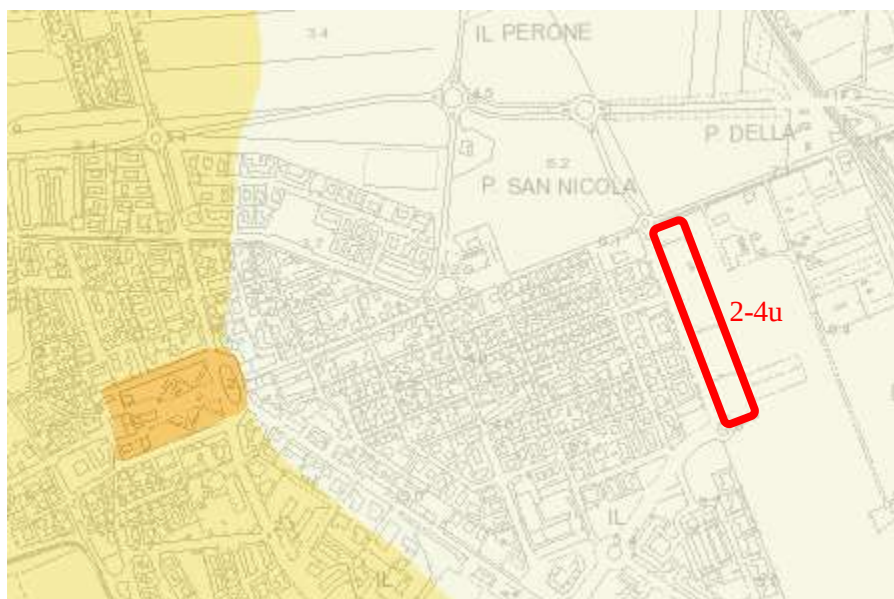


Fig.2 -Stralcio della carta della pericolosità geologica

LEGENDA

classe pericolosità geologica

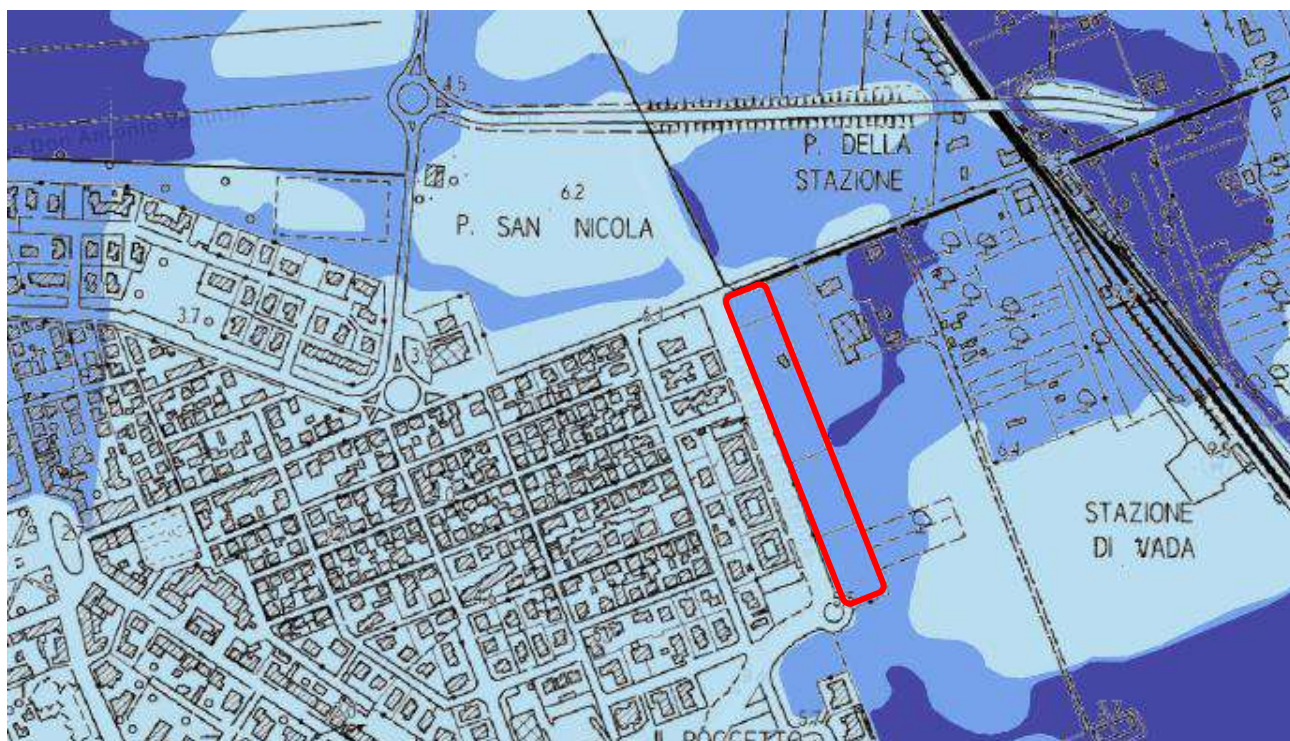
	G1 - pericolosità bassa
	G2 - pericolosità media
	G3 - pericolosità elevata
	G4 - pericolosità molto elevata

CONSIDERAZIONI IDRAULICHE

Il settore di pianura adiacente al comparto 2-4u è solcato dal fosso del Mozzicone appartenente al reticolo idrografico di cui alla L.R.79/2012 che immediatamente ad ovest del comparto in esame è stato deviato verso nord confluendo nel fosso della Vallecorsa , mentre il vecchio tracciato è stato tombato ed è diventato un tratto di fognatura bianca comunale .



Nella mappa della pericolosità da alluvione redatta a supporto del P.G.R.A. previsto ai sensi della direttiva comunitaria 2007/60/CE (cd. ‘*Direttiva Alluvioni*’) recepita nell’ordinamento italiano con il d.lgs. n. 49/2010 il comparto in esame è cartografato in classe P2 a pericolosità per alluvione media cui corrispondono scenari per alluvioni poco frequenti con $T = 100-200$ anni. Sulla base di tali considerazioni pertanto, per quanto concerne gli aspetti idraulici, le nuove previsioni urbanistiche saranno soggette alle prescrizioni specifiche contenute nella L.R.T n°41/2018 nei confronti del rischio idraulico e previste anche dalla specifica scheda norma (Fig.3). In particolare l’art.11 della suddetta Legge Regionale, che disciplina gli interventi di nuova costruzione in aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti al comma 4 cita che “Fermo restando quanto disposto dagli articoli 10, 12 e 13, nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzati interventi di nuova costruzione a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui all’articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c).”



Pericolosità PGRA - Dominio Fluviale

- P1
- P2
- P3



LEGENDA

Pericolosità idraulica (L.R. 41/2018)

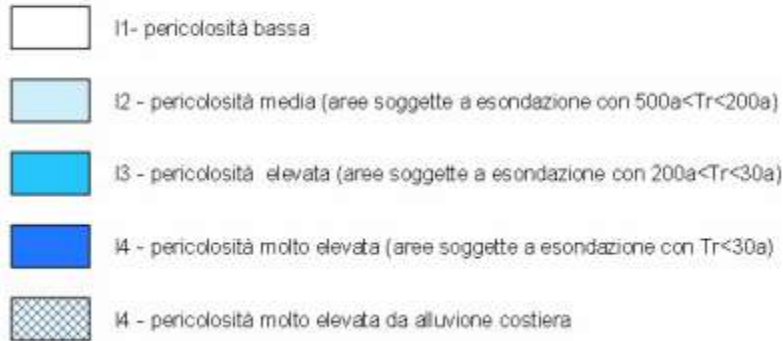


Fig.3 -Stralcio della carta della pericolosità idraulica allegata al P.O.C.

Nel caso specifico verrà ottemperato quanto previsto all' art.8 comma c della L.R.41/2018

GEOLOGIA

La situazione geologica della zona in studio viene presentata nella carta tematica di Fig. 4. Questo elaborato deriva dal rilevamento di dettaglio sia dell'area del comparto che delle aree limitrofe in modo da avere una visione più completa dell'assetto geologico.

La conoscenza della distribuzione delle formazioni affioranti integrata dalla interpretazione dei sondaggi e delle prove penetrometriche eseguite all'interno del comparto e nell'intorno permette la ricostruzione stratigrafica dell'area in esame.

Il numero di informazioni disponibili è tale da poter permettere la definizione di un modello affidabile della geologia del sottosuolo altresì essenziale per la valutazione della situazione idrogeologica e per la caratterizzazione, da un punto di vista geotecnico delle aree utilizzando informazioni puntuali ricavate con sondaggi e prove penetrometriche.

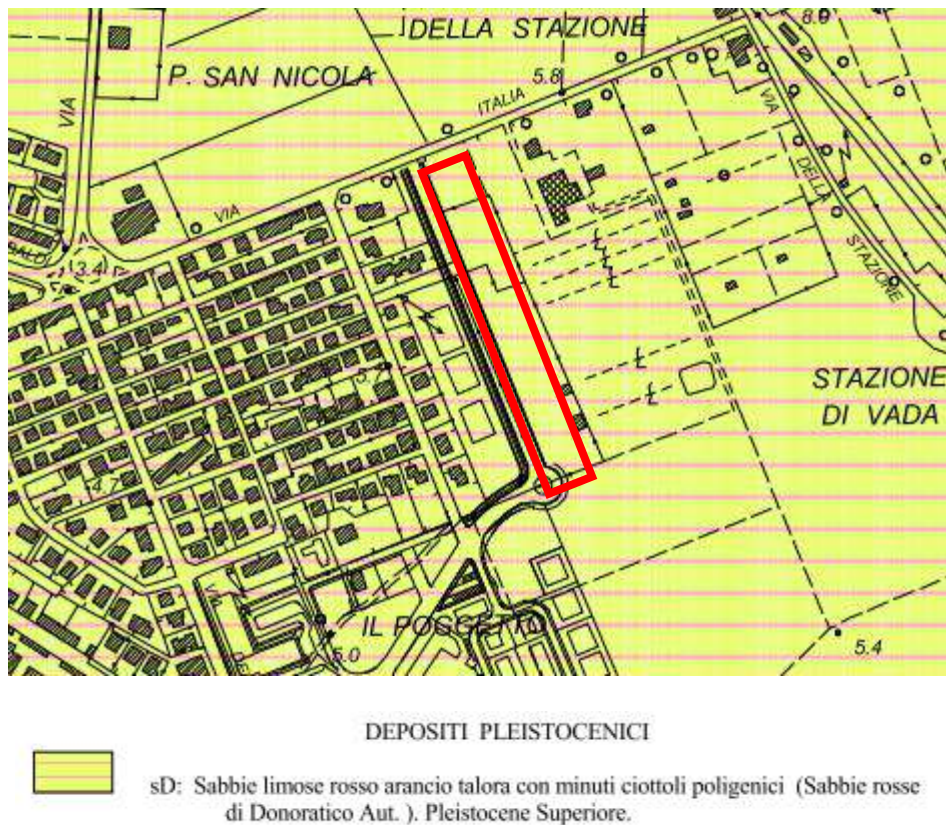


Fig.4- Stralcio della carta geologica allegata al R.U.

Tenendo presente la carta geologica che comprende un vasto intorno del comparto possiamo sintetizzare la successione stratigrafica, a partire dalla superficie come di seguito:

sD: Sabbie limose rosso - arancio. (Sabbie rosse di Donoratico) Si tratta di un suolo a scheletro limo – sabbioso destinato anticamente alla coltivazione agraria con spessore esiguo mediamente inferiore ad 1.50 m cui seguono delle sabbie da mediamente addensate ad addensate talora contenenti ciottoli e lastre con spessore centimetrico di materiale calcarenitico.

p: Calcareniti sabbiose , sabbie e ghiaie (arenaria a cemento carbonatico "Panchina" e sabbie giallastre). NTale formazione si trova immediatamente al di sotto delle sabbie limose ; si tratta di una calcarenite sabbiosa più o meno cementata che si è formata in ambiente marino (nella parte basale) e continentale nella parte superiore durante il Pleistocene Sup., spesso associati alla calcarenite sono presenti degli orizzonti di ghiaia in una facies sciolta e/o cementata (conglomerato). Nella zona questo spessore è circa 10 metri.

Nel corso della recente campagna geognostica è confermato anche dalla stratigrafia del sondaggio nel comparto in esame lo strato calcarenitico si rinviene già a partire dalla profondità di 2.00-2.50 m dal p.c. dove la punta del penetrometro statico utilizzato va al rifiuto alla infissione.

Qa: Argille ad Arctica Costituisce il substrato di tutta l'area del comparto: questi sedimenti sono stati incontrati nel sondaggio a carotaggio continuo, realizzato per la prova Down-hole, si tratta di alternanze di argille con interposti degli orizzonti di sabbie fini, talora dei limi sabbiosi.

IDROGEOLOGIA

Nell'ambito dell'approfondimento della situazione idrogeologica locale che caratterizza il comparto 2-4u è stato eseguito il censimento dei pozzi esistenti sia all'interno del comparto che nelle zone immediatamente adiacenti, si tratta per la maggior parte di pozzi alla romana a grande diametro, e secondariamente sono presenti anche pozzi artesiani.

Alcuni pozzi risultano essere censiti e classificati con codice identificativo (ID) nell'archivio della Regione Toscana, altri non sono censiti. Di seguito si riporta in tabella l'elenco dei pozzi rappresentati anche in Fig.5.

ID POZZO	PARTICELLA	PROPRIETA'	PROFONDITA' (metri)	DIAMETRO (cm)	FALDA** m dal p.c.
-	2733	BISBOCCI	12	20	- 3.70
7494	2069	CONDOMINIO	12	200	- 3.50
2910	2127	PIERONI	15	22	- 3.50
18167	665	MORELLI	29	20	- 3.35
-	2131	GRANDI	5	100	-3.80
21815	2133	FALOSSI	4	100	-3.80
18651	2135	CREATINI	6	100	-3.70
6805	2137	GIROLAMI	6	100	-3.75
6454	2141	VOLPI	5	150	-3.60

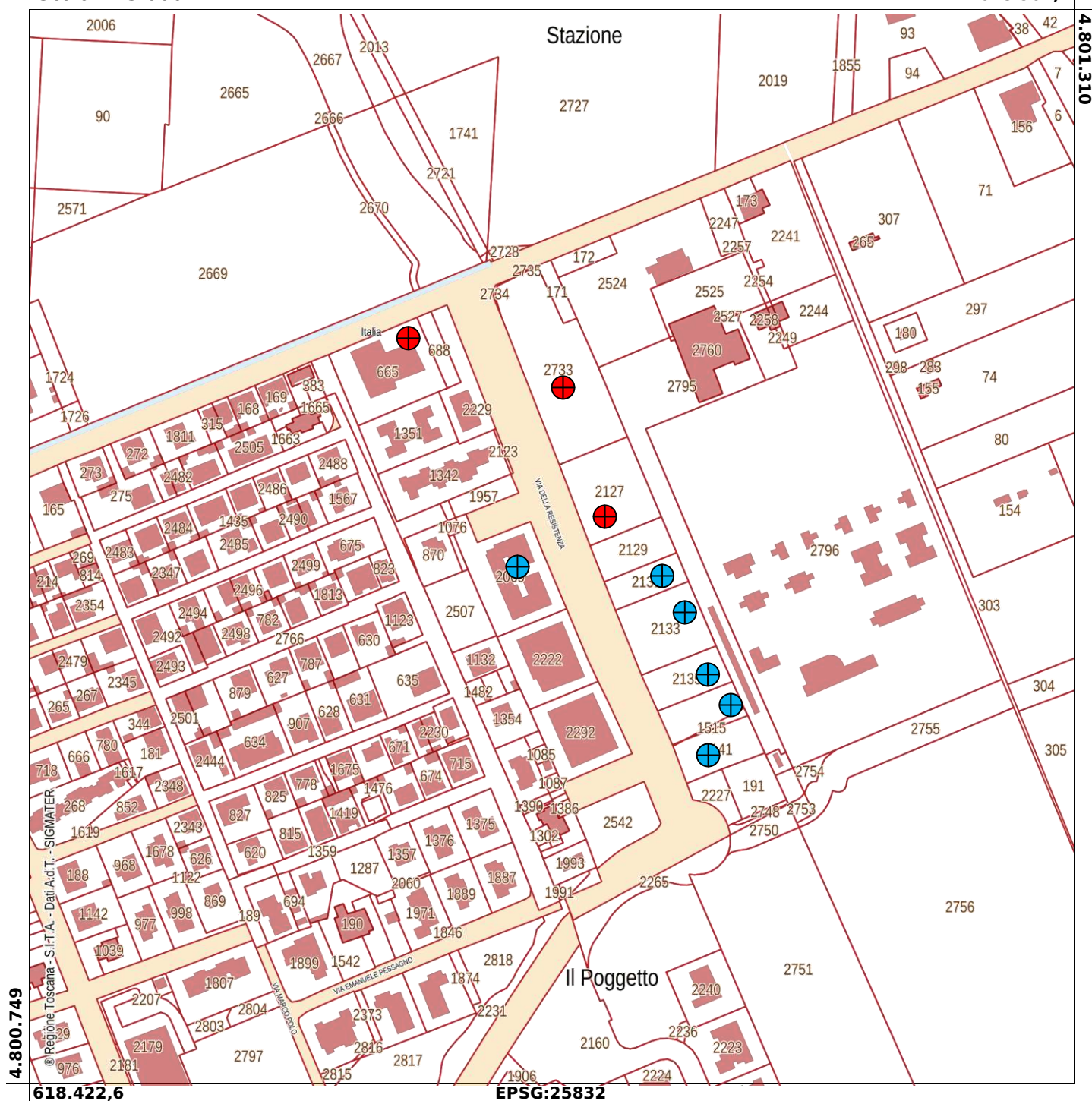
**** misure condotte con freatimetro nei giorni 7/8 Novembre 2021**

L'assetto tabulare della zona ha consentito di ricostruire nel dettaglio l'andamento della piezometrica, con un livello statico della falda che si attesta sui pozzi a grande diametro più superficiali che su quelli artesiani di piccolo diametro ma più profondi, tra - 3.50 e 3.80 m dal p.c. con un debole gradiente verso ovest. Tale condizione rivela nel settore di pianura costiera investigato la presenza di una falda freatica posta comunque a debita profondità rispetto al p.c., pertanto si esclude qualsiasi interferenza anche in condizioni di massima ricarica tra lo scorrimento idrico sotterraneo e le future fondazioni dei fabbricati che si andranno a realizzare.



Scala 1 : 3.000

618.967,7



SIMBOLOGIA DI FIG.5



POZZI ARTESIANI CENSITI E MISURATI



POZZI DI GRANDE DIAMETRO CENSITI E MISURATI

VALUTAZIONI DELLE CARATTERISTICHE LITOTECNICHE

Le informazioni relative agli spessori e ai rapporti litostratigrafici tra le formazioni geologiche che caratterizzano il comparto in esame sono state acquisite da un sondaggio a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 30 metri nel corso del quale sono state eseguite a varie profondità delle prove SPT in foro e da alcune prove penetrometriche in assetto statico CPT spinte fino a rifiuto all'infissione. L'ubicazione delle suddette indagini è riportata in Fig.6

Le prove CPT spinte fino al rifiuto all'infissione hanno raggiunto le seguenti profondità:

$$\text{CPT 1} = 2.60 \text{ m} \quad \text{CPT 2} = 2.00 \text{ m} \quad \text{CPT 3} = 2.80 \text{ m}$$

Nel corso del sondaggio S1 sono state condotte n. 4 prove SPT in foro in corrispondenza degli orizzonti granulari ed in particolare:

Sondaggio S1		
<i>N.SPT</i>	<i>Profondità</i>	<i>N_{SPT}</i>
<i>SPT 1</i>	<i>0.90-1.35 m</i>	<i>2-7-7</i>
<i>SPT 2</i>	<i>4.50-4.95m</i>	<i>10-19-10</i>
<i>SPT 3</i>	<i>8.00-8.45m</i>	<i>11-29-50</i>
<i>SPT 4</i>	<i>10.50-10.95</i>	<i>22-20-34</i>

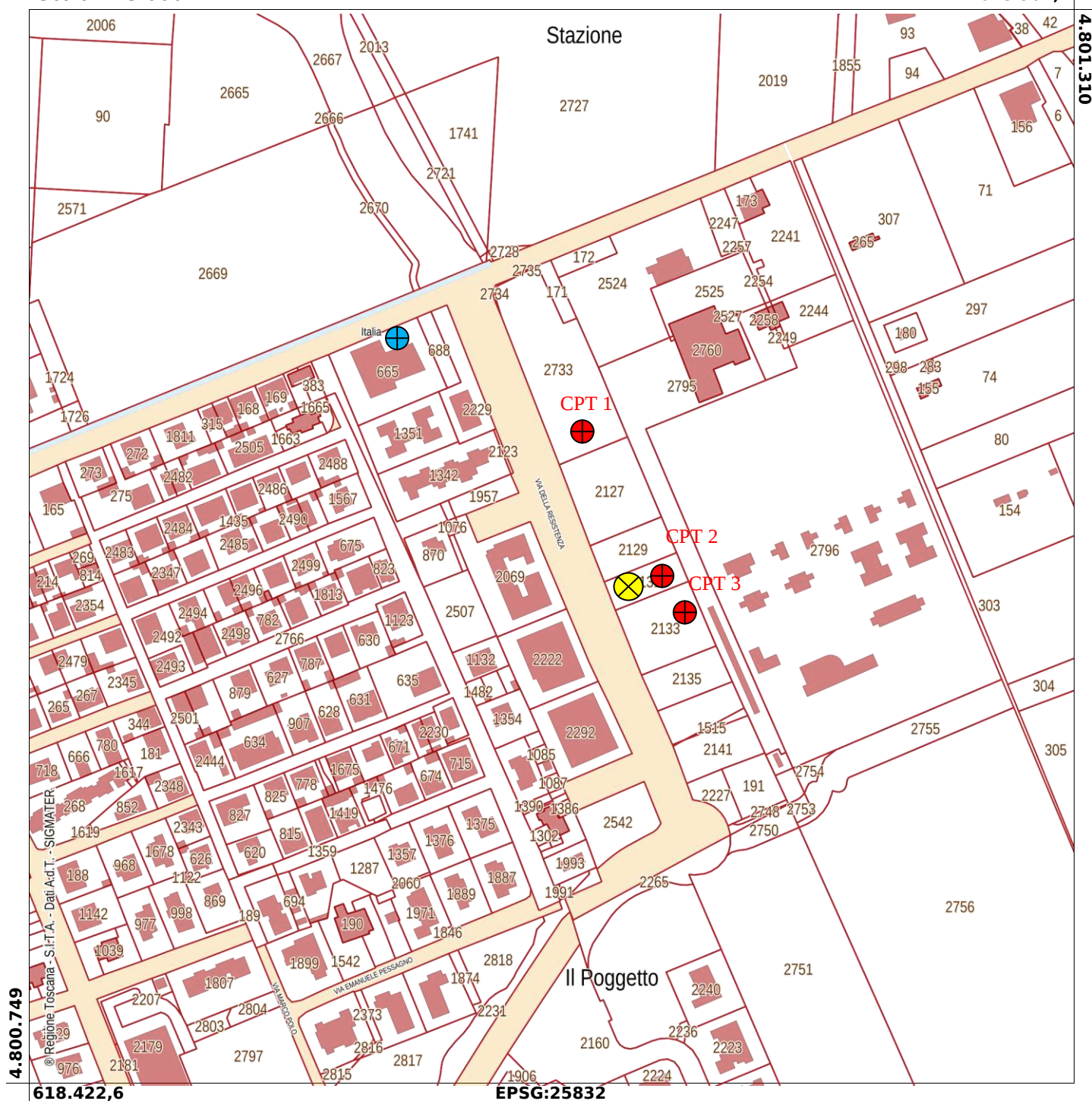
Le prove SPT eseguite con punta conica hanno consentito di valutare la litologia dei terreni presenti e di stimare i principali parametri degli orizzonti interessati dalla distribuzione del carico; in particolare i valori N_{SPT} sono stati normalizzati (formula di Skempton) e tramite la correlazione proposta nel Road Bridge Specification è stato ricavato il valore dell'angolo di attrito interno. La prova S.P.T. consente di determinare la resistenza che il terreno offre alla penetrazione dinamica di un campionatore infisso a partire dal fondo di un foro di sondaggio, con ϕ 100 mmq e consiste nel far cadere ripetutamente un maglio, del peso di 63 Kg, da una altezza di 76 cm, su una testa di battuta fissata alla sommità di una batteria di aste alla cui estremità inferiore è avvitata una punta conica di dimensioni standardizzate, registrando la penetrazione N

- il numero di colpi di maglio N_1 necessario a produrre l'infissione per i primi 15 cm (tratto di avviamento) inclusa l' eventuale penetrazione quasi statica per gravità;
- il numero di colpi di maglio N_2 necessario a produrre l' infissione per altri 15 cm



Scala 1 : 3.000

618.967,7



SIMBOLOGIA DI FIG. 6



SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO ATTREZZATO PER PROVA SISMICA DOWN HOLE



PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT



POZZO CON STRATIGRAFIA NOTA

- il numero di colpi N3 necessario a produrre l' infissione per ulteriori 15 cm.

Complessivamente durante la prova S.P.T. il campionatore pertanto sarà infisso di 15+15+15 = 45 cm

Viene assunta quale resistenza alla penetrazione il parametro : $N_{spt} = N_2 + N_3$

Se con $N_1 = 50$ l'avanzamento è minore di 15 cm l'infissione viene sospesa e la prova è conclusa annotando la relativa (cm) penetrazione raggiunta.

Se con $N_2 + N_3 = 100$ non si raggiunge l'avanzamento di 30 cm l'infissione è sospesa e la prova è conclusa annotando anche in questo caso la relativa penetrazione. Per quanto riguarda la valutazione dei parametri geomeccanici dei litotipi a prevalente composizione granulare qui presenti, la bibliografia esistente sull'S.P.T. consente di poter stimare i principali parametri geomeccanici del terreno e andranno a localizzarsi le future fondazioni

I dati N_{spt} in foro misurati in campagna sono stati normalizzati e corretti utilizzando la seguente formula:

$$N'(60) = NSPT \cdot C_{er} \cdot C_r \cdot C_b \cdot C_s$$

Dove:

$N'(60)$ = valore di NSPT normalizzato

$NSPT$ = valore di NSPT misurato in campagna

C_r = fattore correttivo per la profondità
 C_b = fattore correttivo per diametro foro sondaggio
 C_s = fattore correttivo per il tipo di campionatore

C_{er} = fattore correttivo per l'energia sviluppata dall'attrezzatura

Sondaggio S1		
Profondità	$N_2 + N_3$	N_{60}
0.90-1.35 m	14	10
4.50-4.95 m	29	26
8.00-8.45 m	79	81
10.50-10.95	54	58

I valori così normalizzati consentono mediante la correlazione proposta nel Road Bridge Specification di calcolare il valore dell'angolo di attrito interno in corrispondenza dei vari orizzonti che risulta:

$$\varphi = \sqrt{15 \cdot N_{spt}} + 15$$

Sulla base dei precedenti risultati e della elaborazione delle N° 3 prove penetrometriche CPT è possibile ricostruire una affidabile ricostruzione litostratigrafica dei terreni presenti nel comparto.

Nello specifico a partire dal p.c. si rinviene:

0.00-0.50 m suolo agrario

0.50-3.00 m limo sabbioso asciutto con frammenti di calcareniti

$\phi_k = 28^\circ$ $c_u = 0.40 \text{ Kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/mc}$

3.00-12.50 m alternanze di sabbie grossolane miste a ghiaia e conglomerato sature a partire dalla profondità di 4.00 metri

$\phi_k = 35^\circ$ $\gamma = 1.95 \text{ t/mc}$

12.50-20.00 m sabbia fine talora limosa

$\phi_k = 28^\circ$ $c_u = 0.40 \text{ Kg/cm}^2$ $\gamma = 1.90 \text{ t/mc}$

CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Ai sensi della classificazione prevista dal D.M. 17.1.2018 è necessario classificare il substrato di fondazione in oggetto entro alcune categorie di profilo stratigrafico tipo definite dal decreto. A supporto del nuovo intervento è stata condotta da parte della società GAIA SERVIZI s.nc. una prova sismica con metodologia DOWN HOLE dalla quale è risultata una velocità delle $V_s 30 = 281 \text{ m/sec.}$ cui corrisponde una categoria del suolo ricadente nella categoria C.

RISPOSTA SISMICA LOCALE

Per la valutazione della risposta sismica locale tramite la definizione dei coefficienti sismici di sito, si è utilizzato il software della ditta Geostru “ Geostru PS parametri sismici” che a partire da dati di input quali la vita nominale dell’edificio, la classe d’uso, la categoria del suolo, la categoria topografica, restituisce i coefficienti sismici (K_h , K_v e β) che modificano in ampiezza, durata e contenuto in frequenza l’azione sismica di riferimento e quindi l’accelerazione massima attesa al sito (A_{max} in m/sq) in relazione ai T_r considerati.

Coordinate WGS 84

LAT: 43.351724,

LONG: 10.465715

Stati limite

 Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

 Vita Nominale 50

 Interpolazione Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	T_r [anni]	a_g [g]	F_o	T_c [s]
Operatività (SLO)	30	0.035	2.556	0.204
Danno (SLD)	50	0.043	2.537	0.226
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.106	2.516	0.270
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.135	2.524	0.278

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50

Coefficienti sismici

 Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) 1 us (m) 0.1

 Cat. Sottosuolo C

 Cat. Topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,77	1,72	1,62	1,60
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0.010	0.013	0.038	0.049
k_v	0.005	0.006	0.019	0.024
A_{max} [m/s²]	0.509	0.637	1.562	1.986
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

PERICOLOSITA' SISMICA DEL COMPARTO

Gli approfondimenti che sono stati eseguiti nel comparto considerato hanno permesso di integrare il quadro conoscitivo già esistente per quanto concerne la pericolosità geologica riconfermando l'attribuzione della classe di pericolosità geologica G2 contenuta nel POC; nello specifico sono presenti litologie e situazioni litostratigrafiche caratterizzate da una bassa propensione al dissesto; per quanto riguarda la fattibilità si rimanda a specifiche e puntuali indagini in situ condotte ai sensi delle NTC 2018 e secondo le indicazioni contenute nel DPGR 36/R/2009 che disciplinano i singoli interventi edilizi in progetto.

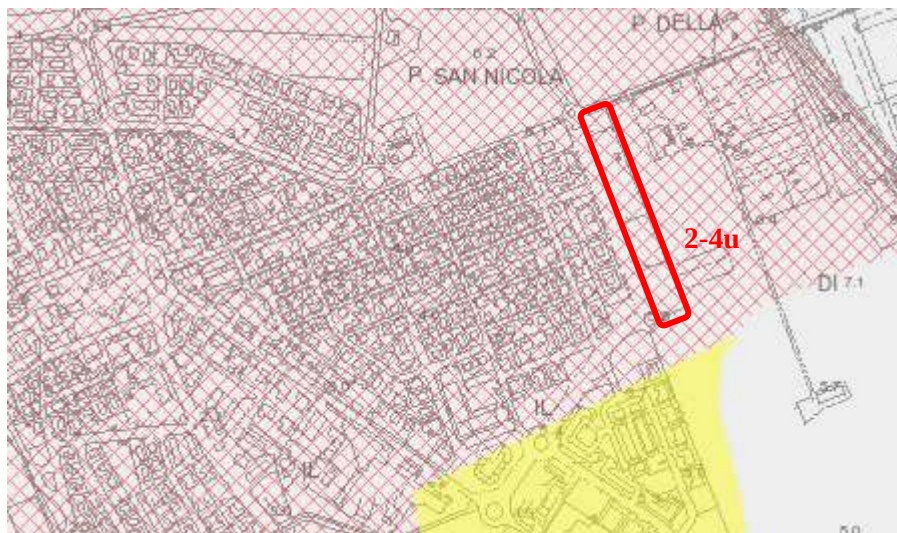
Per quanto concerne la pericolosità idraulica gli approfondimenti che sono stati eseguiti nel comparto, confermano la pericolosità idraulica contenuta nel POC, cartografando l'area in studio nella classe P2 del PGRA, quindi a pericolosità per alluvione media cui corrispondono scenari per alluvioni poco frequenti con $T_r = 200$ anni; sulla base di tali considerazioni, pertanto, per quanto concerne gli aspetti idraulici, le nuove previsioni urbanistiche saranno soggette alle prescrizioni specifiche contenute nella L.R.T n°41/2018 nei confronti del rischio idraulico e previste anche dalla specifica scheda norma.

Nello specifico l'art.11 della suddetta L.R., che disciplina gli interventi di nuova costruzione in aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti, al comma 4, cita che "Fermo restando quanto disposto dagli articoli 10, 12 e 13, nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzati interventi di nuova costruzione a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c)."

I futuri interventi edilizi dovranno pertanto essere condotti ottemperando quanto previsto all'art.8 comma c della L.R. 41/2018 e garantendo il non aggravio di rischio in aree limitrofe mediante l'utilizzo di soluzioni progettuali che assicurino la "trasparenza idraulica"

Nella carta della pericolosità sismica contenuta nel P.O.C. il comparto in esame ricade in parte nella classe S3I a pericolosità sismica elevata per liquefazione dinamica vedi Fig. 7.

Per quanto riguarda gli aspetti sismici, in ottemperanza a quanto richiesto dalle prescrizioni tecniche contenute nella scheda norma 2-4u, è stato condotto una apposita indagine geognostica mediante la realizzazione di un sondaggio attrezzato per la prova sismica down-hole e delle prove SPT in foro in corrispondenza degli orizzonti granulari localizzati al di sotto della falda, così da eseguire le verifiche necessarie per il calcolo del fattore di sicurezza relativo alla liquefazione del terreno con due distinte metodologie.



LEGENDA

Classi di pericolosità sismica

- S1 - pericolosità bassa
- S2 - pericolosità media
- S3 - pericolosità elevata per amplificazione stratigrafica
- S3l - pericolosità elevata per liquefazione dinamica
- S3f - pericolosità elevata per frana quiescente
- S4 - pericolosità molto elevata (per franosità attiva)

Fig.7- Stralcio della carta della pericolosità sismica allegata la P.O.C.

In ottemperanza a quanto previsto dall'art.7.11.3.4.2 delle norme N.T.C. 2018, essendo disponibile per il sito sia una prova down hole che ha fornito il valore delle Vs30 che prove SPT in foro viene condotta la verifica utilizzando sia il metodo di Andrus e Stokoe (1997) che quello di Youd e Idris (2001).

Il valore dell' Amax è fornito mediante i coefficienti sismici ricavati tramite il programma Geostru PS Pro, a partire dal valore nominale di ag (g) accelerazione orizzontale massima attesa al sito, si passati ad ag (m/m2) moltiplicando per 9.81.

In questo caso risulta verificato con $FS > 1$ quindi i terreni qui presenti che sormontano il substrato argilloso non sono suscettibili di liquefazione .

Nel caso specifico $SLV_{ag} = 0,106g * 9.81 = 1,03986 \text{ m/s}^2$

L' accelerazione massima Amax è data da $ag * S$ con $ag = 1,03986$ $S = 1,50$ $A_{max} = 1,559$

$A_{max}/g = 1,559/9.81 = 0,158$

METODO DI ANDRUS E STOKOE

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE									
(da prove sismiche a rifrazione)									
Metodo semplificato									
Metodo di Andrus e Stokoe (1997) modificato									
PARAMETRI:									
γ	=	1,9	g/cm ³						
σ_{vm}	=	0,57	kg/cm ²						
σ_{vm}'	=	0,57	kg/cm ²						
profondità della prova	=	300	cm						
profondità falda	=	350	cm						
$\gamma_{(100)}$	=	1	g/cm ³						
Pressione neutra	=	0	kg/cm ²						
z	=	3	m						
V_s	=	281							
V_{s1c}	=	220	m/s						
				FC<5%	FC=20%	FC>35%			
				220	210	200			
V_{s1}	=	323,40							
M	=	6,0							
MSF	=	2,09	zo ML7.5						
		1,77	zo Mb7.5						
FORMULE:									
V_{s1}	=	$V_s(1/\sigma_{vm}')^{0,25}$							
							323,40	V_{s1}	
R	=	$0,03 \cdot (V_{s1}/100)^2 + (0,9/(V_{s1c}-V_{s1})) - (0,9/V_{s1c})$							
								0,300964076	R
T	=	$0,65 \cdot ((a_{vm}/g) \cdot (\sigma_{vm}/\sigma_{vm}')) \cdot r_d \cdot 1/MSF$							
						zo ML7.5		0,048048982	$T_{H=2,5}$
						zo Mb7.5		0,056696263	$T_{H=7,5}$
a_{vm}/g	=	0,158							
r_d	=	0,97705							
$F_s=R/T$	>	1				zo ML7.5		6,263693101	Verificato F_s
						zo Mb7.5		5,308358274	Verificato F_s
"Software Freeware distribuito da geologi.it" Studio Geologico Dott. Sebastiano Giovanni Monaco Via Torrente Tranani n. 13 - MESSINA (ME) - 98121 -									

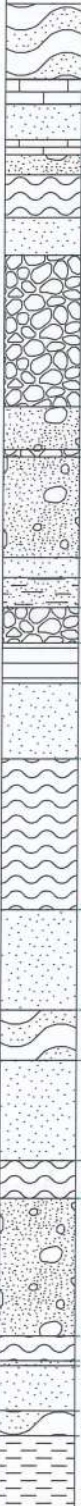
METODO DI YOUNG E IDRIS

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE					
(da prove dinamiche SPT)					
Metodo semplificato					
Metodo di Youd e Idris (2001)					
PARAMETRI:					
γ	=	1,9	g/cm ³		
σ_{vo}	=	0,57	kg/cm ²		
σ'_{vo}	=	0,57	kg/cm ²		
profondità della prova	=	300	cm		
N_{SPT}	=	26			
profondità falda	=	350	cm		
γ_{H_2O}	=	1,0	g/cm ³		
Pressione neutra	=	0,0	kg/cm ²		
z	=	3	m		
$R =$ Resistenza al taglio mobilitata $T =$ Sforzo di taglio indotto dal sisma					
FORMULE:			RISULTATI:		
N_a	=	$N_{SPT} * (1,7 / (\sigma_{vo} + 0,7)) + N_r$	=	34,80314961	N_a
N_r	=	0			
R	=	$0,2565 * [0,16 * RadQNa + (0,2133 * RadQr)]$	=	5,38832016	R
T	=	$0,65 * ((a_{max}/g) * (\sigma_{vo}/\sigma'_{vo})) * r_d$	=	0,100343035	T
a_{max}/g	=	0,158			
r_d	=	0,97705			
$F_s = R/T$	>	1,3	Sabbie sciolte	=	53,69899525
	>	1,5	Sabbie mediamente addensate		Verificato F_s
"Software Freeware distribuito da geologi.it" Studio Geologico Dott. Sebastiano Giovanni Monaco Via Torretta Trapani n. 13 - MESSINA (ME) - 98121 -					

ROSIGNANO SOLVAY, 11..2021

Si allega:

- Stratigrafia del sondaggio a carotaggio continuo spinto fino a 30 m e attrezzato per down-hole
- Istogrammi delle prove penetrometriche statiche CPT eseguite nel comparto
- Report fotografico del sondaggio geognostico
- Relazione sismica indagine down hole

Stratigrafia	Profondità	Descrizione	Falda	N° colpi SPT
		limo sabbioso di color rossastro con inclusi frammenti di calcarenite		
1.50				7 2
2.00		calcarenite compatta		
2.70		sabbia gialla con granulometria grossolana con frammenti di calcarenite		
3.00		calcarenite		
3.40		ghiaietto minuto	4.00	
4.25		limo argilloso di color ocra		19 10
5.00		sabbia grossolana con clasti di calcarenite		
		conglomerato compatto		
8.00		ghiaia		29 11
8.85		conglomerato		50
9.00		ghiaia minuta in matrice limosa		
11.00		sabbia e ghiaia		20 22
11.40		argilla marrone molto consistente		34
12.00		conglomerato		
12.70		argilla limosa di color grigio		
13.50		sabbia fine limosa di color grigio con s		
15.00		sabbia argillosa di color rossastro con inclusi frammenti di conchiglie		
18.00		sabbia fine talora limosa di color grigio verdastro		
20.00		limo sabbioso di color marrone verdastro		
21.00		sabbia fine di color verdastro		
23.00		limo argilloso di color grigio		
23.75		ciottoli di ghiaia (1-2 cm) in matrice limosa di color grigio		
26.50		limo argilloso di color grigio		
27.00		ghiaia		
27.10		sabbia fine di color grigio		
28.00		limo sabbioso grigio		
28.50		argilla grigia		
30.00				

REPORT SONDAGGI

Committente:

Geol. Massimo Melani

Località: Vada

Rosignano Marittimo (LI)

Data Indagine: 08-10/11/2021

Codice lavoro: 211108f

SONDAGGI GEOGNOSTICI

Dott. Jacopo Martini

GAIA Servizi S.r.l.

Via Lenin, 132/Q

56017 San Giuliano Terme (PI)

Tel/Fax: 050 9910582

e-mail: info@gaiaservizi.com

P.IVA: 01667250508

Data elaborazione: 17/11/2021

GAIA Servizi S.r.l.

Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Figura 1: Sondaggio S1 - Postazione



Figura 2: Sondaggio S1 - Cassa 1



Figura 3: Sondaggio S1 – Cassa 2



Figura 4: Sondaggio S1 – Cassa 3



Figura 5: Sondaggio S1 – Cassa 4



Figura 6: Sondaggio S1 – Cassa 5



Figura 7: Sondaggio S1 – Cassa 6

Il sondaggio S1 è stato eseguito in data 08-10/11/2021 con sonda con sonda Fraste ML, interamente a carotaggio continuo fino alla profondità di 30 metri dal piano di campagna; le specifiche del maglio S.P.T. di serie sono riportate in allegato.

Il sondaggio S1 è stato attrezzato con tubazione in PVC dal piano di campagna fino a fondo foro per l'esecuzione di indagine sismica diretta di tipo down-hole.



GEOSERVIZI S.N.C. di Cosco e Spadaro

Via U. Foscolo 14 - 56017 Ghezzano (PI)
tel e fax 050-878470 cell. 339-1344492

PROVA PENETROMETRICA STATICA ELABORAZIONE NUMERICA DEI RISULTATI

Committente: **STUDIO DI GEOLOGIA- Dott. Geol. Massimo Melani**
Località: **VADA**
Cantiere: **VIA ITALIA- SCHEDA N. 2-4u**
Data:
N. prove: **3**

Caratteristiche del sistema

Penetrometro statico TG 73 200KN Pagani
Punta meccanica tipo "Begemann"
Diametro = 35,7 mm; Angolo di apertura = 60°
Ap=10 cm²; At=20 cm²; Am=150 cm²
Velocità di avanzamento = 2 cm/sec
peso aste interne: 0,130 Kg
passo di lettura: 20 cm

LEGENDA

#####	aot	argilla organica e/o torba	Qc	Resistenza alla Punta (Kg/cm ²)
=====	a	argilla	Fs	Attrito laterale unitario (Kg/cm ²)
=====	al	argilla limosa	Qc/Fs	Rapporto Begemann
~~~~~	l	limo	Rt	Spinta totale (rivest.+punta)
~~~~~	sl	sabbia e limo	$\gamma$	Peso di volume
~~~~~	ss	sabbia sciolta	$\sigma'_{vo}$	Pressione verticale efficace
~~~~~	sm	sabbia mediamente addensata	$\phi$	Angolo di attrito interno
~~~~~	sdg	sabbia densa e/o ghiaia	Dr	Densità relativa
*****	rip	riporto	Cu	Coesione non drenata
			mv	Coeff. di compressibilità volum.

**GEOSERVIZI S.N.C.**

di Cosco e Spadaro

Via U. Foscolo 14 - 56017 Ghezzano (PI)  
tel e fax 050-878470 cell. 339-1344492

Prova numero: 1

Committente: Geologo Massimo Melani

Località: VADA

Cantiere: VIA ITALIA-

Profondità massima: 2,6 m dal p. c.

Quota piano camp.: m

Quota falda: m dal p.c.

**parametri geotecnici stimati**

Prof. [metri]	Qc [Kg/cm ² ]	Fs [Kg/cm ² ]	Qc/Fs	Rt [Kgf]	$\gamma$ [Kg/dmc]	$\sigma'_{vo}$ [Kg/cm ² ]	$\phi$ [gradi]	Dr [%]	Cu [Kg/cm ² ]	mv [cm ² /t]	Colonna stratig.	lito_ logia
0,2				71	1,80	0,04	-	-	-	-	non ril.	
0,4				141	1,80	0,07	-	-	-	-	non ril.	
0,6	8,1	0,20	41	181	1,64	0,10	-	-	0,32	25,7	~~~~~	l
0,8	11,3	0,60	19	293	1,90	0,14	-	-	0,44	21,9	~~~~~	a
1	15,3	0,60	25	433	1,91	0,18	-	-	0,60	19,6	~~~~~	al
1,2	19,3	1,20	16	933	1,92	0,22	-	-	0,76	19,7	~~~~~	a
1,4	32,3	0,80	40	923	1,76	0,25	29	-	-	10,3	~~~~~	sl
1,6	80,3	1,47	55	1403	2,00	0,29	42	88	-	4,2	~~~~~	sm
1,8	105,4	0,93	113	1494	2,10	0,34	42	95	-	3,2	~~~~~	sdg
2	75,4	1,20	63	1564	1,98	0,38	40	81	-	4,4	~~~~~	sm
2,2	65,4	1,07	61	1884	1,93	0,41	39	74	-	5,1	~~~~~	sm
2,4	328,4	4,93	67	7994	2,10	0,46	45	100	-	1,0	~~~~~	sdg
2,6	332,4	3,87	86	9244	2,10	0,50	45	100	-	1,0	~~~~~	sdg
2,8												
3												
3,2												
3,4												
3,6												
3,8												
4												
4,2												
4,4												
4,6												
4,8												
5												
5,2												
5,4												
5,6												
5,8												
6												
6,2												
6,4												
6,6												
6,8												
7												
7,2												
7,4												
7,6												
7,8												
8												
8,2												
8,4												
8,6												
8,8												
9												
9,2												
9,4												
9,6												
9,8												
10												



GEOSERVIZI S.N.C.

di Cosco e Spadaro

Via U. Foscolo 14 - 56017 Ghezzano (PI)  
tel e fax 050-878470 cell. 339-1344492

Prova numero

1

Committente

Geologo Massimo Melani

Località

VADA

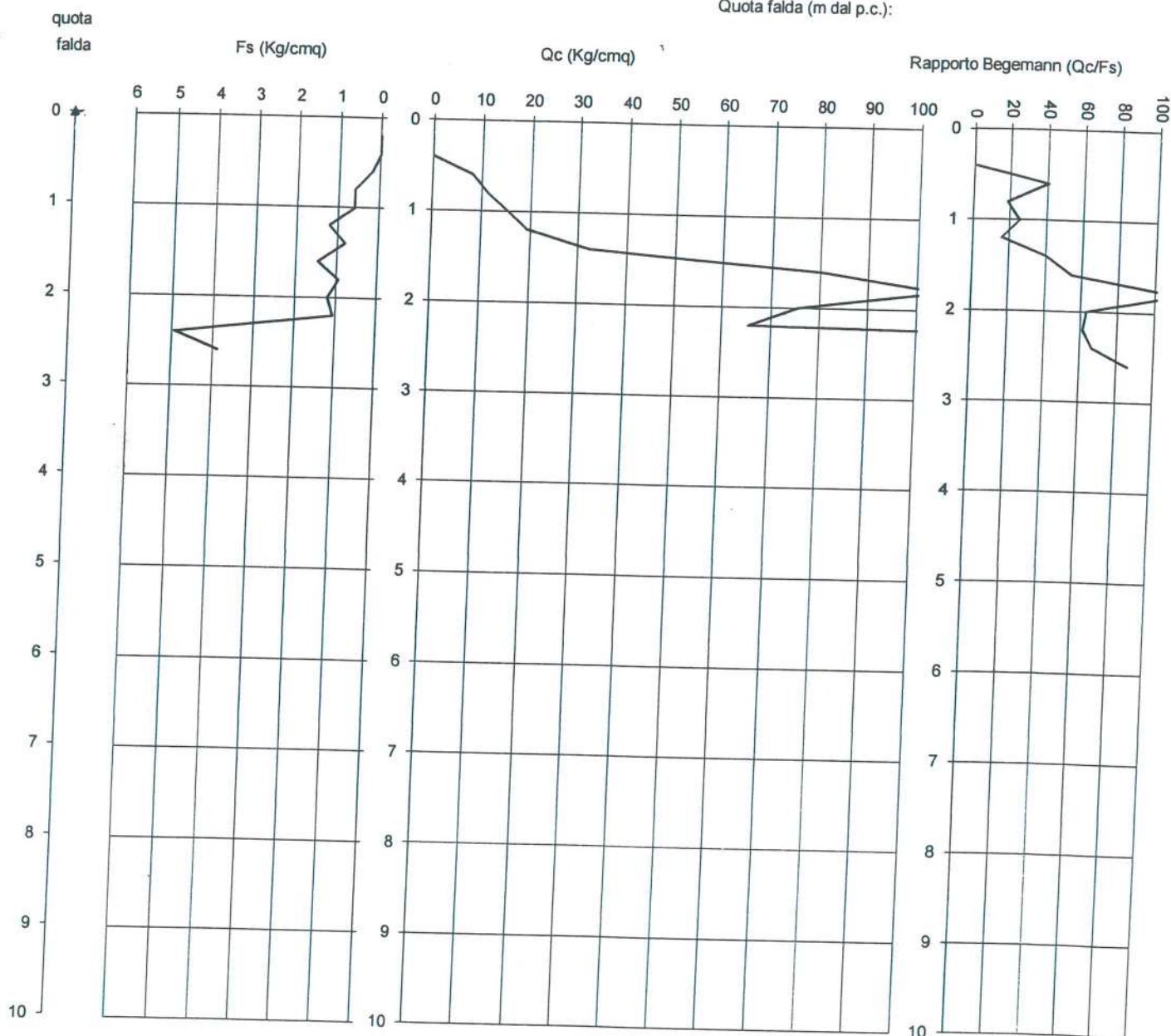
Cantiere

VIA ITALIA **SCHEDA N. 2-4u**

Data

Profondità massima (m): 2,6

Quota falda (m dal p.c.):



PENETROMETRO STATICO: TG 73 200 KN PAGANI



**GEOSERVIZI S.N.C.**

**di Cosco e Spadaro**

Via U. Foscolo 14 - 56017 Ghezzano (PI)  
tel e fax 050-878470 cell. 339-1344492

Prova numero: 2

Committente: Geologo Massimo Melani

Località: VADA

Cantiere: VIA ITALIA

Profondità massima: 2,0 m dal p. c.

Quota piano camp.: m

Quota falda: m dal p.c.

**parametri geotecnici stimati**

Prof. [metri]	Qc [Kg/cm ² ]	Fs [Kg/cm ² ]	Qc/Fs	Rt [Kg]	$\gamma$ [Kg/dm ³ ]	$\sigma'_{vo}$ [Kg/cm ² ]	$\phi$ [gradi]	Dr [%]	Cu [Kg/cm ² ]	mv [cm ² /t]	Colonna stratig.	lito_ logia
0,2				81	1,80	0,04	-	-	-	-	non ril.	
0,4				111	1,80	0,07	-	-	-	-	non ril.	
0,6	9,1	0,20	46	131	1,65	0,10	-	-	0,36	23,7	=====	l
0,8	10,3	0,27	38	263	1,65	0,14	-	-	0,40	21,8	=====	l
1	17,3	0,27	65	293	1,69	0,17	37	48	-	19,3	=====	ss
1,2	19,3	0,60	32	513	1,70	0,21	-	-	0,76	16,7	=====	l
1,4	53,3	0,93	57	1023	1,87	0,24	41	79	-	6,3	=====	sm
1,6	67,3	0,67	101	1233	1,94	0,28	41	83	-	5,0	=====	sm
1,8	118,4	1,60	74	7914	2,10	0,32	43	100	-	2,8	=====	sdg
2	338,4	1,60	211	8104	2,10	0,37	45	100	-	1,0	=====	sdg
2,2												
2,4												
2,6												
2,8												
3												
3,2												
3,4												
3,6												
3,8												
4												
4,2												
4,4												
4,6												
4,8												
5												
5,2												
5,4												
5,6												
5,8												
6												
6,2												
6,4												
6,6												
6,8												
7												
7,2												
7,4												
7,6												
7,8												
8												
8,2												
8,4												
8,6												
8,8												
9												
9,2												
9,4												
9,6												
9,8												
10												



GEOSERVIZI S.N.C.

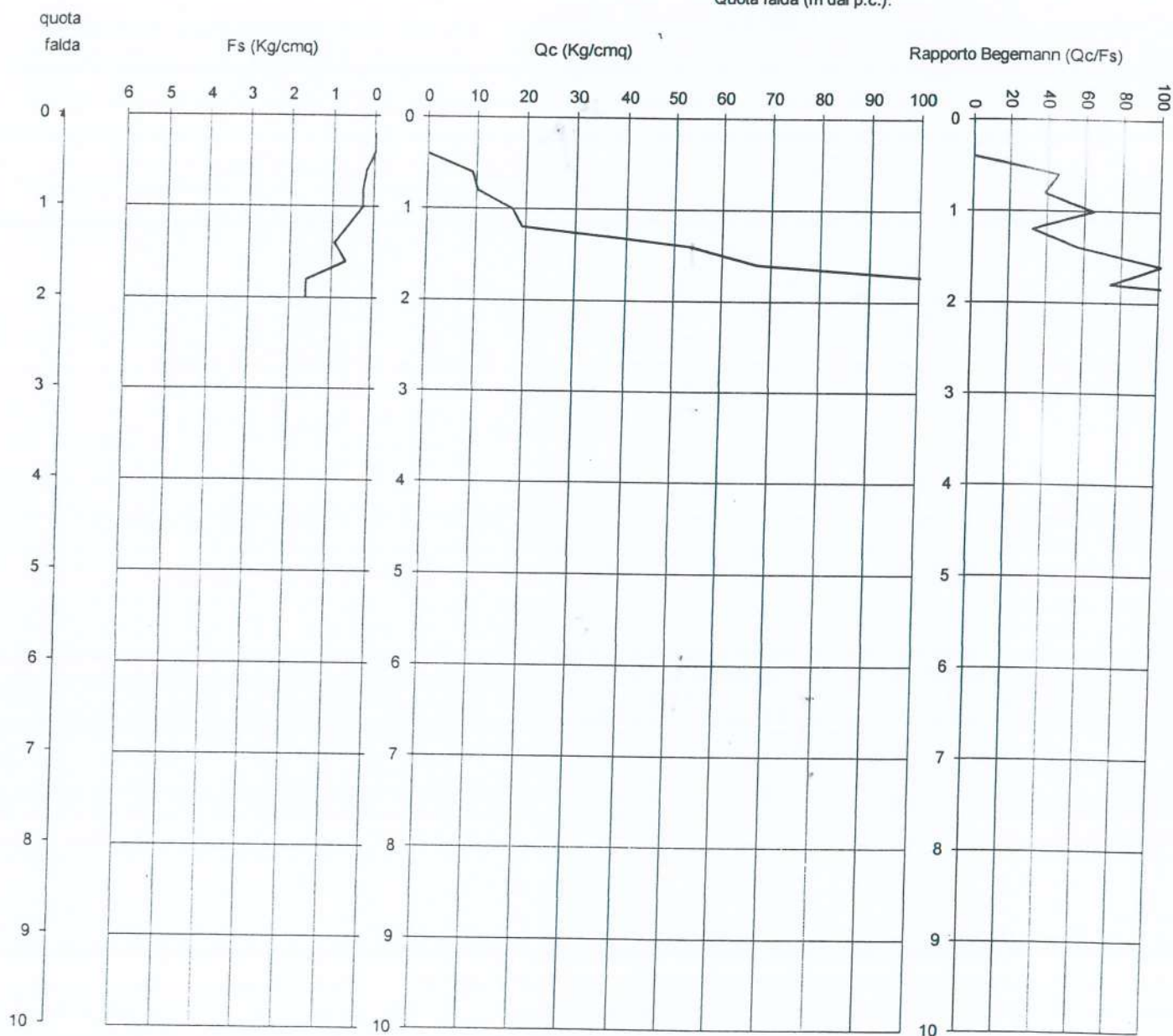
di Cosco e Spadaro

Via U. Foscolo 14 - 56017 Ghezzano (PI)  
tel e fax 050-878470 cell. 339-1344492

Prova numero 2  
Committente Geologo Massimo Melani  
Località VADA  
Cantiere VIA ITALIA SCHEDA N. 2-4u  
Data

Profondità massima (m): 2

Quota falda (m dal p.c.):



PENETROMETRO STATICO: TG 73 200 KN PAGANI



**GEOSERVIZI S.N.C.**

**di Cosco e Spadaro**

Via U. Foscolo 14 - 56017 Ghezzano (PI)  
tel e fax 050-878470 cell. 339-1344492

Prova numero: 3

Committente: Geologo Massimo Melani

Località: VADA

Cantiere: VIA ITALIA-

Profondità massima: 2,8 m dal p. c.

Quota piano camp.: m

Quota falda: m dal p.c.

**parametri geotecnici stimati**

Prof. [metri]	Qc [Kg/cm ² ]	Fs [Kg/cm ² ]	Qc/Fs	Rt [Kg]	$\gamma$ [Kg/dmc]	$\sigma'_{vo}$ [Kg/cm ² ]	$\phi$ [gradi]	Dr [%]	Cu [Kg/cm ² ]	mv [cm ² /t]	Colonna stratig.	lito- logia
0,2				41	1,80	0,04	-	-	-	-	non ril.	
0,4				131	1,80	0,07	-	-	-	-	non ril.	
0,6	11,1	0,27	42	221	1,66	0,11	-	-	0,44	20,7	=====	l
0,8	6,3	0,40	16	323	1,49	0,13	-	-	0,25	50,1	#####	aot
1	17,3	0,53	32	423	1,69	0,17	-	-	0,68	17,0	=====	l
1,2	32,3	0,80	40	813	1,76	0,20	29	-	-	10,3	=====	sl
1,4	49,3	1,40	35	703	1,85	0,24	31	-	-	6,8	=====	sl
1,6	38,3	1,07	36	883	1,79	0,28	30	-	-	8,7	=====	sl
1,8	29,4	1,27	23	1084	1,94	0,32	-	-	1,16	13,6	=====	al
2	53,4	1,60	33	1364	1,87	0,35	31	-	-	6,2	=====	sl
2,2	87,4	1,33	66	1694	2,04	0,37	41	86	-	3,8	=====	sm
2,4	104,4	0,93	112	3414	2,10	0,40	41	91	-	3,2	=====	sdg
2,6	272,4	2,00	136	8714	2,10	0,42	45	100	-	1,2	=====	sdg
2,8	310,5	1,20	259	9225	2,10	0,44	45	100	-	1,1	=====	sdg
3												
3,2												
3,4												
3,6												
3,8												
4												
4,2												
4,4												
4,6												
4,8												
5												
5,2												
5,4												
5,6												
5,8												
6												
6,2												
6,4												
6,6												
6,8												
7												
7,2												
7,4												
7,6												
7,8												
8												
8,2												
8,4												
8,6												
8,8												
9												
9,2												
9,4												
9,6												
9,8												
10												



GEOSERVIZI S.N.C.

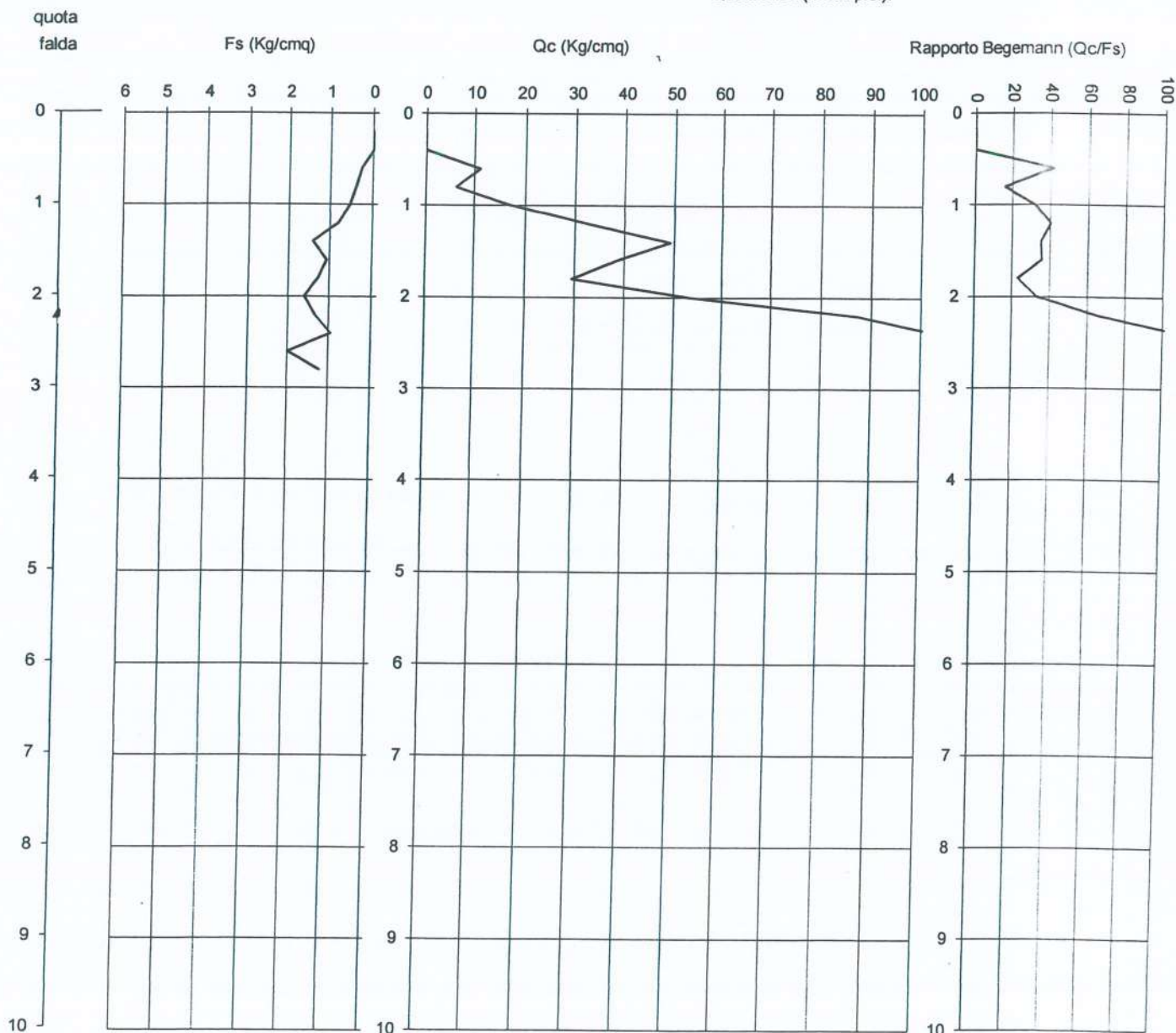
di Cosco e Spadaro

Via U. Foscolo 14 - 56017 Ghezzano (PI)  
tel e fax 050-878470 cell. 339-1344492

Prova numero 3  
Committente Geologo Massimo Melani  
Località VADA  
Cantiere  
Data

Profondità massima (m): 2,8

Quota falda (m dal p.c.):



PENETROMETRO STATICO: TG 73 200 KN PAGANI

## RELAZIONE TECNICA

Committente: Geol. Massimo Melani

Località: Vada – Rosignano Marittimo

Data Indagine: 26/11/2021

Codice lavoro: 211126a

# INDAGINE SISMICA DOWNHOLE IN FORO DI SONDAGGIO

Dott. Jacopo Martini

**GAIA Servizi S.r.l.**

Via Lenin, 132 - 56017 San Giuliano Terme (PI)

Tel./Fax: 050 9910582

e-mail: [info@gaiaservizi.com](mailto:info@gaiaservizi.com)

p. IVA 01667250508

Data elaborazione: 02/12/2021

## Sommario

PREMESSA.....	3
PROSPEZIONI SISMICHE DOWNHOLE IN FORO DI SONDAGGIO – GENERALITA’.....	4
INDAGINI EFFETTUATE .....	6

## PREMESSA

Per incarico del Geol. Massimo Melani , è stata effettuata una campagna geognostica attraverso l'esecuzione di n°1 prospezione sismica tipo downhole In Località Vada – Rosignano Marittimo.

Tali indagini sono finalizzate alla ricostruzione della distribuzione e dell'andamento delle velocità sismiche nel sottosuolo, per determinare le principali caratteristiche sismo-stratigrafiche ed elastiche dei terreni.

Le presenti note illustrano la metodologia delle indagini ed i risultati conseguiti.



**Figura 1: Indagine sismica Down Hole**

## PROSPEZIONI SISMICHE DOWNHOLE IN FORO DI SONDAGGIO – GENERALITA'

La prova downhole consiste nel produrre, sulla superficie del terreno, una sollecitazione orizzontale mediante una sorgente meccanica, e nello studiare il treno d'onde, P e S, che si propagano all'interno del terreno alle varie profondità in direzione verticale, con vibrazioni polarizzate nella direzione di propagazione (onde P), e dirette perpendicolarmente alla direzione di propagazione, polarizzate su un piano orizzontale (onde SH). Mediante tre ricevitori (geofoni) disposti nel terreno, a profondità note, viene valutato l'istante di arrivo del treno di onde P e S, rispetto all'istante in cui vengono indotte le sollecitazioni alla sorgente; dividendo quindi per tali valori la distanza (nota) tra sorgente e ricevitori, si può ricavare la velocità delle onde P e S.

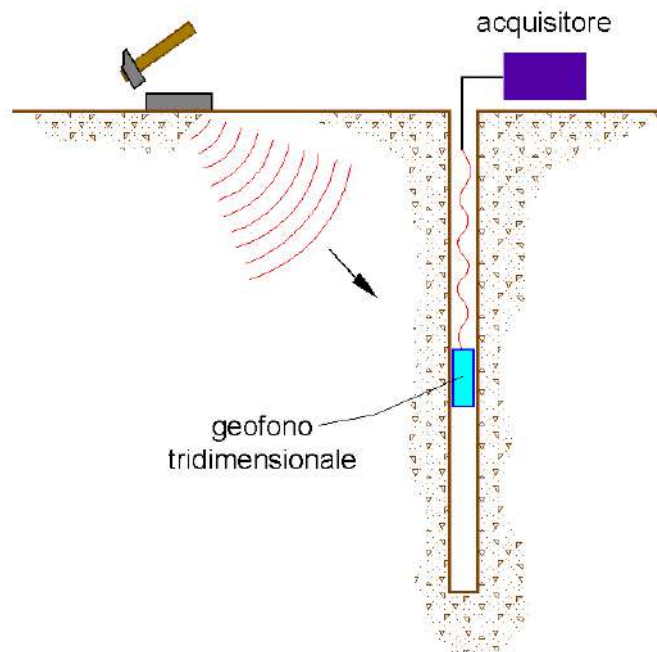


Figura 2: Schema Down Hole

Come sorgenti energizzanti sono stati utilizzati: per le onde P una mazza da 10 kg con piattello di battuta; per le onde SH un parallelepipedo (traversina) di legno percosso sulle estremità opposte da una mazza da 10 kg.

Le sorgenti (onde P ed onde SH) sono state disposte perpendicolarmente ad un raggio uscente dal foro di sondaggio, ad una distanza di circa 3 m.

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un prospettore sismico *Ambrogeo Echo 24/2010* a 24 bit.

Una volta determinata con qualche misura di prova l'orientazione assoluta più efficace del sistema per massimizzare l'ampiezza di ricezione dei ricevitori e la registrazione di tracce in opposizione di fase, sono state effettuate misure ogni metro di profondità.

Per quanto riguarda l'interpretazione dei tracciati e la determinazione delle velocità di propagazione delle onde sismiche, si è proceduto con un'analisi visuale delle registrazioni, individuando direttamente su ciascuna traccia il tempo di primo arrivo o ricorrendo a tecniche d'interpolazione

ricercando punti caratteristici (picchi o valli) successivi al primo arrivo quando questo non era chiaramente individuabile.

Mediante un'applicazione su foglio elettronico Excel (vedi tabulati allegati), i tempi letti sono stati quindi corretti in funzione dello scarto di trigger (in più o in meno rispetto al tempo di trigger medio) ed infine corretti in funzione della geometria del sistema (posizione della sorgente rispetto al foro ed alla profondità di acquisizione) attraverso la formula:

$$t^* = \frac{z}{d} \cdot t = \frac{z}{\sqrt{z^2 + R^2}} \cdot t$$

dove z è la profondità del ricevitore, d è la distanza effettiva tra sorgente e ricevitore, R la distanza superficiale tra sorgente ed il centro del foro, t il tempo determinato dalle tracce di registrazione e t* il tempo corretto.

Le velocità dei vari strati sono state quindi determinate con la funzione di regressione lineare relativa a ciascuno degli intervalli rettilinei del diagramma tempi di arrivo-profondità, dove ogni punto rappresenta la media dei tempi registrati da entrambi i geofoni (direzione x e direzione y) alla stessa profondità.

**INDAGINI EFFETTUATE**

Geometria del sistema di acquisizione:

*distanza foro - sorgente onde SH: m 3.0*

*distanza foro - sorgente onde P: m 3.0*

**Dati misure down hole**

Registrazioni Nr.	Z [m]	Tp [msec]	Ts [msec]
1	1,00	7,00	31,00
2	2,00	8,00	30,00
3	3,00	9,20	38,00
4	4,00	10,10	42,00
5	5,00	10,80	45,00
6	6,00	11,60	50,00
7	7,00	12,00	51,00
8	8,00	12,80	52,50
9	9,00	13,50	54,00
10	10,00	14,50	57,40
11	11,00	14,80	61,50
12	12,00	15,10	63,00
13	13,00	16,30	65,00
14	14,00	16,70	67,20
15	15,00	17,20	71,20
16	16,00	17,40	73,30
17	17,00	18,80	74,50
18	18,00	19,40	76,00
19	19,00	20,00	80,00
20	20,00	21,00	82,00
21	21,00	22,00	85,00
22	22,00	22,40	87,40
23	23,00	23,00	91,00
24	24,00	23,50	95,00
25	25,00	24,00	97,00
26	26,00	24,30	100,00
27	27,00	24,70	103,00
28	28,00	25,00	104,00
29	29,00	25,30	106,00
30	30,00	26,30	107,00

# INDAGINE SISMICA DOWNHOLE IN FORO DI SONDAGGIO

## Risultati

SR [m]	Tpcorr [msec]	Tscorr [msec]
3,1623	2,2136	9,8031
3,6056	4,4376	16,6410
4,2426	6,5054	26,8701
5,0000	8,0800	33,6000
5,8310	9,2609	38,5872
6,7082	10,3754	44,7214
7,6158	11,0297	46,8764
8,5440	11,9850	49,1573
9,4868	12,8072	51,2289
10,4403	13,8885	54,9792
11,4018	14,2785	59,3330
12,3693	14,6492	61,1190
13,3417	15,8826	63,3354
14,3178	16,3293	65,7083
15,2971	16,8660	69,8173
16,2788	17,1020	72,0445
17,2627	18,5139	73,3664
18,2483	19,1360	74,9659
19,2354	19,7553	79,0210
20,2238	20,7677	81,0928
21,2132	21,7789	84,1457
22,2036	22,1946	86,5986
23,1948	22,8068	90,2356
24,1868	23,3185	94,2664
25,1794	23,8290	96,3091
26,1725	24,1398	99,3409
27,1662	24,5489	102,3700
28,1603	24,8577	103,4081
29,1548	25,1657	105,4373
30,1496	26,1695	106,4690

# INDAGINE SISMICA DOWNHOLE IN FORO DI SONDAGGIO

## Sismostrati con metodo diretto

Descrizione [-]	Profondità [m]
	6
	10
	26
	30

## Valori medi

Vp medio [m/s]	Vs medio [m/s]	g medio [kN/mc]	ni medio	G medio [MPa]	Ed medio [MPa]	E medio [MPa]	Ev medio [MPa]
578,03	134,17	16,65	0,47	30,56	567,2	89,93	526,46
1139,6	389,86	21,08	0,43	326,8	2792,27	937,07	2356,54
1560,98	360,69	19,73	0,47	261,74	4902,46	770,47	4553,46
1970,44	561,01	22,2	0,46	712,34	8787,65	2074,18	7837,87

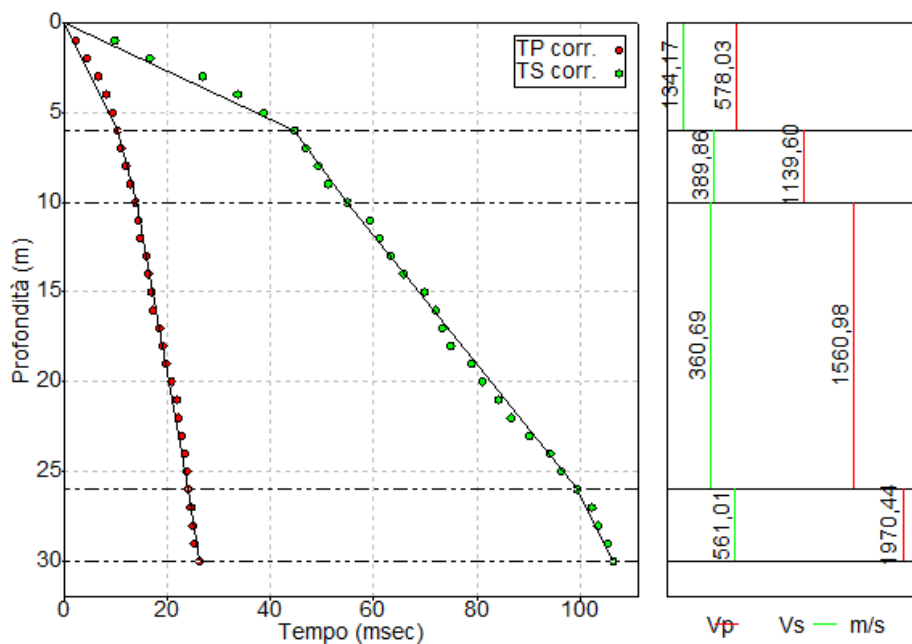
Profondità di riferimento:

30 m

VS30:

281,77 m/s

## Dromocrone



*****

San Giuliano Terme (PI),

2 dicembre 2021

**GAIA Servizi S.r.l.**

**Dott. Jacopo Martini**

**GAIA Servizi S.r.l.**

Via Lenin, 132 - 56017 San Giuliano Terme (PI)

Tel./Fax: 050 9910582 e-mail: info@gaiaservizi.com - p. IVA 01667250508

Pagina 8 di 8