



**Regione Abruzzo**  
**Provincia di L'Aquila**  
**Comune di Aielli**



**Oggetto:**

**Progetto di un impianto di trattamento rifiuti speciali e urbani non pericolosi con operazioni di messa in riserva (R13), scambio di rifiuti (R12) e recupero di inerti (R5)**

Dott. Geologo

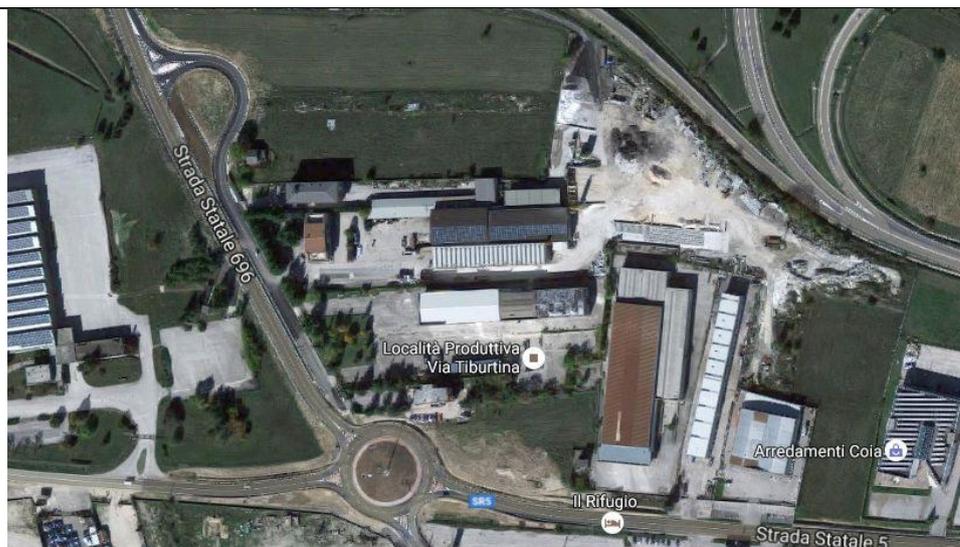
**Luca Rubeis**

Committente:

EKOREC di Mascitti A.  
e Mascitti P. s.n.c.

Indirizzo:

Via Fontegrande, 23  
67043 - Celano (AQ)



## RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA E SISMICA

LUOGO: <b>Sant'Anatolia di Borgorose (RI)</b>	DATA DI EMISSIONE: <b>23/09/2016</b>	CLASSE D'USO DELLA STRUTTURA <b>I</b>
		COORDINATE WGS84 33N: Lon: <b>13.559192</b> Lat: <b>42.05955</b>
TIMBRO E FIRMA:	FIRMA DIGITALE:	

Questo documento è proprietà di Rubeis Luca. A termine di legge si riserva la proibizione di riprodurlo o trasferirlo a terzi senza l'autorizzazione scritta.



Dott. Geol. Luca Rubeis  
Via Equicola Comunale, 75 - 02021  
Sant'Anatolia, Borgorose (RI)  
Tel. 349 77 41 239  
e-mail: [rubeis.luca@gmail.com](mailto:rubeis.luca@gmail.com)  
P.e.c.: [luca.rubeis@pec.geologilazio.it](mailto:luca.rubeis@pec.geologilazio.it)  
P.I.: 01143070579

## **INDICE**

1	<b><u>Premessa e piano di indagine</u></b>	<b>Pag. 3</b>
2	<b><u>Descrizione dell'intervento</u></b>	<b>Pag. 5</b>
3	<b><u>Inquadramento geografico</u></b>	<b>Pag. 6</b>
4	<b><u>Assetto Geologico e Geomorfologico</u></b>	<b>Pag. 8</b>
	<b><u>4.1 Inquadramento geomorfologico e geologico di dettaglio</u></b>	<b>Pag.12</b>
	<b><u>4.2 PAI Piano d'assetto idrogeologico</u></b>	<b>Pag.16</b>
5	<b><u>Assetto Idrogeologico</u></b>	<b>Pag. 18</b>
6	<b><u>Sismicità e pericolosità sismica</u></b>	<b>Pag. 23</b>
	<b><u>6.1 inquadramento sismotettonico</u></b>	<b>Pag.28</b>
	<b><u>6.2 Sismicità storica</u></b>	<b>Pag.30</b>
7	<b><u>Indagini in Situ</u></b>	<b>Pag. 34</b>
	<b><u>7.1 Prove sismiche di tipo MASW</u></b>	<b>Pag.35</b>
	<b><u>7.2 Prove Penetrometriche DPSH</u></b>	<b>Pag.40</b>
	<b><u>7.3 Misura di rumore ambientale prova HVSR</u></b>	<b>Pag.44</b>
	<b><u>7.4 Prove di permeabilità</u></b>	<b>Pag.49</b>
8	<b><u>Azioni sismiche di progetto</u></b>	<b>Pag. 53</b>
9	<b><u>Stratigrafia del sottosuolo e Caratterizzazione geotecnica</u></b>	<b>Pag. 56</b>
10	<b><u>Conclusioni</u></b>	<b>Pag. 57</b>
11	<b><u>Allegati:</u></b>	<b>Pag. 58</b>



Le indagini pianificate ed eseguite sul sottosuolo del sito di progetto, sono state mirate ad acquisire tutti gli elementi necessari ad una corretta caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica dei terreni di fondazione.

Pertanto le indagini pianificate e realizzate sono state le seguenti:

- *n.2 prove penetrometriche superpesanti DPSH (Dinamic Probing Super Heavy; DPSH) terebrate sino al rifiuto strumentale;*
- *n.1 prove sismiche di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves; MASW 1) per la determinazione del parametro  $V_{s,30}$ ;*
- *n.1 misura di rumore ambientale per la determinazione della frequenza fondamentale di sito (HVSr).*
- *N.1 prova di permeabilità in foro.*

Tutte le succitate prove ed indagini sono state ubicate all'interno del sito nel quale è prevista la realizzazione dell'opera come è possibile verificare nell'allegata planimetria ubicativa delle indagini.

Si è inoltre provveduto a verificare tramite il "GeoPortaleNazionale" <http://www.pcn.minambiente.it/viewer/> che l'area di progetto non ricadesse all'interno di Aree a Rischio così come perimetrare dall'Autorità di Bacino del Liri Garigliano Volturno nel Bacino idrografico del Fiume Giovenco e che su tale area non insistesse il Vincolo Idrogeologico.

<http://geoportale.regione.abruzzo.it/Cartanet/>

## **2 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO**

Attualmente all'interno del sito produttivo oggetto di intervento vengono gestite attività della ditta Lino Mascitti e Figli s.r.l. destinate alla produzione di manufatti in cls. Il progetto oggetto di autorizzazione consiste nella riconversione strutturale e funzionale di una porzione di sito esistente al fine di eseguire attività di trattamento rifiuti speciali e urbani non pericolosi. Nello specifico la ditta intende realizzare un impianto di recupero di rifiuti provenienti principalmente da:

- spazzamento stradale;
- pulizia delle caditoie e della eliminazione delle sabbie dei depuratori;
- processi di trattamento chimico e fisico di minerali non metalliferi;

L'attività di recupero consisterà nel sottoporre tali rifiuti ad un processo di lavaggio al fine di rimuovere i contaminanti (che vengono trasferiti alle particelle d'acqua) e rendere questi materiali idonei ad essere utilizzati come aggregati cementizi e bituminosi, in conformità con gli impieghi previsti dalla legislazione vigente. Le operazioni di recupero previste così come identificate dall'allegato C, Parte IV del D. Lgs. 152/2006 s.m.i., saranno le seguenti:

- R13 – messa in riserva dei rifiuti per sottoporli ad una delle operazioni indicate nei punti da R1 a R12 (escluso il deposito temporaneo, prima della raccolta, nel luogo in cui sono prodotti);
- R12 – scambio di rifiuti per sottoporli a una delle operazioni indicate da R1 a R11;
- R5 – riciclo/recupero di altre sostanze inorganiche.

Le opere civili e impiantistiche previste saranno le seguenti:

- installazione dell'impianto di trattamento all'interno di fabbricato esistente;
- adeguamento dell'impianto elettrico;
- adeguamento delle aree esterne attrezzate per lo stoccaggio dei rifiuti;
- adeguamento della rete di raccolta delle acque di piazzale e realizzazione dell'impianto di prima pioggia.





## **4 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO**

L'area in esame ricade all'interno della Carta Geologica d'Italia in Scala 1:50000 Foglio 368 Avezzano, (*progetto CARG*) in quello che era il Dominio di Piattaforma Carbonatica Laziale-Abruzzese.

In quest'area, a partire dal Lias, Giurassico inf., i movimenti estensionali legati al rift Tetideo, determinarono la fratturazione della Piattaforma Carbonatica che fino ad allora aveva compreso quello che in seguito diventò dominio Umbro-Marchigiano, tramite l'allineamento tettonico noto come Linea Olevano – Antrodoco – (Posta -Ancona-Anzio).

Una delle caratteristiche peculiari delle successioni di piattaforma Laziale-Abruzzese è che nella maggior parte dei casi si ha l'assenza di sedimenti del Paleogene che corrisponde ad uno "iatus" deposizionale di circa 40 milioni di anni. (Note illustrative del F°367 Tagliacozzo S.G.I.). Di norma infatti i calcari miocenici poggiano in perfetta "paraconcordanza con marcata stilolizzazione" su termini del Cretacico sup. (*Brandano, 2002*).

Le differenze tra piattaforma e bacino che caratterizzano il periodo Giurassico–Miocene in quest'area tendono ad esaurirsi nel Miocene medio con la deposizione dei Calcari a Briozoi e Litotamni (*Langhiano p.p. – Serravalliano*), questi infatti chiudono le sequenze deposizionali pre-terrigene sia nella piattaforma che nel bacino, anche se con facies diverse (*Formazione di Guadagnolo*), testimoniando l'instaurarsi di una rampa omoclinale progradante verso W.

L'annegamento della piattaforma avviene al top del Miocene medio con l'inizio della sedimentazione emipelagica delle Marne a Orbulina (*Serravalliano p.p. – Messiniano inf.*). Questi sedimenti emipelagici, sono costituiti prevalentemente da marne e da marne argillose a foraminiferi planctonici, e drappeggiano la successione carbonatica della piattaforma miocenica laziale-abruzzese.

Il passaggio litologico Calcari a Briozoi e Litotamni - Marne a Orbulina è ben identificabile per la presenza di un *Hard-Ground* conseguente all'iniziale flessione dell'avanpaese dovuta all'avanzamento della catena, infatti a partire dal Messiniano, quest'area viene pienamente coinvolta nella fase compressiva Appenninica con la formazione di sistemi a pieghe e sovrascorrimenti a prevalente direzione NW-SE e generale direzione di trasporto verso NE.

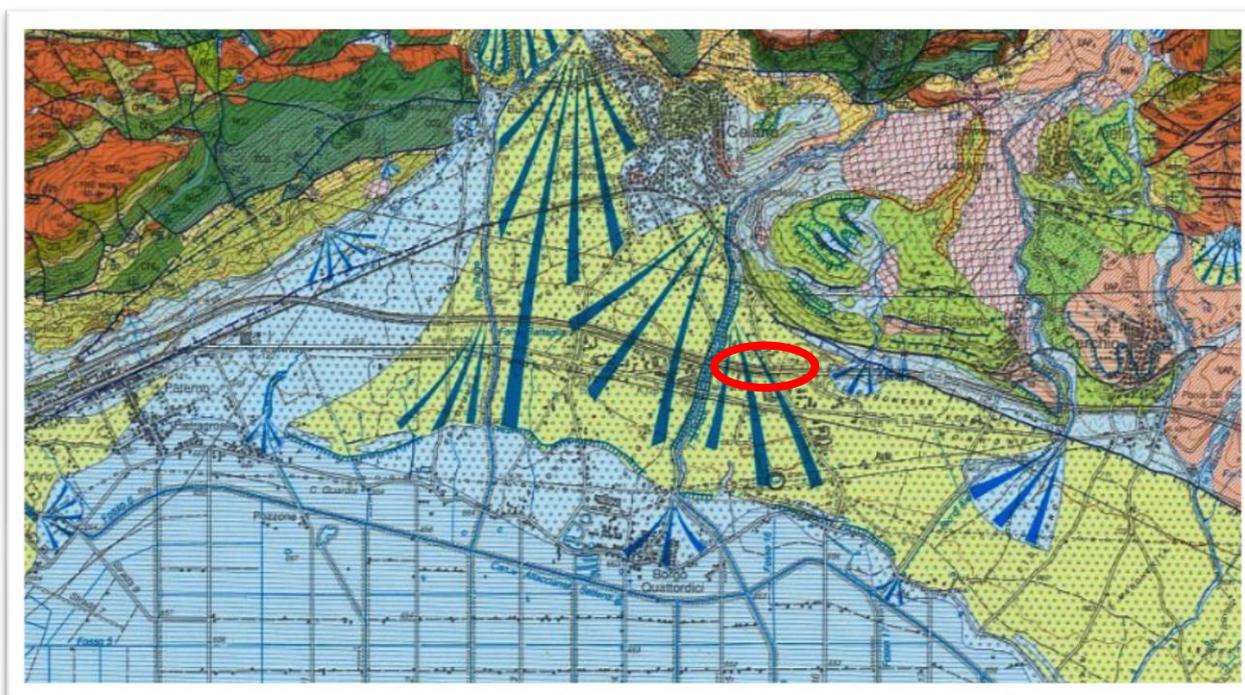
Nel regime tettonico compressivo la deformazione procede, con una determinata vergenza conseguente alla regionale distribuzione degli sforzi. In tale ottica si sviluppa ed evolve un sistema





Le strutture compressive della catena, sono dunque dislocate dalle deformazioni distensive. Queste come detto hanno agito a partire dal Pliocene superiore, almeno nei settori occidentali, e sono perdurate per tutto il Quaternario.

Per entrare maggiormente nel dettaglio dei litotipi affioranti nel settore d'indagine, si riporta uno stralcio della cartografia esistente: "Carta Geologica d'Italia in Scala 1:50000, Foglio 368 Avezzano Progetto CARG.



**Figura 6:** stralcio della Carta Geologica in scala 1: 50000 progetto CARG Foglio 368 Avezzano.

### **Olo**

*Depositi alluvionali prevalentemente ciottoloso sabbiosi. Depositi palustri argilloso limosi. Depositi detritici di versante. Giacciono in discordanza angolare sui depositi più antichi. OLOCENE –ATTUALE*

### **AVM Sintema di Valle Majelama**

*Depositi alluvionali prevalentemente ghiaioso sabbiosi e sabbioso siltosi. Depositi detritici di versante. Giacciono in discordanza sul sintema più antico. PLEISTOCENE Sup.*

### **AP Supersintema di Aielli Pescina**

*Depositi alluvionali prevalentemente ciottoloso sabbiosi anche poco elaborati alternati a depositi detritici di versante anche molto grossolani. Si intercalano a depositi lacustri sabbioso siltosi anche a composizione prevalentemente carbonatica ed a depositi palustri siltosi-argillosi giacciono in discordanza angolare con il substrato PLIOCENE PLEISTOCENE*









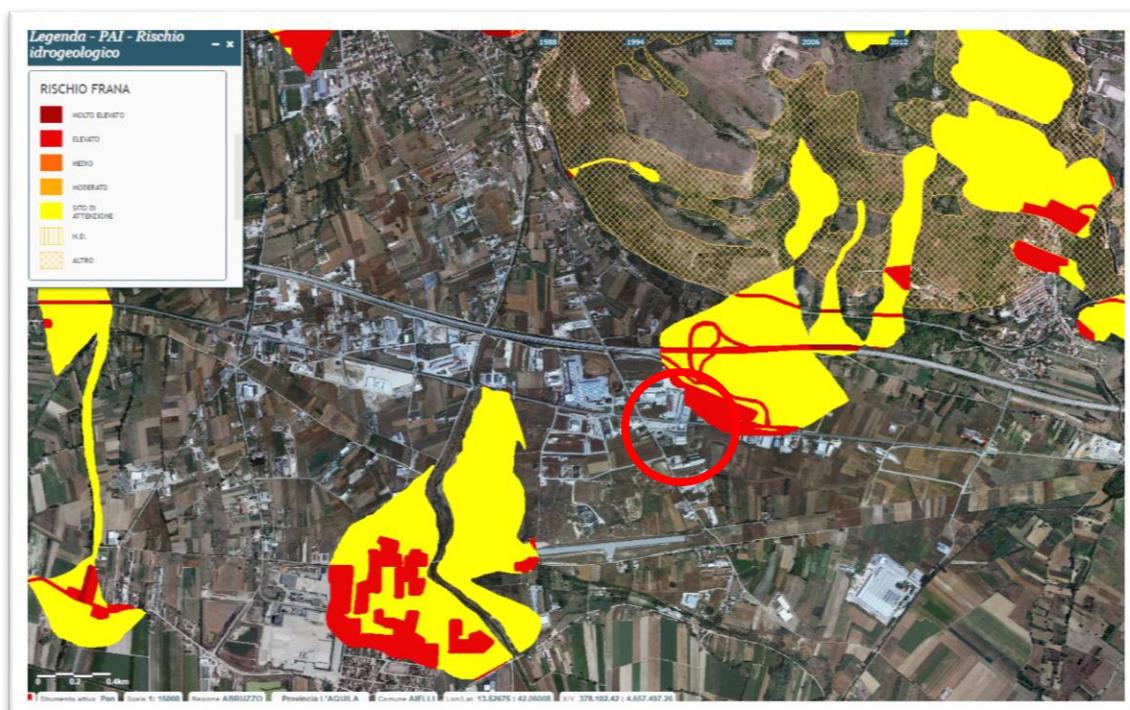
## **4.2 PAI (Piano di Assetto Idrogeologico)**

L'area fa parte del Autorità di Bacino del Liri Garigliano Volturno nel bacino idrografico del Fiume Giovenco. **Il sito non risulta compreso nella aree censite nella cartografia del PAI (Piano di Assetto Idrogeologico) ne per quanto riguarda la Pericolosità Idrogeologica tantomeno per ciò che concerne il Rischio** così come si evince dalla cartografia riportata in seguito tratta dal servizio del GeoPortaleNazionale all'indirizzo <http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>.

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) è lo **strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo** mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo e la corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato.

Il PAI è uno strumento dinamico, in continua evoluzione, che prevede un aggiornamento continuo delle problematiche e delle soluzioni, è un piano territoriale, che la legge pone in una posizione sovraordinata nei confronti degli strumenti di pianificazione di settore, ponendosi come vincolo anche rispetto alla pianificazione urbanistica.

**A seguito di tale disamina, l'area d'interesse, può essere definita stabile dal punto di vista geomorfologico in quanto non sono presenti fenomeni di instabilità gravitativa.**



**Figura 10:** stralcio cartografico dell'area in esame, estratto da **GeoPortaleNazionale** all'indirizzo <http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>. I cerchi indicano la collocazione del sito.











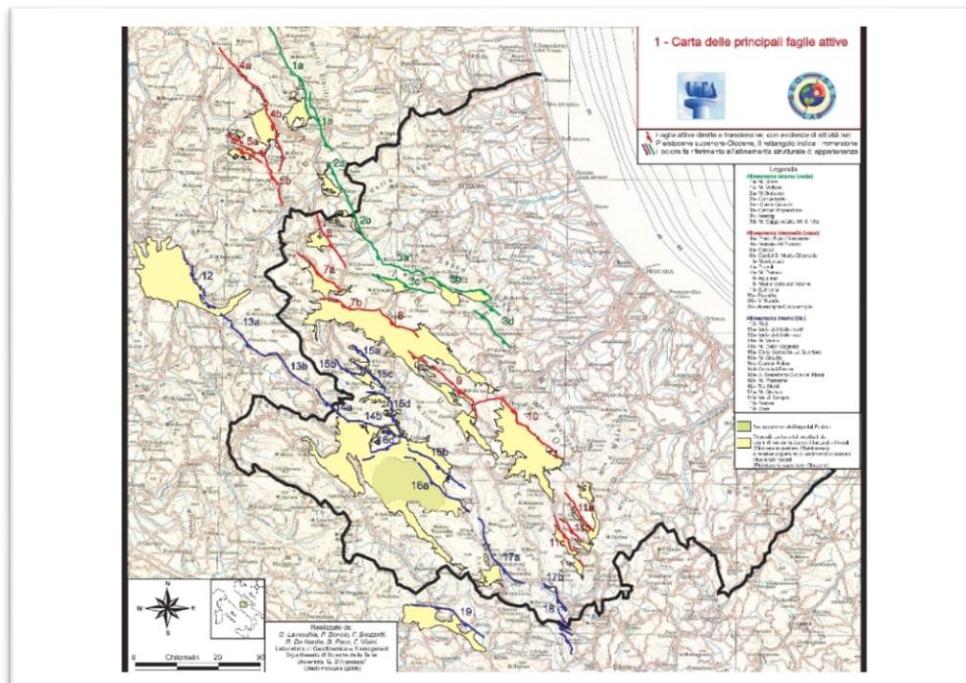




La massima intensità macrosismica osservata in Abruzzo è pari all'XI grado della Scala MCS. I terremoti dell'area appenninica abruzzese sono associabili a faglie quaternarie, normali o trassensive, osservabili in superficie, ben definibili in termini di lunghezza, giacitura e cinematica e spesso caratterizzate da attività riferibile al Pleistocene sup - Olocene, talvolta con evidenze dirette di dislocazione cosismica superficiale in occasione di forti terremoti (*Lavecchia et alii, 2006*).

Le strutture riportate nella figura che segue, che possono influenzare maggiormente la sismicità dell'area di studio, sono le seguenti:

*Alta valle dell'Aterno*: (comprende i segmenti del Monte Pettino e di Camarda/Paganica, che si sono attivati durante l'evento del 6 aprile 2009), *Campo Felice – Piani di Pezza-Ovindoli*, *Conca di Rieti*, *Valle del Salto M. Velino*, *Montereale*, *Media Valle dell'Aterno*, *Gran Sasso*, *Campo Imperatore*, *Assergi - M. Cappucciata - M. S. Vito*, *Monti della Laga*, *Fucino*.



**Figura 15:** Carta delle principali faglie attive della regione Abruzzo (Lavecchia et al., 2006)

Queste strutture hanno dato luogo a terremoti, come i sismi distruttivi, avvenuti in epoca storica, del 1349, 1461, 1703, 1706 e 1915.



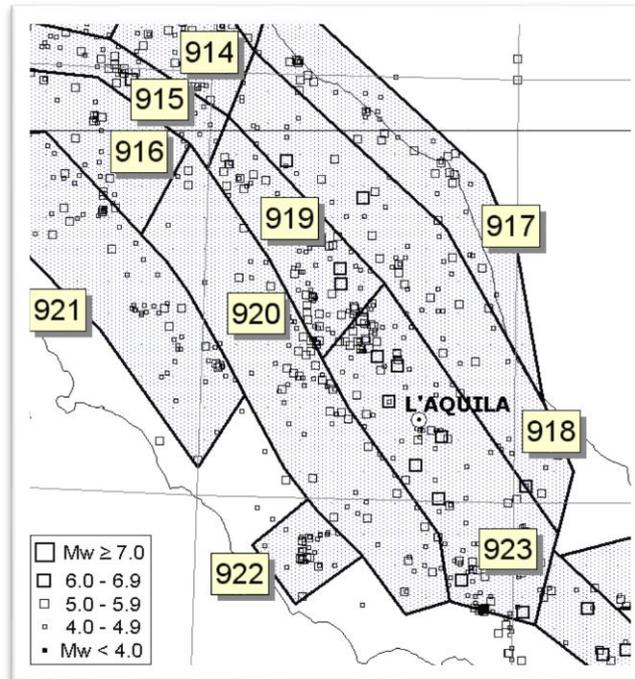


Figura17: Zone sorgenti dell'Appennino centrale (Meletti et al., 2008)

Il nostro sito è racchiuso nella zona Sismogenetica ZS920 Val di Chiana Ciociaria. Attualmente il territorio della Comune di Aielli in base a quanto stabilito dall'Ordinanza PCM 3274/2003, è classificato in **Zona Sismica 1** e cioè quella a più elevato rischio sismico.

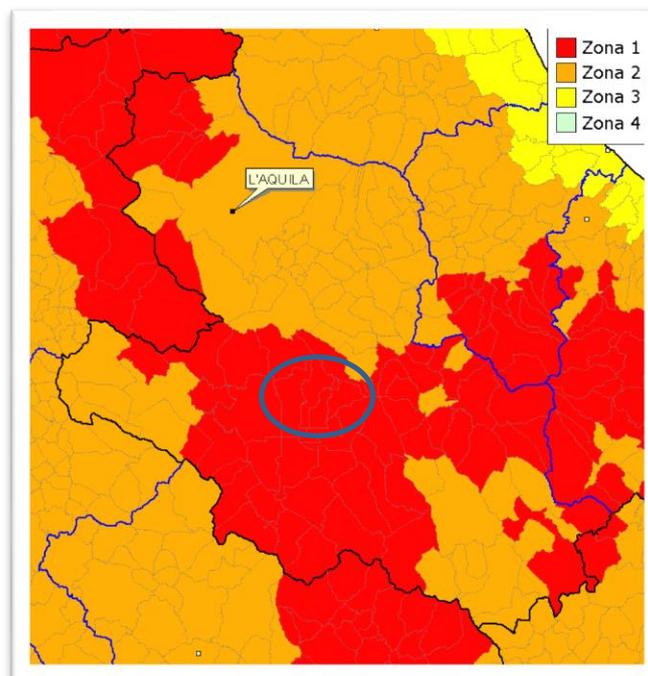


Figura 18: Zone sismiche aggiornate dall'OPCM 3274/2003 e recepite dalle Regioni.







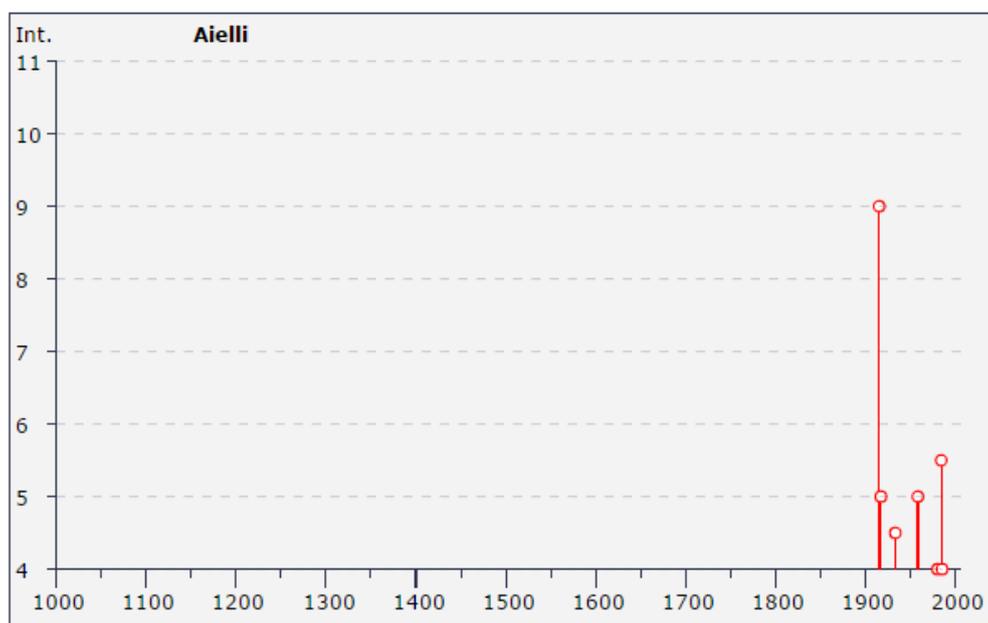


CPTI, 2004) ed il BDMI11 che rappresenta un database di osservazioni macrosismiche di terremoti nell'area italiana al di sopra della soglia del danno. In particolare, è stata adottata una procedura che analizza la sismicità locale con un approccio "di sito". Come noto, tale approccio tende a ricostruire le storie sismiche locali analizzando le distribuzioni areali dei risentimenti generati dai terremoti noti per il territorio nazionale e presenti, nei Cataloghi Sismici. In questa relazione, l'obiettivo è stato quello di valutare le massime intensità sismiche risentite nel Comune di Aielli. Più in dettaglio si riporta di seguito la tabella ed il grafico della storia sismica di Aielli.

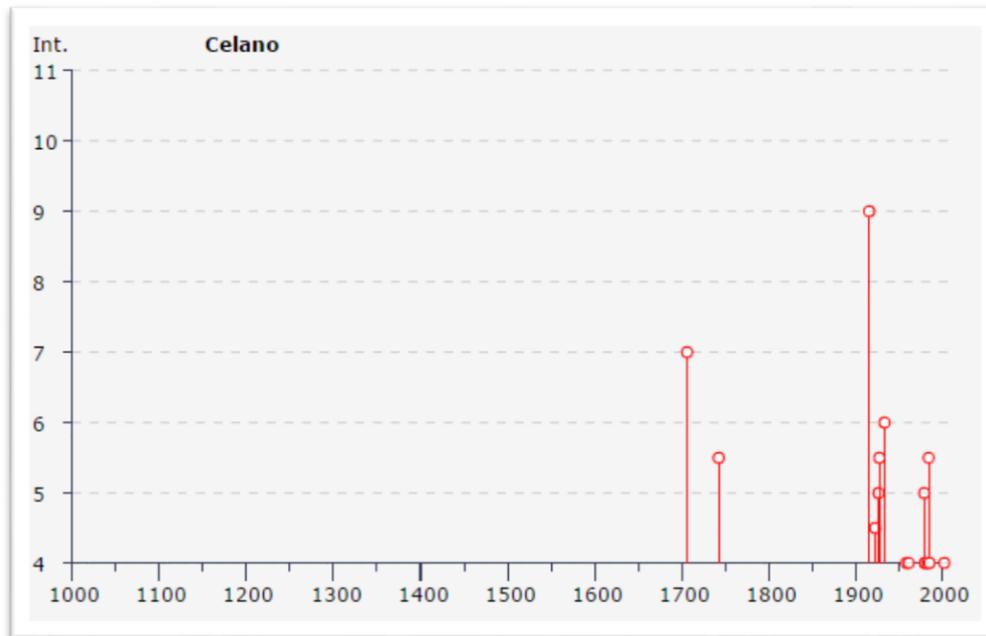
**Osservazioni sismiche (13) disponibili per Aielli (AQ):**

Numero di eventi: 13

Effetti	In occasione del terremoto del:					
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw	
9	1915 01 13 06:52	Avezzano	1041	11	7.00 ±0.09	
5	1917 01 03 01:35	Marsica est	57			
4-5	1933 09 26 03:33	Maiella	326	9	5.95 ±0.09	
2	1951 09 01 06:56	SARNANO	81	7	5.34 ±0.20	
5	1958 06 24 06:07	L'Aquila	152	7-8	5.21 ±0.11	
2	1960 03 14 04:44	Marsica	40	7	4.75 ±0.37	
NF	1961 04 06 11:34	Media Val Roveto	13	6	4.41 ±0.55	
NF	1961 04 12 00:44	Alto Aniene	44	6-7	4.61 ±0.22	
4	1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.89 ±0.09	
5-6	1984 05 07 17:49	Appennino abruzzese	912	8	5.89 ±0.09	
4	1985 05 20 10:00	Aquilano	29	5-6	4.58 ±0.19	
NF	1986 10 13 05:10	Appennino umbro-marchigiano	322	5-6	4.65 ±0.09	
NF	1990 05 05 07:21	Potentino	1374		5.80 ±0.09	



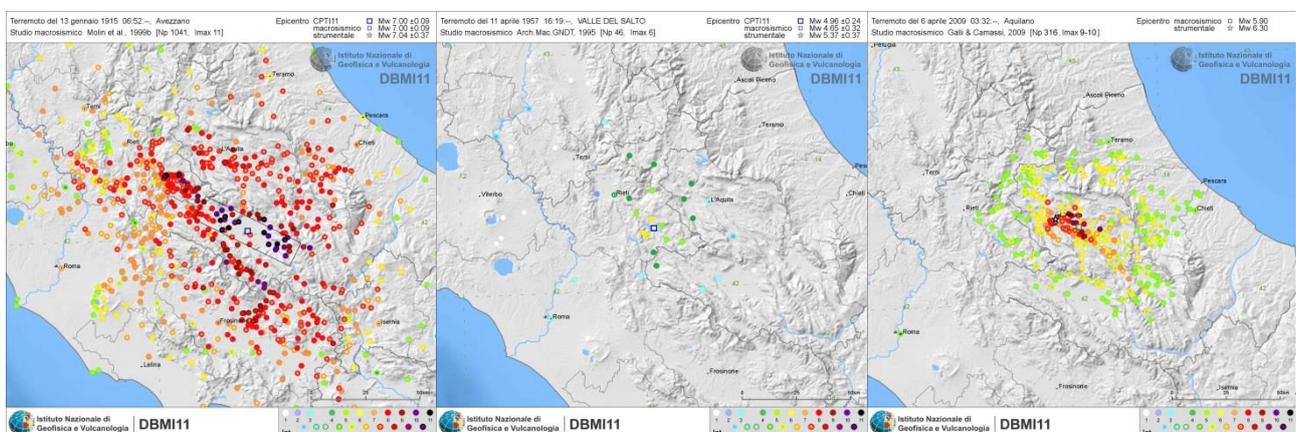




**Tabella 1:** Estratto dal catalogo delle osservazioni macrosismiche dal DBMI11

A tale analisi di sismicità storica va infine aggiunta la crisi sismica del 2009 (agosto-ottobre) con *Main-Shock* registrato alle ore 3:32 del 06/04/2009 e per il quale nel territorio di Aielli si è avuto un risentimento pari lo 5°-6°.

Di seguito si riportano i dati tratti dal *Catalogo Macrosismico CPTI 11* relativi rispettivamente agli eventi sismici di Avezzano 1915, Valle del Salto 1957 e L'Aquila 2009.



**Figura 23:** Estratto dal catalogo macrosismico CPTI 11

Si tiene a precisare che i dati di danneggiamento esistenti in letteratura per il comune di Aielli indicano che buona parte del territorio comunale, è soggetto a fenomeni di amplificazione locale del moto sismico al suolo



## **7.1 PROVE SISMICHE DI TIPO MASW (Multichannel Analysis Of Surface Waves)**

### **PROSPEZIONI SISMICHE ATTIVE TIPO M.A.S.W. (MULTI CHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES)**

Dati generali ed inquadramento

<p><b>Committente</b></p> <p><b>Cantiere</b></p> <p><b>Località</b></p> <p><b>Operatore prova</b></p> <p><b>Responsabile prova</b></p> <p><b>Zona</b></p> <p><b>Data della prova</b></p> <p><b>LatitudineED50</b></p> <p><b>LongitudineED50</b></p>	<p><b>EKOREC di Mascitti A. e Mascitti P. s.n.c.</b></p> <p><u>Progetto di un impianto di trattamento rifiuti speciali e urbani non pericolosi con operazioni di messa in riserva (R13), scambio di rifiuti (R12) e recupero di inerti (R5)</u></p> <p><b>AIELLI</b></p> <p>DOTT. GEOL. LUCA RUBEIS DOTT. GEOL. LUCA RUBEIS</p> <p>AIELLI(AQ)</p> <p>14/09/2016</p> <p>42.060528</p> <p>13.560097</p>
---	---



**Figura 25:** stralcio in scala con l'ubicazione delle indagini geofisiche MASW ed HVSR.

Il metodo Masw (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica d'indagine non invasiva, che individua il profilo di  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza

di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante delle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. (V.Roma 2004)

Il metodo MASW attivo consente la classificazione sismica dei suoli, poiché fornisce il profilo di velocità entro i primi 30 metri di profondità.

### **Caratterizzazione sismica dei terreni definita nella Normativa (D.M. 14.01.08)**

La velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali  $V_{s30}$  è uno dei parametri più importanti nell'ambito della valutazione dell'amplificazione del moto del suolo dovuto ad un sisma, essendo ampiamente dimostrato che gli effetti di un terremoto sono legati al contrasto di impedenza sismica tra i diversi mezzi attraversati, ovvero al prodotto tra la velocità di taglio delle onde sismiche ed il peso di volume dello strato attraversato. Notevole interesse al parametro  $V_s$  è stato inoltre fornito dalla normativa sismica (D.M. 14.01.2008) che definisce l'azione sismica di progetto per diverse categorie di suolo di fondazione sulla base del parametro  $V_{s30}$ , ovvero della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30 metri di profondità:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N h_i/V_i}$$

dove  $V_i$  e  $h_i$  sono rispettivamente la velocità delle onde di taglio verticali e lo spessore dello strato  $i$ -esimo.

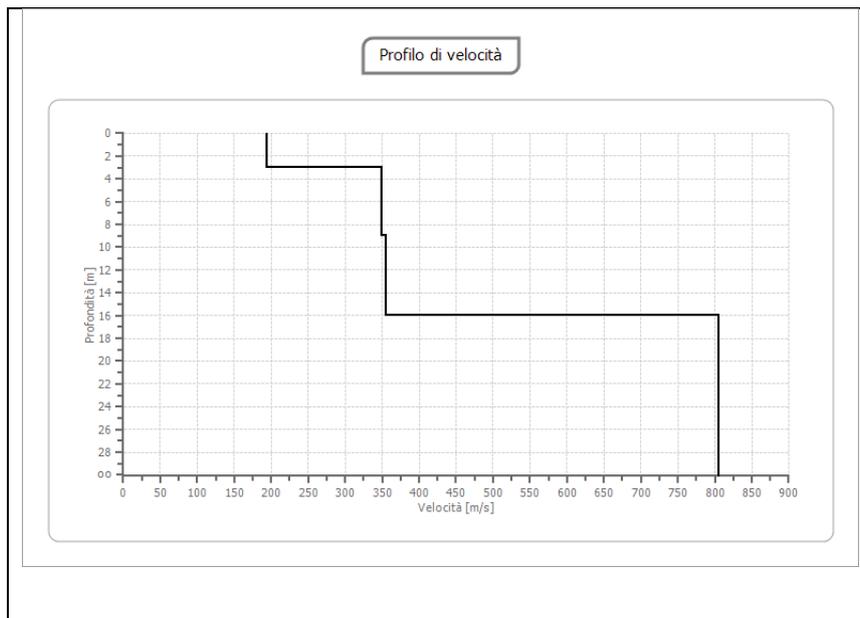


**Progetto di un impianto di trattamento rifiuti speciali e urbani non pericolosi con operazioni di messa in riserva (R13), scambio di rifiuti (R12) e recupero di inerti (R5)**



**MASW1**

Report fotografico relativo all'esecuzione delle indagini MASW



**Figura 26:** Foto degli stendimenti MASW con i relativi profili di velocità ricavati.

Così come previsto dalla normativa vigente, è stata realizzata un'indagine di tipo MASW. Sono stati utilizzati 12 canali disposti ad una interdistanza (distanza intergeofonica) di 3 m tra loro.

Per lo stendimento denominato nelle cartografie ubicative **MASW**, è stata effettuata 1 energizzazione:

- **n 1: offset (distanza sorgente primo geofono) 4 metri;**

La velocità delle onde sismiche nei primi 30m ( $V_{s,30}$ ) al di sotto dell'edificio è risultata pari a 473 m/s pertanto la relativa **categoria di suolo di fondazione** così come riportato nella tabella precedente, è **B**.

### **Suolo di tipo B:**

*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $cu_{,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).*

**Per maggiori dettagli, si rimanda agli allegati.**





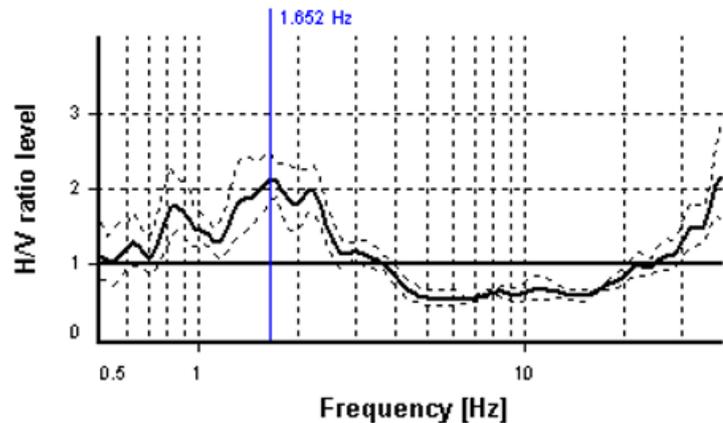


**Selected  $f_0$  frequency**

1.652 Hz

$A_0$  amplitude = 2.137

Average  $f_0$  = 1.793 ± 0.275



Il sito indagato, è generalmente caratterizzato da un modesto rumore antropico dovuto in larga parte alle attività agresti, ed alla vicinanza con l'area industriale del Comune di Celano.

Utilizzando la formula esplicitata in precedenza, e chiamata di quarto d'onda, come detto è possibile giungere ad una stima dello spessore di sedimenti compresi tra il P.C. ed il primo forte contrasto d'impedenza sismica.

$$f = V_s / 4H$$

Otteniamo un risultato in accordo con le indagini MASW e con le prove penetrometriche potendo così posizionare il primo forte contrasto d'impedenza a circa 75 m di profondità dal P.C.. Per maggiori dettagli è presente il report in allegato.



Come già accennato in premessa, al fine di ottenere ulteriori indicazioni sulle principali caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni di fondazione, sono state effettuate **due prove penetrometriche superpesanti (DPSH)** spinte sino al rifiuto strumentale. Le prove penetrometriche dinamiche superpesanti sono state realizzate con penetrometro dinamico superpesante della casa **“GeoDeepDrill”** con le seguenti caratteristiche:

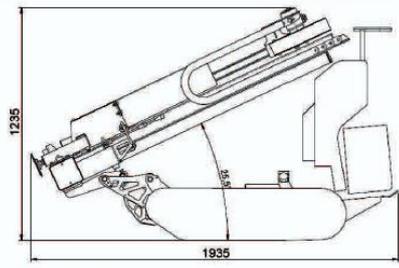


## Dynamic DPSH63M DPSH63T DPH63SM

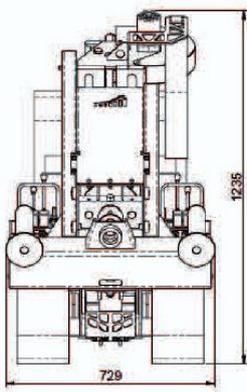
*Geo Deep Drill S.r.L.*  
[www.geodeepdrill.com](http://www.geodeepdrill.com) [info@geodeepdrill.it](mailto:info@geodeepdrill.it)



packing list  
 15 rods ø32x1000 M22  
 2 recoverable tips  
 5 to lose tips  
 9 pipe coating



1235  
1935



1235  
729

	<b>modello</b>	DPSH63M DPSH63T DPSH63SM
	<b>tipo</b>	DINAMICO SUPER PESANTE AGI - UNI
	<b>massa battente</b>	63,0 kg - ø: 208 mm x H: 265 mm
	<b>altezza caduta</b>	>75 cm (Evo. IV) 463 Joule
	<b>avanzamento</b>	acquisizione ogni 10 / 20 cm
	<b>punta</b>	ø 50,00 mm - angolo 90° - A 20,00 cm²
	<b>asta</b>	acciaio 1000x32 mm M22 tacca 20,00 cm
	<b>rivestimento</b>	42x1000 mm acciaio c40
	<b>frequenza colpi</b>	20-30 colpi per minuto
	<b>stabilizzatori</b>	a cilindro oleo. 15,00 cm
	<b>centralina</b>	Briggs & Stratton 3,5 HP 3 lit/min 5litres
	<b>sottocarro</b>	Khoeler 7/10 HP 8 lit/min 20lit. acc.elettrica
	<b>carburante</b>	benzina serbatoio da 4,20L
	<b>olio idraulico</b>	~20,00L OSO 40 (visc. 40° 41)
	<b>dimensioni</b>	195x75x123cm colonna reclinata
	<b>peso</b>	~680Kg su semovente base
	<b>parti rimovibili</b>	3 (colonna, massa, serbatoio)
	<b>tipi di suolo</b>	argilla, limo, sabbia, ghiaia
	<b>max profondità</b>	>20m argilla, limo , sabbia
	<b>campionatore</b>	fustella pvc ø 40x350mm 60x350mm
	<b>kit sondaggi</b>	3 (codea ø50x1000) + 3 (asta ø25x1000)
	<b>kit prova statica</b>	non previsto

**Tabella 2:** Caratteristiche meccaniche del penetrometro Superpesante GeoDeepDrill.



**DPSH1**



**DPSH2**

**Figura 29:** Report fotografico relativo all'esecuzione delle prove penetrometriche superpesanti DPSH realizzate con penetrometro superpesante GeoDeepDrill

L'interpretazione dei dati penetrometrici fornisce utili informazioni relative alla verticale stratigrafica attraversata servendosi dei dati di geologia di base e dei rilievi di superficie.

Per questo tipo di penetrometro DPSH i risultati diretti della prova ( $N_{20}$  - colpi alla punta) vengono correlati a quelli di  $N_{SPT}$  secondo la seguente formula (Cestari, 2005):

$$N_{SPT} (60\%) = C N_{20} (60\%)$$

dove:

$C = 1.5 \div 2.0$  nei terreni con ghiaie

$C = 2.0 \div 2.8$  nelle sabbie

$C = 2.8 \div 4.0$  nelle argille  $\pm$  limose.

**In seguito si riporta l'elaborazione grafica delle prove rispettivamente DPSH 1 DPSH 2:**





## 7.4 PROVA DI PERMEABILITÀ



Vista la tipologia dei litotipi presenti nel sottosuolo locale, all'interno del foro esplorativo, è stata effettuata una prova di permeabilità a carico variabile, riempiendo parzialmente il foro con acqua e misurando la velocità di abbassamento in funzione del tempo. Le prove di permeabilità in pozzetto (circolare o quadrato) sono adatte per i terreni granulari e forniscono una valutazione della permeabilità media dei terreni superficiali al di sopra del livello di falda.



Il coefficiente di permeabilità viene calcolato con la seguente relazione:

$$K = [(h_2 - h_1) / (t_2 - t_1)] \times \{[(1 + 2hm/d)] / [27(hm/d)+3]\}$$

Dove:

**hm = altezza media dell'acqua nel pozzetto ( $hm > d/4$ );**

**t2 - t1 = intervallo di tempo;**

**h2 - h1 = variazione del livello dell'acqua nell'intervallo t2 - t1;**

**d = lato del pozzetto.**

Associando i dati ricavati dalla prova si evince come, per i terreni superficiali in esame, è possibile definire quantitativamente il coefficiente di permeabilità e qualitativamente i loro parametri idrogeologici (grado di permeabilità K e drenaggio), come descritto nella tabella seguente.

Pozzetto	Prof. Da P.C. (m)	Litologia	K (cm/s)	Grado di K	Drenaggio
1	55	Giaietto in matrici sabbiose	$1.82 \times 10^{-3}$	Medio	Buono

$k_e$ (m/s)	1	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$	$10^{-8}$	$10^{-9}$	$10^{-10}$	$10^{-11}$
Grado di permeabilità	alto			medio		basso		molto basso		impermeabile		
Drenaggio	buono					povero			praticamente impermeabile			
Tipo di terreno	ghiaia pulita		sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita			sabbia fine, limi organici e inorganici, miscele di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati			terreni impermeabili argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici			
						terreni impermeabili modificati dagli effetti della vegetazione e del tempo						

Quanto emerge dalla prova di permeabilità, mette in evidenza come questi depositi, siano mediamente permeabili e come descritto in precedenza anche in grado di ospitare acquiferi superficiali spesso utilizzati per l'approvvigionamento idrico.

Nell' area di studio, già nelle immediate vicinanze sono presenti numerosi pozzi che mettono in evidenza come vi sia la presenza di una falda freatica alla profondità di circa 30 metri dal P.C., i dati riportati in seguito sono stati estratti dal Catalogo ISPRA all'indirizzo <http://sgi.isprambiente.it/GMV2/>

## Archivio nazionale delle indagini del sottosuolo (Legge 464/1984)

Scheda indagine	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
<b>Codice:</b> 163720 <b>Regione:</b> ABRUZZO <b>Provincia:</b> L'AQUILA <b>Comune:</b> AIELLI <b>Tipologia:</b> PERFORAZIONE <b>Uso:</b> DOMESTICO <b>Profondità (m):</b> 35.00 <b>Quota pc slm (m):</b> 694 <b>Anno realizzazione:</b> 1979 <b>Numero diametri:</b> 1 <b>Presenza acqua:</b> SI <b>Portata massima (l/s):</b> 0.5 <b>Portata esercizio (l/s):</b> 0.5 <b>Numero falde:</b> 1 <b>Numero filtri:</b> 0 <b>Numero piezometrie:</b> 1 <b>Stratigrafia:</b> SI <b>Certificazione(*):</b> SI <b>Numero strati:</b> 3 <b>Longitudine ED50 (dd):</b> 13.559722 <b>Latitudine ED50 (dd):</b> 42.061390 <b>Longitudine WGS84 (dd):</b> 13.558841 <b>Latitudine WGS84 (dd):</b> 42.060385  (*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia	

### DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0	35	35	300

### FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	30	35	5

### MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
APR / 1979	30	33	3	0.5

### STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0	10	10.0		ARGILLE SABBIOSE
2	10	24	14.0		GHIAIA E SABBIA
3	24	35	11.0		GHIAIA GROSSA





fondazione dell'opera in oggetto alla **categoria B**; in relazione alla topografia del sito, trovandosi l'opera in zona che si presenta pianeggiante, essa rientra nella **categoria topografica T1**.

Suolo di fondazione	VS 30 (m/sec)	Nspt - Cu (Colpi- KPa)
<b>A</b> Formazioni litoidi o suoli rigidi	> 800	
<b>B</b> Sabbie o ghiaie addensate, argille molto consistenti	360 - 800	Nspt > 50 Cu > 250 kPa
<b>C</b> Sabbie e ghiaie mediamente addensate, argille mediamente consistenti	180 - 360	15 < Nspt < 50 70 < Cu < 250 kPa
<b>D</b> Terreni granulari sciolti, terreni coesivi da poco a mediamente consistenti	< 180	Nspt < 15 Cu < 70 kPa
<b>E</b> Strati superficiali alluvionali (5-20 m) su substrato rigido	< 360	
<b>S1</b> Terreni costituiti o che includono uno strato di argilla > 10 m, PI > 40	< 100	Cu < 20 kPa
<b>S2</b> Terreni soggetti a liquefazione, argille sensibili, terreni non classificati in precedenza		

**Tabella 5:** Classificazione sismica dei terreni di fondazione.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq 30^\circ$
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

**Tabella 6:** Categorie topografiche

## **9 STRATIGRAFIA DEL SOTTOSUOLO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA**

Analizzando e confrontando i dati relativamente alle indagini svolte, ed integrando questi con i dati relativi al rilievo geologico di campagna, ed a quelli relativi alla vincolistica esistente, è stato possibile ricostruire il modello geologico tecnico della porzione di sottosuolo che sarà interessata dall'opera. I valori dei parametri geotecnici così come riportati nelle tabelle che seguono, hanno messo in evidenza come le verticali indagate, siano caratterizzate dalla presenza di un litotipo prettamente sabbioso-ghiaioso- dato con ogni probabilità dai detriti fluvioglaciali provenienti dalle gole di Celano e portati verso la depressione del Fucino dal torrente La Foce. Tale litologia mostra variazioni sulla verticale, dovuta al differente grado di addensamento della stessa. I dati riportati in seguito, sono stati ricavati dalle prove DPSH in quanto per mancanza di fondi, non è stato possibile realizzare il sondaggio geognostico e ne tantomeno prelevare campioni da sottoporre a prove di laboratorio.

I parametri relativi alle prove DPSH, sono stati elaborati per terreni incoerenti.

### **DPSH 1**

<b>Litologia</b>	<b>prof. Strat o (m)</b>	<b>Nsp t</b>	<b>tipo</b>	<b>Ed (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>You ng (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Gam ma (t/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Gam ma sat (t/m<sup>3</sup>)</b>	<b>DR %</b>	<b>Φ °</b>	<b>Press media Amm. (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Pois son</b>	<b>Modulo di taglio G (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>σ<sub>v</sub></b>
Strato1	1.4	23.6	incoerente	76	189	2.0	2.1	58	38	5.71	0.31	863	0.14

**Tabella 7:** riassuntiva dei parametri geotecnici desunti dalle indagini realizzate DPSH 1

### **DPSH 2**

<b>Litologia</b>	<b>prof. Strat o (m)</b>	<b>Nsp t</b>	<b>tipo</b>	<b>Ed (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>You ng (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Gam ma (t/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Gam ma sat (t/m<sup>3</sup>)</b>	<b>DR %</b>	<b>Φ °</b>	<b>Press media Amm. (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Pois son</b>	<b>Modulo di taglio G (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>σ<sub>v</sub></b>
Strato1	1.8	18.7	incoerente	66	149	1.97	2.0	51	36	3.8	0.33	863	0.18

**Tabella 8:** riassuntiva dei parametri geotecnici desunti dalle indagini realizzate DPSH 2

La caratterizzazione avvenuta al di sotto della porzione investigata dalle prove DPSH, è stata effettuata in primo luogo tenendo conto di quella che è la geologia dell'area ed a seguito di un

attenta valutazione dei valori di  $V_{s30}$  ricavati dall'esecuzione delle indagini MASW. Da tale indagini, è emerso come la Categoria di Suolo di Fondazione sia identificabile nella **Categoria B**. Il valore di frequenza ricavato dalla misura di rumore HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), ha messo in evidenza come vi sia un contrasto d'impedenza sismica individuabile alla profondità di circa 75 m dal P.C. dove presumibilmente potrebbe esserci il passaggio litologico.

### **10 CONCLUSIONI**

Lo studio geologico-tecnico sui terreni di fondazione interessati dalla progettazione dell'opera, al foglio 20 Particella 183, ha permesso di ricostruire la successione stratigrafica, la natura litotecnica e le caratteristiche sismiche dei terreni di fondazione dell'opera, mediante la realizzazione di mirate indagini di sito (prove penetrometriche dinamiche e prove sismiche di superficie) corroborate dalle conoscenze pregresse sulla geologia dell'area in possesso della scrivente e dai rilevamenti di campagna eseguiti nell'area comunale.

Il complesso dei risultati ottenuti fornisce al progettista incaricato i dati sul terreno di fondazione che consentono di valutare le interazioni terreno-struttura nel rispetto delle vigenti norme tecniche per le costruzioni in zona sismica.

Si rimane a disposizione della committenza per eventuali ulteriori chiarimenti.

Sant'Anatolia di Borgorose (RI)

**GEO-STAFF**

Dott. Geol. RUBEIS LUCA





## **Software di elaborazione dati: Easy MASW (Geostru)**

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

### **Moto del segnale sismico**

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P-Longitudinale:** onda profonda di compressione;
- **S-Trasversale:** onda profonda di taglio;
- **L-Love:** onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R-Rayleigh:** onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

### **Onde di Rayleigh – "R"**

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P ed S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidezza.

### **Analisi del segnale con tecnica MASW**

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è







**Progetto di un impianto di trattamento rifiuti speciali e urbani non pericolosi con operazioni di  
messa in riserva (R13), scambio di rifiuti (R12) e recupero di inerti (R5)**

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]
1	2.9	595.9
2	5.8	525.2
3	8.6	480.7
4	11.5	454.2
5	14.4	439.6
6	17.2	432.0
7	20.1	428.3
8	22.9	426.3
9	25.8	424.7
10	28.6	422.9
11	31.5	420.9
12	34.3	419.0
13	37.2	417.7
14	40.1	417.4
15	42.9	417.8
16	45.8	419.0
17	48.6	420.5
18	51.5	422.0
19	54.3	422.5
20	57.2	421.0





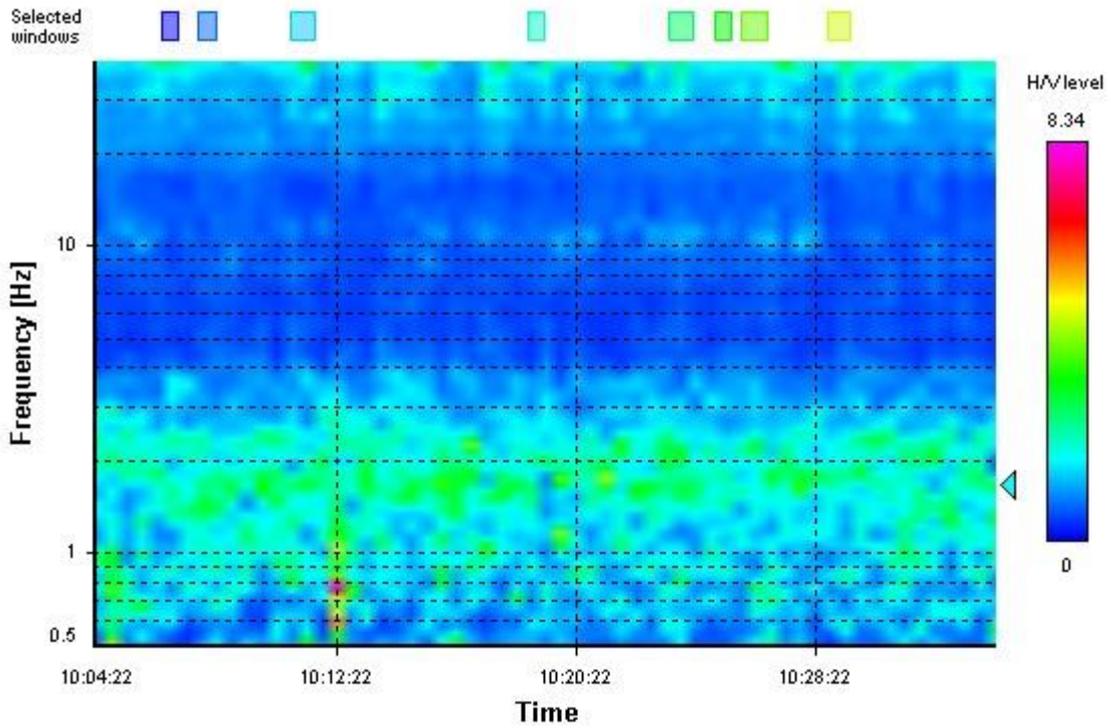




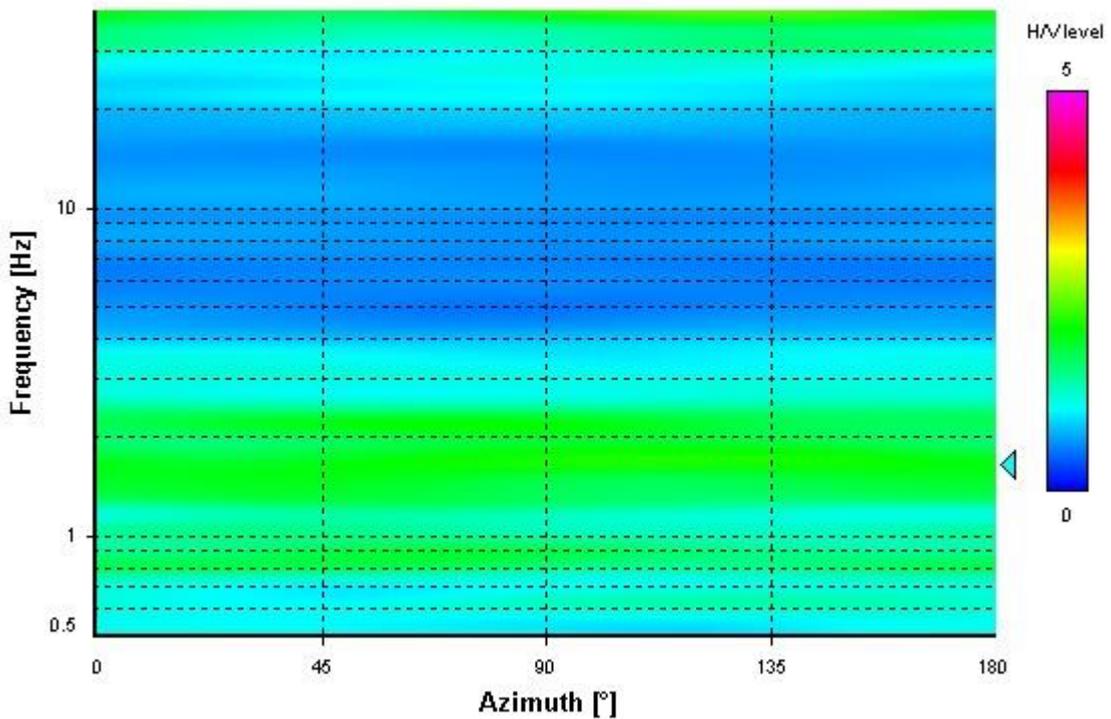




**HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)**



**HVSR directional analysis**



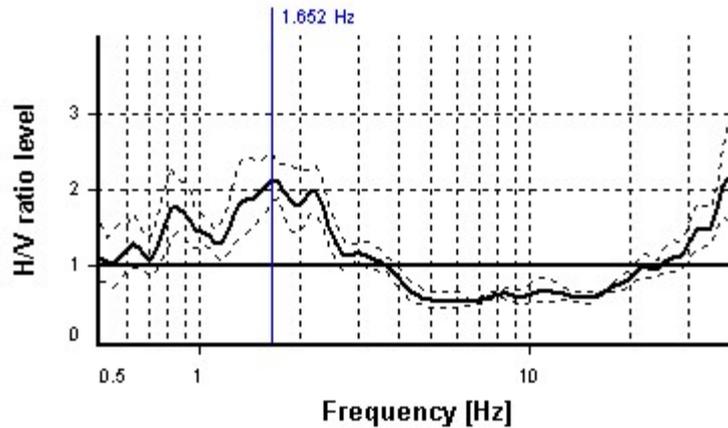
**SESAME CRITERIA**

**Selected  $f_0$  frequency**

1.652 Hz

$A_0$  amplitude = 2.137

Average  $f_0 = 1.793 \pm 0.275$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	8 valid windows (length > 6.05 s) out of 8	OK
$n_c(f_0) > 200$	541.03 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 31	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	0.54628 Hz	OK
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	3.66447 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.14 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	4.53% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.27471 >= 0.16519	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.16414 < 1.78	OK
Overall criteria fulfillment		OK

# DICHIARAZIONE DI CONFORMITA' e CERTIFICATO DI CONTROLLO QUALITA'

**SARA electronic instruments s.r.l.**  
**Via Mercuri 4 - 06129 PERUGIA – ITALY**  
 Codice Fiscale e Partita IVA Nr. IT00380320549  
 N.Reg.RAEE: IT08020000001128  
 Telefono +39 075 5051014 – Fax +39 075 5006315  
 email: [info@sara.pg.it](mailto:info@sara.pg.it) URL: [www.sara.pg.it](http://www.sara.pg.it)

dichiara che lo strumento modello:

**Geobox**

nr. di serie:

**1459**



è stato progettato, prodotto e/o testato risultando conforme alle seguenti norme armonizzate: EN-61326-1, EN-61326-2-1, EN-61000-3-2, EN-61000-3-3, EN-61000-4-2, EN-61000-4-3, EN-61000-4-4, EN-61000-4-5, EN-61000-4-6, EN-61000-4-8, EN-61000-4-11.



è soggetto alla direttiva RAEE e quindi va smaltito opportunamente. Richiedere maggiori informazioni al produttore, se necessario. Conformità ROHS: non risulta richiesta per la classe di strumento cui appartiene (apparecchiature scientifiche).

prima della consegna è stato sottoposto a tutti i test funzionali richiesti nello specifico ed è risultato conforme agli standard applicabili.

Si raccomanda un controllo e/o calibrazione periodica ogni 2 anni dalla data di rilascio del presente documento.



Il direttore tecnico: Mauro Mariotti

Data di rilascio/ 29/02/2016









necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con  $N_{spt}$ . Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

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.
- $\delta$  passo di avanzamento.

### Valutazione resistenza dinamica alla punta $R_{pd}$

Formula Olandesi

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

- $R_{pd}$  resistenza dinamica punta (area A).
- $e$  infissione media per colpo ( $\frac{Q}{N}$ ).
- 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:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{\frac{Pa}{\sigma_{v0}}} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_s \cdot C_r \cdot C_d$$

- 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).

$C_r$  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.



## 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

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

$N_{spt}$  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 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m 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 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda)  $\varphi > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- 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°).
- Schmertmann (1977) - Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da  $Dr$  %.

- 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 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\varphi > 15$  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 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $s > 15$  t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- 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.







Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	5	0,855	41,53	48,59	2,08	2,43
0,40	7	0,851	57,87	68,02	2,89	3,40
0,60	14	0,797	108,43	136,05	5,42	6,80
0,80	13	0,793	100,22	126,33	5,01	6,32
1,00	15	0,790	106,50	134,85	5,32	6,74
1,20	21	0,736	139,00	188,79	6,95	9,44
1,40	35	0,683	214,86	314,65	10,74	15,73

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tension e efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
1,4	15,71	145,33	Incoerente	0	2,06	2,0	0,14	1,5	23,63	ghiaia sabbiosa

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPHS 1

#### TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) ghiaia sabbiosa	23,63	0.00-1,40	23,63	Gibbs & Holtz 1957	58,6

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) ghiaia sabbiosa	23,63	0.00-1,40	23,63	Meyerhof (1965)	38,11

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) ghiaia sabbiosa	23,63	0.00-1,40	23,63	Schmertmann (1978) (Sabbie)	189,04

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )

**Progetto di un impianto di trattamento rifiuti speciali e urbani non pericolosi con operazioni di messa in riserva (R13), scambio di rifiuti (R12) e recupero di inerti (R5)**

Strato (1) ghiaia sabbiosa	23,63	0.00-1,40	23,63	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	76,00
-------------------------------	-------	-----------	-------	--------------------------------------	-------

**Classificazione AGI**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) ghiaia sabbiosa	23,63	0.00-1,40	23,63	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Peso unità di volume**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
Strato (1) ghiaia sabbiosa	23,63	0.00-1,40	23,63	Meyerhof ed altri	2,06

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
Strato (1) ghiaia sabbiosa	23,63	0.00-1,40	23,63	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,00

**Modulo di Poisson**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato (1) ghiaia sabbiosa	23,63	0.00-1,40	23,63	(A.G.I.)	0,31

**Modulo di deformazione a taglio dinamico**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato (1) ghiaia sabbiosa	23,63	0.00-1,40	23,63	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	863,17

**PROVA ...DPSH 2**

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)  
 Prova eseguita in data 21/09/2016  
 Profondità prova 1,80 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

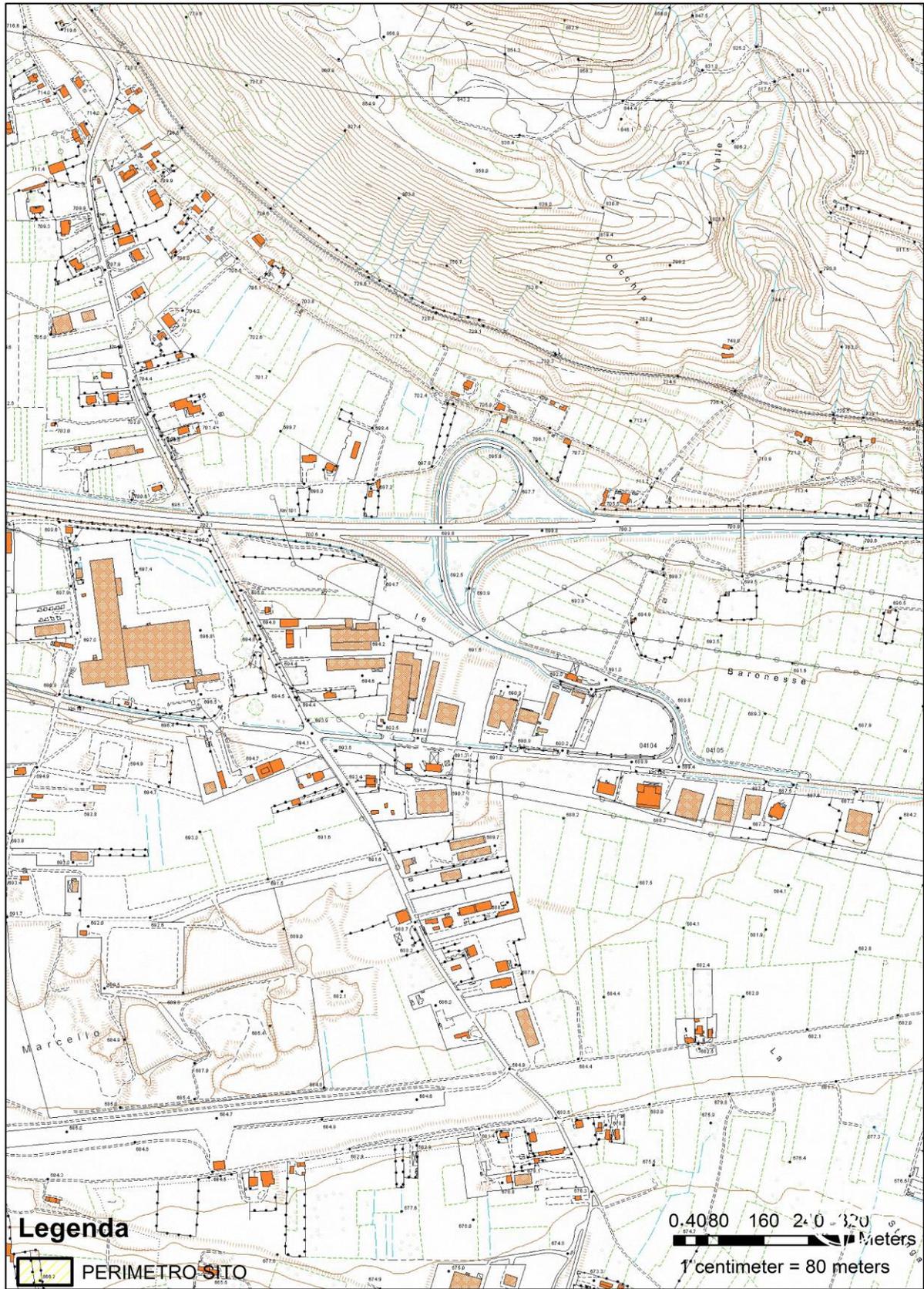
Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,20	2	0,855	16,61	19,44	0,83	0,97
0,40	5	0,851	41,34	48,59	2,07	2,43







5 CTR 1:5000



6 CTR 1:10000

