

Dott. Gianluca Benedetti

- geologo -

Spoleto (PG): p.zza donatori di sangue n 4 - 06049 - tel/fax 0743 840187

Cellulare: 334 2616082

e-mail: geobenegia@libero.it

C.F. BNDGLC67E12I921W

P.I. 02146480542

RELAZIONE GEOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

caratterizzazione di un'area su cui si intende realizzare un impianto per la produzione e lo stoccaggio inerti e relativi edifici accessori (uffici - servizi - impianti di macinazione/frantumazione).

Committente	<i>S.e.a. Snc di Lucci Alberico e Ercole fu Italo</i>
Località	<i>Padule</i>
Comune	<i>Cascia</i>
Provincia	<i>PG</i>



Il geologo

Il progettista

Rif. archivio	<i>Sea snc 01</i>
Data	<i>Aprile 2017</i>

INDICE

1. Premessa ed obiettivi dello studio
2. Inquadramento territoriale
3. Inquadramento cartografico
4. Individuazione catastale e Piano Regolatore Generale
5. Caratteristiche del progetto
6. Caratteristiche geologiche e litologiche
7. Caratteristiche idrogeologiche
8. Emissioni di reflui
9. Pericolosità geologica
10. Conclusioni

TAVOLE

- Tav. 1 - IGM 1/25.000 (stralcio non in scala)
Tav. 2 - CTR 1/10.000 (stralcio non in scala)
Tav. 3 - AEROFOTO anno 2016
Tav. 4 - CATASTALE (stralcio non in scala)
Tav. 5 - MODELLO GEOLOGICO
Tav. 6 - Rapporto di prova analisi su terra e su acqua di falda

ALLEGATI

- All. 1 – Report indagini geognostiche, geotecniche, geofisiche sui terreni di fondazione

1. Premessa ed obiettivi dello studio

La ditta S.e.a. Snc di Lucci Alberico e Ercole fu Italo ha ottenuto l'iscrizione al Registro Provinciale delle Imprese che effettuano attività di recupero dei rifiuti non pericolosi pertanto essa ha la necessità di attrezzare un'area per la messa in riserva finalizzata al recupero di materiali non pericolosi mediante operazioni di selezione, frantumazione-riduzione di volume di rifiuti inerti provenienti da operazioni di demolizioni e costruzioni di cui alle tipologie 7.1 del DM 05.02.98 come modificato dal DM 05.04.06 n 186.

Premesso che la compatibilità urbanistica e l'assenza di vincoli andrà verificata mediante richiesta scritta inoltrata al Comune di Cascia, la presente relazione geologica intende caratterizzare il sottosuolo dell'area progettuale dal punto di vista geologico ed idrogeologico e verificare così la sussistenza di ragioni che possano impedire la realizzazione del progetto.

2. Inquadramento territoriale

L'area d'intervento si colloca nel Comune di Cascia, circa 2 Km a SudEst del capoluogo, in località Maestre Pie (Padule), in prossimità della parte terminale della stretta valle che scende, allungandosi in direzione nord-ovest, dall'abitato di Piè della Selva fino alla piana di Padule.

Le coordinate WGS 84 del sito sono: latitudine 42,713006° – longitudine 13,035211°

La valle si inserisce all'interno dell'ampio sistema a pieghe dell'Appennino umbro-marchigiano, essa si presenta stretta ed allungata da SE verso NW, ha fianchi svasati ed è drenata da un fosso dall'andamento rettilineo che corre, nel tratto in esame, in adiacenza alla strada comunale che delimita a Sud la proprietà e che conduce alla suddetta frazione.

Il terreno su cui si intende sviluppare l'attività di trasformazione degli inerti insiste su un'area caratterizzata da un modellato superficiale sostanzialmente pianeggiante compreso fra le quote di 621 e 623 m s.l.m. immergente blandamente verso SudOvest con una pendenza stimata su base cartografica pari al 3%.

La zona è facilmente raggiungibile dalla strada provinciale n 473 Cascia-Civita.

3. Inquadramento cartografico

Nelle Tav. 1, 2, 3, 4 si riporta l'inquadramento cartografico territoriale come da stralci IGM, CTR, Aerofoto, Catastale.

I.G.M. 1:25.000

Tav. NO – Quadr. IV – Fog. 337 "Norcia"

C.T.R. 1:10.000

337050

Catastale 1:2.000

Fog. n 57 – Part. n 78

4. Individuazione catastale e Piano Regolatore Generale

L'area progettuale interessa direttamente la proprietà (terreno in affitto) della richiedente ditta S.e.a. Snc di Lucci Alberico e Ercole fu Italo ed è catastalmente individuata alla particella n 78 del foglio di mappa n 57 del NCT del Comune di Cascia.

Per quanto riguarda il Piano Regolatore Generale, l'area è censita come agricola.

5. Caratteristiche del progetto

La ditta S.e.a. Snc di Lucci Alberico e Ercole fu Italo ha ottenuto l'iscrizione al Registro Provinciale delle Imprese che effettuano attività di recupero dei rifiuti non pericolosi. Come da iscrizione a tale Registro ad oggi la ditta è autorizzata a svolgere riciclo dei rifiuti non pericolosi.

La suddetta attività si sostanzia con la trasformazione di inerti che da rifiuti non pericolosi vengono, previo adeguato trattamento a secco, trasformati in materia prima secondaria (MPS) e reimmessi nel ciclo produttivo.

La futura attività dell'azienda si articolerà nella lavorazione di inerti non pericolosi provenienti da recuperi e da demolizioni oltre che da terre e rocce da scavo, pertanto la ditta ha la necessità di attrezzare un'area per la messa in riserva finalizzata al recupero di materiali non pericolosi mediante operazioni di selezione, frantumazione-riduzione di volume di rifiuti inerti provenienti da operazioni di demolizioni e costruzioni di cui alle tipologie 7.1 del DM 05.02.98 come modificato dal DM 05.04.06 n 186.

L'attività svolta all'interno dell'insediamento consisterà nelle seguenti fasi operative:

- trasporto delle macchine e attrezzature sul luogo di carico;
- carico dei materiali da contratto (demolizioni e recuperi premio vaglio e separazione di quelli pericolosi);
- trasporto delle macchine e attrezzature presso l'insediamento di lavorazione

In relazione alla tipologia del rifiuto indicato saranno effettuate le seguenti operazioni di recupero:

- R5 riciclo/recupero di altre sostanze organiche dei rifiuti di cui al punto 7.1 del DM 05.02.98 come modificato dal DM 186/2006;
- R10 utilizzo per recuperi ambientali (il recupero è subordinato all'esecuzione del test di cessione sul rifiuto tal quale secondo il metodo in allegato 3 al DM 05.02.98 come modificato dal DM 186/2006;
- R13 messa in riserva dei rifiuti di cui al punto 7.1 del DM 05.02.98 come modificato dal DM 186/2006;

I rifiuti da demolizione arriveranno all'impianto tramite autocarri (iscritti all'Albo Nazionale gestori Rifiuti) dove verranno preventivamente ispezionati per verificare l'assenza di materiali contenenti amianto o altro materiale indesiderato e successivamente pesati per poi scaricare su una piattaforma in calcestruzzo armato e asfalto (piazzola di scarico-stoccaggio) idonea al transito dei mezzi pesanti e dotata di rete di raccolta delle acque meteoriche.

La piazzola avrà un'unica pendenza verso le griglie di raccolta delle acque che verranno successivamente inviate in una vasca di accumulo/sedimentazione di appropriato volume che ne consentirà il recupero/riciclo per l'umidificazione antipolvere dei materiali lavorati e trattate tramite un sistema di decantazione e disoleazione in continuo.

Tutte le acque meteoriche ricadenti sul piazzale saranno trattate e quindi convogliate nella linea interna dell'azienda e successivamente scaricate.

Le piazzole su cui avverrà l'operazione di messa in riserva [R13] dei rifiuti in ingresso, verranno realizzate su superfici pavimentate con misto stabilizzato, in grado di garantire una sufficiente impermeabilizzazione.

La movimentazione dei rifiuti sarà effettuata tramite pala meccanica che preleverà gli inerti dai cumuli di stoccaggio e li trasporterà nella tramoggia di trattamento. Il percorso che effettuerà la pala avverrà per intero sul piazzale pavimentato, sarà inoltre cura della ditta effettuare una periodica pulizia del piazzale tramite raccolta dei residui eventualmente fuoriusciti dalla pala durante la movimentazione.

La frantumazione-riduzione di volume del materiale avverrà in un apposito molino di frantumazione.

Dalla frantumazione-vagliatura si otterrà una materia prima secondaria (MPS) destinata all'edilizia con le seguenti caratteristiche merceologiche:

- sabbia con granulometria 0-10 mm;
- mezz'anello con granulometria 10-30 mm;
- pietrisco con granulometria maggiore di 30 mm.

Ovvero materia prima secondaria da usare per:

- corpo dei rilevati
- sottofondi stradali
- strati di fondazione
- recuperi ambientali, riempimenti e colmate
- strati accessori aventi funzione antigelo, anticapillare, drenante ecc.

L'area di produzione sarà dotata di un impianto di nebulizzazione d'acqua in grado di abbattere la formazione di polvere che si genera durante l'uso del mulino e durante la movimentazione dei materiali sui piazzali.

6. Caratteristiche geologiche e litologiche

L'area d'interesse progettuale si colloca lungo il fondovalle di una stretta struttura che scende, allungandosi in direzione nord-ovest, dall'abitato di Piè della Selva fino alla piana di Padule.

La valle ha fianchi svasati ed è drenata da un fosso dall'andamento rettilineo che corre in adiacenza della strada comunale che delimita a Sud la proprietà e che conduce alla suddetta frazione.

Il modellato superficiale è sostanzialmente pianeggiante ed immergente blandamente verso SudOvest con una pendenza stimata pari al 3%.

Le prove strumentali (geognostiche, geotecniche e geofisiche, cfr. All. 1) eseguite hanno mostrato che i terreni locali sono costituiti da materiali detritici alluvionali ovvero da litici calcarei subarrotondati (ciottoli e ghiaie) e variabile percentuale di matrice sabbiosa-limosa. In superficie le suddette alluvioni sono ammantate da circa 1 m di suolo marrone scuro (cfr. Modello Geologico in Tav. 5).

7. Caratteristiche idrogeologiche

7.1 Deflusso superficiale

La carta topografica dell'IGM mostra che la valle è drenata da un fosso dall'andamento rettilineo che, nel tratto in esame, corre in adiacenza alla strada comunale che delimita a Sud la proprietà e che conduce alla frazione di Piè della Selva.

Il fosso, verso cui fluiscono le acque piovane provenienti dai fianchi vallivi, ha andamento stagionale ed è più basso in quota dell'area progettuale.

Le acque meteoriche locali vengono in buona parte assorbite dai permeabili terreni in affioramento e scendono in profondità senza dare luogo a ristagni superficiali ed alimentano una falda idrica subsuperficiale (-8m dal p.c.). La frazione meteorica che sfugge all'infiltrazione sotterranea defluisce diffusamente lungo i versanti andando in direzione dell'impluvio locale che transita in prossimità del confine meridionale dell'area progettuale. Tale deflusso non da comunque luogo a fenomeni erosivi instabilizzanti.

Inoltre, la differenza di quota fra il fosso e l'area progettuale pone quest'ultima al riparo da rischi di alluvionamento, infatti anche il Piano Stralcio Difesa dalle Alluvioni non censisce fenomeni pericolosi.

I residenti della zona non hanno riferito episodi di alluvionamento dell'area in tempi recenti, ne significativi ristagni d'acqua a seguito di piogge intense.

7.2 Deflusso sotterraneo

Nell'immediato intorno dell'area progettuale non sono presenti sorgenti, gli unici punti d'acqua sono rappresentati dai pozzi dei vicini (siti a SE e a NE) che hanno appunto consentito di misurare il livello statico della falda a – 8 m dal p.c. (aprile 2017).

8. Emissioni di reflui

Dall'insediamento produttivo deriveranno le seguenti tipologie di reflui:

- Acque reflue civili provenienti dai servizi igienici presenti nell'impianto: che saranno smaltiti per subirrigazione non essendo presente la pubblica fognatura ;
- Acque reflue di prima pioggia e di dilavamento provenienti dall'area di messa in riserva dei rifiuti – gestite come rifiuti ; presso le piazzole per la messa in riserva saranno istallate vasche di prima pioggia.
- Acque meteoriche di seconda pioggia proveniente dai piazzali e dalle aree di lavorazione- smaltite mediante le vasche di decantazione.

Al fine di monitorare le caratteristiche qualitative e quantitative dello scarico la ditta effettuerà con regolarità le analisi in autocontrollo delle acque prima dell'immissione nel recapito finale.

A tal proposito si allegano i certificati delle analisi eseguite preventivamente sull'area (cfr. Tav. 6).

In riferimento all'attività svolta, bisogna ricordare che la tipologia del materiale non può essere considerata un potenziale pericolo di inquinamento nei confronti del suolo e sottosuolo. L'impianto tratta rifiuti solidi-non polverulenti che per loro natura non provocano alcun potenziale rischio per il sottosuolo, non rilasciando alcun tipo di sostanza liquida.

Le piazzole su cui avverrà l'operazione di messa in riserva [R13] dei rifiuti in ingresso, verranno realizzate su superfici pavimentate con misto stabilizzato, in grado di garantire una sufficiente impermeabilizzazione.

9. Pericolosità geologica

Le caratteristiche litologiche e morfologiche locali portano alle seguenti conclusioni sulla pericolosità geologica:

- 1) Instabilità gravitativa diretta - ASSENTE: L'area è subpianeggiante e perciò stabile
- 2) Instabilità gravitativa indiretta - ASSENTE: l'area non è raggiungibile da dissesti provenienti da monte, ne se ne individuano a valle che possano retrocedere fino ad interessare il sito progettuale
- 3) Faglia attiva e capace - ASSENTE: le carte geologiche non individuano faglie attive e capaci in prossimità dell'area progettuale
- 4) Subsidenza - ASSENTE: Le condizioni litostratigrafiche ed idrologiche locali non ne rendono possibile l'occorrenza
- 5) Alluvionamento - ASSENTE: L'area non è nella zona d'influenza di alcun corso d'acqua (il fosso a confine ha andamento stagionale ed è più basso in quota dell'area progettuale)
- 6) Erosione - ASSENTE: la cartografia del PAI non censisce l'area fra quelle pericolose, ed anche le condizioni riscontrate in loco la fanno ritenere tale

10. Conclusioni

Ricordato che la compatibilità urbanistica e l'assenza di vincoli andrà verificata mediante richiesta scritta inoltrata al Comune di Cascia, la presente relazione geologica si è proposta di caratterizzare il sottosuolo dell'area progettuale dal punto di vista geologico ed idrogeologico e di verificare così la sussistenza di ragioni che possano impedire la realizzazione del progetto.

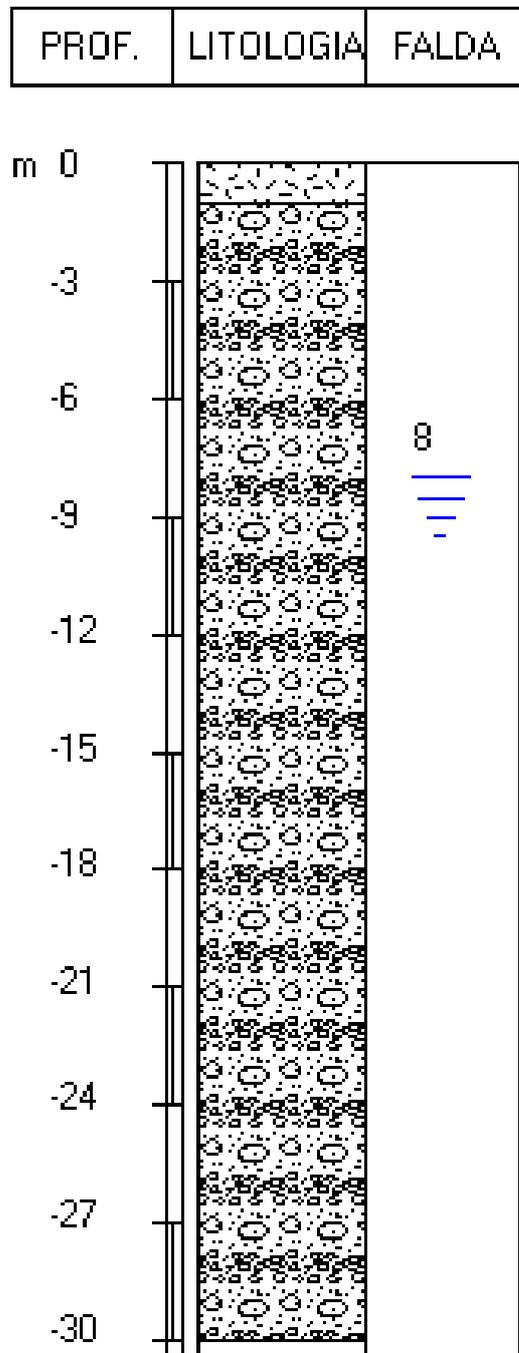
All'esito dei rilievi e delle prove strumentali (geognostiche, geotecniche e geofisiche, cfr. All. 1) eseguite si conclude che dal punto di vista geologico ed idrogeologico nulla osta al progetto di realizzazione dell'area per la produzione e lo stoccaggio inerti e relativi edifici accessori (uffici – servizi – impianti di macinazione/frantumazione).



Tav. 3 - AEROFOTO anno 2016



Tav. 4 - CATASTALE (stralcio non in scala)



Tav. 5 - MODELLO GEOLOGICO

Modello	Rev.	Data	Titolo	Pagina
M-37	00	09/2016	Rapporto di prova	1 di 3

Campione: LS567/2017

		Data	14/04/2017
Cliente:	S.E.A. SOCIETÀ ESCAVAZIONI AUTOTRASPORTI S.N.C. DI LUCCI ALBERICO ED ERCOLE FU ITALO		
Indirizzo:	Loc. Padule - zona industriale	CAP:	06043
Comune:	Cascia	Provincia:	Perugia
Produttore:	S.E.A. Società Escavazioni Autotrasporti S.n.c. di Lucci Alberico ed Ercole Fu Italo		
Indirizzo:	Loc. Padule - zona industriale	CAP :	06043
Comune:	Cascia	Provincia:	Perugia
Provenienza campione: Terreno foglio 57 - part. 78 di proprietà Azienda agraria F.lli Primucci - loc. Padule - Cascia (PG)			
Identificazione campione: Terra da scavo			
Prelievo effettuato da: LabService			
Data prelievo: 10/04/2017			
Procedure di campionamento: UNI 10802:2013			
Scopo analisi: Recupero e riutilizzo (D.Lgs. 152/06 s.m.i.)			
Data ricevimento campione:		10/04/2017	n. verb. prelievo: 05GB
Condizioni di trasporto: Contenitore di vetro			
Conservazione in laboratorio: Campione refrigerato - contenitore di vetro			
Stato del campione all'accettazione: Conforme			

Il rapporto di prova riguarda solo ed esclusivamente il campione sottoposto a prova e non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del laboratorio.

Il laboratorio conserva i campioni e controcampioni, una volta consegnato il rapporto di prova, per due giorni per i deperibili e 30 giorni per quelli non deperibili, salvo diverse disposizioni di legge e/o contrattuali.

I documenti di registrazione della presente prova, i documenti contrattuali ove previsti, compresi il presente documento saranno conservati dal laboratorio per 10anni.

Se nondiversamente specificato, l'incertezza estesa è stata calcolata con un fattore di copertura $k=2$ corrispondente ad un livello di probabilità di circa il 95% o come intervallo di confidenza calcolato ad un livello di probabilità di circa il 95%.

Il simbolo "<" indica che il valore rilevato è inferiore al limite di quantificazione del metodo.

Se non diversamente specificato, le sommatorie sono calcolate mediante il criterio del lower bound (L.B.)

Modello	Rev.	Data	Titolo	Pagina
M-37	00	09/2016	Rapporto di prova	2 di 3

Campione: LS567/2017
Terreni

Prova	Metodo	Risultato	Incert.	U.M.	Data inizio	Data fine	Valori limite Tabella 1 - Allegato 5 - Titolo V della parte IV - D. Lgs. 152/2006 - Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (su secco)	Valori limite Tabella 1 - Allegato 5 - Titolo V della parte IV - D. Lgs. 152/2006 - Siti ad uso commerciale e industriale (su secco)
Idrocarburi (C>12)	EPA 3550C 2007+EPA 8015C 2007	< 5	-	mg/Kg	13/04/2017	13/04/2017	50	750
Idrocarburi leggeri C<12	EPA 5035A 2002+EPA 8260C 2006	< 5	-	mg/Kg	12/04/2017	12/04/2017	10	250
Cadmio	EPA 6010 C 2007	0,43	-	mg/Kg	11/04/2017	13/04/2017	2	15
Cromo totale	EPA 6010 C 2007	17	-	mg/Kg	11/04/2017	13/04/2017	150	800
Piombo	EPA 6010 C 2007	43	-	mg/Kg	11/04/2017	13/04/2017	100	1.000
Rame	EPA 6010 C 2007	36	-	mg/Kg	11/04/2017	13/04/2017	120	600
Zinco	EPA 6010 C 2007	45	-	mg/Kg	11/04/2017	13/04/2017	150	1.500
Scheletro	Metodo H.1 D.M. 138/1999	-	-	%	10/04/2017	11/04/2017	-	-

Le analisi sono state eseguite sulla frazione granulometrica < 2 mm ed espresse sulla totalità dei materiali secchi



1) Terra da scavo.

Modello	Rev.	Data	Titolo	Pagina
M-37	00	09/2016	Rapporto di prova	3 di 3

Campione: LS567/2017

Pareri e interpretazioni

Dai valori ottenuti il campione LS567/2017 risulta conforme ai limiti di legge previsti per il ripristino dei siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale come indicato nella Tabella 1 - allegato 5 - titolo V della parte IV - D. Lgs 152/2006.

Il direttore del Laboratorio



Modello	Rev.	Data	Titolo	Pagina
M-37	00	09/2016	Rapporto di prova	1 di 3

Campione: LS566/2017

		Data	14/04/2017
Cliente:	S.E.A. SOCIETÀ ESCAVAZIONI AUTOTRASPORTI S.N.C. DI LUCCI ALBERICO ED ERCOLE FU ITALO		
Indirizzo:	Loc. Padule - zona industriale	CAP:	06043
Comune:	Cascia	Provincia:	Perugia
Produttore:	S.E.A. Società Escavazioni Autotrasporti S.n.c. di Lucci Alberico ed Ercole Fu Italo		
Indirizzo:	Loc. Padule - zona industriale	CAP :	06043
Comune:	Cascia	Provincia:	Perugia
Provenienza campione:	Pozzo adiacente al terreno foglio 57 - part. 78 di proprietà Azienda agraria F.lli Primucci - loc. Padule - Cascia (PG)		
Identificazione campione:	Acqua di pozzo		
Prelievo effettuato da:	LabService		
Data prelievo:	10/04/2017		
Procedure di campionamento:	APAT CNR IRSA 1030 Man 29 2003		
Scopo analisi:	Controllo potabilità (D.Lgs.31/01 s.m.)		
Data ricevimento campione:	10/04/2017	n. verb. prelievo:	04GB
Condizioni di trasporto:	Campione refrigerato - contenitore di plastica		
Conservazione in laboratorio:	Campione refrigerato - contenitore di plastica		
Stato del campione all'accettazione:	Conforme		

Il rapporto di prova riguarda solo ed esclusivamente il campione sottoposto a prova e non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del laboratorio.

Il laboratorio conserva i campioni e controcampioni, una volta consegnato il rapporto di prova, per due giorni per i deperibili e 30 giorni per quelli non deperibili, salvo diverse disposizioni di legge e/o contrattuali.

I documenti di registrazione della presente prova, i documenti contrattuali ove previsti, compresi il presente documento saranno conservati dal laboratorio per 10anni.

Se nondiversamente specificato, l'incertezza estesa è stata calcolata con un fattore di copertura k=2 corrispondente ad un livello di probabilità di circa il 95% o come intervallo di confidenza calcolato ad un livello di probabilità di circa il 95%.

Il simbolo "<" indica che il valore rilevato è inferiore al limite di quantificazione del metodo.

Se non diversamente specificato, le sommatorie sono calcolate mediante il criterio del lower bound (L.B.)

Modello	Rev.	Data	Titolo	Pagina
M-37	00	09/2016	Rapporto di prova	2 di 3

Campione: LS566/2017
Acque potabili

Prova	Metodo	Risultato	Incert.	U.M.	Data inizio	Data fine	Valori limite D.Lgs. 31/01 s.m.
pH (20°C)	APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003	7,0	-	upH	10/04/2017	10/04/2017	6,5 - 9,5
Alluminio	APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003	110	-	µg/L	11/04/2017	11/04/2017	200
Antimonio	APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003	< 5,0	-	µg/L	14/04/2017	14/04/2017	5,0
Boro	APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003	< 0,1	-	mg/L	11/04/2017	11/04/2017	1,0
Cromo	APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003	< 5	-	µg/L	11/04/2017	11/04/2017	50
Ferro	APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003	45	-	µg/L	11/04/2017	11/04/2017	200
Manganese	APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003	< 5	-	µg/L	11/04/2017	11/04/2017	50
Nichel	APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003	< 5	-	µg/L	11/04/2017	11/04/2017	20
Rame	APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003	< 0,1	-	mg/L	11/04/2017	11/04/2017	1,0
Selenio	APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003	< 3	-	µg/L	14/04/2017	14/04/2017	10
Vanadio	APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003	< 10	-	µg/L	11/04/2017	11/04/2017	50
Arsenico	APAT CNR IRSA 3080 A Man 29 2003	< 1	-	µg/L	14/04/2017	14/04/2017	10
Cadmio	APAT CNR IRSA 3120 B Man 29 2003	< 0,5	-	µg/L	14/04/2017	14/04/2017	5,0
Mercurio	APAT CNR IRSA 3200 A3 Man 29 2003	< 1,0	-	µg/L	14/04/2017	14/04/2017	1,0
Piombo	APAT CNR IRSA 3230 B Man 29 2003	< 1	-	µg/L	14/04/2017	14/04/2017	10
Clozoi	APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003	11	-	mg/L	10/04/2017	10/04/2017	250
Fluoruri	APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003	0,08	-	mg/L	10/04/2017	10/04/2017	1,50
Ione Nitrico (NO3)	APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003	43	-	mg/L	10/04/2017	10/04/2017	50
Ione Nitroso (NO2)	APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003	< 0,05	-	mg/L	10/04/2017	10/04/2017	0,50
Solfati	APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003	6	-	mg/L	10/04/2017	10/04/2017	250
Ione ammonio (NH4)	APAT CNR IRSA 4030 A2 Man 29 2003	0,17	-	mg/L	10/04/2017	10/04/2017	0,50
Carbonio organico totale (TOC)	UNI EN 1484: 1999	1,5	-	mg/L	10/04/2017	10/04/2017	-

Modello	Rev.	Data	Titolo	Pagina
M-37	00	09/2016	Rapporto di prova	3 di 3

Campione: LS566/2017



1) Acqua di pozzo

Il direttore del Laboratorio

Dott. ssa Marta Stramaccia



AII. 1

REPORT INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOTECNICHE, GEOFISICHE SUI TERRENI DI FONDAZIONE

Committente: *S.e.a. Snc di Lucci Alberico e Ercole fu Italo*

Cantiere: *realizzazione di edifici accessori (uffici – servizi – impianti di macinazione e
frantumazione a servizio di un'area per la produzione e lo stoccaggio di inerti)*

Località: *Padule, Comune di Cascia, PG*

Data esecuzione indagini: *23.03.2017*

Ditta esecutrice indagini: *AB Geognostica srls*

La Ditta

AB GEOGNOSTICA S.R.L.S.
P.I. / C.F. : 03382460545
v. nursina n 32, 06049 Spoleto (PG)

Il Geologo



PREMESSA

Il sottosuolo dell'area progettuale è stato indagato con prove geognostiche, geotecniche e geofisiche eseguite in ottemperanza alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC_2008).

Le prove eseguite vengono appresso elencate:

Indagini geognostiche e geotecniche:

n 1 Prova penetrometrica dinamica continua (DPM30)

Indagini geofisiche con strumentazione in superficie:

n 1 Prova MASW

n 1 Prova HVSR

I metodi di esecuzione ed i risultati delle indagini sono esaurientemente esposti nei paragrafi seguenti.

La sintesi dei valori ottenuti è sintetizzata nel Modello Geologico e Geotecnico riportato a fine relazione.

UBICAZIONE DELLE PROVE

Sull'area d'interesse progettuale (campitura celeste) sono state eseguite le prove elencate ed ubicate come riportato in Fig. 1.

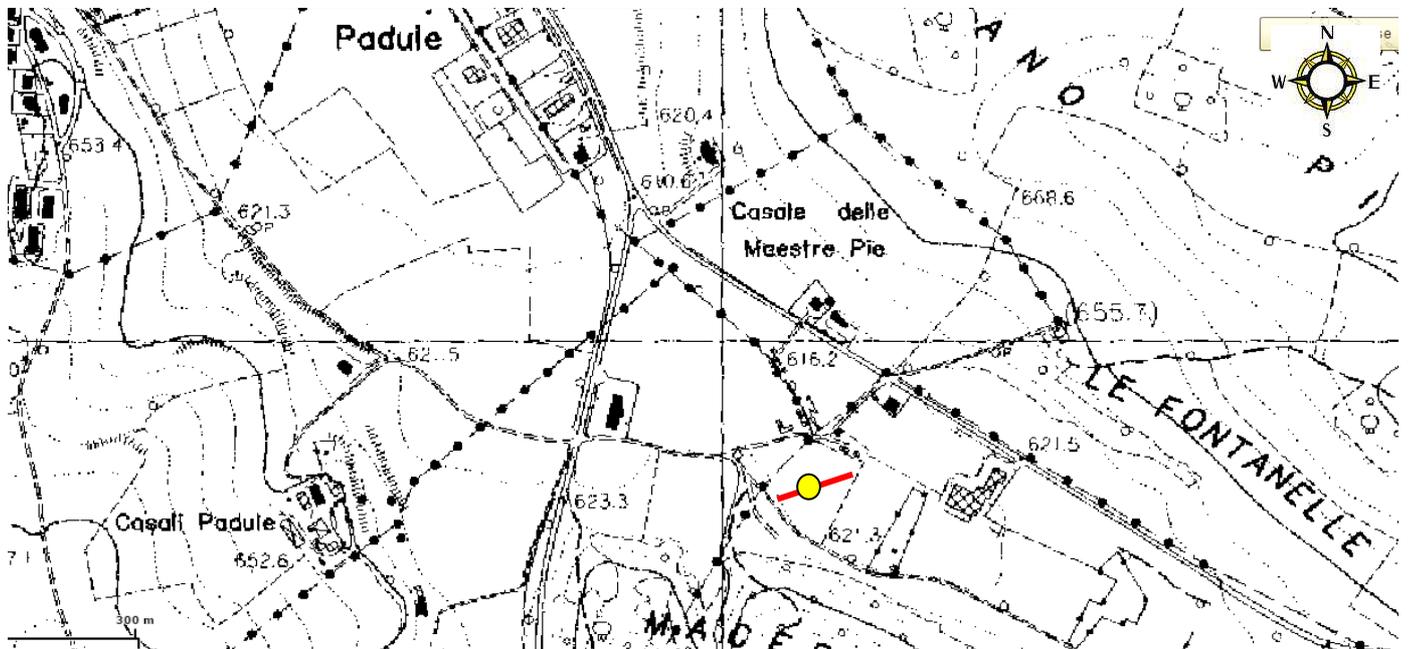


Fig. 1 - Ubicazione delle prove

- prova penetrometrica dinamica continua (DPM30) e prova sismica passiva a stazione singola (HVSr)
- prova sismica attiva in array (MASW)

PROVA DPM30

CARATTERISTICHE TECNICHE ATTREZZATURA USATA

Modello	DL 030 10
Rif. norme	DIN 4094
Peso massa battente (kg) M	30
Altezza caduta libera (cm) H	20
Avanzamento punta (cm) d	10
Diametro punta conica (mm)	35.7
Area base punta conica (cmq) A	10
Angolo punta (°)	60
Lunghezza aste (m)	1
Peso aste (kg)	2.93
Peso sistema battuta (kg)	13
Prof. giunzione prima asta (m)	0.8
Energia specifica per colpo (kg/cmq)	6
Coeff. correl. N _{spt} (-)	0.766
Rivestimento	no

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate in tutto il mondo da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici e scavi per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde idriche e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno. L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, è stato comunque trattato con le opportune cautele alla luce di precedenti esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A, angolo di apertura α
- avanzamento (penetrazione) δ
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof. max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$	25

Penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H=0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha= 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A=20.27$ cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
 massa battente $M=63.5$ kg, altezza caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20$ cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{SPT} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

δ = passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Rpd = resistenza dinamica punta (area A);

e = infissione media per colpo (δ/N);

M = peso massa battente (altezza caduta H);

P = peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = C_N \times N_{60} \text{ con } C_N = \sqrt{(Pa/\sigma'_{vo})} \quad C_N < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \times (ER/60) \times C_s \times C_T \times C_d$$

ER/60: Rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.

C_s : Parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).

C_d : Funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).

C_T : Parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato dato.

Massimo Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media + s Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media - s Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C. Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove $s_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immorsamento $d = 1$ mt..

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$$N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda) .

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.

- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito $< 38^\circ$.
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito $< 38^\circ$).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da D_r %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONALE RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose .
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo $< 5\%$ a profondità < 5 mt. e con % di limo $> 5\%$ a profondità < 3 mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie D_r viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buisman-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck 1948-1967

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss 1978-1981 . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/sec)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

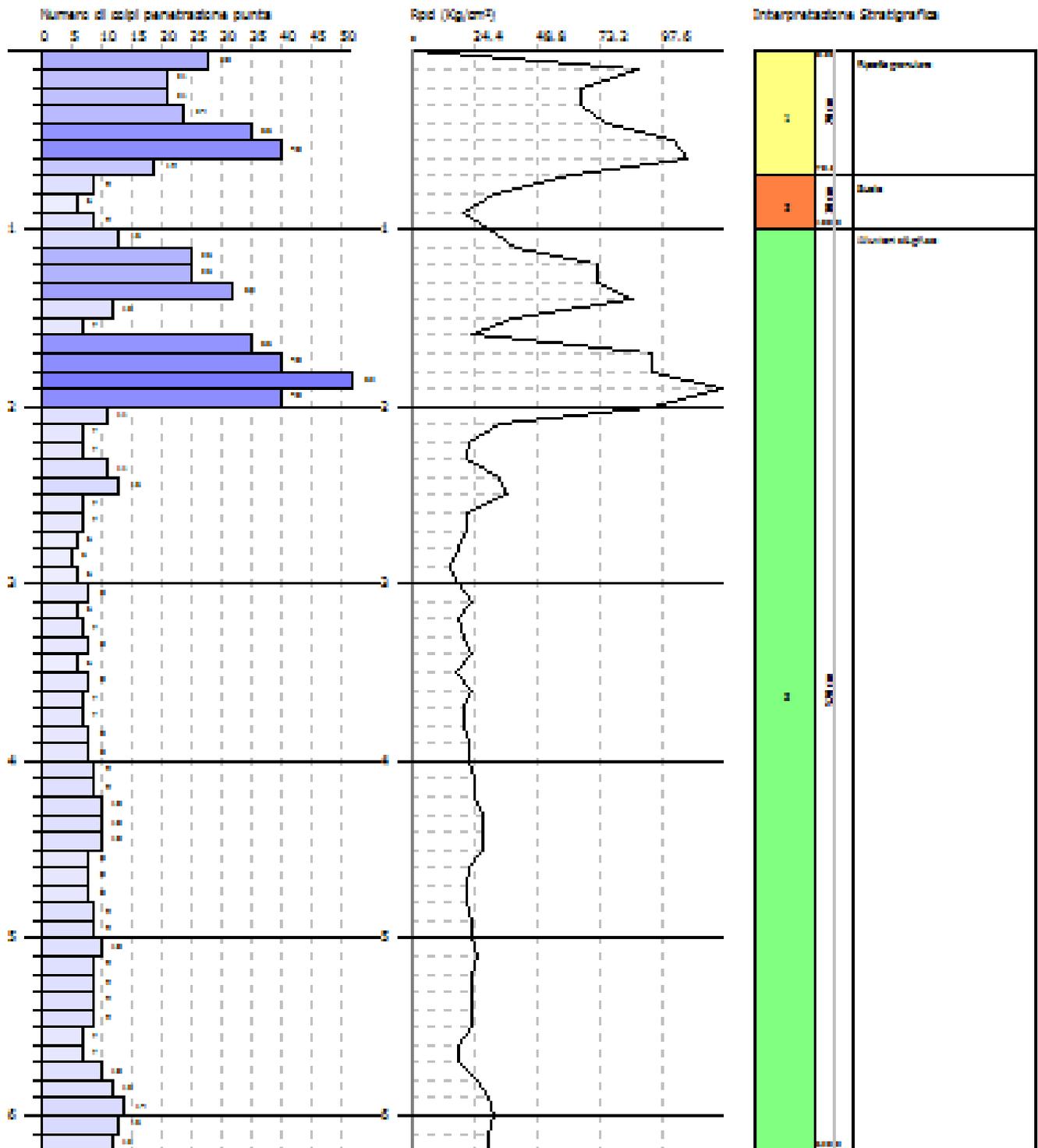
Modulo di reazione (K_0)

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

GRAFICO COLPI / PENETRAZIONE



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1 TERRENI INCOERENTI

PROVA ...1

Strumento utilizzato... DL-30 (60°)
 Prova eseguita in data
 Profondità prova 6.20 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.10	28	0.757	87.86	116.13	4.39	5.81
0.20	21	0.755	65.73	87.10	3.29	4.35
0.30	21	0.753	65.56	87.10	3.28	4.35
0.40	24	0.751	74.73	99.54	3.74	4.98
0.50	35	0.699	101.45	145.16	5.07	7.26
0.60	40	0.647	107.34	165.90	5.37	8.29
0.70	19	0.795	62.66	78.80	3.13	3.94
0.80	9	0.843	31.48	37.33	1.57	1.87
0.90	6	0.842	19.84	23.58	0.99	1.18
1.00	9	0.840	29.70	35.37	1.49	1.77
1.10	13	0.788	40.26	51.09	2.01	2.55
1.20	25	0.736	72.34	98.25	3.62	4.91
1.30	25	0.735	72.17	98.25	3.61	4.91
1.40	32	0.683	85.88	125.76	4.29	6.29
1.50	12	0.831	39.20	47.16	1.96	2.36
1.60	7	0.830	22.82	27.51	1.14	1.38
1.70	35	0.678	93.25	137.55	4.66	6.88
1.80	40	0.626	98.46	157.21	4.92	7.86
1.90	52	0.625	121.32	194.19	6.07	9.71
2.00	40	0.623	93.09	149.38	4.65	7.47
2.10	11	0.822	33.75	41.08	1.69	2.05
2.20	7	0.820	21.44	26.14	1.07	1.31
2.30	7	0.819	21.40	26.14	1.07	1.31
2.40	11	0.817	33.57	41.08	1.68	2.05
2.50	13	0.766	37.17	48.55	1.86	2.43
2.60	7	0.814	21.29	26.14	1.06	1.31
2.70	7	0.813	21.25	26.14	1.06	1.31
2.80	6	0.811	18.18	22.41	0.91	1.12
2.90	5	0.810	14.41	17.79	0.72	0.89
3.00	6	0.809	17.26	21.34	0.86	1.07
3.10	8	0.807	22.98	28.46	1.15	1.42
3.20	6	0.806	17.20	21.34	0.86	1.07
3.30	7	0.805	20.04	24.90	1.00	1.25
3.40	8	0.803	22.86	28.46	1.14	1.42
3.50	6	0.802	17.12	21.34	0.86	1.07
3.60	8	0.801	22.79	28.46	1.14	1.42
3.70	7	0.800	19.91	24.90	1.00	1.25
3.80	7	0.798	19.88	24.90	0.99	1.25
3.90	8	0.797	21.66	27.17	1.08	1.36
4.00	8	0.796	21.63	27.17	1.08	1.36
4.10	9	0.795	24.30	30.57	1.21	1.53
4.20	9	0.794	24.26	30.57	1.21	1.53
4.30	10	0.793	26.92	33.96	1.35	1.70
4.40	10	0.791	26.88	33.96	1.34	1.70
4.50	10	0.790	26.84	33.96	1.34	1.70
4.60	8	0.789	21.44	27.17	1.07	1.36
4.70	8	0.788	21.41	27.17	1.07	1.36
4.80	8	0.787	21.39	27.17	1.07	1.36
4.90	9	0.786	22.99	29.24	1.15	1.46
5.00	9	0.785	22.96	29.24	1.15	1.46
5.10	10	0.784	25.47	32.49	1.27	1.62
5.20	9	0.783	22.90	29.24	1.14	1.46

5.30	9	0.782	22.87	29.24	1.14	1.46
5.40	9	0.781	22.84	29.24	1.14	1.46
5.50	9	0.780	22.81	29.24	1.14	1.46
5.60	7	0.779	17.72	22.74	0.89	1.14
5.70	7	0.778	17.70	22.74	0.88	1.14
5.80	10	0.777	25.25	32.49	1.26	1.62
5.90	12	0.776	29.01	37.37	1.45	1.87
6.00	14	0.725	31.63	43.60	1.58	2.18
6.10	13	0.725	29.33	40.48	1.47	2.02
6.20	12	0.774	28.91	37.37	1.45	1.87

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0.7	26.86	111.39	Incoerente	0	2.01	2.41	0.07	0.78	21.03	Riporto granulare
1	8	32.09	Incoerente	0	1.59	1.89	0.16	0.78	6.26	Suolo
6.2	12.4	44.8	Incoerente	0	1.72	1.92	0.64	0.78	9.71	Alluvioni sb.gh.se

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Intestazione NSPT\$	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Riporto granulare	21.03	0.70	57.62	100	100	52.73
[2] - Suolo	6.26	1.00	27.91	56.51	65.99	24.12
[3] - Alluvioni sb.gh.se	9.71	6.20	28.74	56.62	57.13	32.35

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Riporto granulare	21.03	0.70	21.03	33.01	26.01	33.89	35.7	37.37	42	30-32	32.76	33.31	45.32	35.51
[2] - Suolo	6.26	1.00	6.26	28.79	21.79	29.75	31.89	32.19	0	<30	24.69	28.88	34.39	26.19
[3] - Alluvioni sb.gh.se	9.71	6.20	9.71	29.77	22.77	30.72	29.67	33.56	0	<30	27.07	29.91	36.43	28.94

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Riporto granulare	21.03	0.70	21.03	327.33	168.24	248.85	337.73	180.15
[2] - Suolo	6.26	1.00	6.26	---	50.08	---	---	---
[3] - Alluvioni sb.gh.se	9.71	6.20	9.71	---	77.68	115.28	---	---

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Riporto granulare	21.03	0.70	21.03	126.18	70.66	149.31	131.79
[2] - Suolo	6.26	1.00	6.26	---	40.32	44.45	65.92
[3] - Alluvioni sb.gh.se	9.71	6.20	9.71	---	47.41	68.94	81.31

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Riporto granulare	21.03	0.70	21.03	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
[2] - Suolo	6.26	1.00	6.26	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[3] - Alluvioni sb.gh.se	9.71	6.20	9.71	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
[1] - Riporto granulare	21.03	0.70	21.03	Meyerhof ed altri	2.01
[2] - Suolo	6.26	1.00	6.26	Meyerhof ed altri	1.59
[3] - Alluvioni sb.gh.se	9.71	6.20	9.71	Meyerhof ed altri	1.72

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
[1] - Riporto granulare	21.03	0.70	21.03	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.41
[2] - Suolo	6.26	1.00	6.26	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.89
[3] - Alluvioni sb.gh.se	9.71	6.20	9.71	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.92

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Riporto granulare	21.03	0.70	21.03	(A.G.I.)	0.31
[2] - Suolo	6.26	1.00	6.26	(A.G.I.)	0.34
[3] - Alluvioni sb.gh.se	9.71	6.20	9.71	(A.G.I.)	0.33

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Riporto granulare	21.03	0.70	21.03	1138.63	803.83
[2] - Suolo	6.26	1.00	6.26	364.50	383.37
[3] - Alluvioni sb.gh.se	9.71	6.20	9.71	550.68	501.30

Velocità onde di taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Riporto granulare	21.03	0.70	21.03	Ohta & Goto (1978) Limi	94.62
[2] - Suolo	6.26	1.00	6.26	Ohta & Goto (1978) Limi	91.06
[3] - Alluvioni sb.gh.se	9.71	6.20	9.71	Ohta & Goto (1978) Limi	129.8

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Riporto granulare	21.03	0.70	21.03	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - Suolo	6.26	1.00	6.26	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - Alluvioni sb.gh.se	9.71	6.20	9.71	Seed e Idriss (1971)	--

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - Riporto granulare	21.03	0.70	21.03		---
[2] - Suolo	6.26	1.00	6.26		---
[3] - Alluvioni sb.gh.se	9.71	6.20	9.71		---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Riporto granulare	21.03	0.70	21.03		---
[2] - Suolo	6.26	1.00	6.26		---
[3] - Alluvioni sb.gh.se	9.71	6.20	9.71		---

PROVA MASW E HVSR

STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

La strumentazione impiegata per la prova MASW è un array digitale (*SoilSpy Rosina*, Micromed spa), collegato a geofoni verticali a frequenza propria di 4.5 Hz. La digitalizzazione del segnale avviene direttamente sui geofoni, il che elimina la possibilità di fenomeni di cross-talk lungo il cavo, migliorando il rapporto segnale-rumore. Le acquisizioni sono avvenute alla frequenza di campionamento di 512 Hz. La strumentazione impiegata per le prove HVSR è un tomografo digitale (*Tromino 3G*, Micromed spa) dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) ortogonali. I dati di microtremore ambientale, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti per 8 min. in ciascun sito alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

ESECUZIONE, INTERPRETAZIONE E RISULTATI DELLE PROVE MASW E HVSR

MASW

Il sito ha consentito di dispiegare uno stendimento rettilineo di 10 geofoni verticali a distanze regolari di 2 m (cfr. Fig. 2, tab. in alto).

La sorgente sismica utilizzata è consistita nella caduta di un grave (salto operatore).

La durata della registrazione è stata di 2 s a partire dal superamento del valore di soglia.

Le serie temporali multicanale ottenute sono state elaborate nel dominio frequenza-velocità di fase al fine di discriminare l'energia associata alle onde di Rayleigh ($V_r = 90\% V_s$).

Le curve di dispersione ottenute sono rappresentate dal grafico a contour (cfr. Fig. 2, grafico in basso, in cui il tratteggio celeste rappresenta il primo modo della curva di dispersione teorica per il modello di sottosuolo proposto).

HVSR

La tecnica HVSR (cfr. Appendice) è la tecnica dedicata quando si vogliono mettere in luce le frequenze di risonanza dei terreni. Dalla registrazione del rumore sismico ambientale su terreno è stata ricavata la curva H/V, secondo la procedura classica, descritta per esempio in SESAME (2005), con parametri:

- larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
- lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,
- rimozione dei transienti sulla serie temporale degli H/V.

STRATIGRAFIA SISMICA

Le misure HVSR eseguite sull'area hanno restituito grafici H/V pressochè sovrapponibili e ciò dimostra che il sottosuolo locale è di tipo 1D ossia costituito da strati piani e paralleli e quindi esso è formalmente indagabile con una prova sismica di tipo MASW.

Vs30

Il calcolo della Vs30 è stato ottenuto da fit congiunto della prova MASW (Fig. 2) e HVSR (Fig. 3) dato che la capacità di penetrazione nel sottosuolo della prima prova non è in grado di raggiungere i 30 m previsti dalla normativa (NTC 2008). La prima prova ha quindi fornito la Vs delle coperture, utilizzata come vincolo per stimare la profondità dei riflettori sismici principali presenti fino ad elevate profondità. La seconda prova ha esteso il profilo di velocità fino a grande profondità e permesso di calcolare **Vs30 (1-31m) = 291 ± 60 m/s** e di affermare che il sottosuolo del sito si colloca, secondo l'approccio semplificato di normativa, nella **categoria C** di Tab. 3.2.II di NTC08.

RISONANZE

Le misure di microtremori effettuate a p.c. indicano risonanze a 5.5 Hz (di elevata entità) e a 8.5 Hz (di media entità) (cfr. Average H/V in grafico in alto a sinistra di Fig. 3) dovute ai contrasti d'impedenza fra i sismostrati del sottosuolo locale.

Considerando però che la platea fondale verrà spiccata a circa -1.0 m dal p.c., la riduzione dello strato più superficiale di terreno porta alla significativa attenuazione della risonanza a 5.5 Hz, all'annullamento di quella ad 8.5 Hz con comparsa di altra risonanza (di modesta entità) a 10.5 Hz (cfr. Synthetic H/V from foundation in grafico in alto a sinistra di Fig. 3).

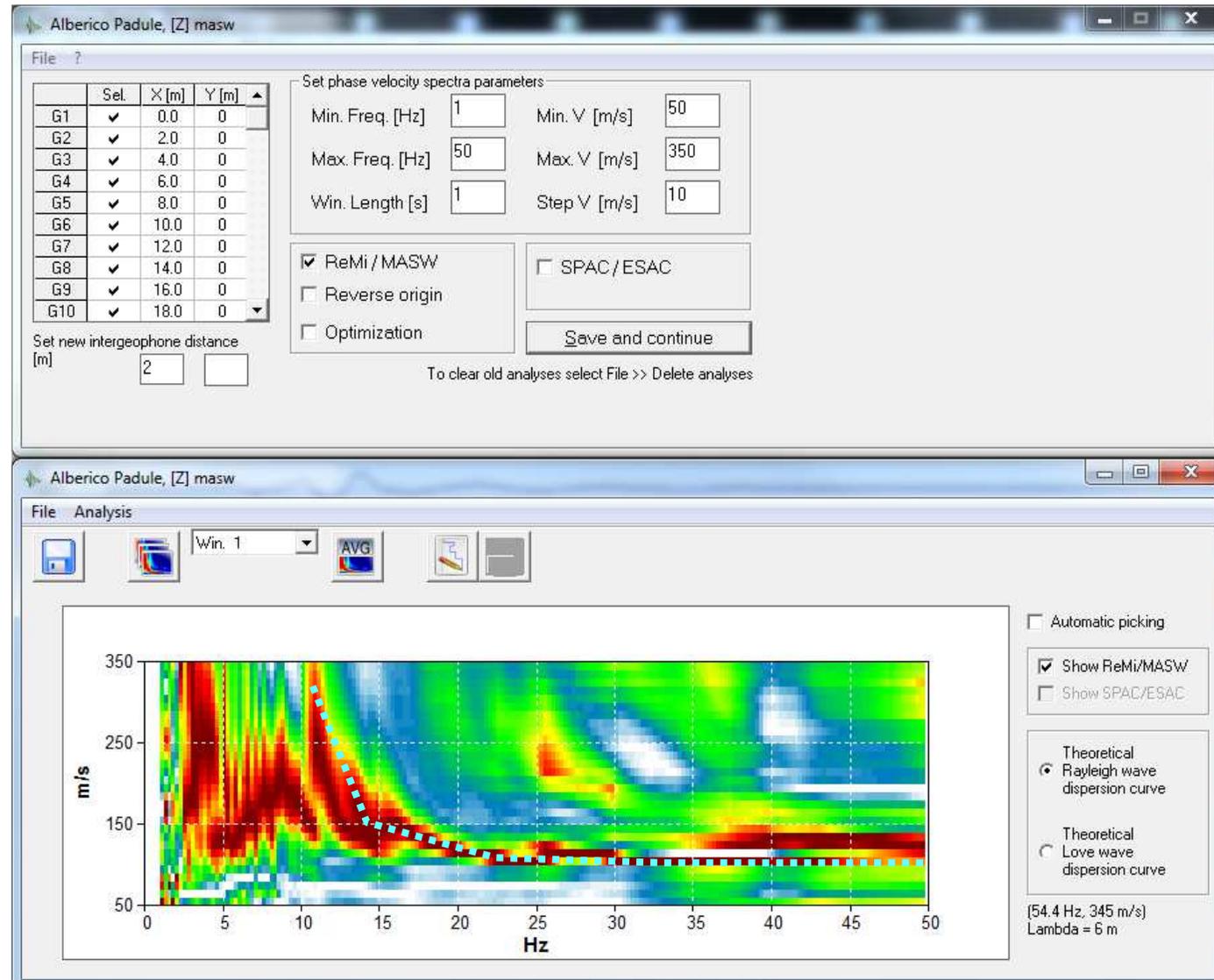


Fig. 2 – prova MASW. In alto la tabella recante la disposizione geometrica dei geofoni. In basso il grafico a contour che rappresenta le curve di dispersione delle onde di Reyleigh.

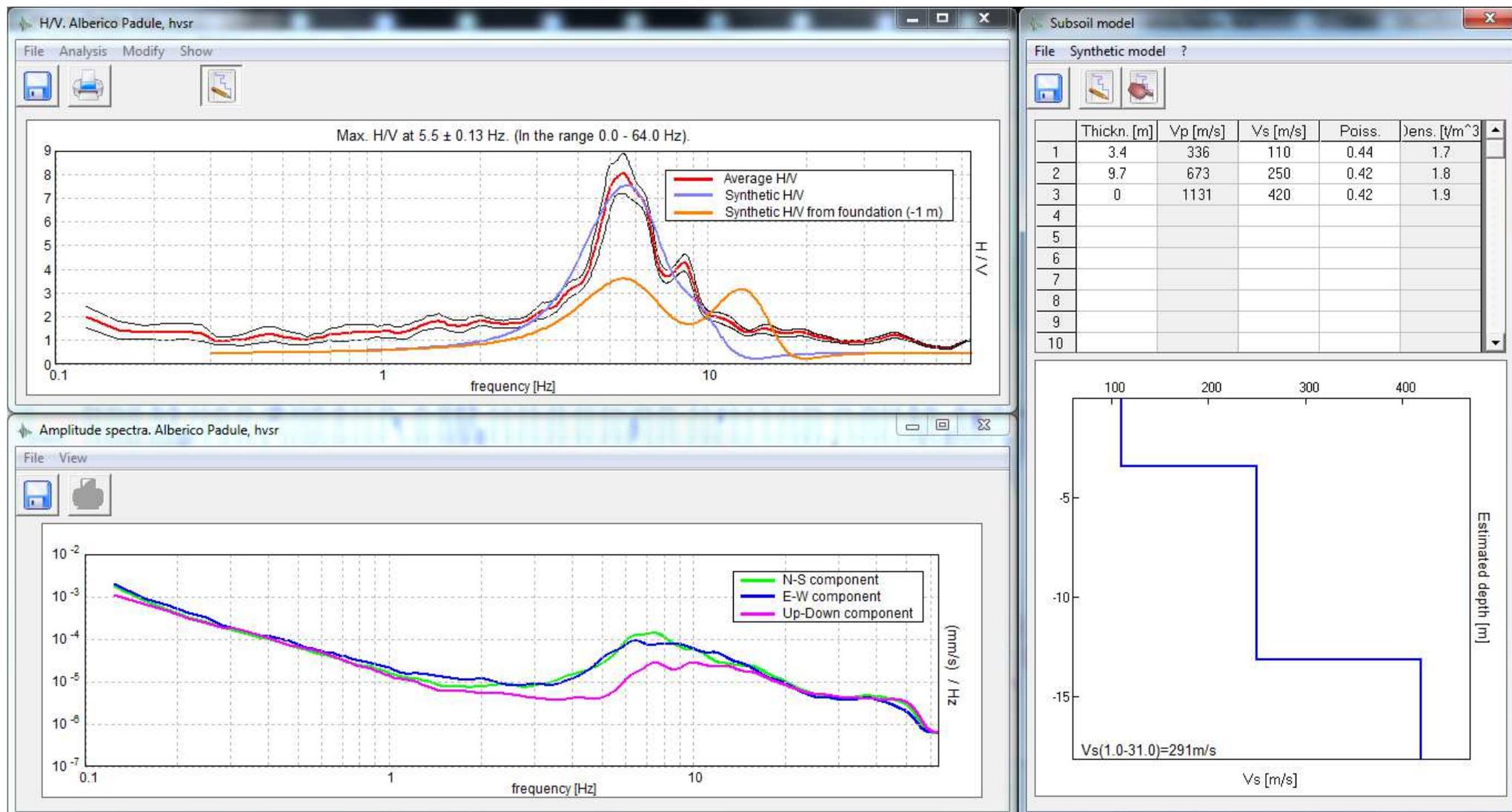


Fig. 3 – Analisi della prova HVSR. In alto a sinistra la curva H/V in cui la linea rossa indica il valore medio strumentale mentre le linee nere laterali indicano l'approssimazione della misura. In basso a sinistra gli spettri di ampiezza in velocità delle tre componenti del moto relativi alla curva H/V. A destra il modello di velocità delle onde di taglio (Vs) del sottosuolo indagato, il valore di Vs30 ed i parametri geofisici di ciascun sismostrato,

CONCLUSIONI

L'indagine sismica realizzata è stata finalizzata alla caratterizzazione delle proprietà sismiche del terreno d'interesse progettuale: frequenze di risonanza, stratigrafia sismica, profilo di Vs del sottosuolo, Vs30.

Le misure HVSR hanno restituito grafici H/V pressochè sovrapponibili e ciò dimostra che il sottosuolo locale è di tipo 1D ossia costituito da strati piani e paralleli e quindi esso è formalmente indagabile con una prova sismica di tipo MASW.

Il calcolo della Vs30, ottenuto da fit congiunto della prova MASW (Fig. 2) e HVSR (Fig. 3), ha definito una **Vs30 (1-31m) = 291 ± 60 m/s** e di affermare che il sottosuolo del sito si colloca, secondo l'approccio semplificato di normativa, nella **categoria C** di Tab. 3.2.II di NTC08.

Le misure di microtremori effettuate a p.c. hanno indicato la presenza di risonanze a 5.5 Hz (di elevata entità) e a 8.5 Hz (di media entità) (cfr. Average H/V in grafico in alto a sinistra di Fig. 3) dovute ai contrasti d'impedenza fra i sismostrati del sottosuolo locale.

Considerando però che la platea fondale verrà spiccata a circa -1.0 m dal p.c., la riduzione dello strato più superficiale di terreno porta alla significativa attenuazione della risonanza a 5.5 Hz, all'annullamento di quella ad 8.5 Hz con comparsa di altra risonanza (di modesta entità) a 10.5 Hz (cfr. Synthetic H/V from foundation in grafico in alto a sinistra di Fig. 3).

APPENDICE

Oggetto della misura: il microtremore sismico ambientale

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato, oltre che dall'attività dinamica terrestre, dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo vicino. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato *ad hoc*, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva. Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale e in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo in un terreno roccioso e pianeggiante presenta l'andamento illustrato in Figura sotto. A tale andamento generale, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie o anche il semplice passeggiare di una persona) e naturali che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

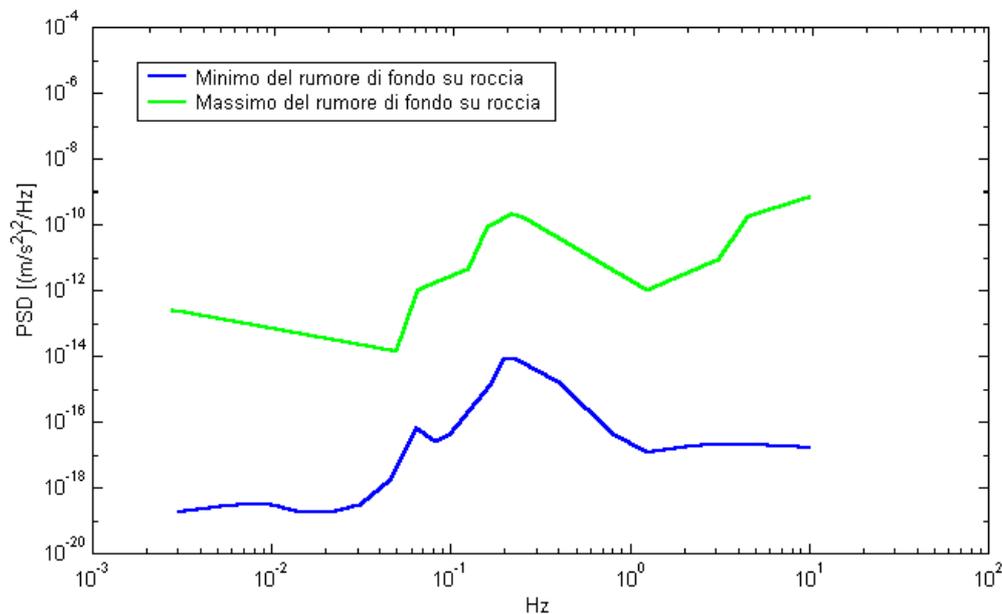


Figura. Modelli standard del rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra secondo il servizio geologico statunitense (USGS). Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.

La tecnica impiegata. Cenni storici.

Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo a partire dagli spettri del rumore sismico registrati in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è la tecnica dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), applicata da Nogoshi e Igarashi (1970). Il metodo fu in seguito reso popolare principalmente da Nakamura (1989) come strumento per la determinazione dell'amplificazione sismica locale. Mentre su questo punto non è ancora stato raggiunto consenso, è invece ampiamente riconosciuto che la curva H/V è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli e, tramite opportuna inversione, delle profondità dei substrati rocciosi sotto le coperture sedimentarie.

Studi recenti hanno dimostrato che ulteriori picchi a frequenza maggiori di quelle del bedrock sono riconducibili a contrasti di impedenza interni alla copertura sedimentaria e picchi a frequenze minori di quella del bedrock sono invece riconducibili a contrasti di impedenza interni al bedrock stesso. Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza

possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo H/V può essere usato come strumento stratigrafico.

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente semplici in un sistema bistrato del tipo sedimenti + bedrock in cui i parametri variano solo con la profondità (1-D). In questi casi la profondità h della discontinuità sismica viene ricavata tramite la formula semplice della risonanza $h = V / (4 f_r)$ o, al più, tramite la formula [1] in cui V_0 è la velocità al tetto dello strato, x un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e f_r la frequenza fondamentale di risonanza (cf. ad esempio Ibs-Von Seht e Wohlenberg, 1999).

$$h = \left[\frac{V_0(1-x)}{4f_r} + 1 \right]^{\frac{1}{1-x}} - 1 \quad [1]$$

Nei sistemi multistrato, teoricamente l'effetto di risonanza è sommabile, ma non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione [1]. L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) il contenuto in frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli 'sintetici', cioè con quelli calcolati relativamente ad un modello. L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini. I modelli sintetici di inversione impiegati in questo lavoro partono dalla modellizzazione del campo d'onde superficiali (onde di Rayleigh e Love) in sistemi multistrato (Aki, 1964; Ben-Menahem e Singh, 1981). L'inversione delle curve H/V per ottenere un profilo di Vs è possibile a patto di disporre di un punto di taratura (es. penetrometria o sondaggio) che fornisca la profondità di un riflettore - anche molto superficiale - riconoscibile nella curva H/V oppure a patto di conoscere la Vs del primo strato a partire da tecniche indipendenti (Mulargia e Castellaro, 2007).

Bibliografia dell'Appendice

- Aki K., 1964. A note on the use of microseisms in determining the shallow structures of the earth's crust, *Geophysics*, **29**, 665-666.
- Ben-Menahem A., Singh S.J., 1981. *Seismic Waves and Sources*, Springer-Verlag, New York.
- Mulargia F., Castellaro S., e Bianconi L., 2005. Stratigrafia sismica passiva: una nuova tecnica accurata, rapida ed economica, *J. Geotech. Environm. Geol.*, **3**, 51-77.
- Mulargia F., Castellaro S. 2007. Vs30 estimates using constrained H/V measurements, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **99**, 761-773.
- Mulargia F., Castellaro S., 2008. The effect of velocity inversions on H/V, *Pure Appl. Geophys.*, **166**, 567-592.
- Ibs-von Seht M. e Wohlenberg J., 1999. Microtremor measurements used to map thickness of soft sediments, *Bull. Seismol. Soc. America*, **89**, 250-259.
- Kanai K., 1957. The requisite conditions for predominant vibration of round, *Bull. Earthquake Res. Inst. Tokyo Univ.*, **31**, 457.
- Nakamura Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimates of subsurface using microtremor on the round surface, *QR of RTRI*, **30**, 25-33.

Profondità (m)	SPT (Nr)	Litologia	Dr (%)	ϕ (°)	C (t/mq)	γ (t/mc)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	E (MPa)	μ (MPa)	K (MPa)
0.00	21	Riperto	65	35	0	1.8	336	110	62	21	174
0.70	6	Suolo	30	25	0	1.5	-	-	-	-	-
1.00	10	Alluvioni granulari	55	30	0	1.8	1131	420	902	318	1880
>30.0*											

* >30.00 m di profondità, dedotti dalle prove geofisiche

Falda a 7/8 m da p.c. (misura pozzo nelle vicinanze).

Dr = densità relativa

ϕ = angolo d'attrito

C = coesione

γ = peso di volume naturale

Vp = velocità onde P

Vs = velocità onde S

E = modulo di elasticità

μ = modulo di rigidità

K = modulo di Bulk

Tab. di riepilogo dei principali parametri fisici e meccanici



MASW



HVSR



DPM30

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Dott. Gianluca Benedetti

- geologo -

Spoleto (PG): via nursina n 32 - 06049 - tel/fax 0743 840187

Cellulare: 334 2616082

e-mail: geobenegia@gmail.com

C.F. BNDGLC67E12I921W

P.I. 02146480542

**Integrazioni alla
RELAZIONE GEOLOGICA ED IDROGEOLOGICA**

caratterizzazione di un'area su cui si intende realizzare un impianto per la produzione e lo stoccaggio inerti e relativi edifici accessori (uffici - servizi - impianti di macinazione/frantumazione).

Committente	<i>S.e.a. Snc di Lucci Alberico e Ercole fu Italo</i>
Località	<i>Padule</i>
Comune	<i>Cascia</i>
Provincia	<i>PG</i>



Il geologo

Il progettista

Rif. archivio	<i>Sea snc 01-01</i>
Data	<i>Aprile 2018</i>

COMUNE DI Cascia

Provincia di Perugia

CERTIFICAZIONE DI COMPATIBILITA' IN MATERIA IDROGEOLOGICA

INTERVENTI EDILIZI CHE INTERESSANO TERRENI VINCOLATI A SCOPI IDROGEOLOGICI - R.D. 3267/1923

ALLEGATA ALLA ISTANZA DI PERMESSO DI COSTRUIRE

(Art. 22 bis legge regionale 18/2/2004, n. 1)

Il sottoscritto GIANLUCA BENEDETTI nato a SPOLETO il 12.05.1967, residente in v. NURSINA 32, tel. 334 2616082, e-mail geobenegia@gmail.com , PEC geobenegia@epap.sicurezza postale.it

in qualità di geologo abilitato iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione UMBRIA con il numero di iscrizione 236 codice fiscale / partita IVA BNDGLC67E12I921W / 02146480542

con riferimento alla istanza per il rilascio di Permesso di Costruire

presentata da *S.e.a. Snc di Lucci Alberico e Ercole fu Italo*

in qualità di: [x] proprietario del terreno

come da dichiarazione redatta dal progettista geom Domenico Salimbeni

e documentazione allegati alla istanza di Permesso di Costruire relativa ad interventi da eseguirsi

in Comune di CASCIA Loc. PADULE Foglio Catastale 57 Particelle 78

Visti gli elaborati di progetto dell'intervento edilizio di cui all'oggetto

Valutata la compatibilità dell'intervento edilizio con le condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrauliche del territorio interessato sulla base della Relazione Geologica, Idrogeologica ed Idraulica [1] allegata al progetto edilizio

CERTIFICA

La compatibilità dell'intervento edilizio con le condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrauliche del territorio interessato

ai fini della documentazione da allegare all'istanza di titolo abilitativo di cui all'art. [17]/[21] della L.R. 1/2004 così come modificata dall'art.[65]/[70] della L.R. 8/2011

La certificazione tiene conto di garantire l'ordinato assetto idrogeologico e la stabilità dei terreni e dei versanti, oltre che la tutela delle falde idriche e la corretta regimazione delle acque superficiali e ne attesta la conformità ai Piani di Settore, alle condizioni e/o prescrizioni riportate nella Relazione Geologica, Idrogeologica ed Idraulica da ritenersi qui integralmente richiamata e trascritta.

Spoletto, 23.04.2018

