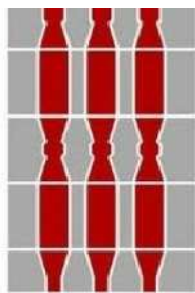


Regione Umbria



Provincia di Perugia



Comune di Perugia



# AREA IMPIANTISTICA DI PIETRAMELINA

LOCALITA' COVILE DI PIETRAMELINA - PERUGIA

Concedente :



Strada S.Lucia, 1/ter - 06125 Perugia (PG)

Concessionario :



Via della Molinella, 7 - Ponte Rio - 06125 Perugia

INSTALLAZIONE DI UN IMPIANTO MICROEOLICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI IN LOC. COVILE DI PIETRAMELINA

TAVOLA:

**B3**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA**

REV. :

**0**

SCALA:

Soggetto Proponente:



GESENU Gestione Servizi Nettezza Urbana S.P.A.  
P.Iva 01162430548  
Presidenza e Sede Amministrativa: Via Danzetta, 7 - 06121 Perugia  
Sede Legale, Impianto e Uffici: Via della Molinella, 7 - 06125 Ponte Rio Perugia  
Tel. 075.57431 | Fax 075.5899732  
e-mail: gesenu@gesenu.it | e-mail certificata: gesenu@legalmall.it  
Sede di Roma - Uffici: Via Mercalli, 80 - 00197 Roma  
Tel. 06.8077668 | Fax 06.8075225

DATA:

**DICEMBRE 2014**

NOME FILE:

Progettazione:



0	DICEMBRE 2014	EMISSIONE	P.U.	P.P.	G.S.
REV.	DATA	OGGETTO EDIZIONE	DIS.	VERIF.	APPR.

# PROVINCIA DI PERUGIA

## COMUNE DI PERUGIA

LOCALITA':

### COVILE DI PIETRAMELINA

PROPRIETA':

### GESENU SPA

OGGETTO:

## PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO MICROEOLICO

TAV:

### RGG\_00

SCALA: Varie

FILE: 053-2014

DATA: Ottobre 2014

OPERA:

## RELAZIONE GEOLOGICA-TECNICA



Studio Geologi Associati

Via XX Settembre, 76  
06124 PERUGIA  
Tel/Fax 075 5721231  
[www.studiogeologiassociati.eu](http://www.studiogeologiassociati.eu)  
[info@studiogeologiassociati.eu](mailto:info@studiogeologiassociati.eu)

dott. geol. Luciano Faralli  
dott. geol. Nello Gasparri  
dott. geol. Riccardo Piccioni  
dott. geol. Luca D. Venanti



dott. Geol. Nello Gasparri

Rif. archivio	Data	Revisione	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
053 - 2014	10/2014	00	Relazione geologica-tecnica - Emissione	NG	NG	

## INDICE

<b>1.0 PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
2.1. Indagini reperite .....	3
2.2. Indagini realizzate.....	3
<b>3.0 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE.....</b>	<b>4</b>
<b>4.0 CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE.....</b>	<b>5</b>
4.1 Inquadramento geologico regionale .....	5
4.2 Scenario litostratigrafico locale.....	5
4.3 Scenario idrogeologico generale.....	6
<b>5.0 CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA.....</b>	<b>7</b>
5.1 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE.....	10
<b>6.0 MODELLO SISMICO DEL SITO.....</b>	<b>11</b>

## 1.0 PREMESSA

Per incarico della Società GESENU S.P.A., è stata effettuata un'indagine geologica per il progetto di realizzazione di un impianto microeolico all'interno della Discarica per Rifiuti non Pericolosi di Pietramelina sita in loc. Covile di Pietramelina nel Comune di Perugia.

Il presente studio è finalizzato alla conoscenza delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche della zona e delle caratteristiche di resistenza dei terreni interessati dall'intervento in progetto che prevede la realizzazione di una pala eolica con altezza al perno di circa 18 m.

L'indagine ha previsto, oltre alla consultazione preliminare delle informazioni bibliografiche esistenti, un rilevamento di superficie geomorfologico e geologico di dettaglio, con particolare attenzione alle condizioni geologiche-geomorfologiche locali, unitamente all'acquisizione dei seguenti dati:

- campagna di indagini geofisiche condotta nel mese di Ottobre 2012 in un lotto adiacente;
- campagna geognostica realizzata al fine di acquisire informazioni di dettaglio sulle condizioni litostratigrafiche e sulle condizioni meccaniche dei terreni presenti che ha previsto la realizzazione di n. 1 saggio con escavatore meccanico

La presente relazione, infine, è stata redatta in ottemperanza alle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008), nonché al D.M. del 21.1.1981 e L. 64/74, e loro successive integrazioni, in considerazione del fatto che la zona di intervento rientra in quelle definite sismiche come zona 2 (ex II° categoria, con grado di sismicità  $S = 9$ ), ovvero a sismicità medio-alta (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 marzo 2003 "Nuove norme tecniche sulla riclassificazione sismica del territorio nazionale" e del D.G.R. del 18 giugno 2003 n. 852 "Approvazione classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria").

In allegato alla presente:

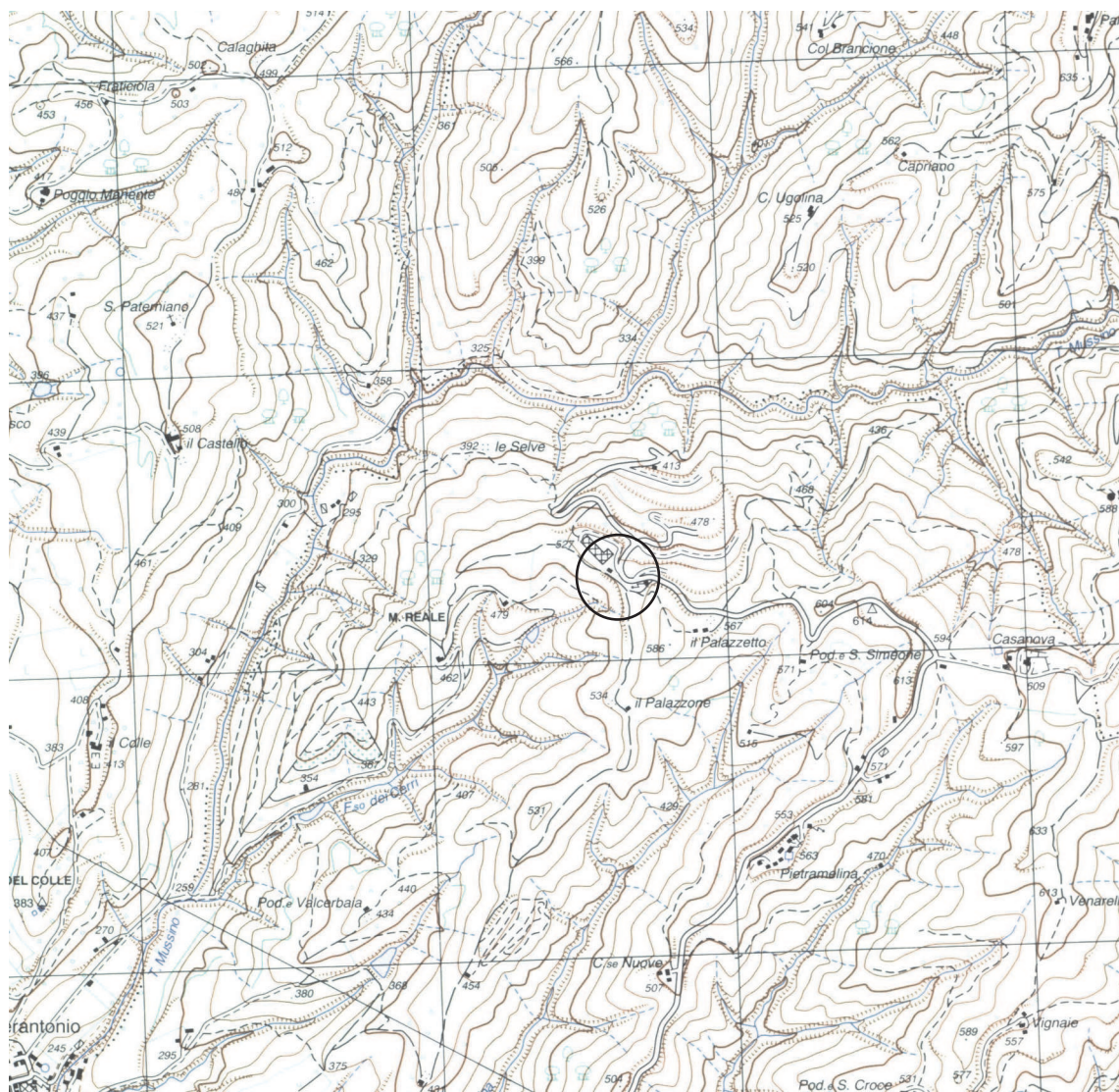
- ❑ Stralcio cartografia I.G.M., a scala 1:25.000 (F° 300 Sez. III "Pierantonio");
- ❑ Planimetria di progetto con ubicazione indagini a scala 1:500;
- ❑ Log stratigrafico del saggio meccanico con documentazione fotografica;
- ❑ Report indagine geofisica.

# INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

## ESTRATTO IGM

### FOGLIO 300 SEZ. III "Pierantonio"

### SCALA 1:25000



○ Area di intervento

## 2.DATI BIBLIOGRAFICI ED INDAGINI DI RIFERIMENTO

Lo studio in oggetto, presa visione della bibliografia e cartografia di riferimento, ha previsto una prima fase di osservazione di superficie, che ha permesso una caratterizzazione litologica generale dei termini affioranti nell'intorno dell'area d'interesse, con particolare attenzione alle condizioni litostratigrafiche, morfologiche ed idrogeologiche d'insieme.

In particolare, per quanto concerne i dati fruibili, ci si è avvalsi della consultazione delle cartografie geologiche ufficiali disponibili (Carta Geologica D'Italia, in scala 1:100.000 - F° 122 "Perugia"; Carta Geologica Regione Umbria, in scala 1:10.000, Sez. 300.100 "Pietramelina"), nonché di dati bibliografici e di studi e indagini recenti, eseguiti nel medesimo contesto geologico-stratigrafico, mentre, sotto l'aspetto geomorfologico ci si è avvalsi della consultazione della cartografia dell'ISPRA, relativa al progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) e della cartografia dell'assetto geomorfologico del P.A.I. eseguita dall'Autorità di Bacino del F.Tevere.

Per un dettaglio dello scenario litostratigrafico locale si è proceduto all'analisi di una campagna di indagini in sito realizzata nel mese di Ottobre 2014 ha previsto l'esecuzione di n.1 saggio con escavatore meccanico Unitamente a ciò per lo condizioni sismich è stata è stata analizzata un'indagine sismica a rifrazione realizzata nel 2012 in una zona adiacente mentre le indicazioni sul comportamento geomeccanico sono state desunte da un approfondito studio condotto all'interno della discarica nel 2011 in una zona più a valle ma con medesimo contesto geologico-geomeccanico.

### 2.1. Indagini reperite

#### Indagine sismica

Campagna di indagini geofisiche anno 2012 nell'area di stretto interesse è stato utilizzato il Profilo A-B, della lunghezza di 72 m. In allegato il report dell'indagine.

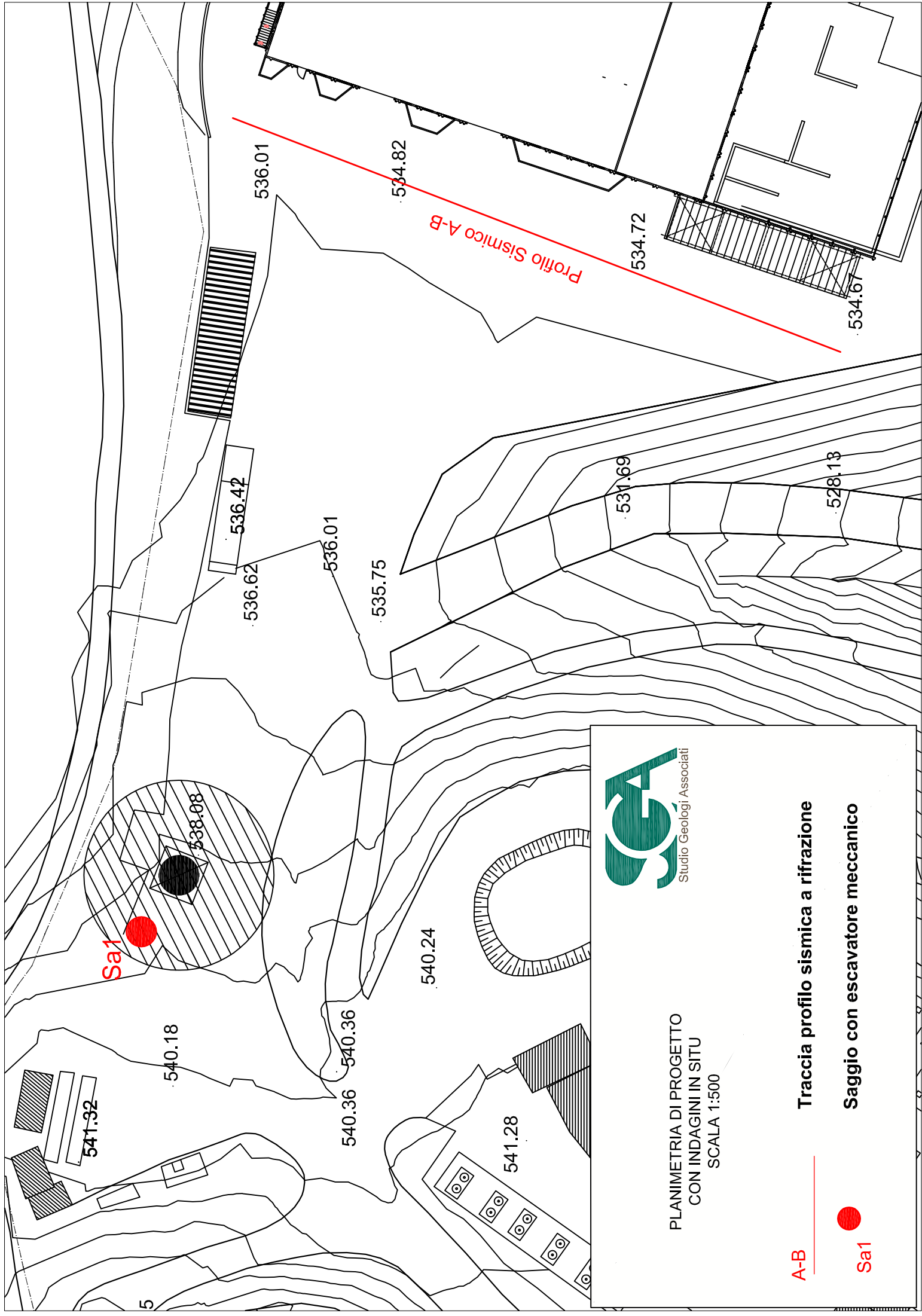
### 2.2. Indagini realizzate

#### Sondaggio

Si tratta di n.1 saggio con escavatore meccanico. In allegato il report dell'indagine

Saggio N.	PROFONDITA' FINALE (m da p.c.)
Sa1	2.0





PLANIMETRIA DI PROGETTO  
CON INDAGINI IN SITU  
SCALA 1:500

- A-B      Traccia profilo sismica a rifrazione
- Sa1      Saggio con escavatore meccanico

### 3.0 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

L'area in esame, posta ad una quota di circa 538 m s.l.m., è ubicata nella zona di monte della colmata/discardica di Pietramelina nella zona di crinale di una struttura collinare (q. max 586 m s.l.m. Palazzetto), inserita tra i rilievi collinari, presente ad Est della Valle del Tevere.

Il versante ha la sua terminazione basale ad una quota di circa 330.0 m s.l.m. in prossimità del Torrente Mussino, con una pendenza media di circa il 28-32% % equivalenti a circa 15°-17°.

L'area oggetto di intervento occupa una porzione sommitale del suddetto versante e nel corso degli ultimi anni ha subito piccoli modellamenti geomorfologici ed attualmente si presenta con un assetto sub-pianeggiante con pendenze inferiori al 5%.

Per quanto concerne l'idrografia superficiale, è già presente una rete di raccolta delle acque superficiali mentre per quanto riguarda la rete idrografica naturale questa si compone di piccoli fossi ortogonali al pendio con portate direttamente relazionate al regime meteorico stagionale, i quali defluiscono in sinistra idrografica verso il Torrente Mussino, presente a valle dell'area di studio e che rappresenta l'elemento idrografico principale dell'area.

Nell'area di specifico interesse non sono stati rilevati indizi morfologici tali da far presupporre fenomeni gravitativi di instabilità, in atto o prevedibili; ciò risulta inoltre confermato dall'analisi della cartografia Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia – Progetto IFFI, dell'Istituto Superiore per la Ricerca e la Protezione Ambientale (I.S.P.R.A.) e dalla cartografia geomorfologica del P.A.I., dell'Autorità di Bacino del F. Tevere.

Nell'ambito d'interesse e nell'immediato contorno non sono stati rilevati fenomeni sorgentizi, di ruscellamento o di ristagno delle acque, le quali risultano sufficientemente drenate dai terreni superficiali o convogliate verso il sistema idrografico naturale esistente.

Considerando le condizioni morfologiche e litologiche rilevate, si ritiene che la realizzazione dell'opera non possa indurre dissesti gravitativi né modificare la stabilità complessiva dell'area.



## 4.0 CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE

Per la ricostruzione preliminare dello scenario litostratigrafico dell'area, dopo la consultazione del materiale bibliografico disponibile, si è fatto riferimento a quanto osservato in superficie ed all'analisi del log stratigrafico del saggio realizzato in seno alla presente fase di progetto.

### 4.1 Inquadramento geologico regionale

Il contesto geologico in esame è da riferire al dominio marino delle Unità Umbro-Romagnole, relativo alla Formazione della Marnoso Arenacea Romagnola, Membro di Galeata (Miocene Medio, *Langhiano p.p.* – *Serravalliano p.p.*), (sigla **FMA<sub>4</sub>** – Carta Geologica Regione Umbria, Sez. 300.100 "Pietramelina", scala 1:10.000).

Tali sedimenti risultano costituiti in bibliografia torbiditi pelitico arenacee in strati da sottili a molto spessi con rapporto A/P molto variabile, ma in genere compreso tra 1/4 e 1/8.

Composizione variabile delle areniti: silicoclastiche di provenienza alpina, carbonatiche provenienti da SE e ibride da SO e da SE.

Lo **strato Contessa-(cs)**, torbidite ibrida di circa 6 m di spessore con coda marnosa di uguale potenza, suddivide il membro in una parte superiore (**litofacies FMA<sub>4b</sub>**) più ricca in torbiditi carbonatiche da una inferiore (**litofacies FMA<sub>4a</sub>**) apparentemente più povera: quest'ultima litofacies **FMA<sub>4a</sub>** è presente nella zona di indagine.

Lo spessore complessivo massimo del membro è mediamente di circa 1200 m.

### 4.2 Scenario litostratigrafico locale

Nell'area direttamente interessata dall'intervento in progetto, da quanto verificato a scala di rilevamento superficiale, unitamente a quanto riscontrato dalle risultanze delle indagini eseguite, il modello litostratigrafico di dettaglio risulta così costituito:

- 0.0 – 0.4 Manto di bitume e massicciata stradale
- 0.4 – 1.6 Limi sabbiosi con presenza di trovanti marnosi.
- 1.6 oltre *Formazione della Marnoso Arenacea Romagnola – Membro del Galeata (FMA<sub>4a</sub>)*, costituito da un'alternanza di marne e peliti prevalenti ed arenarie con sporadici livelli calcarenitici. Le marne e le peliti si presentano a stratificazione sottile mentre i banchi arenacei e calcarenitici sono in banchi di spessore compreso tra 10 e 30 cm. La formazione si presenta a bassa fratturazione con assetto giaciturale uniforme con angoli di inclinazione degli strati compresi tra 10° e 20°. È presente un sistema di joint con assetto subverticale. La formazione è osservabile in porzioni limitrofe e nella porzione occidentale della zona d'intervento lungo un

taglio stradale, ed è costituita da marne e marne siltose, sottilmente stratificate, alternate a arenarie quarzose feldspatiche in strati poco spessi, con rapporto medio A/P 1/6 1/7 . La colorazione è in genere marrone giallastra per le porzioni moderatamente alterate ed alterate e grigia alla frattura fresca. L'assetto strutturale rilevato risulta abbastanza omogeneo: in particolare si osserva, nella porzione di monte della zona in esame, una prevalente immersione verso il quadrante di NE e NO (mediamente tra 337N e 024N) ed angoli d'inclinazione tra 13°-28°, quindi con assetto a franapoggio con angoli d'inclinazione da prossimi a maggiori del pendio.

#### **4.3 Scenario idrogeologico generale**

Le caratteristiche idrogeologiche del sito sono state indagate attraverso la consultazione dei dati di monitoraggio piezometrico eseguito dalla GESENU Spa su alcuni pozzi e piezometri presenti nella zona di valle della discarica.

Le risultanze di tale verifica in rapporto all'area d'intervento in oggetto, evidenziano la presenza di una falda principale profonda, posta ad una profondità variabile da 13.0 a 28.0 m ad p.c.: tali livelli sono stati estrapolati dall'insieme delle letture fornite e risultano i massimi livelli di morbida rilevati dal 1994 ad oggi.

La formazione presente., pur essendo a grande scala di natura poco permeabile, possiede localmente buone circolazioni idriche sia nelle parti colluviali superficiali che nei livelli di tipo arenaceo o calcarenitico dove l'intensissima fratturazione ha indotto una permeabilità secondaria che garantisce tale circolazione.

L'ampiezza del campo di fratture presenti, la diffusione e la loro distribuzione determina la potenzialità dell'acquifero.

In definitiva si ritiene che la falda locale non interferirà con le quote d'interesse progettuale e la porzione di terreni di prima sollecitazione.

I sedimenti costituenti il substrato marnoso ed arenaceo, particolarmente laddove il grado di fratturazione risulta medio basso come nella situazione in esame, sono caratterizzati da valori del grado di permeabilità da medio-basso a basso.

 Studio Geologi Associati	Committente	GESENU SPA		SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Impianto microeolico		Sa1	1
	Località	Covile di Pietramelina- Perugia			
	Data Inizio	10.10.14	Data Fine	10.10.14	Il geologo SGA

Quota	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Falda
- .40	0.40	<div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div>	Manto di bitume e massicciata stradale.	
-1.60	1.20	<div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div>	Limi sabbiosi nocciola con rari clasti marnosi a me dia consistenza (Coltre eluvio colluviale)	
-2.00	0.40	<div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div>	Marne e siltiti nocciola a media fratturazione (For mazione della Marnoso Arenacea Umbra)	



## 5.0 CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA

La caratterizzazione dello scenario geotecnico locale di riferimento, deriva dal modello geologico che è stato ricostruito sulla base delle osservazioni di campagna e dall'analisi dei logs stratigrafici di sondaggi realizzati all'interno della discarica nel 2011 in un analogo contesto geologico.

La ricostruzione del modello stratigrafico locale da adottare risulta come di seguito riportata, utilizzando le condizioni maggiormente cautelative in termini di spessore, ovvero gli spessori massimi indagati e stimati:

0.0-1.6 m Coltre eluvio colluviale di alterazione del basamento litoide

1.6 m ed oltre Formazione della Marnoso Arenacea Romagnola Membro di Galeata costituita da marne e marne siltose duttili e arenarie a comportamento fragile, da poco alterate ad inalterate, moderatamente fratturate.

Ala luce di quanto esposto sopra, nella zona di intervento i parametri meccanici possono essere così definiti:

### Coltre eluvio colluviale (0.0/1.6 m da p.c.)

Parametro		Unità di misura	Minimo	Medio
$\gamma$	peso di volume	KN/m <sup>3</sup>	18.5	19.0
$\phi'$	angolo di attrito efficace	°	26°	28°
$c'$	coesione efficace	kPa	0.0	0.0

La parametrizzazione geotecnica nominale del substrato è stata effettuata tramite la valutazione della resistenza a compressione misurata sulle carote di sondaggio lungo i piani di strato tramite il martello di Schmidt (Schlerometro) e dell'indice GSI (Geological Strenght Index), di caratterizzazione della qualità dell'ammasso roccioso (Hoek et alii, 1995), basandosi sulla tabella di determinazione per rocce flyschoidi (Marinos & Hoek, 2000).

### Valutazione della resistenza a compressione uniassiale:

#### LETTURE CON MARTELLO DI SCHMIDT SU PIANI DI STRATO

Prof.	Tipo	Inc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dir	media
<b>SONDAGGIO S1</b>														
12,38	PS	8	18	20	21	20	22	18	25	23	21	20	▲	22,4
13,68	PS	22	20	14	19	22	23	20	25	21	19	19	▲	22,2
22,50	PS	15	24	26	26	31	26	25	20	22	24	23	▲	26,0
23,37	PS	12	25	30	26	22	23	30	28	26	25	22	▲	28,0
24,39	PS	11	30	26	32	31	30	28	35	28	29	30	▲	31,6
25,34	PS	8	27	26	28	20	24	30	30	26	27	22	▲	28,4
26,44	PS	6	29	21	20	25	27	26	25	21	25	22	▲	26,4
27,33	PS	8	31	30	28	34	30	32	27	26	31	28	▲	31,6

7

#### SONDAGGIO S2

10,21	PS	13	21	24	25	22	24	20	20	17	21	24	▲	23,8
10,80	PS	15	28	30	26	27	30	25	26	30	29	27	▲	29,4
13,46	PS	30	27	31	33	34	31	30	28	30	27	32	▲	32,2
13,76	PS	11	32	34	30	37	28	36	32	33	36	31	▲	35,2
15,25	PS	5	27	28	26	27	27	30	28	31	29	27	▲	29,2
15,90	PS	6	30	32	27	35	34	33	35	30	29	31	▲	33,8
16,55	PS	7	31	31	37	33	32	34	30	31	27	35	▲	34,2
17,20	PS	4	26	24	27	30	26	28	23	31	26	27	▲	27,8
20,80	PS	8	17	20	18	16	21	17	17	16	19	21	▲	19,8
26,59	PS	8	35	37	37	33	36	33	34	37	33	36	▲	36,6
27,37	PS	16	31	33	31	30	33	35	33	34	30	31	▲	33,6
29,60	PS	12	34	31	33	31	33	35	35	35	30	31	▲	34,4

	Valori esclusi		Valore medio dell'ammasso	29,3
--	----------------	--	---------------------------	------

Valutando un peso di volume di 21 KN/m<sup>3</sup>, con una valore indice di Schmidt di 29 dal basso verso l'alto si ha una resistenza a compressione di circa 20.0 Mpa.

#### Valutazione del valore di GSI:

Dall'analisi delle carote e degli affioramenti presenti, risulta una composizione e struttura dell'ammasso di tipo E, con presenza di strati duttili deboli (marne), con strati fragili (arenarie), ed una condizione delle superfici di giunto scadente.

Nelle condizioni sopra esposte si ottiene un valore medio di GSI per l'ammasso indagato tra 25 e 30 (utilizzato cautelativamente 25).

Dai valori del GSI così ottenuto e peraltro in accordo con i dati bibliografici disponibili, è stato possibile ricavare le caratteristiche di resistenza dell'ammasso roccioso, attraverso l'applicazione del noto criterio di rottura di Hoek & Brown (1983), mediante l'utilizzo di un apposito software di calcolo (RockLab Vers.1.0, RockScience, 2001), (Fig.2).

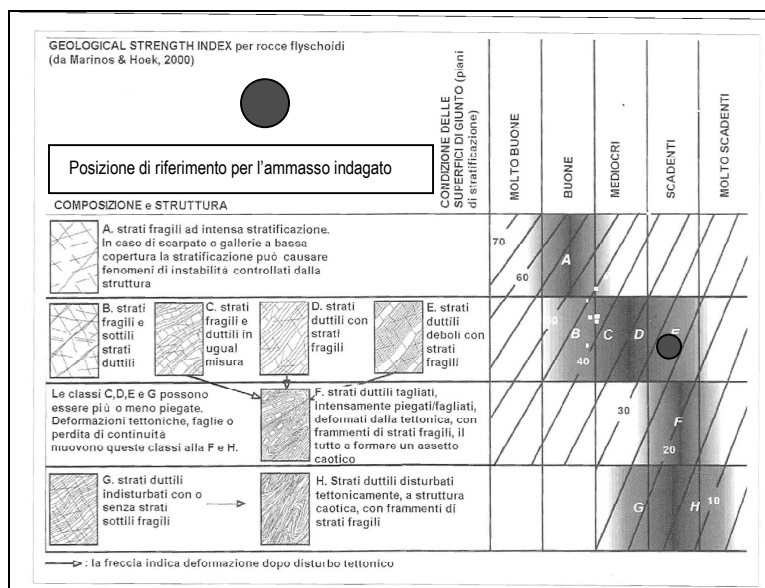


Fig.1 – Indice GSI (da Marinos & Hoek, 2000)

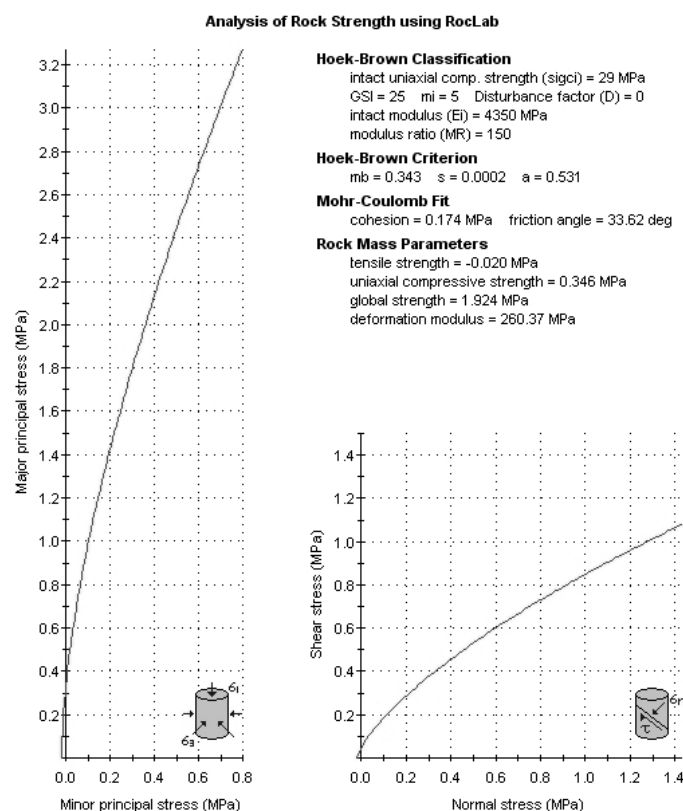


Fig.2 – Caratteristiche di resistenza basamento (Hoek & Brown, 1983)



da cui:

**Formazione della Marnoso Arenacea Romagnola– Membro di Galeata (porzione oltre 10.50 m da p.c.)**

Parametro		Unità di misura	Minimo	Medio
$\gamma$	peso di volume	KN/m <sup>3</sup>	20.5	21.0
$\phi'$	angolo di attrito efficace	°	32°	34°
$c'$	coesione efficace	kPa	100.0	160.0

### 5.1 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Relativamente alla verifica nei confronti della liquefazione dei terreni di fondazione presenti, le NTC 2008 stabiliscono che tale verifica possa essere omessa qualora si verifichi una delle seguenti condizioni:

- Eventi sismici di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
- Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1g;
- Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$ ;
- Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nelle fig. 3 (1a - terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3.5$  e 1b - terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3.5$ ).

In considerazione di quanto sopra esposto, esaminando le caratteristiche granulometriche dei terreni di fondazione presenti, (Substrato litoide riferibile alla Formazione del Macigno s.l.), l'altezza della falda locale, sicuramente superiore ai 15 m dal p.c., non si è proceduto ad alcuna verifica della suscettibilità alla liquefazione ritenendo che gli stessi possono essere classificati come non liquefacibili in fase sismica in riferimento alla normativa vigente.

## 6.0 MODELLO SISMICO DEL SITO

La caratterizzazione sismica del sottosuolo è stata effettuata sulla base delle caratteristiche sismiche, evidenziate nel corso dello studio effettuato.

Il territorio comunale di Perugia è classificato come *zona sismica 2*, come evidenziato dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 marzo 2003 "Nuove norme tecniche sulla riclassificazione sismica del territorio nazionale" e dal D.G.R. del 18 giugno 2003 n. 852 "Approvazione classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria".

In particolare, per la caratterizzazione sismica del sottosuolo viene presa in considerazione uno stendimento sismico A-B realizzato nel 2012: dal punto di vista geologico-geomorfologico il punto di indagine è del tutto assimilabile al punto sotto la verticale del vertice B che evidenzia la presenza in sub-affioramento del substrato litoide con Vs iniziali intorno ai 650 m/s per poi aumentare con valori sopra i 1000-1100 m/s

Si determinano cautelativamente n. 3 layers sismici aventi le seguenti caratteristiche:

N°	NOME	PROFONDITA' BASE LAYER DA P.C. (m)	POTENZA LAYER (m)	Vs media (m/sec)
1	Layer 1	10	10	650
2	Layer 2	10	20	900
3	Layer 3	10	30	1000

Il valore di Vs<sub>30</sub> per il sito d'intervento risulta essere di circa 833 m/s, secondo il seguente calcolo:

$$Vs_{30} = \frac{\sum_{i=1,N} h_i}{\sum_{i=1,M} \frac{h_i}{Vs_i}} = \frac{30}{\frac{10}{650} + \frac{10}{900} + \frac{10}{1000}} = \frac{30}{0,036} = 833 \text{ m/s}$$

Per la caratterizzazione sismica del sottosuolo, secondo quanto previsto dal D.M. del 14 gennaio 2008 Tab. 3.2.II), si assegna la categoria **"A – Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori Vs<sub>30</sub> superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.**

**NTC 2008 - Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo**

Categoria di sottosuolo	Descrizione
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori <math>V_{s30}</math> superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s30}</math> compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero <math>N_{SPT30} &gt; 50</math> nei terreni a grana grossa e <math>c_{u30} &gt; 250</math> kPa nei terreni a grana fine).</i>
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s30}</math> compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero <math>15 &lt; N_{SPT30} &lt; 50</math> nei terreni a grana grossa e <math>70 &lt; c_{u30} &lt; 250</math> kPa nei terreni a grana fine).</i>
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s30}</math> inferiori a 180 m/s (ovvero <math>N_{SPT30} &lt; 15</math> nei terreni a grana grossa e <math>c_{u30} &lt; 70</math> kPa nei terreni a grana fine).</i>
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento ( con <math>V_s &gt; 800</math> m/s).</i>

Per la categoria di sottosuolo individuata, le espressioni relative alla determinazione dei parametri sismici  $S_s$  e  $C_c$  derivano dall'allegata Tab. 3.2.V delle NTC 2008.

**NTC 2008 - Tab. 3.2.V – Espressioni di  $S_s$  e  $C_c$**

Categoria di sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$1,00 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

In considerazione della morfologia del sito, la categoria topografica di riferimento da assegnarsi è T2 (*Pendii con inclinazione media  $i > 15^\circ$* ).



# OSSERVATORIO SISMICO "ANDREA BINA"

B.go XX Giugno, 74 06100 PERUGIA, Tel. 075/34060 P. I.V.A. 01796550547

## CAMPAGNA GEOFISICA PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA DI SITO

(In base a quanto prescritto dalle N.T.C. 14/01/2008)

**Località: Pietramelina - Discarica**

- 1) SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE SH
- 2) MASW IN ONDE DI LOVE
- 3) HVSR



**Lat. 43.279957 Long. 12.418663**

Il Direttore  
(Padre ~~Martino~~ Siciliani)  
*Martino Siciliani*  




# OSSERVATORIO SISMICO "ANDREA BINA"

B.go XX Giugno, 74 06100 PERUGIA, Tel. 075/34060 P. I.V.A. 01796550547

## DESCRIZIONE TECNICA INDAGINI EFFETTUATE ED APPARECCHIATURE UTILIZZATE

Ambito indagine:	<b>INDAGINI GEOFISICHE COMBinate PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA DI SITO (VS30–CLASSE SOTTOSUOLO)</b>
Tipo di indagini:	- n. 2 profili di SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE SH 72 m x2; - n.2 profilo Masw (a traccia coincidente) 72 m x2 - n 2 punti di indagine HVSR
Località:	Discarica di Pietramelina
Strumentazione:	Acquisitore PASI mod. 16S/24 (dinamica 24 bit, acquisitore a 12/24 canali); geofoni orizzontali da 4.5-10 Hz. Geofono 3D 0.2 Hz (Lennartz 5 s)
	Acquisizione: Ottobre 2012

## 1 – SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE SH

E' stata realizzata, nei pressi delle coordinate geografiche riportate in prima pagina, una campagna di sismica a rifrazione in onde SH, Masw ed HVSR, con lo scopo di ricostruire l'assetto sismostratigrafico dei livelli più superficiali e di fornire la velocità delle onde S entro i primi trenta metri, così come indicato dalle N.T.C. del 14/01/2008. La campagna geofisica di sismica a rifrazione è stata eseguita attraverso l'esecuzione di due stendimenti sismici in onde SH di 72 m. Al profilo sono stati associati due profili Masw a traccia coincidente, effettuati a titolo di taratura. La lunghezza dei profili si è rilevata sufficiente per una caratterizzazione sismo stratigrafica del sito.

In rifrazione è stato energizzato con martello pesante con battuta su un piano verticale (su una trave di legno posta con asse maggiore perpendicolare allo stendimento, con contrappeso) per le onde SH. La trave non è stata ancorata a terra ma solamente appoggiata. I sismogrammi sono stati acquisiti con sismografo ad alta dinamica e l'elaborazione è avvenuta in tecnica tomografica. In fase di interpretazione si è cercato di ridurre al minimo l'effetto dell'asfalto. I risultati, comunque, conservano un certo grado di indeterminazione, a causa dei limiti di sito presenti (asfalto e soletta armata). Il software utilizzato per l'analisi tomografica elabora un modello teorico compiendo alcune migliaia di iterazioni sulla base dei primi arrivi delle onde sismiche trasversali. Tale modello viene affinato automaticamente fino a che i dati teorici coincidono il più possibile con quelli acquisiti direttamente nella campagna di indagini sismiche. Attraverso questo tipo di elaborazioni, si riducono sensibilmente gli eventuali errori dovuti a fattori soggettivi di interpretazione. L'elaborato finale fornisce la velocità relativa a singole celle aventi lati inferiori ai due metri. In questo modo possono essere riconosciute con chiarezza anche anomalie laterali di velocità.



# OSSERVATORIO SISMICO "ANDREA BINA"

---

B.go XX Giugno, 74    06100 PERUGIA, Tel. 075/34060    P. I.V.A. 01796550547

---

## INDAGINI GEOFISICHE CON TECNICHE A RIFRAZIONE

### Applicazioni:

- Stratigrafia geologica a piccola e media profondità
- Determinazione della profondità del substrato roccioso
- Studio di fondazioni
- Indagini preliminari per la realizzazione di grandi opere (ferrovie, strade, oleodotti)
- Valutazione del costo di operazioni di scavo e sbancamento
- Valutazione depositi di ghiaia, sabbia, argilla
- Ricerche minerarie

### Metodologia:

La sismica a rifrazione consente di determinare con buona approssimazione la stratigrafia del sottosuolo, limitando così - con notevole risparmio di tempo e denaro - il numero di sondaggi geognostici da effettuare nell'area da investigare.

Un'apparecchiatura per sismica a rifrazione è costituita generalmente da un sismografo e da un gruppo di geofoni (freq. 10-14 Hz): si tratta di energizzare il terreno mediante l'onda d'urto prodotta dall'esplosione di una piccola carica o dall'impatto di una mazza di battuta. Il compito del sismografo è quello di misurare il tempo impiegato dalla perturbazione sismica indotta nel terreno a percorrere la distanza tra la sorgente e ciascun geofono, opportunamente spaziato lungo un profilo. La velocità di propagazione dell'onda sismica dipende dalle caratteristiche elastiche del sottosuolo e dalla sua conformazione; la relazione tra velocità dell'onda e distanza sorgente-geofono (dromocrona) consente - applicando una serie di formule matematiche - di risalire agli spessori degli strati esistenti nel sottosuolo.

## APPARECCHIATURA NECESSARIA PER LA SISMICA A RIFRAZIONE

L'apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prove si deve comporre delle seguenti parti:

- Sistema sorgente;
- Sistema di ricezione;
- Sistema di acquisizione dati;
- Trigger.

## SISMOGRAFO PER RIFRAZIONE PASI 16 S

### Funzioni principali:

- Attivazione filtri: in acquisizione o post-acquisizione
- Filtri antialiasing: attivi, LPF, 6°ordine Butterworth; pend.asint. -36dB/oct (-120dB/dec); accuratezza.  $\pm 1\%$  freq.di taglio
- Start acquisizione: con trigger esterno o comando software (ASAP)
- Trigger: hammer o geofono starter (7 livelli di sensibilità selezionabili via software); inibizione impulsi dovuti a rimbalzi; segnalazione di accettazione impulso
- Guadagni: tutti selezionabili via software
- Enhancement con/senza preview totale/parziale
- Marker per determinare la posizione dei punti video sulla scala dei tempi
- A.G.C. Automatic Gain Control
- Delay: Pre-trigger 0-10ms (step di 1ms); Post-trigger 0-16000ms (step di 1ms)
- Visualizzazione in wiggle-trace o area variabile
- Noise-monitor con visualizzazione "real time" a cascata
- Determinazione risorse disponibili sullo strumento in funzione dello spazio libero su disco
- Trace-size automatica o manuale per ogni canale
- Registrazione automatica delle acquisizioni
- Scaricamento dati a PC via porta seriale tramite software dedicato PCLINK32
- Scaricamento dati a periferiche con collegamento su porta parallela (es. I/Omega ZIP o JAZZ)
- Calibrazioni automatiche : doppia taratura offset, taratura ingressi su tensione di riferimento, taratura guadagno
- Codifica dati in formato SEG-2

## CARATTERISTICHE TECNICHE

Processore: Pentium 266 Intel

Trattamento dati: Floating Point 32-bit

Ambiente operativo: Windows©

Interfaccia multilingue: Italiano,Inglese,Francese,Spagnolo,etc.





# OSSERVATORIO SISMICO "ANDREA BINA"

B.go XX Giugno, 74 06100 PERUGIA, Tel. 075/34060 P. I.V.A. 01796550547

Numero canali: 24  
Puntamento: VersaPoint Mouse  
Display: VGA a colori in LCD-TFT 10.4"  
Supporto di memorizzazione: Hard-Disk 3.2 Gb  
Risoluzione di acquisizione: 24bit con sovracampionamento e post-processing  
Stampante (opzionale): Seiko DPU-414 thermal printer  
Porte dati esterne: RS232, parallela, stampante  
Sensore ambiente interno: temperatura  
Protezioni termiche: prevenzione e controllo surriscaldamenti interni (warning sul display e blocco)  
Compatibilità dati acquisiti: SEG-2  
Connettori cavo geofoni: standard NK-27-21C  
Alimentazione: 12VDC (batteria esterna su richiesta); allarme di batteria scarica  
Temperatura di funzionamento: 0°C ÷ 55°C:  
Umidità: 5% ÷ 90%, non condensante  
Dimensioni fisiche: 50x40x22cm (valigia antiurto)  
Peso: 16 kg

## GEOFONI

Sono stati utilizzati 24 geofoni orizzontali (per le onde SH) e 24 verticali (per le onde P) per sismica a rifrazione. Si tratta di sensori elettromagnetici con frequenza propria di 14 Hz. Sono di tipo elettromagnetico a bobina mobile. Tali dispositivi convertono il movimento del suolo causato dall'energizzazione in tensione. Ogni geofono è collegato, tramite il cavo principale, all'acquisitore.

## SORGENTE DI ENERGIA

Per realizzare i profili sismici richiesti è stato più che sufficiente energizzare con martello pesante. Ciò dipende anche dal fatto che l'acquisitore possiede un'elevata dinamica e un potente sistema di amplificazione del segnale sismico.

## TRIGGER

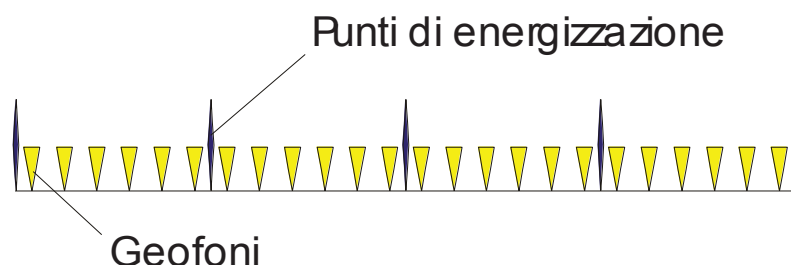
Come sistema di trigger per fornire il tempo zero all'acquisitore, è stato utilizzato un accelerometro piezoelettrico posto in corrispondenza della testa del martello pesante (con sensibilità settabile attraverso il sismografo)

## CONFIGURAZIONE DELLE LINEE SISMICHE

### *Punti di energizzazione:*

Per ogni base sismica (profilo) sono state effettuate cinque registrazioni (scoppi o tiri) equidistanti, secondo il seguente schema:

Estremo a sx	Intermedio a sx	Centrale	Intermedio a dx	Estremo a dx
--------------	-----------------	----------	-----------------	--------------



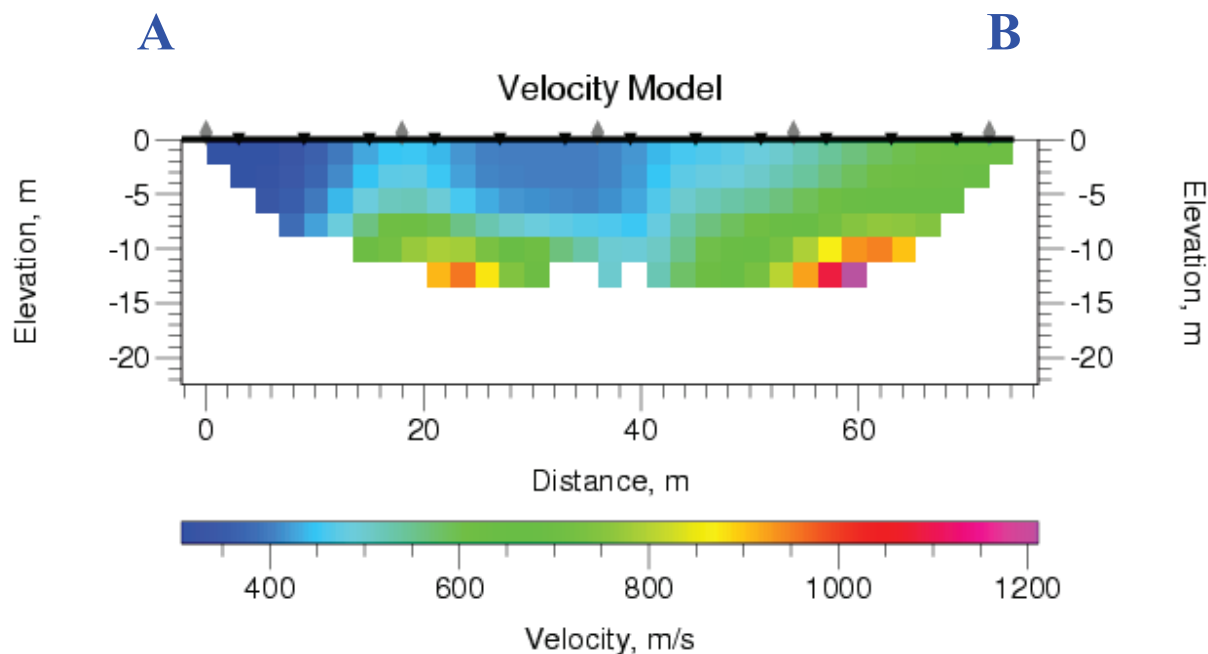


# OSSERVATORIO SISMICO "ANDREA BINA"

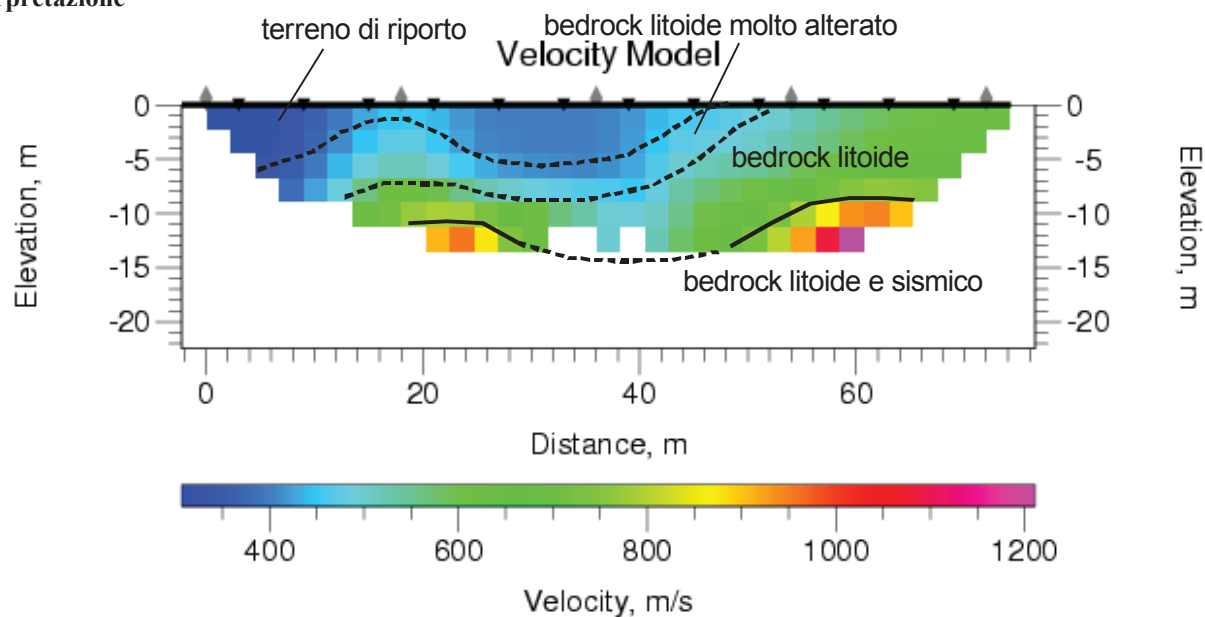
B.go XX Giugno, 74 06100 PERUGIA, Tel. 075/34060 P. I.V.A. 01796550547

## PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE onde SH: TOMOGRAFIA

Sezione A – B onde SH: Modello di velocità (modello multistrato)



### Interpretazione



L'interpretazione sopra riportata assume in questa fase un carattere puramente qualitativo in quanto si basa solamente sulla velocità delle onde SH. Necessita quindi di dati diretti di taratura