

# Regione Abruzzo Provincia di Teramo Comune di Basciano



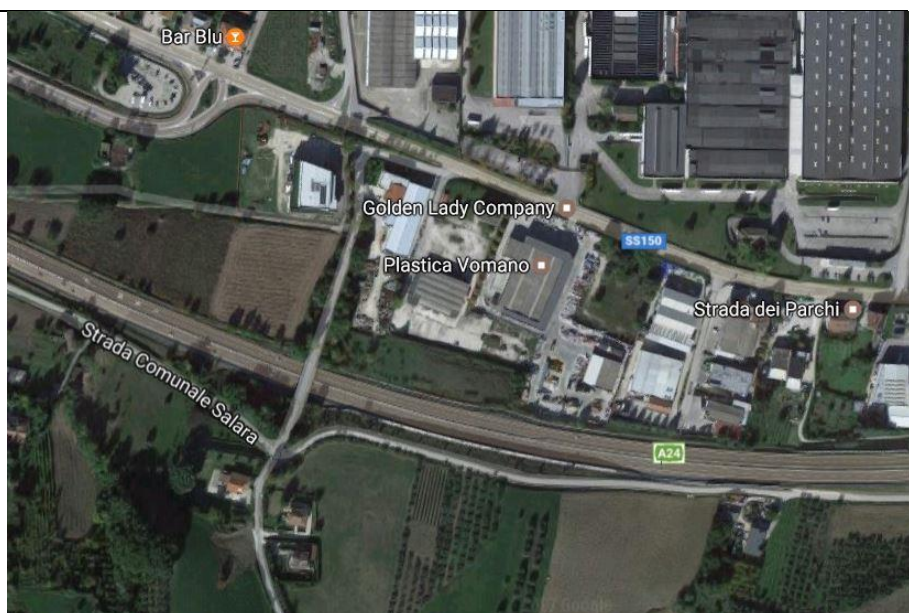
## Oggetto:

**Relazione Geologica allegata al progetto di un impianto di stoccaggio e recupero rifiuti di imballaggio gestito anche in convenzione COMIECO**

Dott. Geologo  
**Luca Rubeis**

Committente:  
**ditta SAMA Marketing  
e Produzione S.R.L.**

Indirizzo:  
**Via Emanuele  
Gianturco, 6- ROMA**



## RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA E SISMICA

SEDE:  
**Sant'Anatolia di Borgorose  
(RI)**

DATA DI EMISSIONE:  
**31/01/2017**

CLASSE D'USO DELLA STRUTTURA

COORDINATE WGS84 33N:  
Lat: **42.608265** Lon: **13.736135**

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**



1	<u>Premessa e piano di indagine</u>	Pag. 3
2	<u>Inquadramento geografico</u>	Pag. 7
3	<u>Assetto Geologico e Geomorfologico</u>	Pag. 9
	<u>3.1 Successione quaternaria</u>	Pag.12
	<u>3.2 Depositi Olocenici</u>	Pag.13
	<u>3.3 Inquadramento morfologico e idologia</u>	Pag.14
4	<u>Assetto Idrogeologico</u>	Pag. 17
5	<u>Sismicità e pericolosità sismica</u>	Pag. 20
	<u>5.1 Sismicità storica</u>	Pag.24
6	<u>Indagini in Situ</u>	Pag. 27
7	<u>Prove sismiche di tipo MASW</u>	Pag. 29
9	<u>Misura di rumore ambientale prova HVSR</u>	Pag. 34
10	<u>Prova di permeabilità in pozzetto</u>	Pag. 40
11	<u>Azioni sismiche di progetto</u>	Pag. 42
13	<u>Conclusioni</u>	Pag. 45
14	<u>Allegati:</u>	Pag. 46



## **1 PREMESSA E PIANO D'INDAGINE**

Facendo seguito all'incarico conferitomi dalla **ditta SAMA Marketing e Produzione**, con la presente relazione si riferisce sui risultati delle indagini geognostiche e geotecniche espletate in corrispondenza dei terreni situati all'interno del territorio comunale di Basciano (TE).

Il progetto che la ditta **SAMA Marketing e Produzione** intende attuare consiste nell'attivazione e gestione di un impianto di stoccaggio e recupero di rifiuti non pericolosi appartenente alle categorie degli imballaggi (carta, plastica e legno). L'impianto opererà nel rispetto delle procedure semplificate previste dal D.M. 05/02/1988 s.m.i.

Le operazioni che verranno effettuate saranno le seguenti:

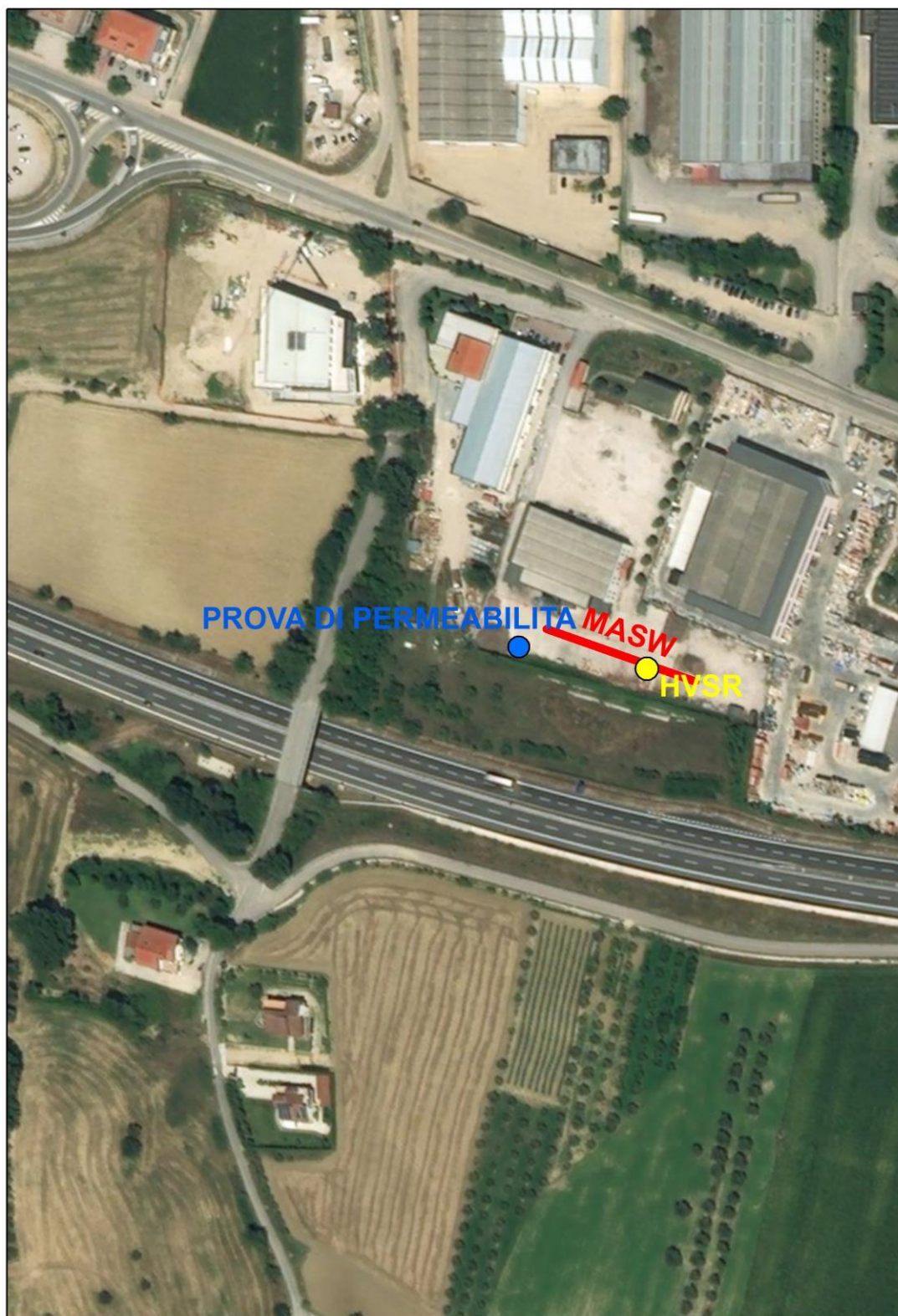
- **R3 – Riciclo/recupero delle sostanze organiche;**
- **R13 – Messa in riserva di rifiuti per sottoporli ad una delle operazioni di cui ai punti da R1 a R12.**

La finalità che la **SAMA Marketing e Produzione** intende perseguire con la realizzazione dell'impianto è di raccogliere diverse tipologie di rifiuti appartenente alla categoria degli imballaggi, e sottoporle a recupero al fine di ottenere:

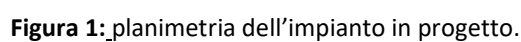
- **materie prime secondarie da reimmettere nel circuito di produzione e di consumo;**
- **rifiuti selezionati provenienti dalla attività di recupero da avviare successivamente ad altri impianti di recupero/smaltimento.**

Tutte le attività su descritte verranno eseguite all'interno di un sito esistente, su cui saranno realizzate delle opere aggiuntive per consentire la riorganizzazione le aree di lavoro.











Scopo di quest'elaborato, è stato quello di supportare la progettazione dell'opera in questione, fornendo la successione stratigrafica locale e le principali caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni di fondazione preventivamente non noti poiché su tale sito non risultano essere state effettuate in precedenza alcun tipo di indagini geologiche, stratigrafiche e geotecniche.

Lo studio geologico è stato eseguito conformemente alle vigenti normative sulle costruzioni in zona sismica (**O.P.C.M. n.3274/03; O.P.C.M. n.3519/06; D.M. Infrastrutture 14.01.2008 Norme Tecniche sulle Costruzioni**;) ed ha tenuto in dovuta considerazione i seguenti elementi:

- **il comune di Basciano è un territorio** con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti (**classificato in zona sismica 2**).

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, e sismica dei terreni di fondazione.

Pertanto le indagini pianificate e realizzate sono state le seguenti:

- *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 pozzetto.*

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

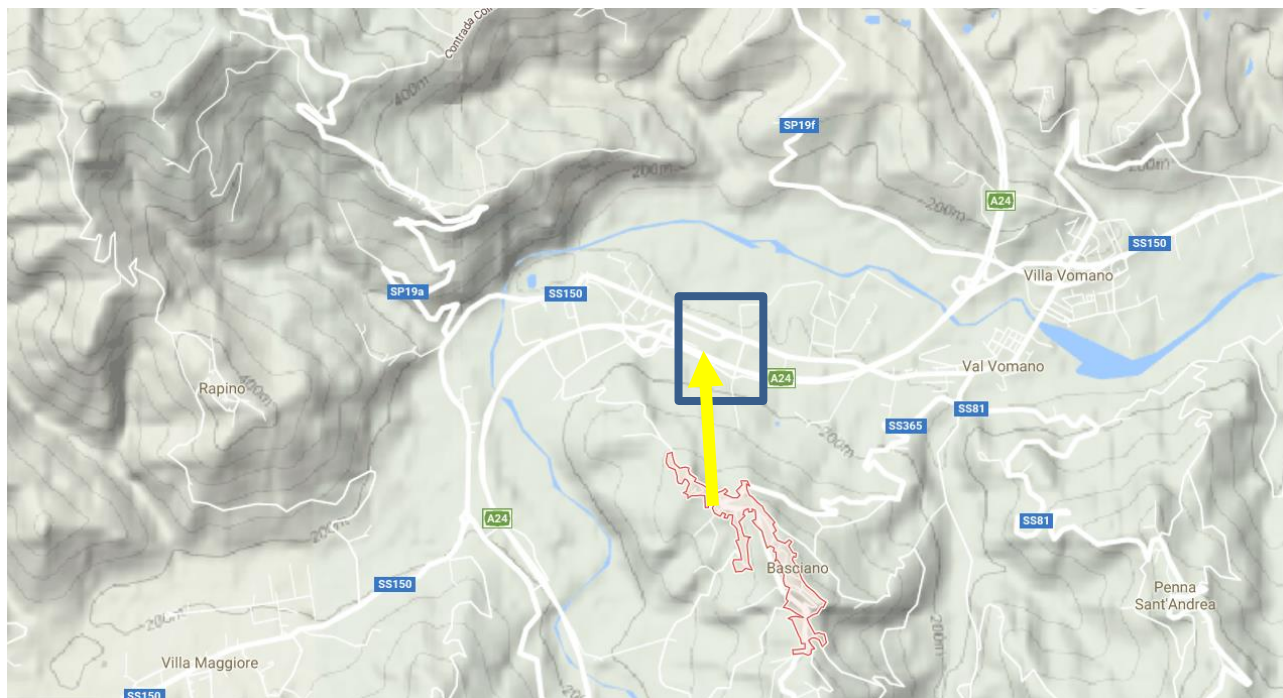
Si è inoltre provveduto a verificare tramite il "GeoPortaleNazionale" <http://www.pcn.minambiente.it/viewer/> che l'area di progetto non ricadesse all'interno di Aree a Rischio così come perimetrate nel PAI Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dei Bacini Idrografici di Rilievo Regionale Abruzzesi e del Bacino Interregionale del Fiume Sangro "Fenomeni Gravitativi e Processi Erosivi", che su tale area non insistesse il Vincolo Idrogeologico e che tale sito non fosse censito nel Piano stralcio di difesa dalle alluvioni in attuazione della direttiva 2007/60/CE Distretto Appennino Centrale UoM-Cod ITR131 e ITI023.

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



## **2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO**

In questo capitolo viene illustrata l'ubicazione geografica del sito di intervento in riferimento alla cartografia ed alla toponomastica ufficiale desunta dalle planimetrie a disposizione.



**Figura. 2** Modello ombreggiato del settore appenninico lungo la valle del Fiume Vomano.

### **2.1 Riferimenti cartografici ed ubicazione geografica**

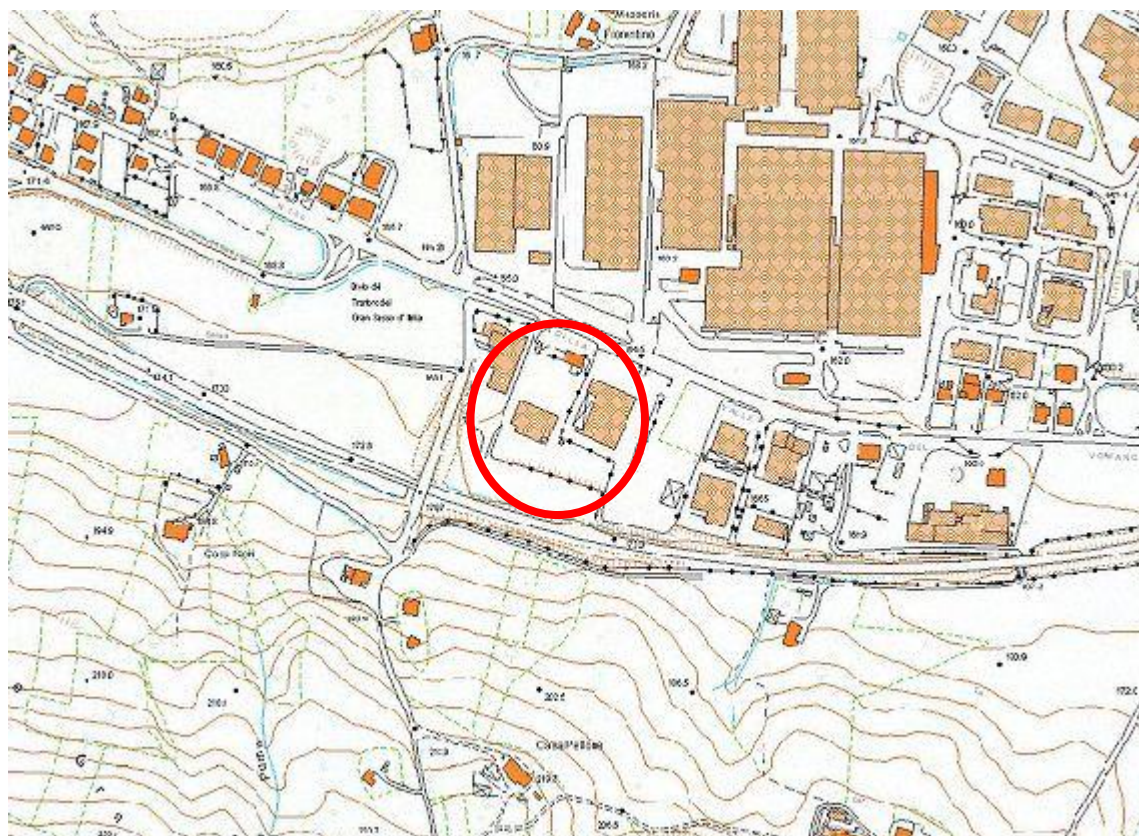
Il territorio del Comune di Basciano si estende nell'entroterra della provincia teramana a SW del capoluogo di provincia, alle pendici della catena carbonatica del Gran Sasso d'Italia.

Il sito posto ad una quota di 166 m s.l.m., è identificabile nella seguente Cartografia Ufficiale dello Stato e della Regione Abruzzo:

- Coordinate WGS84 33N geografiche : Lat: 42.608265 Lon: 13.736135
- Coordinate ED50: Lat: 42,609229 Lon: 13,737043
- Carta Tecnica Regionale in scala 1:5000 Foglio 339130
- Ortofoto in scala 1:5000 Foglio 339130
- Carta Topografica in scala 1:25000 339 ovest.
- Al Catasto, identificato al Foglio 3, Particelle 403-465 Comune di Basciano



Per una migliore collocazione dell'Area interessata dall'intervento si è fatto uso della CTR Regione Abruzzo in Scala 1:5000 Foglio 339130.

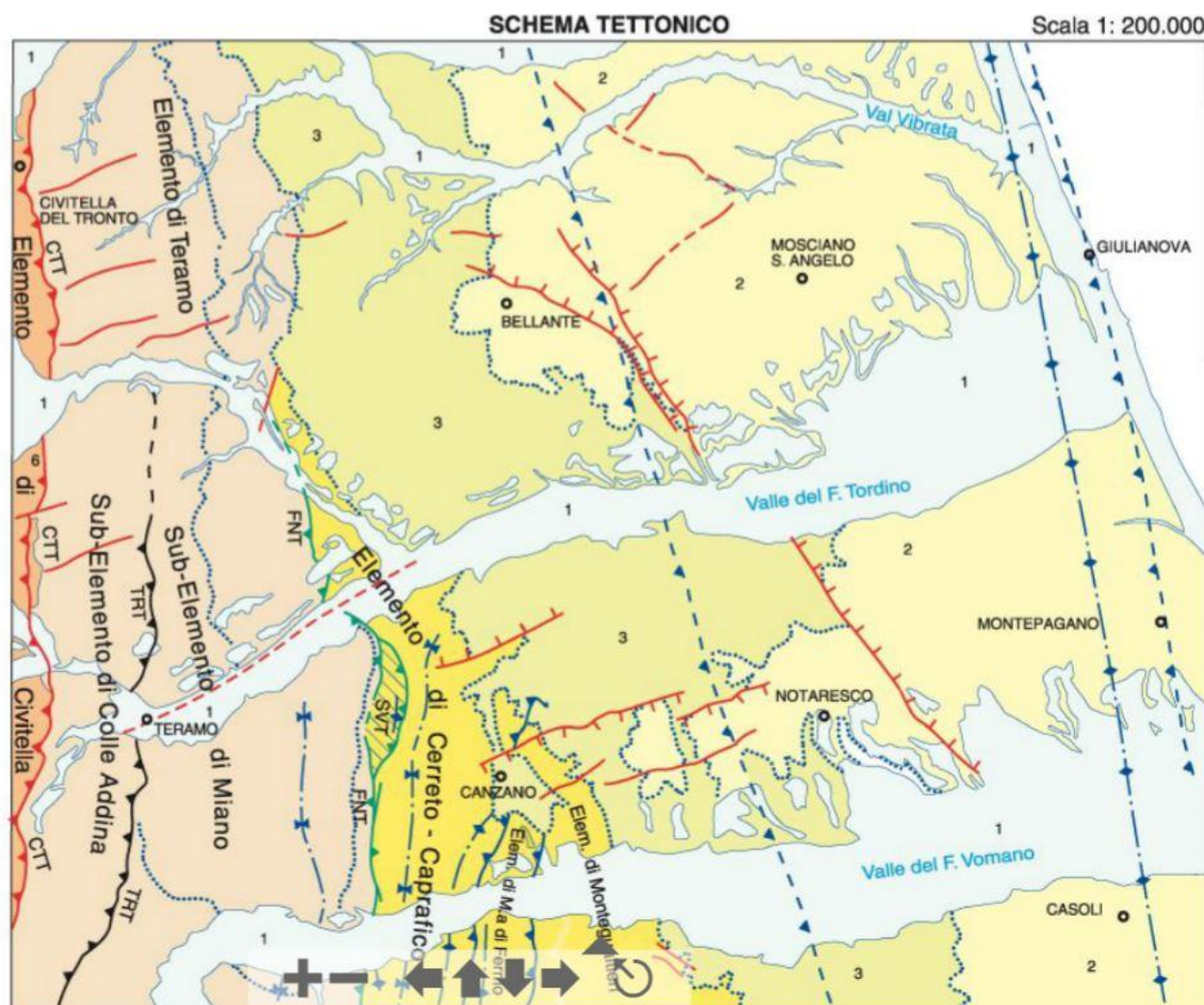


**Figura 3:** Stralcio non in scala della CTR Regione Abruzzo in Scala 1:5000 Foglio 339130



### **3 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO**

L'area in esame ricade all'interno della Carta Geologica d'Italia in Scala 1:50000 Foglio 339 Teramo, (progetto CARG).

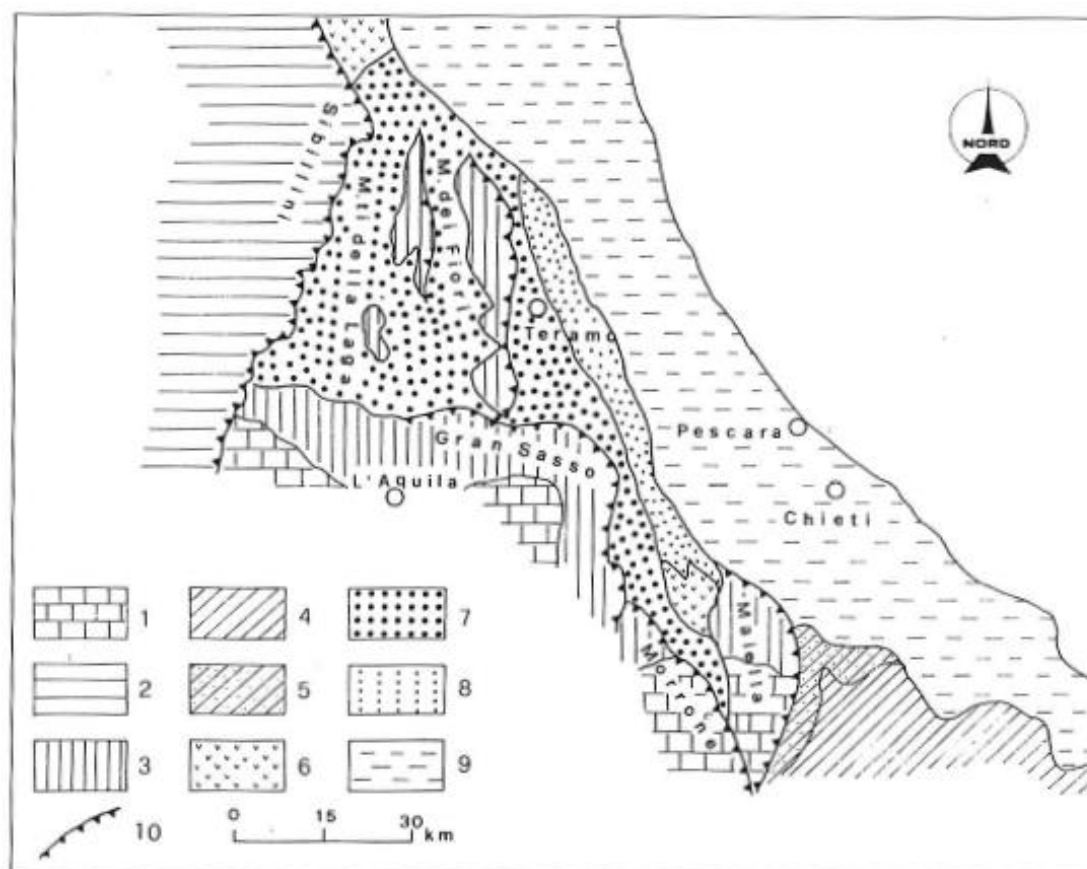


In linea generale la storia geologica dell'area abruzzese è riconducibile a due principali fasi evolutive: la prima caratterizzata dalla presenza di un ambiente marino, che successivamente evolve in un ambiente continentale come risultato della deformazione, la seconda dal sollevamento di domini paleogeografici mesozoici marini. Oggi il territorio lo conosciamo articolato in dorsali e depressioni che sono state colmate dal Plio-Pleistocene da potenti coltri detritiche. La geologia del territorio teramano è il risultato delle stesse fasi evolutive, ed è caratterizzata dalla presenza di rocce sedimentarie di ambiente marino. Nel complesso il territorio appare articolato a causa della tettonica neogenico-aternaria distinta in due fasi principali: -



**l'orogenesi appenninica** (catena – avanfossa – avampaese) con migrazione degli sforzi compressivi dai settori occidentali verso quelli orientali (evoluzione adriatico vergente), Mio-Pliocene; - **tettonica distensiva**, in migrazione da Ovest verso Est, a partire dalla fine del Pliocene Superiore, con l'apertura del Mar Tirreno. L'evoluzione geodinamica del settore centro-appenninico, della quale fa parte l'area teramana, è stata controllata essenzialmente da due unità paleogeografiche-strutturali: la Piattaforma carbonatica laziale-abruzzese, riferibile ad un ambiente di paleopiattaforma carbonatica (Trias superiore – Lias inferiore) e il Bacino pelagico umbro-marchigiano, una zona depressa di mare aperto e profondo generata da una fase tettonica distensiva connessa all'ampliamento del Mare Tetide. L'interazione tra queste due unità ha portato all'innalzamento della parte centrale della catena Appenninica. Si è avuta quindi una prima fase in ambiente sottomarino, seguita da una fase subaerea, nel PlioPleistocene, in cui si sono venute a creare le condizioni ambientali per l'attivazione di processi erosivi, associati da fenomeni deposizionali di natura poligenica come ad esempio depositi alluvionali, colluviali e lacustri che ricoprono le zone morfologicamente depresse. Questa complessità la ritroviamo oggi nelle diverse dorsali presenti nel territorio teramano: i Monti della Laga, ad andamento circa nord-sud, costituiti prevalentemente da terreni argilloso-arenacei; l'allineamento montuoso Montagna dei Fiori – Montagna di Campli – Montagnone, di natura carbonatico-marnosa, con andamento sub-parallelo alla precedente e infine, nel settore meridionale della provincia, l'imponente catena appenninica carbonatica del Gran Sasso, con andamento all'incirca est-ovest. Quest'ultima presenta caratteristiche fisiografiche tipicamente alpine e comprende il Corno Grande, la vetta più elevata di tutto l'Appennino.

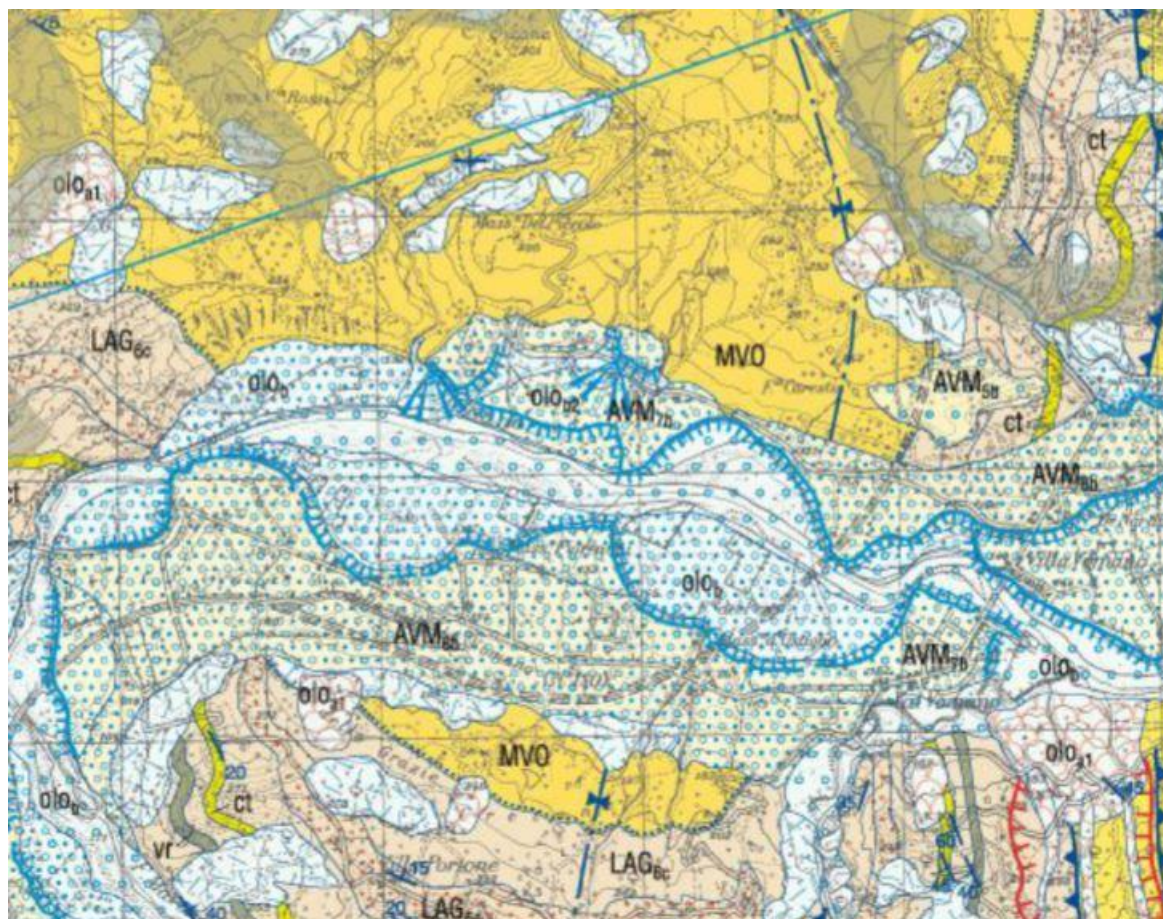




**Figura 1** Inquadramento geologico regionale del teramano.

- 1) *Successione calcareo-dolomitica in facies di piattaforma carbonatica*  
(Trias superiore - Miocene medio);
- 2) *Successione calcareo-silico-marnosa in facies pelagica*  
(Giurassico - Miocene medio);
- 3) *Successione calcareo-marnosa e calcareo-clastica in facies di transizione prossimale*  
(Giurassico - Miocene medio);
- 4) *"Argille Scagliose" e flysch calcareo-marnosi del Complesso Sicilide*  
(Cretaceo superiore - Miocene superiore);
- 5) *Flysch di Agnone*  
(Miocene superiore);
- 6) *Formazione gessoso-solfifera*  
(Miocene superiore);
- 7) *Formazione della Laga*  
(Messiniano);
- 8) *Formazione Cellino*  
(Pliocene inferiore);
- 9) *"Argille grigio-azzurro", sabbie, arenarie e conglomerati*  
(Pliocene medio - Pleistocene inferiore);
- 10) *Fronti di sovrascorrimento affioranti*





La descrizione di depositi quaternari è riferita all'area di studio ed a un suo adeguato intorno.

### 3.1 Successione quaternaria

I depositi continentali giacciono in discordanza sulle successioni sopra descritte e sono connessi principalmente con le fasi climatiche del Quaternario. - Sintema di Pietracamela (Pleistocene medio p.p.): costituito da depositi glaciali, detritici e di conoide alluvionale. E' caratterizzato da un'alternanza irregolare di facies con frequenti variazioni laterali e verticali. La litofacies prevalente è costituita da brecce fortemente cementate, in strati molto spessi, generalmente massivi, costituite da clasti calcarei eterometrici, che raggiungono dimensioni metriche, angolosi e raramente sub-arrotondati, con proporzioni variabili di matrice siltosa biancastra. Sono altresì presenti intercalazioni di ghiaie eterometriche fino ai blocchi, da angolose a sub-arrotondate, in strati da medi a sottili, e brecce angolose da fini a molto grossolane con contenuto variabile di matrice calcarea sabbiosolimosa. La parte bassa della sequenza è prevalentemente di origine glaciale anche se le alternanze con depositi gravitativi indica una rapida variazione nello spazio e nel tempo degli ambienti deposizionali, probabilmente in connessione con le avanzate e i ritiri del



ghiacciaio della Val Maone – Rio Arno. Al ritiro dei ghiacciai è seguita la deposizione dei sedimenti detritici e di conoide alluvionale presenti nella parte alta della sequenza. - Sintema di Valle Majelama (Pleistocene superiore): costituito da antichi depositi alluvionali terrazzati sui fianchi delle valli fluviali (valle del Torrente Chiarino), che possono disporsi anche su tre ordini di terrazzi ad altezze diverse; lo spessore varia da terrazzo a terrazzo. Conoidi alluvionali profondamente incise dai corsi d'acqua che più a valle passano a depositi di pianura alluvionale, hanno uno spessore generalmente ridotto e sono costituiti fondamentalmente da ghiaie eterometriche poco arrotondate. In particolare nell'area ad est di Basciano, sono presenti potenti spessori di depositi monogenici, caotici, costituiti da grandi blocchi con abbondante matrice argillosa, messi in posto da flussi gravitativi alimentati dalle coltri detritiche a grandi blocchi che si trovano sul versante orientale del Montagnone.

### **3.2 Depositi olocenici**

Ampiamente diffusi in tutto il territorio comunale. - detriti di falda, con detritici e conoidi torrentizie: originatisi dalla demolizione delle rocce affioranti, sono formati da frammenti e blocchi lapidei spigolosi fra i quali a volte si interpone una frazione più fine sabbiosa e limosa. Lo spessore varia da zona a zona e dipende dall'apporto di materiale detritico e dalla morfologia del terreno che ricopre. Inoltre in corrispondenza di antichi alvei torrentizi si rinvencono conoidi inattive formate da ghiaie e ciottoli in più o meno abbondante matrice sabbiosa; - depositi di frana: spesso appoggiati al piede di antichi terrazzi alluvionali, costituiscono dei veri e propri corpi geologici con dimensioni talora rilevanti. Litologicamente sono molto eterogenei da prevalenti materiali fini, limi e argille, a grossi blocchi arenacei o calcarei. Si mostrano sia inattivi che attivi, di solito soggetti a movimenti molto lenti; - coltri eluvio-colluviali: formate principalmente da limi-argillosi e limi-sabbiosi con rari ciottoli rocciosi, si trovano sui versanti meno acclivi e possono raggiungere spessori di 30 m.



### 3.3 Inquadramento geomorfologico e idrografia

La morfologia della fascia appenninica centrale è notevolmente articolata in quanto influenzata dalla combinazione di diversi elementi: sollevamento regionale, tettonica distensiva, diverse condizioni climatiche, interazione tra processi esogeni ed endogeni. Ma può essere schematicamente divisa in fasce longitudinali ad andamento NordOvest-SudEst orograficamente omogenee. Nel teramano la fascia più occidentale è caratterizzata dalla presenza di tre catene montuose: - Monti della Laga di natura arenacea, con andamento NordOvest-SudEst; - Monti Gemelli e Montagnone di natura calcareo-marnosa, con andamento NordOvest-SudEst; - Gran Sasso massiccio carbonatico con andamento Est-Ovest, che chiude a Sud le due catene sopra citate. Ad Est delle suddette catene montuose si sviluppa un'ampia area collinare contraddistinta da rilievi a debole energia che si raccordano con un'area costiera poco estesa. La catena dei Monti della Laga si estende per circa 30 Km ed è delimitata a Nord dalla valle del Tronto ed a Sud dall'alta valle del Vomano. Da questa si diramano alcune catene secondarie anche piuttosto lunghe e articolate, delimitate da profonde incisioni vallive. Il sistema idrografico è rappresentato dai bacini imbriferi del Tronto, Salinello, Tordino e Vomano con drenaggio principale verso Est e il mare Adriatico. Le valli dei corsi fluviali sono ricche d'acqua anche durante il periodo estivo e da numerose rotture di pendio che danno origine a cascate di notevole altezza. La dorsale Monti Gemelli – Montagnone si estende da Nord, Ascoli Piceno fino a ridosso del massiccio del Gran Sasso. I Monti Gemelli sono la Montagna dei Fiori e la Montagna di Campi separati tra loro dalle suggestive Gole del Salinello. Il massiccio carbonatico del Gran Sasso, sicuramente quello più esteso e più importante, presenta caratteristiche geoambientali prettamente alpine e una morfologia aspra ed accidentata con pareti ripide di notevole altezza, canaloni, circhi glaciali e falde detritiche che denotano la gioventù geologica del massiccio. Per la sua estensione e per i suoi caratteri morfologici distintivi può essere diviso in due catene: quella settentrionale più vicina al mare che comprende le vette più elevate con tratti verticali di notevole altezza a strapiombo sulle coline argillose con tratti morfologici per la maggior parte molto dolci e quella meridionale, più interna con altitudini meno elevate. Tra le due catene è presente una depressione morfologica di origine tettonica che culmina verso Est nella grandiosa piana di Campo Imperatore e verso Ovest con le lunghe e profonde valli glaciali dalla tipica forma a V, con direzione Sud-Nord: Val Maone, Valle del Venacquaro e Valle del Rio Arno.



L'area fa parte del Bacino del Fiume Vomano. Il Bacino del Fiume Vomano costituisce un bacino regionale, appartenente alle Autorità dei Bacini Regionali Abruzzesi istituite con la Legge Regionale della Regione Abruzzo n. 81 del 16/09/1998. Il Fiume Vomano costituisce un corso d'acqua significativo di primo ordine<sup>1</sup>.

Il sito d'indagine è posto su un terrazzo fluviale in destra idrografica ad una distanza di circa 800 metri dall'alveo del fiume Vomano. In questo tratto il corso del fiume dopo l'ansa che compie nell'agire il colle sul quale nasce l'abitato di Basciano, assume un andamento sub-rettilineo.

I depositi alluvionali sono morfologicamente distribuiti in quattro ordini principali di terrazzi. I più antichi (I e II ordine) sono presenti solo in sinistra idrografica, quelli recenti (III e IV) sono presenti anche in destra idrografica. I depositi terrazzati antichi risultano di limitato spessore e sono talora separati da affioramenti del substrato argilloso. Questo fa sì che essi non costituiscano un acquifero di particolare importanza, ma rappresentino spesso degli acquiferi isolati con funzioni di ricarica dei depositi terrazzati bassi sia direttamente che attraverso le coltri eluvio-colluviali.

Caratteristiche del bacino idrografico			
Nome bacino	Area totale (Km <sup>2</sup> )	Sezione	Area (Km <sup>2</sup> )
Fiume Vomano	791,05	Alto Corso	322,23
		Medio Corso	335,51 *
		Basso Corso	133,31

\* Tale superficie è comprensiva del sottobacino del Fiume Leomogna che sarà trattato nella sezione a parte.

Alto Corso Medio Corso	Montorio al Vomano	TE	53,1	3
	Tossicia	TE	27,04	3
	Basciano	TE	18,78	3

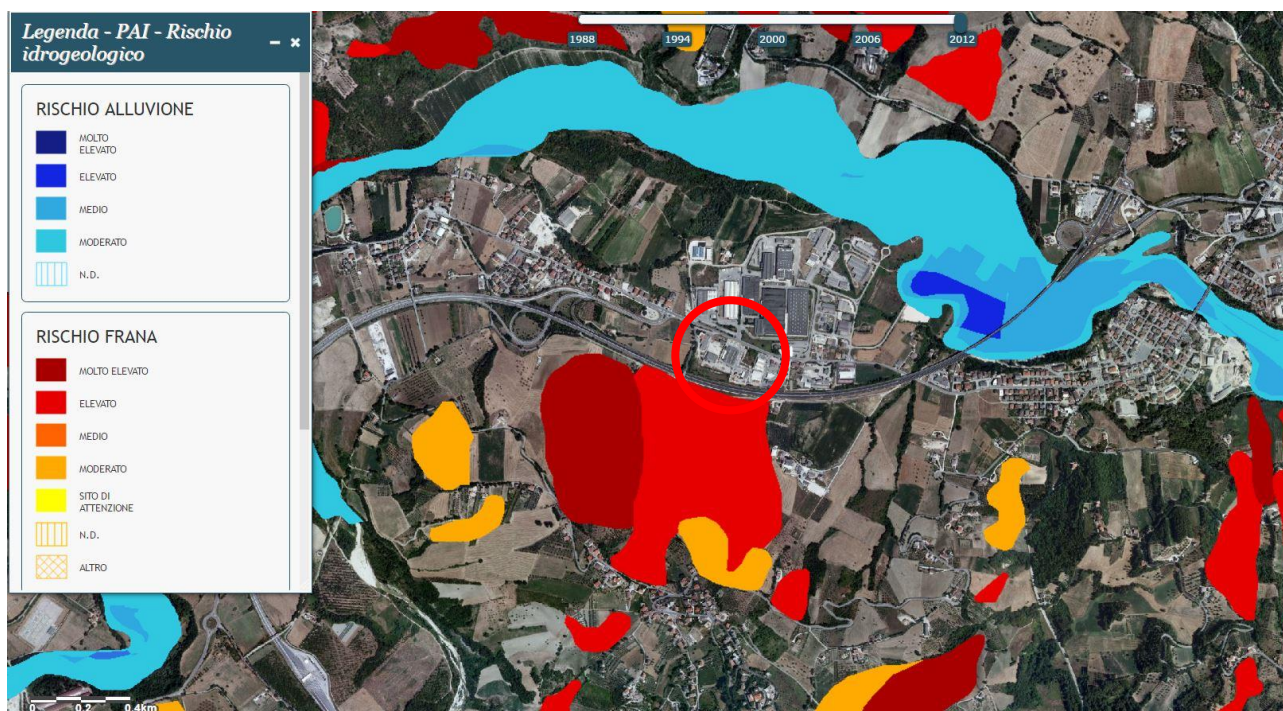
Nonostante le litologie affioranti nell'immediato intorno (sabbie – limi – argille) dell'area d'indagine, **il sito non risulta compreso nelle aree censite nella cartografia del PAI (Piano di Assetto Idrogeologico) né per quanto riguarda la Pericolosità Idrogeologica tantomeno per ciò che concerne il Rischio** così come si evince dalla cartografia riportata in seguito tratta dal servizio del GeoPortale Nazionale 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



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.

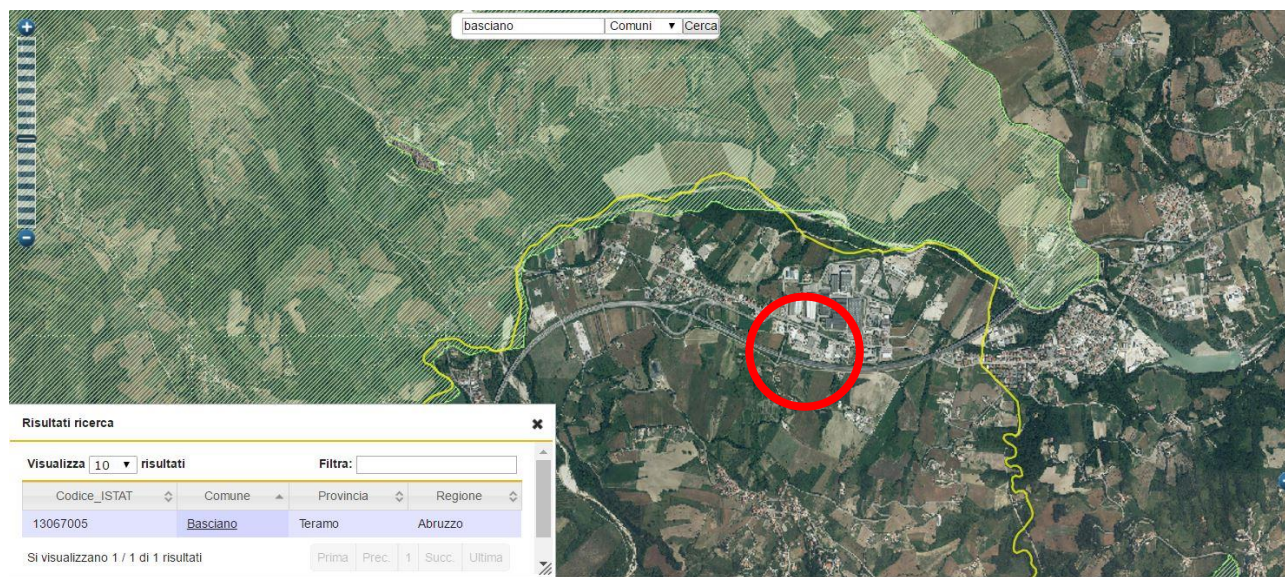
A seguito di tale disamina, l'area d'interesse, può essere definita stabile dal punto di vista geomorfologico in quanto non sono presenti fenomeni di instabilità gravitativa.



**Figura 8:** stralcio cartografico dell'area in esame, e tratto da **GeoPortaleNazionale** all'indirizzo <http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>. I cerchi indicano la collocazione del sito.



**Il sito d'indagine non è sottoposto al Vincolo Idrogeologico.**

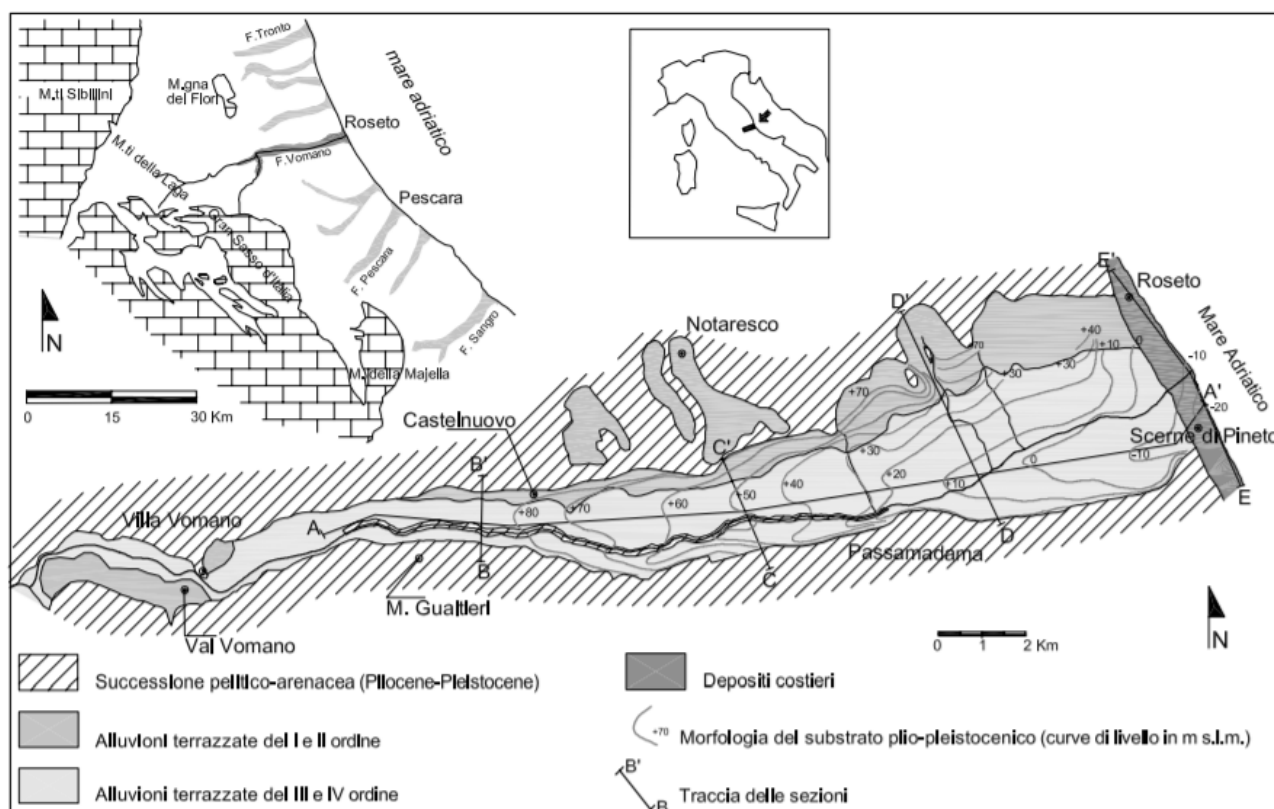


**Figura 7:** Dettaglio della porzione del territorio comunale, sottoposta al vincolo idrogeologico.  
<http://geoportale.regione.abruzzo.it/Cartanet/viewer>



Gli acquiferi di subalveo dei fiumi adriatici costituiscono una fonte di approvvigionamento idrico di notevole importanza, sia a scopo idropotabile che produttivo. Ciò a causa dell'assetto idrogeologico delle pianure alluvionali, dei costi moderati per la captazione delle acque dagli acquiferi di subalveo e della loro elevata potenzialità idrica. L'area collinare adriatica è infatti costituita principalmente da litotipi argillosi e argilloso marnosi plio-pleistocenici, con alternati nella sequenza corpi arenacei di spessore decametrico. Solo in questi corpi arenacei sono presenti modesti acquiferi che alimentano sporadiche sorgenti caratterizzate da portate raramente superiori ad 1 l/s. Gli acquiferi delle pianure, alimentati dalle acque fluviali appenniniche, sono pertanto l'unica fonte di approvvigionamento idrico dell'area collinare e costiera adriatica. Le acque di questi acquiferi, anche se altamente vulnerabili e attualmente interessate da fenomeni di inquinamento, hanno un ruolo fondamentale nell'approvvigionamento idropotabile dei centri abitati collinari e costieri e per l'attività produttiva dell'area adriatica (NANNI & VIVALDA, 1998). Il solo acquifero della pianura alluvionale del fiume Vomano soddisfa, infatti, il fabbisogno idropotabile di diversi comuni della costa adriatica (Pineto, Silvi, Montesilvano, Roseto, Città S. Angelo), inoltre esso viene intensamente sfruttato per uso industriale e, subordinatamente, irriguo. La pianura del fiume Vomano si sviluppa con direzione circa ovest-est nel versante appenninico adriatico. Il bacino idrografico, che si estende dai Monti della Laga e dal Massiccio del Gran Sasso fino al mare Adriatico, è ampio circa 485 km<sup>2</sup>. L'area di pianura, all'interno della quale si sviluppa la falda di subalveo, è invece ampia quasi 30 km<sup>2</sup>. L'uso del suolo è prevalentemente agricolo con zone industriali presenti all'estremo occidentale (a monte di Villa Vomano) e all'estremo orientale in prossimità della costa





*Fig. 1 - Localizzazione e carta geologica schematica della pianura alluvionale del fiume Vomano.  
- Localization and schematic geologic map of the alluvial plain of the Vomano river.*

I depositi alluvionali antichi e recenti del fondovalle Vomano, sono costituiti prevalentemente da corpi ghiaiosi, ghiaioso-sabbiosi, sabbioso-ghiaiosi e subordinatamente da lenti limoso argillose. Nella parte alta della pianura prevalgono ed affiorano i corpi ghiaioso-sabbiosi.

Al di sopra dei corpi ghiaiosi, ghiaioso-sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi, nella parte medio bassa della pianura, sono presenti depositi costituiti da sabbie limoso-argillose e da argille sabbioso-limose di spessore variabile da pochi metri fino a circa 20 m in prossimità della zona costiera. La circolazione idrica all'interno dei terreni che costituiscono il substrato dell'area presa in esame, è condizionata e determinata dalla litologia degli stessi. Le acque di falda sono sostenute, alla base dei depositi colluviali, dal substrato costituito dall'alternanza argilloso-arenaceo che ne rallenta notevolmente l'infiltrazione verso il basso. L'equilibrio idrodinamico del sistema, ovvero di trasporto delle acque meteoriche verso mare, è garantito in gran parte dal deflusso superficiale, e in minor misura dall'infiltrazione nel terreno (strati arenacei e gesso-areniti).

La presenza nel sottosuolo dell'area di S. Mauro di alcuni corpi sedimentari di natura colluviale di medio spessore, unitamente a piccoli impluvi, determina, localmente ed in modo discontinuo, l'esistenza di falde freatiche profonde, di medio-bassa potenza. Queste comunque non sono state



intercettate durante l'esecuzione delle indagini di sottosuolo, ed il loro utilizzo avviene generalmente attraverso l'emungimento dei pochi pozzi presenti e localizzati nel tratto medio-fine degli impluvi.



## **5 SISMICITÀ E PERICOLOSITÀ SISMICA**

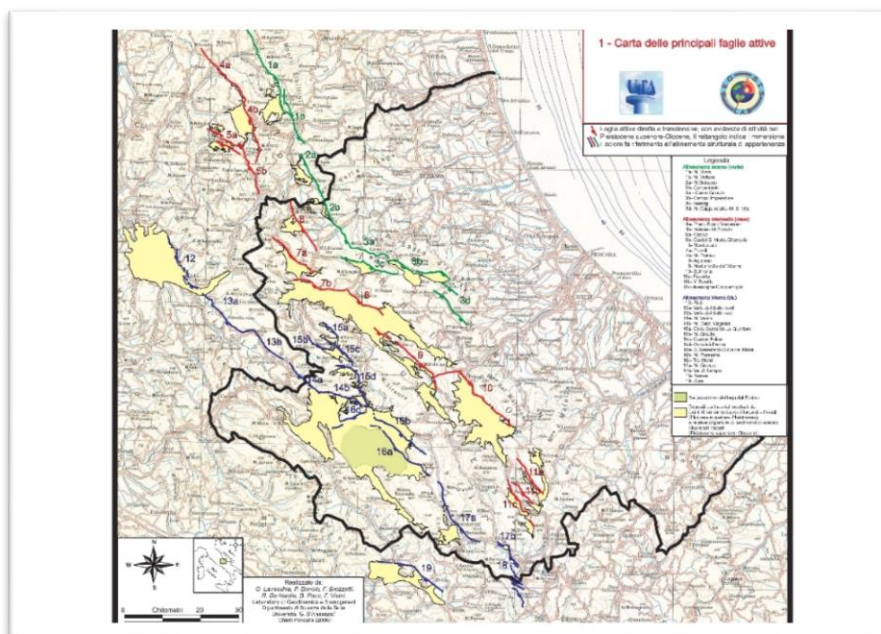
Nel territorio abruzzese l'attività sismica più forte è concentrata in prevalenza lungo la catena appenninica, in particolare ad W del Gran Sasso e della Maiella, mentre lungo la fascia pedemontana e costiera si osserva una sismicità più modesta.

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:

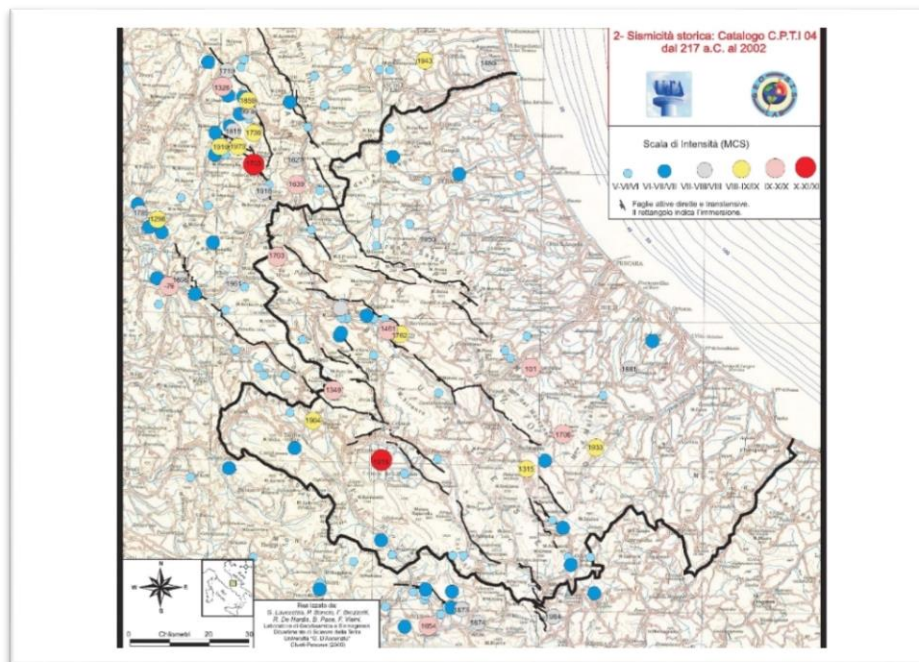
*Alta valle dell'Aterno*: (comprende i segmenti del Monte Pettino e di Camarda/Paganica, che si sono attivati durante l'evento del 6 aprile 2009), *Campo Felice – Piani di Pezza-Ovindoli*, *Conca di Rieti*, *Valle del Salto M. Velino*, *Montereale*, *Media Valle dell'Aterno*, *Gran Sasso*, *Campo Imperatore*,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



**Figura 13:** Carta delle principali faglie attive della regione Abruzzo (Lavecchia et al., 2006)



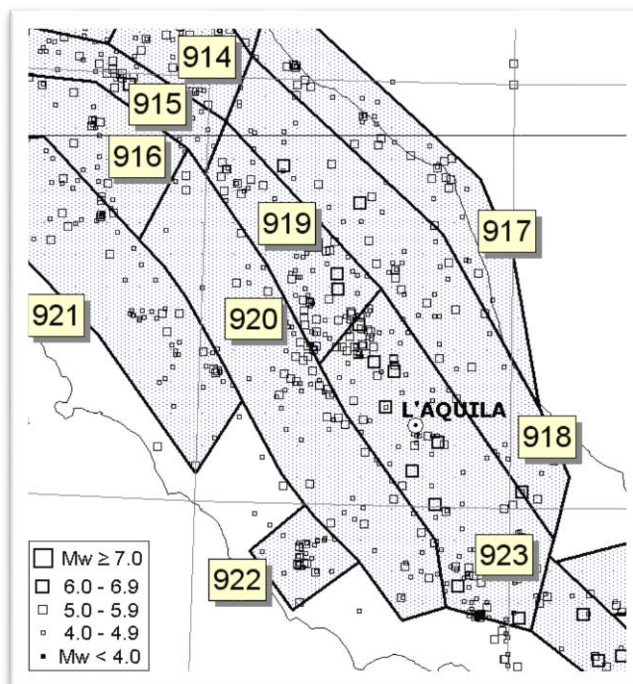
Queste strutture hanno dato luogo a terremoti, come i sismi distruttivi, avvenuti in epoca storica, del 1349, 1461, 1703, 1706 e 1915.



**Figura 14:** Carta dei principali eventi sismici avvenuti nella Regione Abruzzo  
 (Lavecchia et al., 2006)

Senza dimenticare l'evento aquilano del 6 aprile 2009 (intensità epicentrale  $I_0 = IX-X$  MCS, magnitudo momento  $M_w = 6.3$ ) il quale come quelli sopra menzionati, è avvenuto all'interno della ZS 923 della Zonazione Sismogenetica ZS9 (Meletti et al. 2004), utilizzata per la compilazione della mappa di pericolosità sismica MPS04 (GdL MPS, 2004).

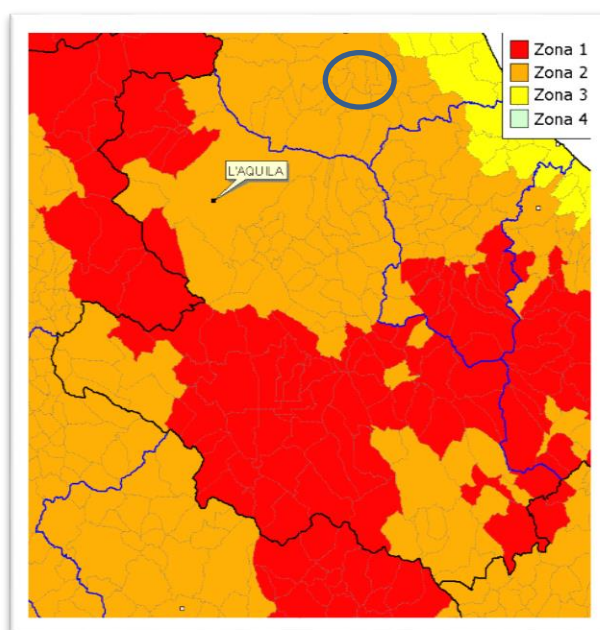




**Figura15:** Zone sorgenti dell'Appennino centrale (Meletti et al., 2008)

Il nostro sito è racchiuso nella zona Sismogenetica ZS918 Medio Marchigiana/Abruzzese.

Attualmente il territorio della Comune di Basciano in base a quanto stabilito dall'Ordinanza PCM 3274/2003, è classificato in **Zona Sismica 2**.

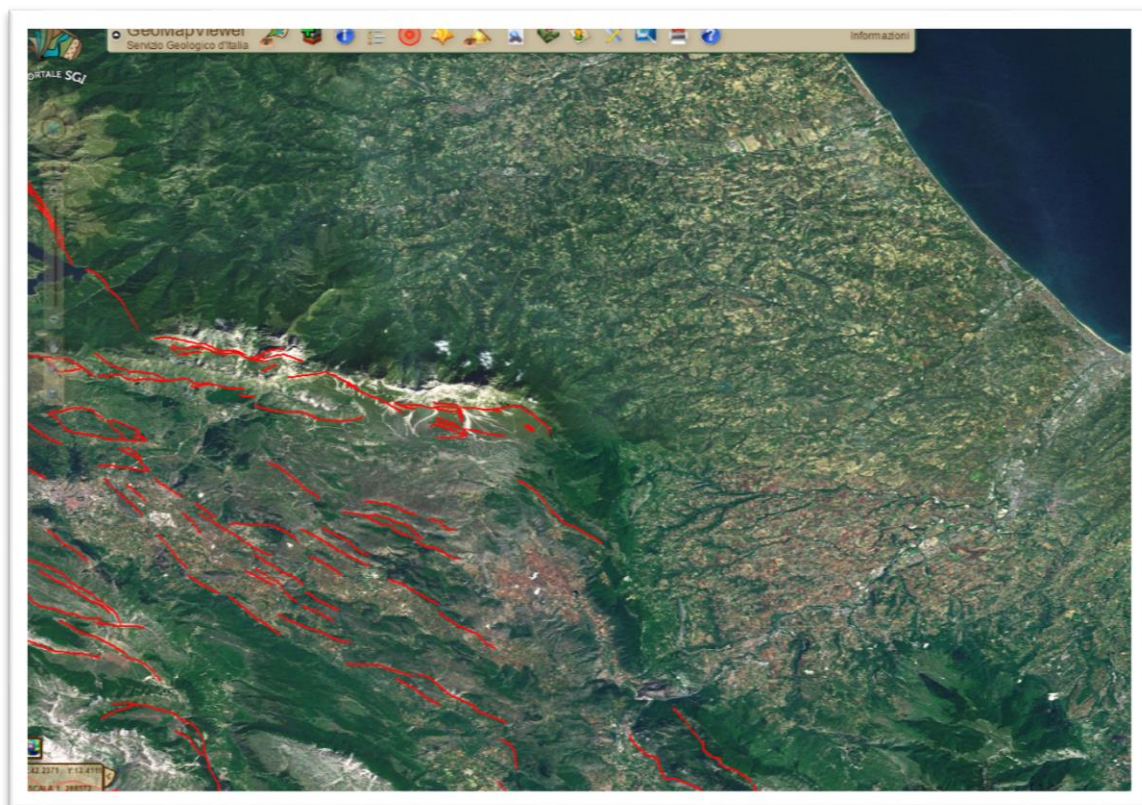


**Figura 16:** Zone sismiche aggiornate dall'OPCM 3274/2003 e recepite dalle Regioni.



A proposito delle faglie reputate attive che insistono all'interno del territorio comunale di Basciano, si è provveduto alla consultazione del catalogo "on-line" **ITHACA**, tramite il portale del Servizio Geologico d'Italia, GeoMapView-2 (<http://sgi1.isprambiente.it/GMV2/index.html>).





**Figura: 20** Carta delle Faglie attive e capaci data base ITHACA. Sismicità Storica (Con il cerchio rosso è evidenziata l'area di indagine)

## **5.1 Sismicità Storica**

L'analisi della pericolosità sismica storica del Comune di Basciano è stata eseguita utilizzando le informazioni macrosismiche messe a disposizione della comunità scientifica a seguito del Progetto S1 dell'INGV, vale a dire il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani **CPTI11** (Gruppo di lavoro 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 Basciano. Più in dettaglio si riporta di seguito la tabella ed il grafico della storia sismica di Basciano.



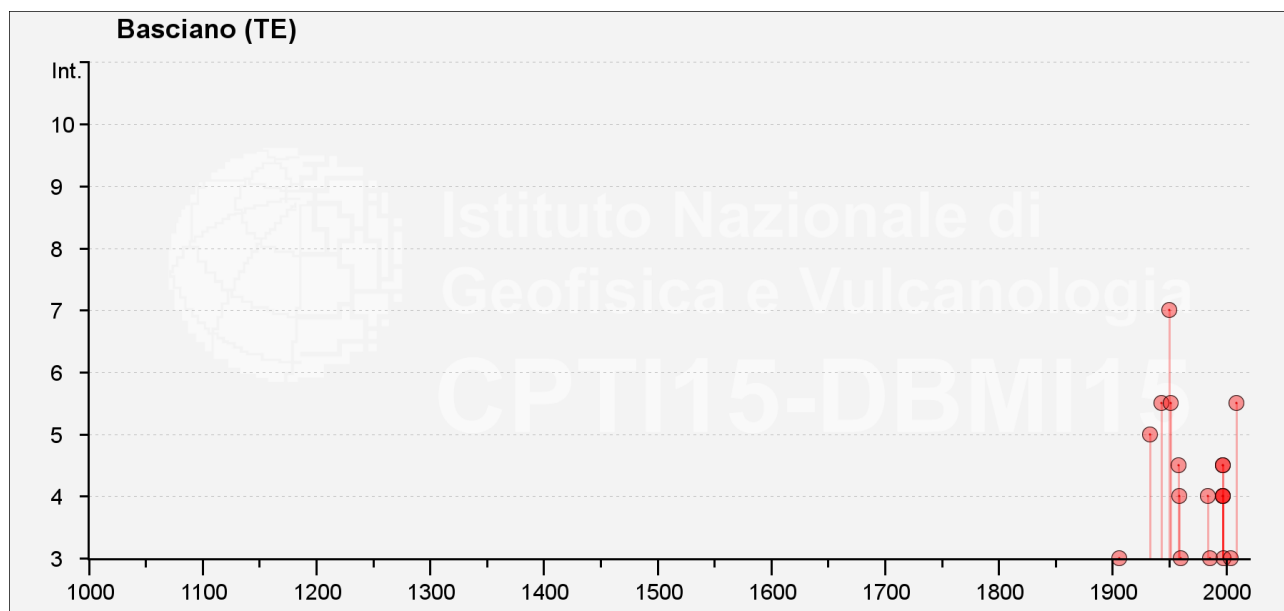
## Basciano



PlaceID IT\_56467  
 Coordinate (lat, lon) 42.595, 13.740  
 Comune (ISTAT 2015) Basciano  
 Provincia Teramo  
 Regione Abruzzo  
 Numero di eventi riportati 22

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
F	<a href="#">↗</a> 1888	07	08	20	47		Teramo	7	5	4.46
3	<a href="#">↗</a> 1906	01	29	15	05		Valle del Tronto	50	5	4.28
5	<a href="#">↗</a> 1933	09	26	03	33	2	Maiella	325	9	5.90
5-6	<a href="#">↗</a> 1943	10	03	08	28	2	Ascolano	170	8	5.67
7	<a href="#">↗</a> 1950	09	05	04	08		Gran Sasso	386	8	5.69
5-6	<a href="#">↗</a> 1951	08	08	19	56		Gran Sasso	94	7	5.25
4-5	<a href="#">↗</a> 1958	06	24	06	07		Aquilano	222	7	5.04
4	<a href="#">↗</a> 1959	01	01	23	58	1	Teramano	46	5	4.33
3	<a href="#">↗</a> 1960	03	16	01	52	4	Monti della Laga	81	5	4.44
4	<a href="#">↗</a> 1984	05	07	17	50		Monti della Meta	912	8	5.86
3	<a href="#">↗</a> 1986	10	13	05	10	0	Monti Sibillini	322	5-6	4.46
NF	<a href="#">↗</a> 1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
NF	<a href="#">↗</a> 1994	06	02	17	38	1	Aquilano	106	5	4.21
4-5	<a href="#">↗</a> 1997	09	26	00	33	1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
4	<a href="#">↗</a> 1997	09	26	09	40	2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
4-5	<a href="#">↗</a> 1997	10	03	08	55	2	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
4	<a href="#">↗</a> 1997	10	06	23	24	5	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47
4	<a href="#">↗</a> 1997	10	14	15	23	1	Valnerina	786		5.62
3	<a href="#">↗</a> 1998	08	15	05	18	0	Reatino	233	5-6	4.42
2-3	<a href="#">↗</a> 1999	10	10	15	35	5	Alto Reatino	79	4-5	4.21
3	<a href="#">↗</a> 2004	12	09	02	44	2	Teramano	213	5	4.09
5-6	<a href="#">↗</a> 2009	04	06	01	32	4	Aquilano	316	9-10	6.29

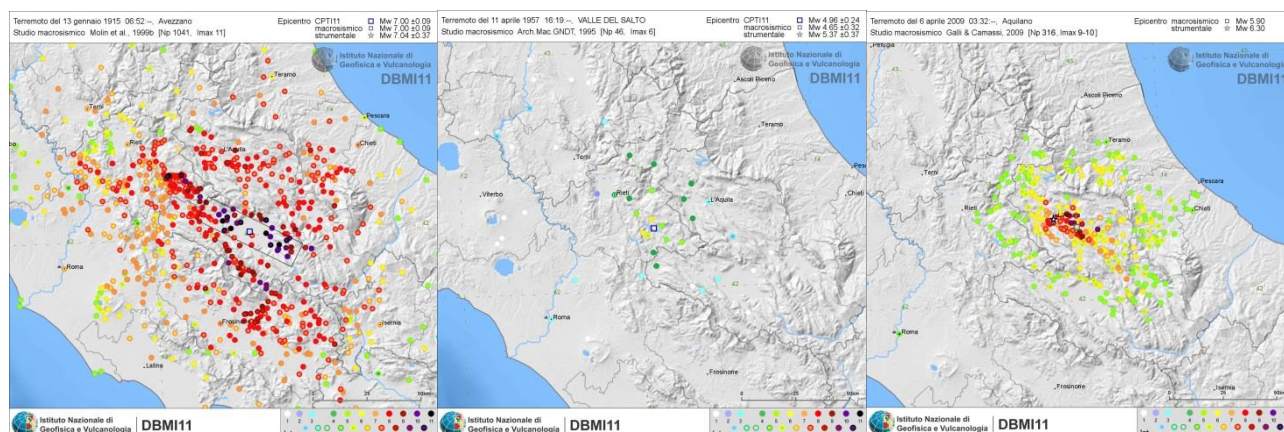




**Tabella 1:** Estratto dal catalogo delle osservazioni macrosismiche dal DBMI11

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 Basciano si è avuto un risentimento pari lo 5°.

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 21:** Estratto dal catalogo macrosismico CPTI 11

Si tiene a precisare che i dati di danneggiamento esistenti in letteratura per il comune di Basciano indicano che buona parte del territorio comunale, è soggetto a fenomeni di amplificazione locale del moto sismico al suolo. Lo studio di Microzonazione Sismica del Comune di Basciano, ad oggi non risulta ancora pubblicato.



Come riportato in premessa, le indagini, sono state pianificate e realizzate nel rispetto della normativa vigente e sono consistite nella realizzazione di:

- La scelta dell'ubicazione delle indagini, è stata effettuata tenendo conto della geologia del sito e dell'idea progettuale. Le indagini sono state realizzate, così come riportate nella seguente cartografia ubicativa.







## **7 ROVE 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**

<b>Committente</b>	<b>ditta SAMA Marketing e Produzione</b>
<b>Cantiere</b>	<i>Progetto di un impianto di stoccaggio e recupero rifiuti di imballaggio gestito anche in convenzione COMIECO</i>
<b>Località</b>	<b>BASCIANO (TE)</b>
<b>Operatore prova</b>	<b>DOTT. GEOL. LUCA RUBEIS</b>
<b>Responsabile prova</b>	<b>DOTT. GEOL. LUCA RUBEIS</b>
<b>Zona</b>	<b>ZONA INDUSTRIALE BASCIANO (TE)</b>
<b>Data della prova</b>	<b>12/12/2017</b>
<b>LatitudineED50</b>	<b>42,609229</b>
<b>LongitudineED50</b>	<b>13,737043</b>

#### **UBICAZIONE INDAGINI GEOFISICHE**





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, poichè 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.



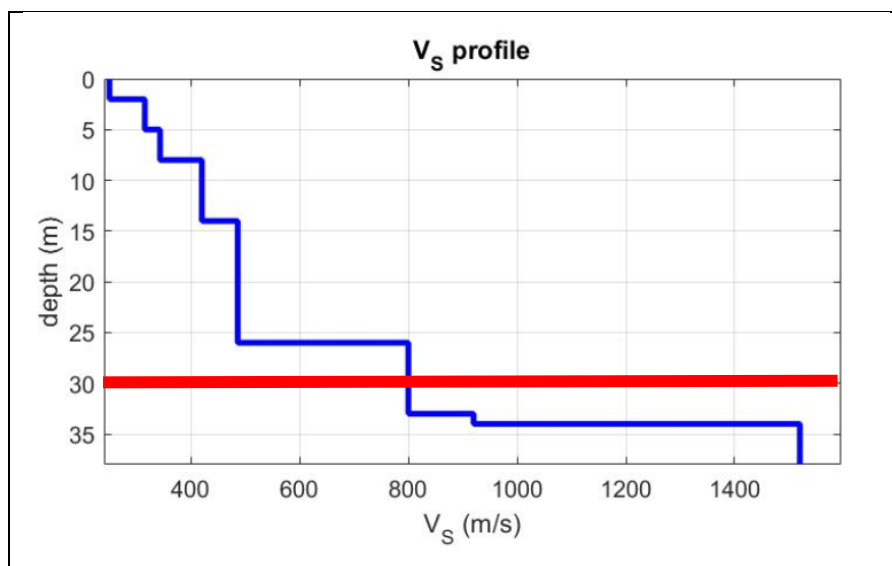
Categoria	DESCRIZIONE GEOTECNICA
<b>S1</b>	<i>Depositi di terreni caratterizzati da valori di <math>V_{s,30}</math> inferiori a 100 m/s (<math>10 &lt; C_{u,30} &lt; 20</math> kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.</i>
<b>S2</b>	<i>Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.</i>





**MASW1**

**Report fotografico relativo all'esecuzione dell'indagine MASW**



Così come previsto dalla normativa vigente, è stata realizzata un'indagine di tipo MASW. Sono stati utilizzati 12 canali disposti ad una interdistanza di 5 m tra loro.

Per lo stendimento denominato nelle cartografie ubicative **MASW**, sono state effettuate 2 energizzazioni:



- **n 1:** offset (distanza sorgente primo geofono) 5 metri;
- **n 2:** offset (distanza sorgente primo geofono) 10 metri

La velocità delle onde sismiche nei primi 30m ( $V_{s,30}$ ) al di sotto dell' sito è risultata pari a 467.5m/s per lo stendimento denominato MASW. La relativa **categoria di suolo di fondazione così come riportato nella tabella precedente, è 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** ( $N_{spt,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $Cu_{30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina)..

Per maggiori dettagli, si rimanda agli allegati.



## **8 MISURA DI RUMORE AMBIENTALE:**

### **prova HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)**

Al fine di ricavare la frequenza fondamentale dei terreni di fondazione è stata realizzata una misura di rumore ambientale. Tale indagine si basa sulla tecnica di Nakamura (1998) e si avvale delle misure del rapporto spettrale H/V. Le vibrazioni ambientali (o rumore sismico ambientale o microtremori) sono movimenti del terreno caratterizzati da ampiezze non percepibili dall'uomo ( $10^4 - 10^2$  mm), osservabili in ogni parte della superficie della Terra. Queste vibrazioni sono l'effetto di una molteplicità di sorgenti agenti a diverse frequenze: onde marine e perturbazioni atmosferiche, ad esempio, contribuiscono al campo d'onda prevalentemente a frequenze inferiori a 0.5 Hz; vento, traffico veicolare e attività industriali contribuiscono prevalentemente a frequenze superiori a 0.5 Hz. La tecnica sismica passiva a stazione singola si è imposta negli anni recenti come il metodo più semplice per verificare se in un sito esista la possibilità di amplificazione per motivi stratigrafici e a quali frequenze. La tecnica assume che i microtremori siano principalmente composti da onde di Rayleigh che si propagano in un singolo strato soffice su un mezzo rigido e che la presenza di quello strato sia la causa dell'amplificazione al sito. Questa tecnica ha lo scopo principale di evidenziare la presenza di fenomeni di risonanza sismica e consentire una stima delle frequenze alle quali il moto del terreno può risultare amplificato a causa di questi fenomeni. Il risultato è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto H/V in funzione della frequenza di vibrazione. Le frequenze alla quali la curva H/V mostra dei massimi sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura. In casi semplici (coperture soffici al di sopra di un basamento sismico rigido), è possibile stabilire una relazione fra lo spessore  $h$  dello strato soffice, la velocità media delle onde S all'interno di quest'ultimo ( $V_s$ ) e la frequenza di risonanza  $f$  dello strato, nella forma:

$$f = V_s / 4 H$$

Dall'equazione emerge come la tecnica H/V possa fornire anche indicazioni di carattere stratigrafico: a partire da una misura di vibrazioni ambientali che vincola il valore di  $f$ , nota la  $V_s$  delle coperture, si può infatti stimare la profondità dei riflettori sismici principali o viceversa. Le misure di microtremore a stazione singola si effettuano per mezzo di sismometri tricomponenti



sufficientemente sensibili nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (0.1-20 Hz, corrispondenti alle frequenze dei modi di vibrare della maggior parte delle strutture).

Dal punto di vista pratico bisogna effettuare:

- 1) un accurato accoppiamento dello strumento di misura con il terreno;
- 2) registrazioni di almeno 20 min in modo da poter analizzare il segnale su finestre di almeno 30 s su cui effettuare una media;
- 3) verificare che la misura rispetti i criteri per la valutazione della significatività dei picchi H/V (progetto SESAME).

Le misure sono state effettuate con una stazione singola **GEOBOX SARA ELECTRONICS INSTRUMENTS (PG)**. Si tratta di una stazione sismica digitale compatta e leggera, equipaggiata con sismometro a banda larga e ad alta sensibilità, costituito da tre velocimetri a breve periodo. L'analisi dei dati è stata condotta tramite il software **GEOEXPLORER** con il quale è possibile analizzare e visualizzare le misure effettuate tramite tale strumentazione. Il software effettua l'analisi spettrale completa delle tracce, effettua il calcolo delle curve **H/V** per la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo effettuando le procedure di pulizia dei tracciati nel dominio del tempo e della frequenza. Inoltre provvede ai test sulla significatività dei picchi secondo le linee guida europee del **SESAME**. Di seguito si riporta una carta di ubicazione delle misure effettuate nell'area.





La misura di rumore ambientale è stata effettuata con una stazione della **SARA s.r.l.** modello GEOBOX con sensori a 4.5Hz. La registrazione ha avuto una durata di 20 minuti (come specificato in seguito) ed i dati acquisiti sono stati analizzati con la tecnica dei rapporti spettrali HVSIR mediante l'ausilio del software "GeoExplorer della Sara electronics instruments (PG)".





**Figura 25:** Immagini relative all'ubicazione della prova HVSR ed alla strumentazione **GeoBox della Sara electronics instruments**

Lo strumento dispone di tre canali di acquisizione connessi a tre velocimetri elettrodinamici ad alta risoluzione, disposti secondo le tre direzioni ortogonali del moto ovvero registra contemporaneamente la componente verticale e le due componenti orizzontali tra loro ortogonali, del moto del terreno.

Le misure sono state eseguite in presenza di condizioni meteo caratterizzate da cielo nuvoloso e vento poco percepibile. Il traffico veicolare e le attività umane nelle vicinanze, erano sporadiche.



Le misure sono state effettuate dopo aver ottenuto un buon accoppiamento strumento - terreno. La durata delle misura è durata circa 20 minuti.

Dall'applicazione della tecnica dei rapporti spettrali HVSr sul rumore ambientale si ricava una curva avente un picco alla frequenza di **3.830 Hz** con un valore medio di **ampiezza pari a circa 4.234**. Il picco registrato, mostra una chiara origine stratigrafica perchè costante su tutta la registrazione. **I criteri SESAME sono rispettati in misura di 5/7.**

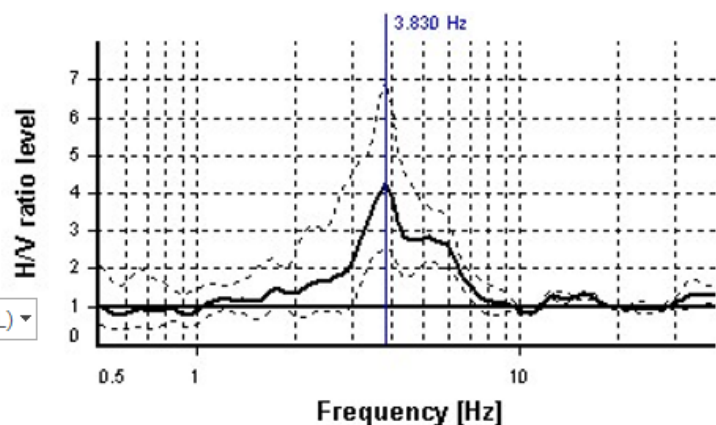
Il sito indagato, è generalmente caratterizzato da un modesto rumore antropico dovuto in larga parte alle attività industriali svolte nelle vicinanze.

### **Selected $f_0$ frequency**

**3.830 Hz**

**$A_0$  amplitude = 4.234**

**Average  $f_0 = 3.917 \pm 0.619$**



Di particolare importanza è la prima frequenza naturale di vibrazione del deposito denominata frequenza fondamentale di risonanza.

Per non avere il fenomeno della doppia risonanza (frequenza di risonanza del terreno coincidente o prossima alla frequenza di vibrazione dell'edificio costruendo) e quindi elevate amplificazioni del segnale sismico, la frequenza di risonanza dei terreni di fondazione individuata, deve esser quanto più possibile diversa e distante dalla frequenza o frequenza propria/e (dette frequenze fondamentali di modo n) di vibrazione dell'edificio.

La condizione ideale è che la risonanza dell'edificio sia a frequenze minori e molto diverse da quelle del sottosuolo.

Se le risonanze (nel dominio della frequenza) suolo-struttura coincidono, o sono molto prossime, la situazione è problematica dal punto di vista della vulnerabilità sismica, poiché il fenomeno della risonanza provoca in genere, un aumento significativo dell'ampiezza delle oscillazioni che corrisponde ad un notevole accumulo di energia del sistema sollecitato.



Per maggiori dettagli è presente il report in allegato.



## 9 PROVA DI PERMEABILITA' IN POZZETTO

Riguardo alle prove in campo si è ritenuta decisamente necessaria l'esecuzione di prove di percolazione in sito, evitando di fare stime qualitative.

### Prova di percolazione secondo Tomaselli (1974)

Lo standard di lavoro utilizzato, è stato quello proposto da Tomaselli, ed è consistito nell'eseguire un foro di circa 30 cm di diametro e di 60 cm di profondità, saturare il foro per poi immettere acqua fino a 15 cm dal fondo foro e lasciare drenare completamente. Dividendo per 6 il tempo T in minuti impiegato per il drenaggio completo si ottiene il "tempo di percolazione"  $T_p \text{ (min)} = T/6$ .

**Il tempo impiegato dal terreno per drenare una lama d'acqua di circa 15 cm è stato di T (min) 28 minuti.**

$$28/6 = 4,6 \rightarrow \text{Tempo di percolazione.}$$



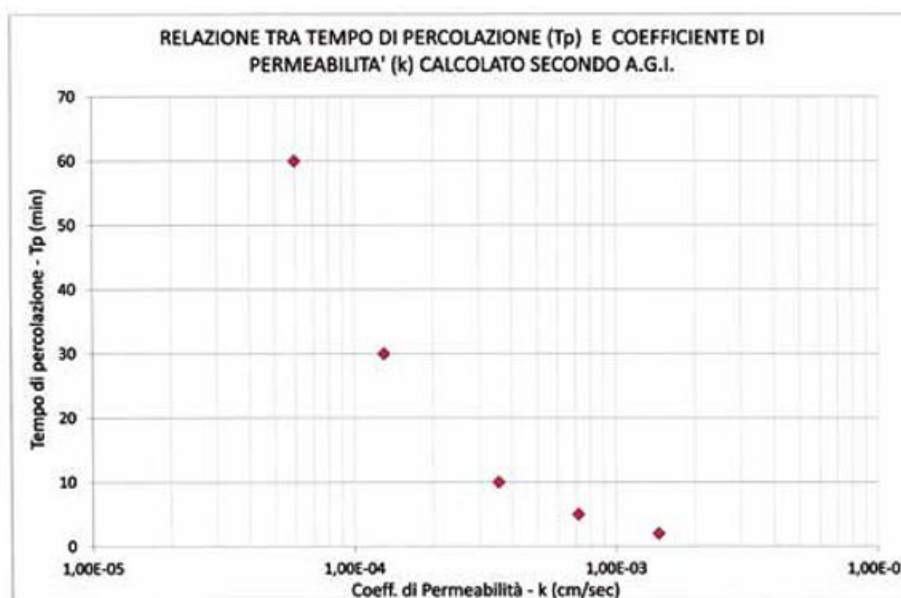


Il parametro principale che regola le capacità di smaltimento è rappresentato in sostanza dal coefficiente di permeabilità (k) dei terreni interessati. Metodologicamente si è operato calcolando il coefficiente di permeabilità (k) della prova di percolazione come descritta da Tomaselli, utilizzando il “metodo del pozzetto drenante”, in accordo con le metodologie dell’Associazione Geotecnica Italiana (Tabella)

Valori di Tomaselli (1974)		TIPO DI PROVA DI PERMEABILITÀ		
		Lefranc	Pozzetto	media
T (min)	Tp = T/6 (min)	k(cm/sec)	k(cm/sec)	k(cm/sec)
12	2	1,20E-03	1,70E-03	1,5E-03
30	5	7,40E-04	6,90E-04	7,2E-04
60	10	3,70E-04	3,40E-04	3,6E-04
180	30	1,20E-04	1,40E-04	1,3E-04
360	60	6,20E-05	5,70E-05	6,0E-05
500	>60	4,40E-05	4,10E-05	4,3E-05

Da tale disamina emerge come il nostro sito sia caratterizzato da una permeabilità pari a circa  $7.2 \times 10^{-4}$  cm/s

Il risultato del legame fra coefficiente di permeabilità medio (k) e il valore di Tempo di Percolazione (Tp) di Tomaselli sono illustrati nel Grafico 1.



Tomaselli lega indirettamente i valori di Tp con le dimensioni lineari della rete disperdente (Tab. 1);



Conformemente a quanto emanato nel **D.M. 14/01/2008** si forniscono di seguito, per diversi tempi di ritorno, i valori di **ag**, **Fo**, **Tc\***, nonché gli spettri di risposta elastici tarati sul terremoto di progetto calcolato in funzione della posizione geografica del sito in oggetto.

Il primo passo, è stato quello dell'individuazione della pericolosità di sito, per fare ciò è stata effettuata una ricerca per coordinate, inserite nel sistema di riferimento ED50



**longitude:** 13,737043

DOTT. GEOLOGO RUBEIS LUCA



Nominale  $V_N$  che nel nostro caso è di 50 anni per un coefficiente d'uso  $C_u$  che per una struttura in oggetto, ricadente in classe d'uso I è di 0.7.

$$V_R = V_N \cdot C_u$$

Il risultato, è un periodo di riferimento di 35 anni.

### Parametri sismici

**Categoria sottosuolo: B**  
**Categoria topografica: T1**  
**Periodo di riferimento: 35 anni**  
**Coefficiente  $c_u$ : 0.7**

Si riportano i valori dei parametri di **ag**, **Fo**, **Tc\***, per i periodi di ritorno **T<sub>R</sub>**, associati a ciascuno Stato Limite.

STATO LIMITE	Probabilità di superamento	T <sub>R</sub> (anni)	Ag (g)	F0 (-)	TC* (s)
SLO	81	30	0.060	2.469	0.281
SLD	63	35	0.064	2.462	0.285
SLV	10	332	0.162	2.482	0.344
SLC	5	682	0.210	2.517	0.356

**Tabella 4:** Valori dei parametri azione TR, ag, F0 e Tc\* per i diversi stati limite

Si riportano in seguito i valori dei diversi Coefficienti Sismici per i diversi Stati Limite.

Coefficienti sismici	SLO	SLD	SLV	SLC
SS	1.200	1.200	1.200	1.190
CC	1.420	1.410	1.360	1.350
St	1.000	1.000	1.000	1.000
Kh	0.014	0.015	0.047	0.070
Kv	0.007	0.008	0.023	0.035
Amax	0.74	0.755	1.903	2.450
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

**Tabella 5:** valori dei diversi Coefficienti Sismici per i diversi Stati Limite.

Una volta definiti il terremoto di progetto atteso ed i parametri di scuotimento relativi a suoli rigidi è possibile tenere in considerazione (pur se in prima approssimazione) gli effetti amplificativi di sito e topografici utilizzando le categorie di suolo di fondazione.



Le prove sismiche realizzate (MASW; vedi allegato) hanno definito un valore di  $V_{s,30}$  pari a 467 m/s ed insieme alle ricostruzioni stratigrafiche effettuate permettono di attribuire il sottosuolo di fondazione dell'opera in oggetto alla **categoria B**; in relazione alla topografia del sito, trovandosi l'opera in zona che presenta una media-bassa acclività, 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 6:** Classificazione sismica dei terreni di fondazione.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
<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 7: Categorie topografiche**



## **11 CONCLUSIONI**

Lo studio geologico-tecnico sui terreni di fondazione interessati dalla progettazione dell'opera in oggetto, al foglio 3 Particella 403-465 Comune di Basciano, 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 sismiche di superficie) corroborate dalle conoscenze pregresse sulla geologia dell'area in possesso dello scrivente e dai rilevamenti di campagna.

La caratterizzazione 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. La velocità delle onde sismiche nei primi 30m ( $V_{s,30}$ ) è risultata pari a 467.5 m/s per lo stendimento denominato MASW, questo valore del parametro  $V_{s30}$  permette di attribuire al sito, la relativa **categoria di suolo di fondazione che nel caso specifico è 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** ( $N_{spt,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $Cu_{,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).

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 30 m dal P.C.

Per maggiori dettagli, si rimanda agli allegati.

**Nell'esecuzione dell'opera, dovrà per forza di cose essere presa in considerazione la presenza della falda a circa 11 m dal P.C.**

**PRESCRIZIONI:** vista la media permeabilità dei litotipi presenti al di sotto del sito d'interesse, nonché la presenza della falda freatica posta a circa 11 metri dal P.C., si consiglia di realizzare un massetto impermeabilizzato in modo tale da salvaguardare la risorsa idrica sotterrenanea.

Si rimane a disposizione della committenza per eventuali ulteriori chiarimenti.

**Sant'Anatolia di Borgorose (RI)**

**GEO-STAFF**

Dott. Geologo RUBEIS LUCA



1. Elaborati prove MASW
2. Elaborati prova HVSR
3. Carta Tecnica Regionale CTR scala 1:5000
4. Carta Tecnica Regionale in scala 1:10000
5. Carta Geomorfologica
6. Carta dell'ubicazione delle indagini







## SISMOGRAFO DOREMI

### Caratteristiche tecniche

<b>Architettura</b>	
Classe strumentale:	simisigrafo multicanale per geofisica
Topologia:	rete differenziale RS485 half-duplex multipoint
Lunghezza massima della rete:	1200 metri senza ripetitori (virtualmente illimitata con ripetitori)
Numero massimo di canali per tratta:	255
Dimensioni dell'elemento (escudo il cavo):	80x55x18 mm
Peso:	250 g (un elemento con lunghezza cavo 5 metri)
Cavo:	4 conduttori, 2 coppie ritorte, robotico resistente a torsioni, flessio-torsioni, abrasioni da agenti chimici
<b>Campionamento</b>	
Memoria:	64 kByte (>30000 campioni)
Frequenze in Hz:	200,300,400,500,800,1000,2000,3000,4000, 8000,10000,20000
pari ad intervalli in ms di:	5, 3.33, 2.5, 2, 1.25, 1, 0.5, 0.33, 0.25, 0.125, 0.1, 0.05
Esempi di utilizzo della memoria:	ReAdf: 500Hz, t-max 60 secondi MASW: 4000Hz, t-max 7.5 secondi Riflessione: 20000Hz, t-max 1.5 secondi
<b>Dinamica del sistema</b>	
Risoluzione con guadagno 10x:	7.600 $\mu$ V
Risoluzione con guadagno 1000x:	0.076 $\mu$ V
Dinamica di base:	96dB (16 bit)
Dinamica massima del preamplificatore:	80dB
Signal to Noise Ratio RMS fra 0.5 e 30Hz:	>90dB
Full range a 10x:	0.5V p-p
Risoluzione RMS a 1000x e 4000SPS:	0.0000002V p-p
Dinamica totale teorica:	155dB
Dinamica totale senza postprocessing:	> 127dB (a qualsiasi frequenza di campionamento)
Dinamica totale in postprocessing:	>140dB
<b>Alimentazione</b>	
Tensione di alimentazione:	10-15Vdc
Consumo:	
Unità di testa:	20mA
Per Canale:	40mA
Consumo totale 12 canali:	510mA
<b>Convertitore A/D</b>	
Tipologia:	SAR
Risoluzione:	16 bit
Dinamica:	96 dB
<b>Preamplificatore</b>	
Tipologia:	ultra-low noise con ingresso differenziale
Filtri:	3Hz passa alto 1 polo, 200Hz passa basso 4 poli
Guadagni:	da 10x a 8000x
Reiezione di modo comune:	>80dB
Diafonia (crosstalk):	non applicabile (elementi singoli a trasmissione digitale)
Impedenza d'ingresso:	>100k $\Omega$

**Software di elaborazione dati: WINMASW**

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 rigidità.



## **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 detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

## **Modellizzazione**

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times v$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

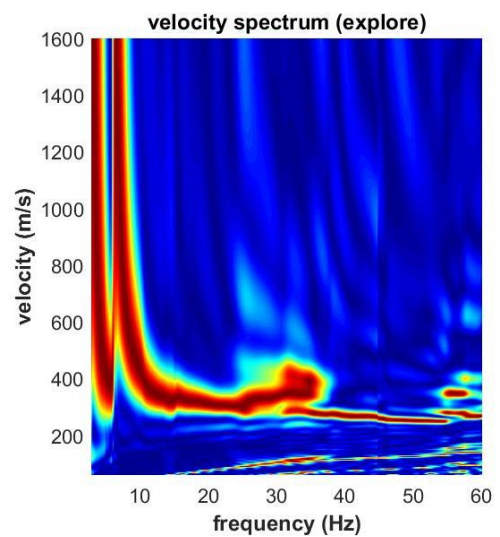
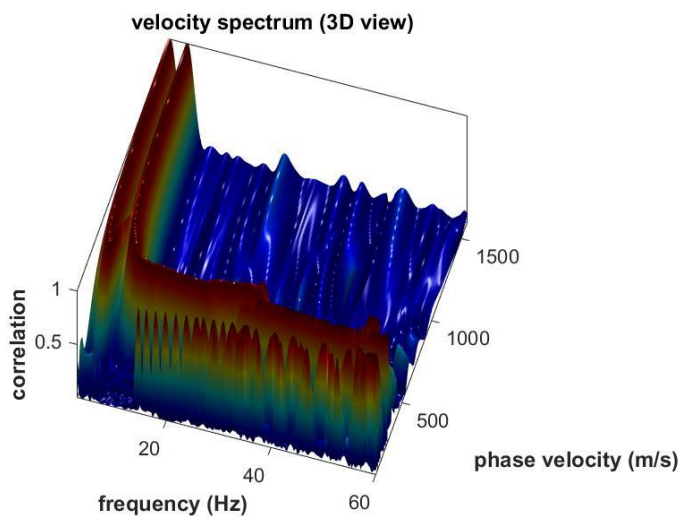
## **Modi di vibrazione**

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

## **Profondità di indagine**

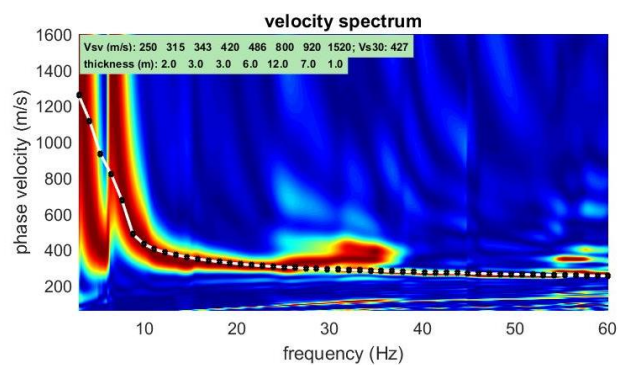
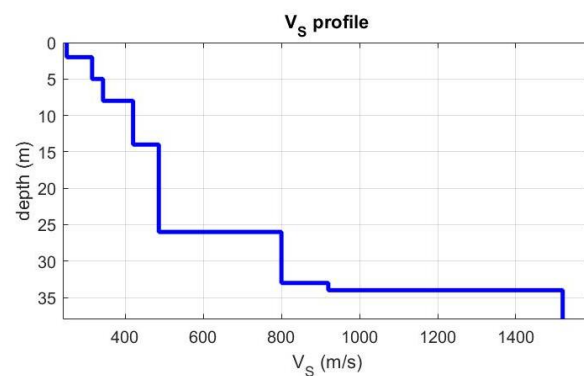
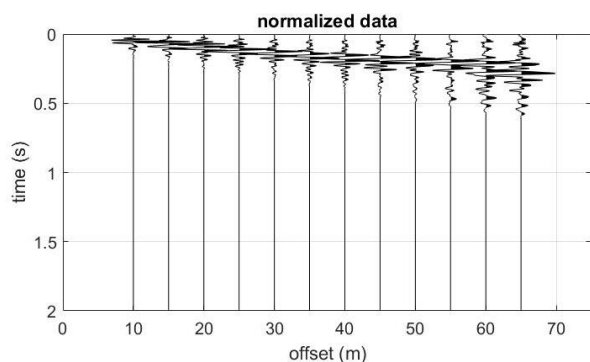


Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

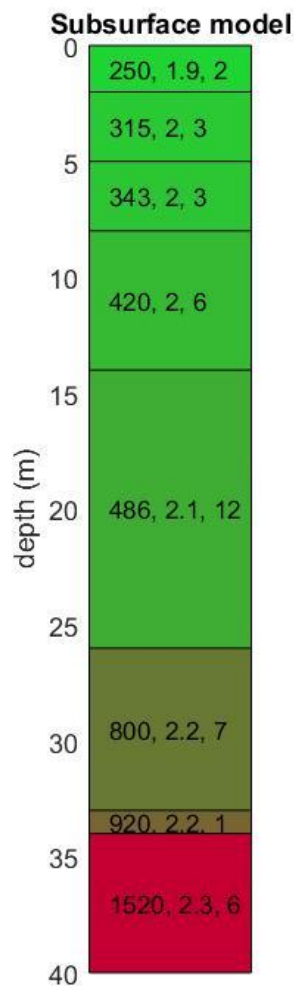




[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)







$V_s$  density thickness  
 (m/s) (gr/cm<sup>3</sup>) (m)



### **3 REPORT HVSR**

#### **PLACE INFORMATION**

<i>Place ID:</i>	BASCIANO
<i>Address:</i>	BASCIANO TERAMO
<i>Latitude:</i>	42.608265
<i>Longitude:</i>	13.736135
<i>Coordinate system:</i>	WGS84 33N
<i>Elevation:</i>	166 m s.l.m.
<i>Weather:</i>	ASSENTE
<i>Notes:</i>	Le condizioni a contorno che hanno caratterizzato la misura, sono state: VENTO ASSENTE; CIELO SERENO; BUON ACCOPPIAMENTO STRUMENTO TERRENO; ORIENTAZIONE VERSO NORD; SORGENTE DI RUMORE DISCONTINUA NELLE VICINANZE DATA DA ASSE STRADALE ORIENTATO CIRCA EST-OVEST (AUTOSTRADA A24)

#### **SIGNAL AND WINDOWING**

*Sampling frequency:* 300 Hz

*Recording start time:* 2016/12/09 12:08:02

*Recording length:* 15 min

*Windows count:* 7

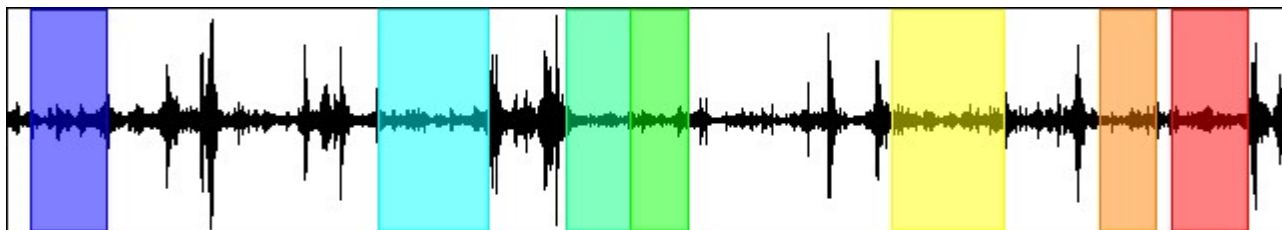
*Average windows length:* 55

*Signal coverage:* 42.78%



14088 Counts

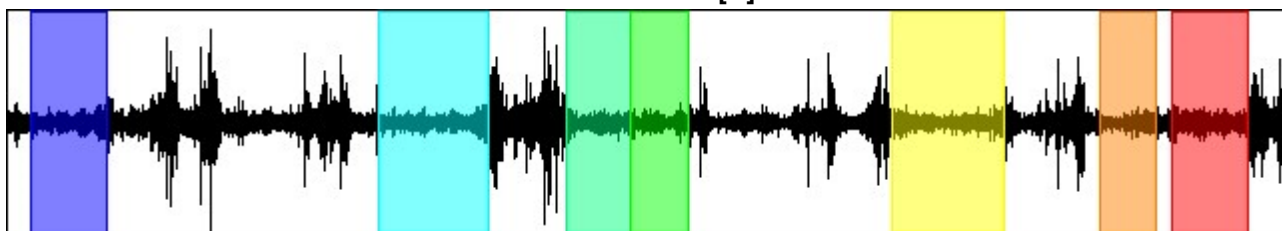
CHANNEL #1 [V]



-13875 Counts

10310 Counts

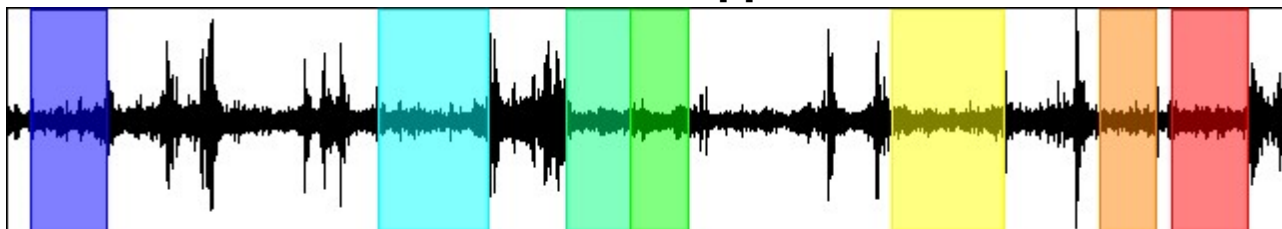
CHANNEL #2 [N]



-12065 Counts

10402 Counts

CHANNEL #3 [E]



-10120 Counts



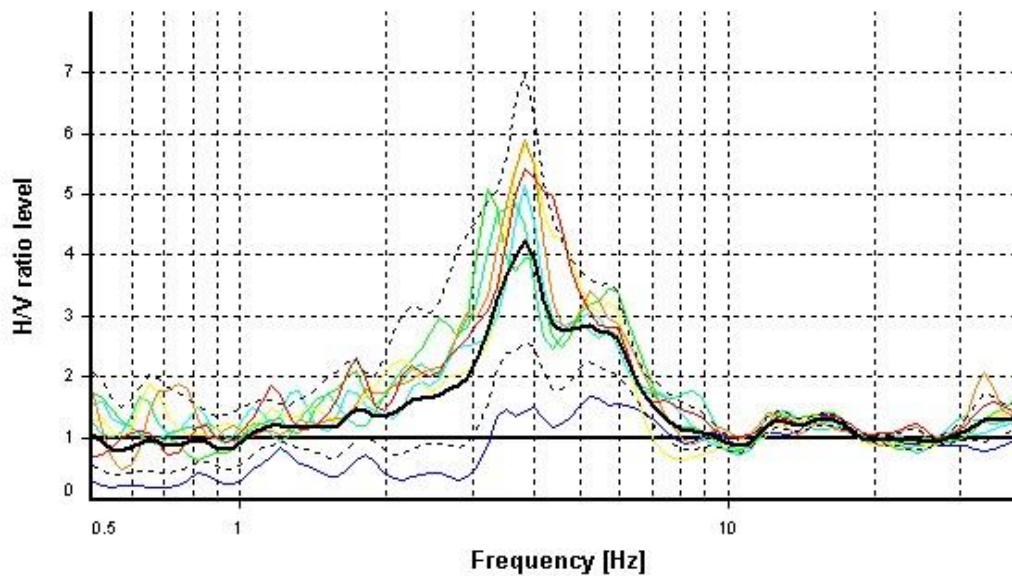
## HVSR ANALYSIS

**Tapering:** Enabled (Bandwidth = 5%)

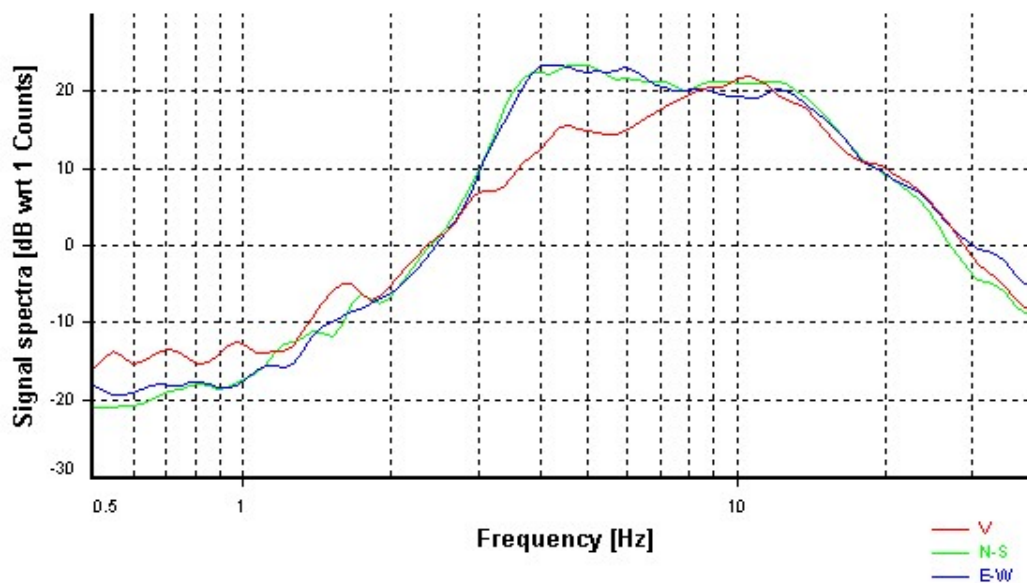
**Smoothing:** Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

**Instrumental correction:** Disabled

### HVSR average

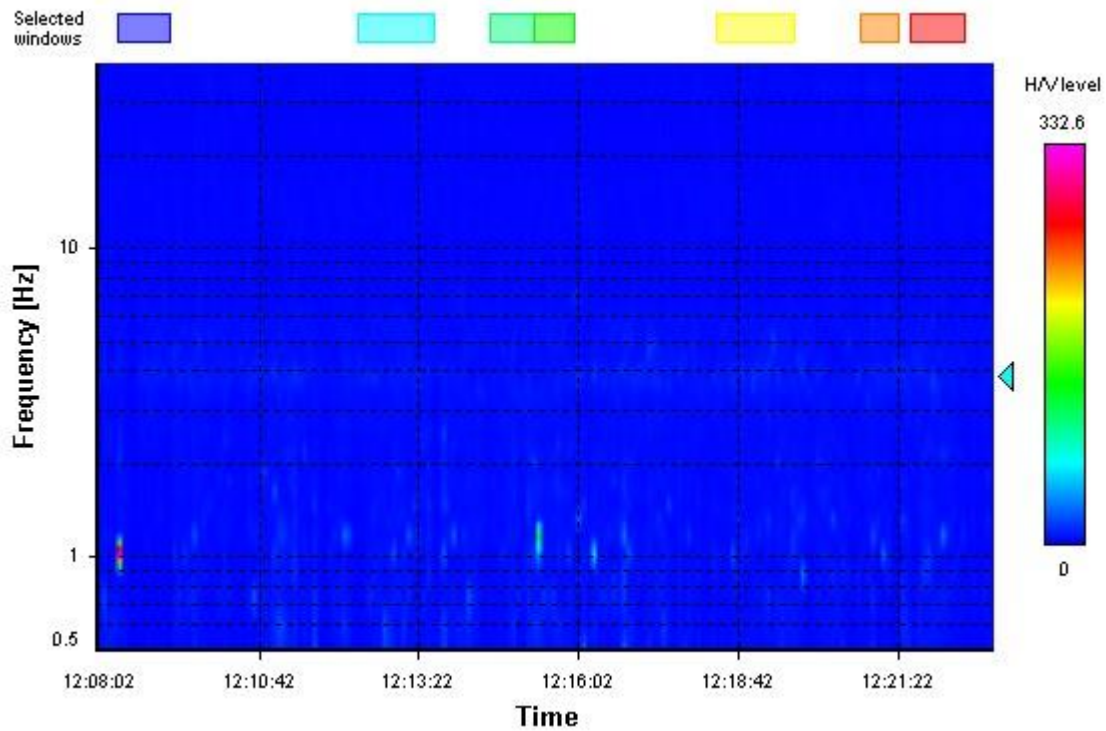


### Signal spectra average

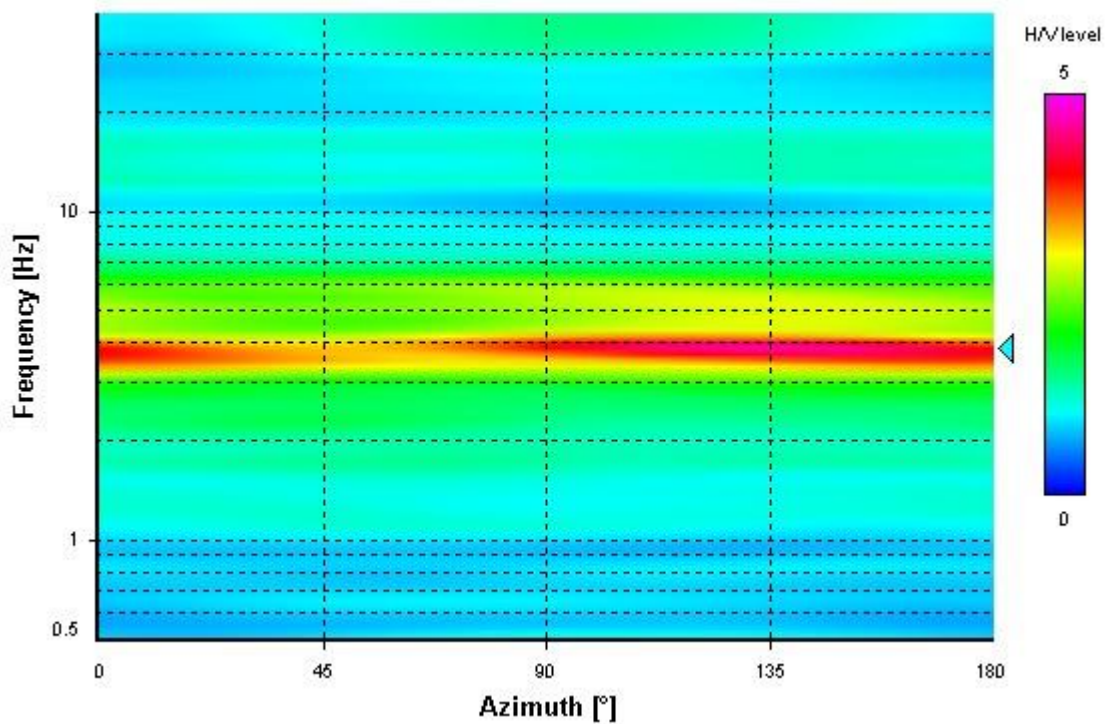


### HVSR time-frequency analysis (5 seconds windows)





### HVSR directional analysis





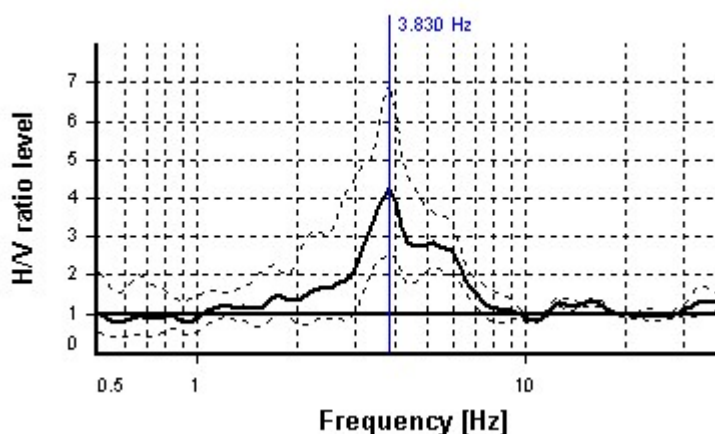
## SESAME CRITERIA

**Selected  $f_0$  frequency**

**3.830 Hz**

**$A_0$  amplitude = 4.234**

**Average  $f_0 = 3.917 \pm 0.6$**



### HVSR curve reliability criteria

$f_0 > 10 / L_w$	7 valid windows (length > 2.61 s) out of 7	OK
$n_c(f_0) > 200$	1474.68 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 5 times in 31	NO

### HVSR peak clarity criteria

$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	2.93694 Hz	OK
$\exists f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	6.51496 Hz	OK
$A_0 > 2$	4.23 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.61875 >= 0.19152	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.64915 >= 1.58	NO

### Overall criteria fulfillment

NO



# 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.

**sara**  
 electronic instruments

Il direttore tecnico: Mauro Mariotti

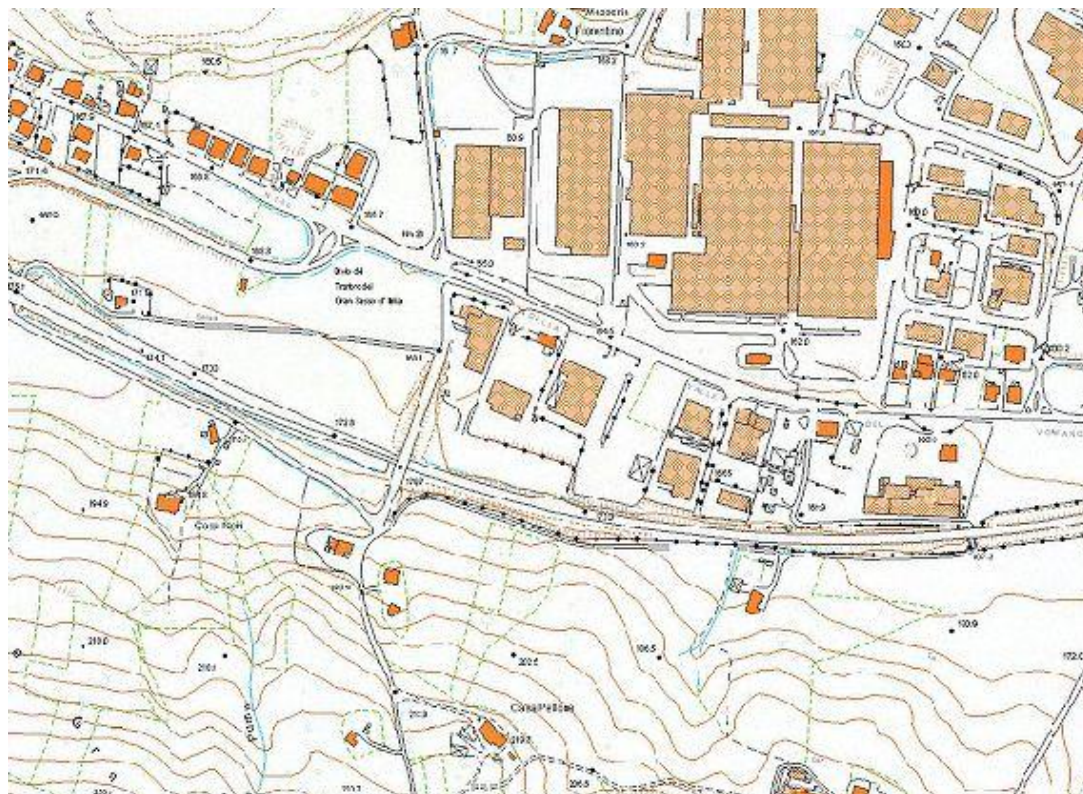
Data di rilascio: 29/02/2016



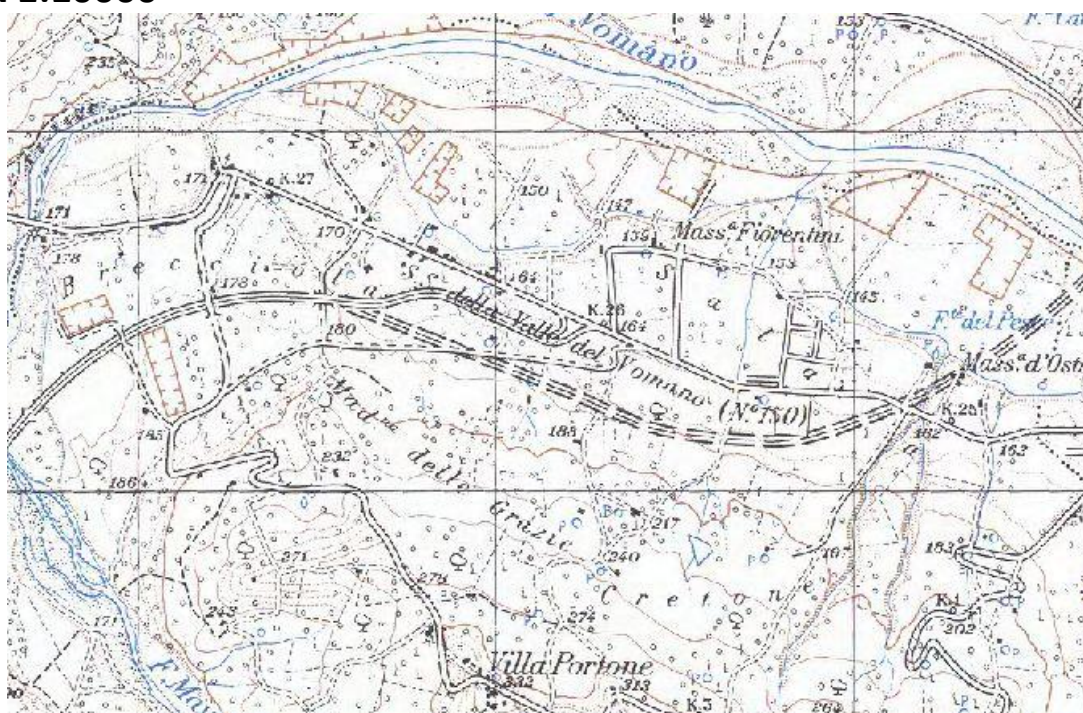
**Relazione Geologica allegata al progetto di un impianto di stoccaggio e recupero rifiuti di imballaggio gestito anche in convenzione COMIECO**

CALIBRATION CERTIFICATE			
<b>sara</b> electronic instruments SARA electronic instruments s.r.l. Via Mercuri 4, 06129 - PERUGIA - Italy www.sara.pg.it - info@sara.pg.it		Date of calibration: 2016/03/03 Instrument type: Velocimeter Instrument model: PF S SR04 GBX-45-NNG Serial number: 1459 Manufacturing date: MAR 2016 Validity date: 2016/03/03 to 2018/03/03	
Channel 1 - Z	Channel 2 - NS	Channel 3 - EW	
TEST CONDITIONS			
Shaking table: SARA MK1 Voltmeter: AGILENT U1252A Signal digitizer: SR04C3 @ 600 Hz Signal generator: TTI TG1010A Scope meter: SEISMOCAL 1.0.74 Last system check: Temp / Rh: 22,0 °C 51,6% Environmental seismic noise during test		Shaking table: SARA MK1 Voltmeter: AGILENT U1252A Signal digitizer: SR04C3 @ 600 Hz Signal generator: TTI TG1010A Scope meter: SEISMOCAL 1.0.74 Last system check: Temp / Rh: 22,1 °C 53,5%	
Shaking table: SARA MK1 Voltmeter: AGILENT U1252A Signal digitizer: SR04C3 @ 600 Hz Signal generator: TTI TG1010A Scope meter: SEISMOCAL 1.0.74 Last system check: Temp / Rh: 20,8 °C 48,6%			
Output impedance: 3400	3400	3400 ohm	+/- 5 %
Calibration frequency: 10	10	10 Hz	+/- 0.001 Hz
Calibration displacement: 0	0	0 mm	+/- 0.002 mm
Frequency o.c.: 3.5	3.5	3.7 Hz	+/- 0.1 Hz
Damping o.c.: 0.62	0.62	0.58	+/- 5 %
Applied shunt: 160000	130000	91000 ohm	+/- 1 %
Output frequency: 3.3	3.3	3.3 Hz	+/- 0.1 Hz
Eigen frequency: 4.5	4.5	4.5 Hz	+/- 0.1 Hz
Damping: 0.69	0.69	0.69	+/- 5 %
Generator constant: 79.64	79.58	75.02 V/m/s	+/- 1 %
Bode plot			
POLES 1) Re: -19.509; Im: 20.465 2) Re: -19.509; Im: -20.465 ZEROS 1) Re: 0.000; Im: 0.000 2) Re: 0.000; Im: 0.000 NORMALIZATION FACTOR A0 9.99572E-01 @ 45 [Hz] SYSTEM GAIN 7.96400E+01 V/m/s		POLES 1) Re: -19.509; Im: 20.465 2) Re: -19.509; Im: -20.465 ZEROS 1) Re: 0.000; Im: 0.000 2) Re: 0.000; Im: 0.000 NORMALIZATION FACTOR A0 9.99572E-01 @ 45 [Hz] SYSTEM GAIN 7.95800E+01 V/m/s	
POLES 1) Re: -19.509; Im: 20.465 2) Re: -19.509; Im: -20.465 ZEROS 1) Re: 0.000; Im: 0.000 2) Re: 0.000; Im: 0.000 NORMALIZATION FACTOR A0 9.99572E-01 @ 45 [Hz] SYSTEM GAIN 7.50200E+01 V/m/s		[rad/s]	
OPERATOR		CHECKED BY	





**5 CTR 1:10000**





## 6 CARTA GEOMORFOLOGICA





PROVA DI PERMEABILITA' MASW HVSr