

COMMITTENTE/PROPRIETARIO:



DIREZIONE INVESTIMENTI
PROGRAMMA SOPPRESSIONE P.L. E RISANAMENTO ACUSTICO

PROGETTAZIONE:

RFI – DIREZIONE INVESTIMENTI
PROGRAMMA SOPPRESSIONE P.L. E RISANAMENTO ACUSTICO

SOGGETTO TECNICO:

RFI – DIREZIONE TERRITORIALE PRODUZIONE FIRENZE
S.O INGEGNERIA E TECNOLOGIE

PROGETTO DEFINITIVO

Linea : FIRENZE-PISA

Opera sostitutiva per la soppressione del P.L. posto al Km 78+083

SOTTOVIA CARRABILE al Km 77+826

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA

						ELABORATO N.			
						1.1.6			
NOME FILE					SCALA	DATA			
0814	DXX	GEN	006	A	N.A.	30/09/2014			
REDATTO: PELLEGRINI					CONTROLLATO: PELLEGRINI		REV.	DATA	DESCRIZIONE
					APPROVATO: MARCHETTI		B		
							C		

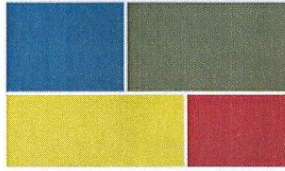
PROGETTISTA
DEI COSTRUTTIVI DI DETTAGLIO



Ing. CLAUDIA MARCHETTI
Ordine degli Ingegneri
di Pisa n° 2002

IMPRESA

ATI
BARALDINI QUIRINO S.p.A. -
ISOFOND S.R.L.



Expertise and Efficiency in Environmental and Engineering Consultancy Services

COMUNE DI PISA
PROGETTO PER SOTTOPASSO IN LOCALITA' PUTIGNANO

RELAZIONE GEOLOGICA

Settembre 2014

Emesso e rivisto da:

Dott. Geol. Massimo Pellegrini



Dott. Geol. Massimo Pellegrini Via C. Colombo, 115 - 55041 Lido di Camaiore (LU) ITALY
Phone: +39058466787 - Mob.: +393391885928 – e mail: massimopellegrini.mp57@gmail.com

INDICE

Pagina

1. – PREMESSA	2
2. - QUADRO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	3
2.1. Quadro Stratigrafico locale.....	5
3. - IDROGEOLOGIA	7
4. CONFRONTO CON QUADRI DI RISCHIO E PERICOLOSITA' VIGENTI.....	9
5. QUADRO GEOTECNICO.....	10
5.3 – Sismicità dell'area	11

1. – PREMESSA

Su richiesta della Baraldini Quirino S.p.A., è stato svolto uno studio geologico preliminare in relazione al progetto di realizzazione di un sottopasso in località Putignano in comune di Pisa. Lo studio è stato finalizzato ad una ricostruzione preliminare del quadro conoscitivo geologico stratigrafico locale e a definire le eventuali problematiche di carattere geologico geotecnico connesse alla realizzazione dell'opera, nonché alla definizione dei necessari accertamenti geognostici da eseguire a supporto della definizione del quadro conoscitivo definitivo e della progettazione esecutiva. L'area oggetto di studio è situata nel Comune di Pisa e si inserisce in una vasta zona già urbanizzata in particolare nella UTOE 30 – S.Ermete – Putignano, Fig.1.

Per la ricostruzione del quadro geologico tecnico preliminare si è fatto riferimento a dati derivanti da studi effettuati in precedenza su aree limitrofe o comunque non distanti da quella in esame¹.



FIG. 1 – Immagine satellitare dell'area (da Google Earth)

¹ - Relazione Geologica sulle indagini a corredo del progetto di demolizione e ricostruzione di fabbricato, ad uso di civile abitazione, posto in via dell'Arginone – Putignano – Pisa. 2012 Dott. Geol. Marchetti Daria;

- STABILIMENTO LAVAGGI – PUTIGNANO PISANO. Rapporto Geologico. Pisa 2004 Getas Petrogeo S.r.l. ;

- R.F.I. Realizzazione opere sostitutive di P.L. nei territori dei comuni di Pisa e San giuliano terme. Progetto Esecutivo. Perugia 2004 RPA S.p.a. .

2. - QUADRO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area oggetto di studio si inserisce in una vasta zona già urbanizzata nella UTOE 30 – S.Ermete-Putignano, ed è ubicata ad una quota altimetrica di 3.00-3.50 m s.l.m.; nella ristretta area di indagine e in aree contermini non sono noti processi geomorfologici e/o fenomeni di dissesto in atto o potenziali, visto anche l'assetto morfologico sostanzialmente pianeggiante e con dislivello tra punto e punto meno che decimetrico.

Dal punto di vista geologico, l'area si colloca all'interno della pianura di Pisa, ben definita al piede meridionale del Monte Pisano e a quello dei Monti d'Oltre Serchio, la cui natura è legata agli sprofondamenti dei bacini di sedimentazione neoautoctoni della Toscana costiera. L'ampia estensione e gli importanti spessori dei depositi della pianura pisana indicano come chiaramente i fiumi Serchio e Arno principalmente, ma anche la rete idrica minore, abbiano nel tempo colmato il bacino costiero, con i maggiori apporti di materiali alluvionali durante le più recenti fasi pleistocenico-oloceniche.

Nell'area in esame, come indicato nella Fig.2, si rinvengono i sedimenti superficiali della pianura, in prevalenza argillosi e limosi, o sabbiosi e limosi, che caratterizzano la maggior parte della Pianura di Pisa. Essi risalgono verosimilmente all'Olocene essendo più o meno tutti collegati al sovralluvionamento che si è sviluppato in questa pianura man mano che il livello del mare risaliva durante la deglaciazione postwurmiana ed è aumentato lo sbarramento a mare ad opera del sistema dei lidi del delta dell'Arno.

In questi sedimenti, accumulatisi durante le frequenti esondazioni del passato, prevalgono le sabbie limose e le argille, nonché livelli di torbe, caratteristiche di zone più basse e quindi soggette a impaludamenti mentre le esondazioni vi trasportavano solo i materiali più fini.

L'area indagata, secondo quanto desunto da indagini penetrometriche e prove MASW condotte in aree limitrofe al sito in esame, è presumibilmente caratterizzata dalla presenza di sedimenti fini, di natura limosa e argillosa, con livelli generalmente discontinui di natura più francamente sabbiosa; saranno altresì presenti, in profondità, orizzonti di argille poco consolidate frammiste a residui di materiale organico

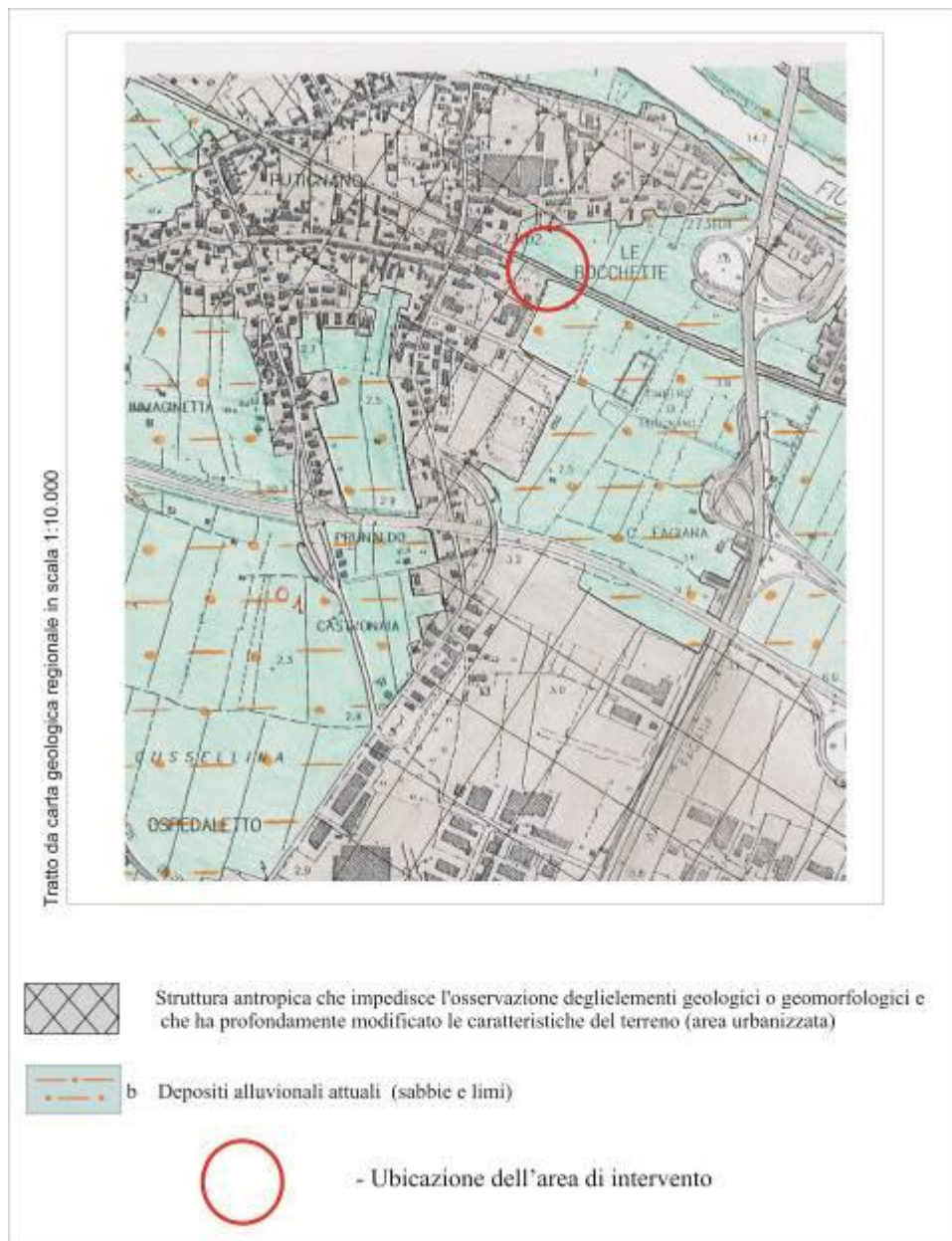


FIG. 2 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO

2.1. Quadro Stratigrafico locale

Per la ricostruzione del possibile quadro geostratigrafico locale si è fatto riferimento alle indagini eseguite in aree prossime a quella di indagini, in particolare nella non lontana area dell'ex stabilimento della Lavaggi e in relazione alla sostituzione del P.L. in Putignano.

Tali indagini permettono di ricostruire un quadro stratigrafico preliminare nei primi 20÷22 metri dal piano campagna, che può essere così sintetizzato:

- Orizzonte A: presente da p.c. a $-5\div-6$ m.

E' costituito prevalentemente da argille, argille limose, e subordinatamente da limi da sabbiosi ad argillosi talora con torba e da limitati orizzonti sabbiosi;

- Orizzonte B: presente da $-5\div-6$.m a $-7\div-8$ m

E' costituito da sabbie e sabbie limose con intercalazioni argillose limose;

- Orizzonte C: presente da $-7\div-8$ m a -13 m

E' costituito da argilla e argilla limosa grigia con torba e fossili e subordinatamente da limi talora sabbiosi;

- Orizzonte D: presente da -13 m a -15 m

E' costituito da sabbie da fini a medio grosse e da sabbie limose con presenza di Fossili e spesso torba;

- Orizzonte E: presente da -15 m

E' costituito da argilla limosa, talora leggermente sabbiosa con torba.

Il quadro ricostruito evidenzia, sostanzialmente, una prevalenza di litotipi argillosi e/o limosi argillosi. Una litologia più francamente sabbiosa è rappresentata dagli orizzonti B e D. Tuttavia è bene precisare che la dinamica fluviale può avere agito e condizionato fortemente il meccanismo di deposizione dei sedimenti e quindi il quadro geostatigrafico può variare anche sensibilmente in funzione della distanza dell'area dall'Arno: una dinamica sedimentaria di origine alluvionale può favorire il deposito di litotipi granulari più grossolani in fregio al corso del fiume Arno ed una prevalenza di quelli più fini nelle aree più distali.

3. - IDROGEOLOGIA

Per la ricostruzione del quadro idrogeologico dell'area, si è ancora fatto riferimento alle indagini precedenti già citate.

Con riferimento al quadro geostatigrafico precedentemente ricostruito, il quadro idrogeologico dell'area può essere così riassunto:

- fino a circa 5-6 m di profondità, si sviluppa un orizzonte costituito da limi, argille, argille limose, talora con torba e con possibili livelli sabbiosi decimetrici lenticolari intercalati, spesso con acqua (Lenti Acquifere superficiali);
- a partire da 5-6 m di profondità, e per uno spessore di circa 1-2 metri, è presente un orizzonte sabbioso con intercalazioni argillose e torba con presenza d'acqua (1° livello acquifero);
- a seguire fino verso i 13 metri si ritrova un orizzonte prevalentemente argilloso;
- tra i 13 e i circa 15 metri si rileva un secondo orizzonte costituito da sabbie da fini a medio grosse e da sabbie limose sede di falda acquifera (2° livello acquifero);
- oltre i 15 metri compaiono nuovamente argille.

Tuttavia, con riferimento alla stratigrafia ad un pozzo profondo realizzato nell'area dell'ex stabilimento della Lavaggi, sono segnalati altri orizzonti acquiferi più profondi separati tra loro da argille, in particolare alle seguenti profondità:

- | | |
|----------------------------|--------------------------|
| - terzo livello acquifero | tra metri 20 e 26 |
| - quarto livello acquifero | tra metri 30 e 35 |
| - quinto livello acquifero | tra metri 55 e 65 |
| - altri livelli produttivi | al di sotto di 70 metri. |

Il livello piezometrico delle falde contenute nelle lenti più superficiali viene segnalato a quote intorno al metro dal piano campagna (Livello statico -0,98 m, da p.c., misura 2004 ex stabilimento Lavaggi). Tali dati sembrano tuttavia compatibili anche con le indagini da RPA per la sostituzione del P.L. (2004), che mettevano in evidenza livelli statici relativamente più superficiali, intorno a -0,5 m dal p.c.. La permeabilità risulta molto bassa e nell'ordine di 10-6 m/sec.

Relativamente alle relazioni esistenti tra i vari orizzonti acquiferi, in particolare tra le lenti acquifere superficiali ed il 1° livello acquifero, quelli eventualmente più interessati dalla realizzazione dell'opera in progetto, i vari studi hanno evidenziato come:

- le lenti sabbiose superficiali sono indipendenti dalla prima falda e non sono in comunicazione tra loro;
- la prima falda è in equilibrio piezometrico col livello del vicino fiume Arno che, nei diversi momenti stagionali, svolge una azione di ricarica o di drenaggio.
- il flusso idrico delle falde è mediamente diretto da Sud verso Nord;
- le quote piezometriche-freatimetriche dimostrano l'assenza di continuità idraulica tra le due falde con una differenza tra i due livelli di circa 2 metri;
- le escursioni stagionali della falda lenticolare superficiale sono di circa 1.0-1.5 metri mentre quelle della I^a falda sono di entità minore nell'ordine dei 50-70 cm.
- I livelli acquiferi più profondi (dal secondo livello in giù), risentono del pompaggio dei pozzi acquedottistici e presentano una piezometria tipica di un cono di depressione da emungimento spinto.

4. CONFRONTO CON QUADRI DI RISCHIO E PERICOLOSITA' VIGENTI

Con riferimento al P.T.C. della Provincia di Pisa, per quanto concerne la vulnerabilità idrogeologica dell'area, la Carta di Vulnerabilità Idrogeologica, evidenzia come l'area ricada in una classe di vulnerabilità media (sottoclasse 3b).

Secondo l'art. 20.1.2 delle Norme del P.T.C., tale sottoclasse corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un grado di protezione mediocre; in essa ricadono, nelle aree di pianura quali quella del caso in esame, le zone in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda compresi tra i 7 ed i 15 giorni, quali quelle interessate da falde libere in materiali alluvionali mediamente permeabili con livelli piezometrici prossimi al piano campagna, quelle di ricarica di acquiferi confinati a bassa permeabilità, quelle consistenti in terrazzi alluvionali antichi costituiti da litologie poco permeabili e direttamente connessi all'acquifero principale, quelle a permeabilità medio-alta ma con superficie freatica depressa per cause naturali.

In riferimento a quanto contenuto nel Piano di bacino del fiume Arno Stralcio: "Rischio Idraulico", normativa di piano entrata in vigore con il D.P.C.M. 6 maggio 2005 "Approvazione del Piano di Bacino del fiume Arno, stralcio assetto idrogeologico" (GU n. 230 del 3/10/2005), l'area in esame ricade in classe di pericolosità idraulica moderata (P.I.2 – stralcio 387), comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno $200 < TR \leq 500$ anni.. Nella normativa di Piano, la norma n°8 prevede che Nelle aree P.I.2 e P.I.1 e nelle aree di ristagno siano consentiti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio.

Esaminando gli elaborati grafici a supporto dello S.U.A. comunale di Pisa, in particolare la Carta della Pericolosità, risulta evidente come l'area di intervento ricada al confine tra la zona classificata come 3a, pericolosità medio-bassa, con tetto delle argille compressibili posto a profondità maggiori di 2 m dal pc, e l'ambito B del Fiume Arno (DCR 230/94). Nelle fasce di territorio inserite in ambito B, come si evince dalla relazione sui rischi geologici ed idraulici del P.S., le classi di pericolosità sono state assegnate in maniera indipendente dalla presenza dell'ambito, applicando quindi sia la 94/85 che la 230/94, il tutto in continuità sostanziale con le zone immediatamente esterne all'ambito. Considerando anche la classificazione P.A.I. Arno (classe P.I.1), è plausibile assegnare all'area in oggetto le condizioni previste per la adiacente classe 3a.

5. QUADRO GEOTECNICO

Le varie indagini eseguite nelle zone limitrofe a quella d'intervento, come già descritto, hanno evidenziato, se si escludono gli intervalli metrici degli orizzonti B e D (ved prg. 3.1), una netta prevalenza di depositi argillosi limosi entro i primi 20 metri dal piano campagna e quindi di terreni a comportamento coesivo entro questo intervallo di profondità.

Con riferimento quindi al quadro geostratigrafico locale ricostruito e ai dati di prove penetrometriche statiche e di laboratorio geotecnico eseguite sui campioni indisturbati, per i primi 10-13 metri dal p.c., è possibile ipotizzare il quadro geotecnico parametrico di seguito illustrato:

- Orizzonte A: presente da p.c. a -5÷-6.0 m.

E' costituito prevalentemente da argille, argille limose, plastiche e discretamente compressibili, e subordinatamente da limi da sabbiosi ad argillosi talora con torba e da limitati orizzonti sabbiosi.

$$\begin{aligned}\gamma &= 18.5\div 19.8 \text{ kN/m}^3 \\ \text{Cu} &= 30\div 80 \text{ kPa} \\ \text{C}' &= 11\div 13 \text{ kPa} \\ \varnothing' &= 22^\circ\div 24^\circ \\ \text{Med} &= 2600\div 4000 \text{ kPa}\end{aligned}$$

- Orizzonte B: presente da -5÷-6.0 m a -7÷-8 m

E' costituito da sabbie e sabbie limose da sciolte a addensate con intercalazioni argillo limose:

$$\begin{aligned}\gamma &= 1.85 \text{ t/m}^3 \\ \text{Dr} &= 30\%\div 60\% \\ \varnothing &= 27^\circ\div 34^\circ\end{aligned}$$

- Orizzonte C: presente da -7÷-8 m a -13 m

E' costituito da argilla e argilla limosa grigia con torba e fossili, da plastica a molto plastica e compressibile e subordinatamente da limi talora sabbiosi.

$$\begin{aligned}\text{Cu} &= 0.30\div 0.45 \text{ kg/cm}^2 \\ \gamma &= 1.85 \text{ t/m}^3 \\ \text{Med} &= 3000\div 4000 \text{ kPa}\end{aligned}$$

I dati ricavati evidenzerebbero quindi la presenza nei primi 10-13 metri dal p.c. di terreni sostanzialmente mediocri. Tuttavia tale quadro andrà confermato, ovvero affinato, con indagini geognostiche puntuali da eseguirsi nell'area interessata dall'opera a supporto del progetto esecutivo, così come prescritto dalle vigenti norme tecniche sulle costruzioni.

In particolare, sarebbe opportuno prevedere la realizzazione di due sondaggi geognostici a carotaggio continuo, ubicati a monte e a valle della ferrovia, spinti fino ad una profondità di 25-30 metri e attrezzati a piezometro. Durante la perforazione potranno essere eseguite prove in foro e prelevati campioni da inviare a laboratorio geotecnico. A completamento del quadro geotecnico, potranno essere realizzate due prove penetrometriche statiche con punta piezoconica CPTU, spinte fino a circa 15 metri di profondità.

5.3 – Sismicità dell'area

La proposta di riclassificazione della Regione Toscana (2006), inserisce il Comune di Pisa in classe 3S. La L.R. Toscana 31 Gennaio 2012 n° 4 ha modificato la classificazione sismica regionale per cui tutte le zone classificate 3S vengono inserite in classe 3. Storicamente questo territorio non è stato interessato da epicentri sismici significativi, ma risente della sismicità di aree circostanti, in particolare:

- La Garfagnana/Lunigiana e la Val di Lima con eventi sismici frequenti di magnitudo elevata (rovinosa 7°-8° MCS) talora disastrosa (distruttrice 9°-10° grado MCS);
- Aree sismiche in mare (dorsali Meloria e Maestra) anch'esse con eventi sismici frequenti ma di magnitudo contenuta;
- Le depressioni tettoniche al margine meridionale della Pianura di Pisa (val di Fine, val d'Era, ecc) con eventi sismici più rari, talvolta disastrosi (vedi il terremoto del 1846 con epicentro a Orciano Pisano classificato come 9° grado MCS).

Fra gli eventi più significativi tuttavia si ricorda quello del 1920 (terremoto che colpì in maniera disastrosa la Garfagnana e la Lunigiana, 9°-10° grado MCS) per il quale a Pisa furono registrate scosse con grado di sismicità intorno al 6° grado MCS, con conseguenze tuttavia molto limitate sull'edificato.

Nell'area interessata dall'intervento, non si riconoscono elementi di possibile amplificazione delle onde sismiche. In linea generale, per terremoti di elevata magnitudo la liquefazione del deposito può essere indotta da un numero, anche ridotto, di cicli di carico poiché a ogni ciclo è associata una sollecitazione dinamica di grande intensità; per contro, in terremoti di minore magnitudo lo stesso effetto si ottiene, chiaramente, solo con un numero superiore di cicli di carico. Tenendo conto di quanto sopra e considerando le stime effettuate da vari autori (Youd e Perkins, 1978) riguardanti valutazioni qualitative del grado di vulnerabilità alla liquefazione nel caso di pianure alluvionali costiere Oloceniche, sulla base del tipo di deposito sedimentario e della sua età, si ritiene ragionevole escludere, per l'area considerata dal presente studio, una rilevante probabilità di liquefazione indotta da eventi sismici, anche tenendo conto delle basse accelerazioni indicate per il territorio del Comune di Pisa. Come dimostrano i dati registrati durante

terremoti documentati storicamente, la liquefazione è probabile con sismi di magnitudo superiore a 6 (7°-8° MCS), con durate di scossa superiori ai 15 sec e accelerazioni $a_{mx} > 0,10g$. Magnitudo dell'entità citata non sono segnalate nel territorio comunale di Pisa neanche in concomitanza del terremoto che colpì in maniera molto distruttiva le vicine colline pisane con epicentro a Orciano Pisano nel 1846 e quello che colpì la Garfagnana e la Lunigiana nel 1920. Il fenomeno della liquefazione richiede, oltre a depositi incoerenti, anche la presenza della falda entro i primi metri dal piano campagna, condizione di fatto rispettata nell'area (falda a circa -1,0 m da p.c.). Tuttavia, il tipo di deposito presente, caratterizzato prevalentemente da sedimenti fini argillosi limoso argillosi ($\phi < 63 \mu m$) e subordinatamente da sabbie fini limose, rende ulteriormente remota la possibilità di incidenza di questo fenomeno.

Per la classificazione sismica sito specifica in via preliminare, rimandando ai necessari approfondimenti che saranno eseguiti a supporto del Progetto esecutivo, si è fatto riferimento ad un'indagine sismica di tipo MASW eseguita non lontano dall'area di indagine (D. Marchetti 2012). La metodologia MASW (multichannel analysis of surface waves) permette di ricavare le velocità di propagazione delle onde trasversali o di taglio S (onde di corpo) nel sottosuolo sfruttando le onde di superficie e, più precisamente, le onde di Rayleigh.

Tale indagine ha evidenziato il seguente quadro sismostratigrafico del sito, identificando 6 sismostrati, a partire dal b.c.:

	Spessore h (m)	Velocità onde SH (m/s)
sismostrato 1	2,2	171
sismostrato 2	2,2	145
sismostrato 3	2,6	167
sismostrato 4	2,8	206
sismostrato 6	inf	175

Da tali dati è possibile determinare il valore di VS 30 e da questo la categoria di suolo di fondazione, secondo quanto stabilito dalla nuova normativa tecnica in tema di progettazione antisismica (D.M. 14/01/2008). Il valore di Vs30, determinato per l'intervallo di profondità 0-30 m, è pari a 174 m/sec. I risultati portano quindi ad un suolo di categoria:

CATEGORIA D

“Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle

proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina)".

Dott. Geol. Massimo Pellegrini

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Massimo Pellegrini". The signature is stylized and cursive, with a large loop at the end.