



**AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE
DELL'AQUILA**

**- UFFICIO TECNICO -
SETTORE VIABILITA'**

RELAZIONE GEOLOGICA

PROGETTO

**S.P. 7 DI CASTEL DEL MONTE – LAVORI DI MESSA
IN SICUREZZA DEL PONTICELLO SITO AL KM 1 +
610 NEL COMUNE DI BARISCIANO**

GEOLOGO

Dott. Luigi G.M. BONIFACIO

VIA STRINELLA 20 - 67100 L'AQUILA



PREMESSA

Nell'ambito del progetto per la messa in sicurezza del ponticello sito al Km 1+ 610 della S.P. 7 di Castel Del Monte, nel Comune di Barisciano (AQ), L'Amministrazione Provinciale dell'Aquila, con la Delibera Dirigenziale n° 408 del 21/12/2022, (CUP: F65F21002420003 CIG: 954161776F), ha affidato al sottoscritto Dott. Luigi G.M. Bonifacio l'incarico di redigere una relazione geologica di supporto al suddetto intervento. A tal fine ci si è avvalsi del supporto delle indagini geognostiche e geofisiche affidate dalla suddetta Amministrazione alla Società Soil Test Italia s.r.l.

L'elaborazione dei dati così acquisiti ha consentito di ricavare i principali parametri geotecnici dei terreni interessati dall'intervento, nonché di esprimere valutazioni sui seguenti aspetti:

- A)** geologico e geomorfologico;
- B)** idrologico ed idrogeologico;
- C)** geotecnico;
- D)** sismico.

Nelle pagine che seguono vengono riportati i risultati dello studio e le considerazioni relative alla fattibilità dell'intervento

1 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E MORFOLOGICO

L'area oggetto di studio è compresa nel territorio del Comune di Barisciano, al Km 1+610 della S.P. 7 per Castel del Monte.

I riferimenti cartografici del sito sono:

C.T.R. Sezione 359084.

L'area in esame è ubicata ai bordi della Conca Aquilana, una estesa depressione che si estende in direzione NW-SE da Pizzoli a Navelli. L'assetto morfologico di detta conca deriva dall'evoluzione di una antica depressione tettonica situata all'interno di un'ampia area, circondata da alti rilievi montuosi costituiti per lo più da rocce carbonatiche meso-cenozoiche e in minor entità da arenarie ascrivibili allo stesso periodo.

Il sito in oggetto, il cui sviluppo si estende su conoidi e detriti, è posto alla quota di circa 975 m. s.l.m. e presenta una morfologia degradante verso S-SW. L'area in cui si estende è nota anche come Vallone dell'Inferno, una incisione valliva che attraversa con direzione circa N-S il territorio comunale di Barisciano.

Il reticolo idrografico è sufficientemente sviluppato e garantisce una via di deflusso delle acque meteoriche. Per quanto riguarda le acque di scorrimento superficiale, il ponticello in esame sovrasta un canale per la raccolta e il deflusso delle acque di dilavamento superficiale provenienti da monte del sito.

Per quanto attiene la stabilità, il sito presenta un assetto geomorfologico tale da far ritenere che, ferme restando le attuali condizioni idrauliche locali **e prevedendo coefficienti di spinta sismica compresi tra quelli ipotizzati dalla normativa vigente**, non si verificheranno fenomeni d'instabilità tali da compromettere l'integrità dell'opera.

2 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOLOGIA DEL SITO

La zona di studio è caratterizzata da quote che aumentano gradualmente da SSW verso NNE; la zona topograficamente più bassa, nella piana a sud di Poggio Pienze, è ad una quota di circa 700 m s.l.m. mentre la zona più elevata, sul versante a NE di Barisciano, supera i 1050 m.

La S.S. 17 divide in due settori ben distinti un settore meridionale, corrispondente alla piana dove sorgono i centri abitati di Poggio Pienze e Castelnuovo (frazione di S. Pio delle Camere), e un settore settentrionale corrispondente ai versanti carbonatici dove sorgono i centri abitati di Petogna, Pienze e S. Martino (frazioni di Barisciano), Barisciano e S. Pio delle Camere.

Di seguito è sinteticamente descritta la successione stratigrafica. Essa è costituita da un substrato calcareo di età compresa tra il Giurassico e il Miocene, costituito dalla successione M.Ocre-Valle Aterno-M. Camarda, e da una copertura di depositi continentali di età plio-quaternaria. Le unità stratigrafiche del substrato affioranti distinte per ordine stratigrafico e area di affioramento, sono:

- calcari ad echinodermi e coralli (età: Bajociano p.p.-Oxfordiano; sigla CarG: ECO) e calcari ad ellipsactinie (età: Kimmeridgiano-Titoniano; sigla CarG: ELL), affioranti a est di S. Pio delle Camere;
- calcari a coralli e diceratidi (età: Berriasiano; sigla CarG: CCD), affioranti a NE di Barisciano;
- calcari a clasti neri e gasteropodi (età: Berriasiano-Valanginiano; sigla CarG: CNE) e calcari ciclotemici a gasteropodi (età: Valanginiano-Barremiano inf.; sigla CarG: CCG), affioranti tra Barisciano e S. Pio delle Camere;
- calcari a rudiste ed orbitoline (età: Barremiano sup.-Cenomaniano p.p.; sigla CarG: RDO), affioranti a Colle Cicogna, poco a sud di Barisciano;
- calcari a briozoi e litotamni (età: Miocene medio; sigla CarG: CBZ3), affioranti nei dintorni di Poggio Pienze e Petogna. Queste unità, nonostante le differenze di età e di ambiente

deposizionale, presentano caratteri comuni, quali l'organizzazione in strati generalmente spessi, da decimetrici a metrici, la grana per lo più medio-fine e una buona cementazione.

Secondo la cartografia geologica ufficiale (APAT, 2005), la successione dei depositi continentali è costituita, in ordine stratigrafico, da:

- supersintema di Aielli–Pescina (età: Pliocene-Pleistocene medio; sigla CarG: AP): depositi alluvionali grossolani alternati a depositi detritici di versante e a depositi lacustri; questa unità è correlabile con il Complesso fluvio-lacustre inferiore di Bosi e Bertini (1970);
- sintema di Valle Majelama (età: Pleistocene sup.; sigla CarG: AVM): depositi alluvionali e detriti di versante; questa unità è correlabile con le alluvioni terrazzate e le conoidi antiche di Bosi e Bertini (1970);
- depositi alluvionali e lacustri, depositi eluvio-colluviali, detriti di versante e accumuli di frane di età olocenica (sigla CarG: olo); questa unità è correlabile con le alluvioni recenti e attuali e con i detriti di falda di Bosi e Bertini (1970).

Localmente, al tetto dei depositi del ciclo fluvio-lacustre inferiore affiorano depositi fluvio-lacustri riferibili ad un secondo ciclo, cartografati come sintema di Catignano (età: Pleistocene medio finale; sigla CarG: ACT) nel F. 359 L'Aquila (APAT, 2005) e correlabili con il Complesso fluviolacustre superiore di Bosi e Bertini (1970).

Per quanto attiene il sito in esame posto in una incisione valliva Denominata Vallone Dell'Inferno, i terreni in esso presenti sono: (si veda lo stralcio della Carta Geologica riportato):

Detrito torrentizio (dt);

Deposito eterometrico grossolanamente stratificato, talora laminato, costituito da clasti mediamente centimetrici, non cementati, subarrotondati e spigolosi, talora embricati, in matrice sabbiosa. Questi detriti formano i riempimenti dei principali impluvi e conoidi allo sbocco delle valli nella piana. La geometria è fortemente lenticolare; lo spessore massimo è di alcuni metri. Questo deposito mostra

rapporti di eteropia, talora di sovrapposizione, con i detriti di falda (a3) e con la copertura detritica superficiale (d) e ricopre le unità continentali pleistoceniche e i calcari del substrato sopra descritti.

GEOLOGIA DEL SITO

La stratigrafia del sito, ricostruita mediante l'interpretazione del sondaggio geognostico, ha consentito di ricostruire la successione dei terreni presenti fino a – 10 m sulla verticale del sondaggio.

In particolare si rileva la presenza di tre litotipi differenti.

Terreno di riporto	Spessore 0.70 metri	Terreno di riporto
Ghiaie in matrice limoso sabbiosa rossastra	Spessore 2.70 metri	Depositi torrentizi
Ghiaie in matrice limoso sabbiosa marrone chiaro	Spessore 7.00 metri	Depositi torrentizi

3- IDROGEOLOGIA E IDROLOGIA SUPERFICIALE

I depositi che si rinvergono nell'area oggetto di indagine risultano costituiti prevalentemente da ghiaie e ciottoli in matrice limo sabbiosa con grado di cementazione variabile e da limi argillosi e sabbiosi con ghiaia e ciottoli. Detti depositi sono pertanto contraddistinti da una permeabilità primaria che nell'insieme è da considerarsi medio alta.

Viste le caratteristiche sedimentologiche dei terreni affioranti e l'acclività dell'area, il rapido smaltimento delle acque ruscellanti è sufficientemente garantito. Relativamente alla presenza di acque sotterranee, non sono state rilevate falde libere o in pressione fino alla quota di - 10 metri

dal p.c. **Per L'area e per il sito in esame non sono disponibili cartografie inerenti il Rischio Esondazione (P.S.D.A.). I**

Per quanto riguarda le acque di scorrimento superficiale, il ponticello in esame sovrasta un canale per la raccolta e il deflusso delle acque provenienti da monte del sito. Allo stato attuale vista la pendenza significativa del canale di raccolta, si presume una elevata velocità di scorrimento delle acque di dilavamento superficiale.

4 - TETTONICA E RISCHIO SISMICO

L'assetto tettonico è determinato soprattutto dall'immersione verso SSW, mediamente di 25°-30°, del substrato carbonatico e dall'attività di due zone di faglia orientate circa WNW-ESE, una localizzata a SW di Petogna e Poggio Pienze, l'altra localizzata tra Barisciano, Castelnuovo e S. Pio delle Camere.

La morfologia dei versanti risente fortemente dell'assetto del substrato (versanti strutturali); anche la stratificazione delle brecce e dei detriti di versante è circa parallela alla stratificazione dei sottostanti calcari. La faglia principale dell'area Petogna-Poggio Pienze è nota anche come faglia della Media Valle Aterno-Poggio Pienze e sembra costituire il proseguimento verso SSE della faglia di Paganica, dalla quale è separata da una zona di faglia orientata SSW-NNE che taglia trasversalmente la valle dell'Aterno, tra la Stazione di Paganica e Onna, e la dorsale carbonatica settentrionale, tra la zona sud-orientale di Paganica, Pescomaggiore e Filetto (APAT, 2005).

Sia la zona di faglia di Poggio Pienze che quella di Barisciano-S. Pio delle Camere tagliano i depositi tardo-pleistocenici (brp e cglp) **e possono quindi essere considerate attive**. Tuttavia non sono stati riconosciuti effetti di fagliazione superficiale ed evidenze di riattivazioni riferibili alla crisi sismica del 2009 (vedi anche rapporto di EMERGEIO WORKING GROUP, 2009). A scala cartografica (APAT, 2005), le faglie di Petogna-Poggio Pienze e di Barisciano-S. Pio delle Camere sembrano costituire rispettivamente il bordo meridionale e settentrionale della piana tra Pienze e

Navelli. La faglia di Poggio Picenze sembra proseguire verso sud, lungo la direttrice S. Demetrio ne' Vestini, S. Nicandro, Prata d'Ansidonia e Tussio, e costituire il bordo settentrionale della dorsale che separa la piana di Navelli dall'attuale corso dell'Aterno. La faglia di Barisciano-S. Pio delle Camere sembra costituire il bordo meridionale della dorsale carbonatica M. della Selva-M. Camarda da Pescomaggiore a Navelli. A S di Castelnuovo, evidenze morfo-strutturali suggeriscono la presenza di strutture di ordine minore orientate circa E-W che, a scala cartografica, mostrano una geometria en échelon. Queste osservazioni, in accordo con dati di campagna, permettono di ipotizzare una componente trascorrente di queste zone di faglia.

BARISCIANO

Questo centro abitato, come le frazioni di Petogna, Ville di Mezzo e S. Martino, sorge al bordo settentrionale della conca fluvio-lacustre ed alla base dei versanti della dorsale carbonatica del M. Camarda. L'area d'interesse è limitata verso sud dalla dorsale carbonatica con direzione appenninica di M. Cicogna ed è attraversata da nord a S dal Vallone dell'Inferno, profonda incisione impostata su una depressione tettonica con direzione antiappenninica.

Anche quest'area è dunque caratterizzata da spessori non particolarmente elevati delle coperture (sempre inferiori a 50 m) e da un'elevata variabilità litologica (substrato calcareo affiorante, limi, conglomerati e brecce cementati, alluvioni e detriti superficiali).

Le faglie che dislocano il substrato sepolto, sebbene presenti, presentano minori rigetti e, quindi, gli alti e bassi strutturali risultano meno pronunciati; di conseguenza, anche gli spessori delle coperture hanno minore variabilità. I bordi a nord e a sud dell'area sono caratterizzati da affioramenti di calcari del substrato o di brecce cementate, o da coperture di spessore trascurabile (<3m), in cui tutti i fattori di amplificazione considerati sono risultati uguali a 1. La zona con valori maggiori di amplificazione, FA e FH0,1-0,5s sempre maggiori di 2, fino anche a maggiori di 2.5, è risultata la piana compresa tra l'abitato di Barisciano e Colle Cicogna. Qui, al di sopra dei calcari, è presente una successione di circa 25-30 m di limi e alluvioni recenti e, al piede dei rilievi,

prevalgono i detriti di versante recenti. Valori elevati, in particolare FA sempre maggiore di 2, sono stati stimati comunque in tutte le zone di massimo accumulo dei detriti e dei depositi alluvionali.

Ciò si verifica in particolare nel Vallone dell'Inferno, soprattutto nell'area di maggiore accumulo del conoide detritico, sull'accumulo detritico nell'area verso monte e nella parte inferiore, a NW di Colle Cicogna, anche laddove in superficie affiorano conglomerati. Valori nettamente inferiori, compresi tra 1.2 e 1.6, sono stati invece stimati ovunque la successione quaternaria è prevalentemente costituita da conglomerati o brecce, in particolare nella zona ovest del centro abitato e in destra orografica del Vallone dell'Inferno.

Per quanto attiene il sito in esame, dalle indagini eseguite, il terreno rientra in quelli della **Categoria B**. Tuttavia, sulla base di quanto sopra riportato, si è conto dei fattori di **amplificazione rilevati dagli studi di Ms Sismica, portando il coefficiente di amplificazione topografica da T1 a T2**.

TABELLA 1

Caratterizzazione sismica del terreno di fondazione
D.M. 17/1/2018

CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE	CONDIZIONI TOPOGRAFICHE
B	T2

5 - INDAGINI GEOGNOSTICHE

Al fine di ricostruire la stratigrafia di dettaglio del sito, è stato eseguito un sondaggio a carotaggio continuo, spinto a profondità di – 10 metri (Sondaggio S1). Nel corso del sondaggio sono state eseguite quattro prove in foro del tipo S.P.T. utilizzando una batteria di aste di acciaio, alla cui estremità inferiore e superiore sono rispettivamente avvitate una punta conica e un sistema di battuta con maglio. Quest'ultimo ha un peso di 63,5 Kg e viene lasciato cadere da una altezza di 76,20 cm su una testa di battuta che provvede a trasmettere l'energia necessaria all'infissione del sistema aste-punta. La prova consiste nel misurare il numero di colpi necessari ad infiggere la punta per 30 cm. Secondo la classificazione di Terzaghi e Peck, basata sul numero di colpi N_{spt} , i terreni interessati dalle opere fonali sono valutati secondo lo schema riportato in tabella 2.

.

STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO S1

SONDAGGIO S1 (Profondità – 10 metri da p.c.)

I primi 0.70 metri di terreno sono di riporto, costituiti da limi sabbiosi e clasti di natura calcarea. Stratigraficamente sottostanti e fino alla quota di 3.00 metri, si rileva la presenza di ghiaia calcarea eterometrica in matrice limoso sabbiosa rossastra. La suddetta successione riposa su depositi di ghiaie calcaree eterometriche a spigoli vivi, in matrice sabbioso limosa, di colore marrone chiaro, il cui spessore, sulla verticale di S1 è di almeno 7 metri.

6 - PROVE S.P.T.

Nel corso del sondaggio sono state eseguite un totale di quattro prove S.P.T, i cui valori sono riportati nella seguente tabella. Secondo la classificazione di Terzaghi e Peck (si veda le tabelle 2 e 3), basata sul numero di colpi N_{spt} , i terreni investigati sono **MOLTO ADDENSATI**.

TABELLA 2
 Addensamento e angolo di attrito in funzione del numero di colpi Nspt
 (Terzaghi & Peck)

Nspt	Addensamento	Dr %	ϕ gradi
0 - 4	Molto sciolto	0 - 15	28
4 - 10	Sciolto	15 - 35	30
10 - 30	Med. addensato	35 - 65	30 - 36
30 - 50	Addensato	65 - 85	36 - 41
> 50	Molto addensato	85 - 100	41 - 45

Addensamento e angolo di attrito del terreno rilevato mediante prova S.P.T.

Sondaggio	Prof. da p.c.	Nspt	Addensamento o consistenza	ϕ 'gradi	Cu Kg/cm²
S1	- 3.00	Rifiuto	Molto Addensato	32	-
S1	- 4.50	Rifiuto	Molto Addensato	35	-
S1	- 7.50	Rifiuto	Molto addensato	35	-
S1	- 9.00	Rifiuto	Molto addensato	35	-

Il report dettagliato relativo al sondaggio è riportato nell'allegato alla relazione.

5 - INDAGINI GEOFISICHE

Al fine di definire le velocità delle onde di taglio V_s è stato eseguito un rilievo geofisico MASW (multichannel analysis of surface waves). Detto metodo è utilizzato per la determinazione dei profili verticali delle velocità delle onde di taglio (V_s), tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, effettuata con algoritmi genetici. I vantaggi dell'uso di questa metodologia geofisica rispetto ai metodi tradizionali sono:

- 1) Particolarmente indicato per suoli altamente attenuati ed ambienti rumorosi
- 2) Non limitato, a differenza del metodo a rifrazione, della presenza di inversioni di velocità in profondità
- 3) Buona risoluzione
- 4) Permette di ricostruire la distribuzione verticale della velocità delle onde di taglio, (S) fondamentale per la caratterizzazione geotecnica del sito.

Inoltre, la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (circa il 67%), rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) e s (26%). L'ampiezza delle surface waves dipende dalla radice di r e non da r come per le body waves. Il valore delle V_s equivalenti a partire dal piano campagna, calcolato secondo la seguente relazione, è riportato nella pagina seguente.

VALUTAZIONI DELLE VS EQUIVALENTI - NTC 2018

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Gli spessori rilevati e le relative velocità delle onde S, portano alla determinazione di una V_s equivalente calcolata a livello del p.c. pari a **455 m/s** per la Masw 1. Tuttavia si sottolinea quanto riportato nel Capitolo 4 della presente relazione, dove per l'area in cui ricade il sito, gli studi della Protezione Civile **assegnano un fattore di amplificazione pari a 1.6.**

Essendo note le V_s di ogni singolo litotipo, è possibile il calcolo del modulo di taglio G_0 mediante la seguente formula:

$$G_0 = \frac{\gamma (V_s)^2}{g} \quad \text{dove:}$$

G_0 = modulo di taglio in condizioni dinamiche e bassa deformazione

γ = peso per unità di volume del terreno

V_s = Velocità onde S

g = accelerazione di gravità

Il report dettagliato relativo al rilievo eseguito è riportato nell'allegato alla relazione.

6- CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

I terreni presenti nel sito sono costituiti da tre litotipi differenti.

A) Terreno di riporto da 0.0 -0.70 m

B) Ghiaie di natura calcare in matrice limoso sabbiosa rossastra 0.70 – 3.00 m

C) Ghiaie di natura calcarea in matrice limoso sabbiosa marrone chiaro

Per quanto attiene la valutazione dell'angolo di attrito del terreno, si è tenuto conto di quanto proposto da Sano, il quale propone di considerare la variazione dell'angolo di attrito in seguito all'azione sismica. In particolare, detto Autore lega la diminuzione dell'angolo di attrito in condizioni statiche in funzione dell'intensità della sollecitazione sismica. In particolare si ha:

$$\phi (\circ) = \phi - \arctang (C / 1.4142);$$

con

$C = 0.5 a_{picco}$, dove a_{picco} è l'accelerazione sismica di picco.

Per il sito in esame, a_{picco} , può essere valutata in $0.50g$

Pertanto, per le ghiaie e i ciottoli in matrice limoso sabbiosa rossastra, considerando un angolo di attrito statico medio ϕ pari a 42° si ottiene

$$\phi \text{ corretto} = 45 - \arctg (0,5 \times 0,47) / 1.4142 = 42 - 10 = 32^\circ$$

per le ghiaie e i ciottoli in matrice limoso sabbioso marrone chiaro, considerando un angolo di attrito statico medio ϕ pari a 45° si ottiene

$$\phi \text{ corretto} = 45 - \arctg (0,5 \times 0,47) / 1.4142 = 45 - 10 = 35^\circ$$

Per quanto attiene la valutazione del modulo elastico ad elevate deformazioni, si è fatto riferimento a quanto proposto da Terzaghi. Il metodo si basa sulla seguente relazione, dove $B = 7 \text{ Mpa}$:

$$E (MPa) = B \sqrt{N_{spt}}$$

Per le ghiaie e i ciottoli in matrice limoso sabbiosa marrone chiaro, da quanto rilevato mediante prove S.p.T (valore medio considerato pari a 100 Nspt) si ottiene:

$$E(\text{Mpa}) \text{ medio} = 7 \sqrt{100} = 70 \quad \text{pari } 700 \text{ Kg/cm}^2$$

TABELLA 3
PARAMETRI GEOTECNICI

Strato m	Peso t/mc	Peso eff. t/mc	ϕ °	C Kg/cmq	Cu Kg/cmq	E Kg/cmq
Terreno riporto 0.70	1.8	0.8	26	0.00	-	-
Ghiaie 2.30	2.1	1.1	32	0.05	-	600
Ghiaie 7.00	2.2	1.2	35	0.05	-	700

LEGENDA

Strato: Spessore dello strato

Peso: Peso per unita' di volume

Peso eff.: Peso per unita' di volume efficace dello strato

ϕ : angolo di attrito

C: coesione drenata del terreno

Cu: Coesione non drenata del terreno

E: modulo elastico del terreno in condizioni statiche ed elevate deformazioni

7 - VALUTAZIONE DELLA PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE

Il fenomeno della liquefazione dei terreni durante i terremoti, interessa in genere i depositi sabbiosi e/o sabbioso limosi sciolti, a granulometria uniforme, normalmente consolidati e saturi.

Durante una sollecitazione sismica, infatti, le azioni dinamiche indotte nel terreno, possono determinare un aumento delle pressioni interstiziali fino ad eguagliare la pressione litostatica e la tensione di sconfinamento, annullando la resistenza al taglio e inducendo fenomeni di fluidificazione.

La probabilità che un deposito raggiunga tali condizioni dipende:

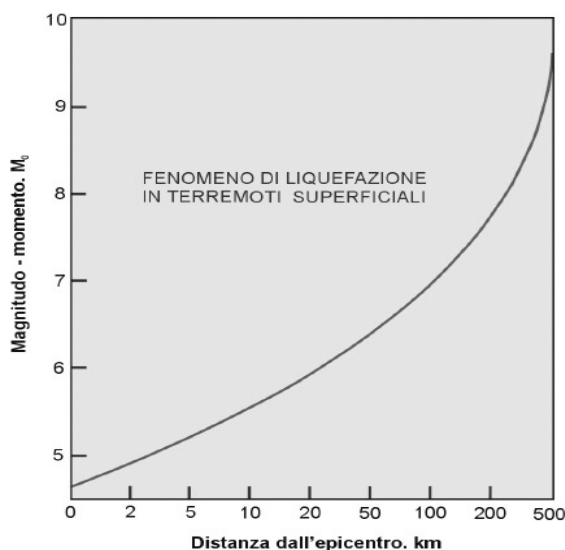
- dal grado di addensamento;
- dalla granulometria e forma dei granuli;
- dalle condizioni di drenaggio;
- dall'andamento ciclico delle sollecitazioni sismiche e loro durata;
- dall'età del deposito;
- dalla profondità della linea di falda (**prossima alla superficie**).

Dall'osservazione di zone colpite da liquefazione, si è notato che questa avviene nelle seguenti circostanze:

- terremoti di magnitudo uguale o superiore a 5.5, con accelerazioni superiori o uguali a 0,2 g;
- **al di sopra dei 15 metri di profondità**; oltre questa profondità non sono state osservate liquefazioni;
- **la profondità della falda era posizionata in prossimità della superficie (inferiore ai 3 m)**.

In letteratura sono stati suggeriti da vari autori, diversi metodi (tabellari, semplificati ecc.), per la valutazione del potenziale di liquefazione di depositi sabbiosi saturi. Affinché in un sito possano avvenire fenomeni di liquefazione, è necessario che la scossa sismica raggiunga una certa intensità. Da osservazioni effettuate su un certo numero di terremoti avvenuti, Kuribayashi e Tatsuoka (1975), hanno potuto verificare che esiste una relazione fra la magnitudo e il logaritmo della distanza all'interno della quale si possono innescare fenomeni significativi di liquefazione. In figura

2, è riportato un grafico che evidenzia la possibilità di liquefazione in relazione alla distanza epicentrale e della magnitudo.



L'area in esame è **ad alto rischio sismico**, ed è interessata, secondo normativa, da terremoti di magnitudo uguale o superiore a 5.5, con accelerazioni superiori o uguali a 0,2 g, il che in linea di massima, espone il sito in esame a probabile rischio liquefazione.

Per la verifica di predisposizione dei terreni alla liquefazione ci si è avvalsi dalle seguenti considerazioni:

fattori **predisponenti** alla liquefazione si rileva:

- 1) La giovane età del deposito

Come fattori **non predisponenti** alla liquefazione si rileva:

- 1) Granulometria e forma dei granuli.
- 2) . La presenza di falde a quote inferiori a – 15 metri dal p.c
- 3) Lo stato di addensamento

Si può pertanto considerare il sito non affetto da fenomeni di liquefazione in seguito ad azione sismica.

CONCLUSIONI

Sulla base di quanto esposto nei precedenti paragrafi, relativamente al progetto per la messa in sicurezza del ponticello sito al Km 1+ 610 della S.P. 7 di Castel Del Monte, nel Comune di Barisciano (AQ), si conclude che:

* **Morfologia**

Allo stato attuale non si rilevano fenomeni gravitativi in grado di modificare, in un tempo ragionevolmente breve, l'assetto attuale.

* **Tettonica**

Sono state rilevate dislocazioni tettoniche significative nell'area esaminata,

* **Idrologia ed idrogeologia**

Relativamente alla presenza di acque sotterranee, non sono state rilevate falde libere o in pressione fino alla quota di - 10 metri dal p.c. **Per L'area e per il sito in esame non sono disponibili cartografie inerenti il Rischio Esondazione (P.S.D.A.).** Per quanto riguarda le acque di scorrimento superficiale, il ponticello in esame sovrasta un canale per la raccolta e il deflusso delle acque provenienti da monte del sito. Allo stato attuale vista la pendenza significativa del canale di raccolta, si presume una elevata velocità di scorrimento delle acque di dilavamento superficiale.

* **Geotecnica**

Il terreno in esame presenta caratteristiche geotecniche buone. Sulla base della stratigrafia e dei dati acquisiti, il sito in esame, secondo quanto previsto dal D.M. 17/01/2018, è classificato del Tipo B e con una Categoria topografica T2.

.L'Aquila, 14 luglio 2023

Dott. Geol. Luigi Giuseppe Maria BONIFACIO



AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DELL'AQUILA

**- UFFICIO TECNICO -
SETTORE VIABILITA'**

ALLEGATI ALLA RELAZIONE GEOLOGICA

PROGETTO

**S.P. 7 DI CASTEL DEL MONTE – LAVORI DI MESSA
IN SICUREZZA DEL PONTICELLO SITO AL KM 1 +
610 NEL COMUNE DI BARISCIANO**

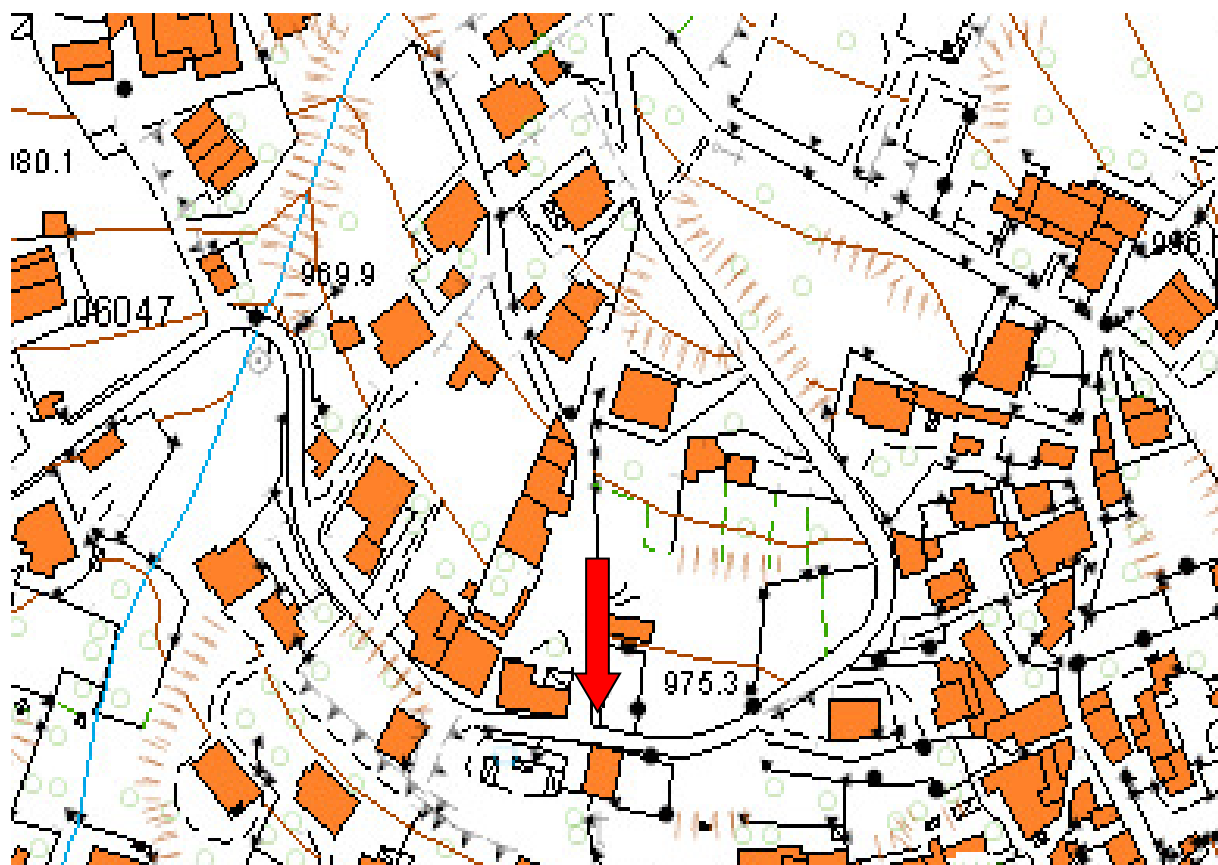
GEOLOGO

Dott. Luigi G.M. BONIFACIO

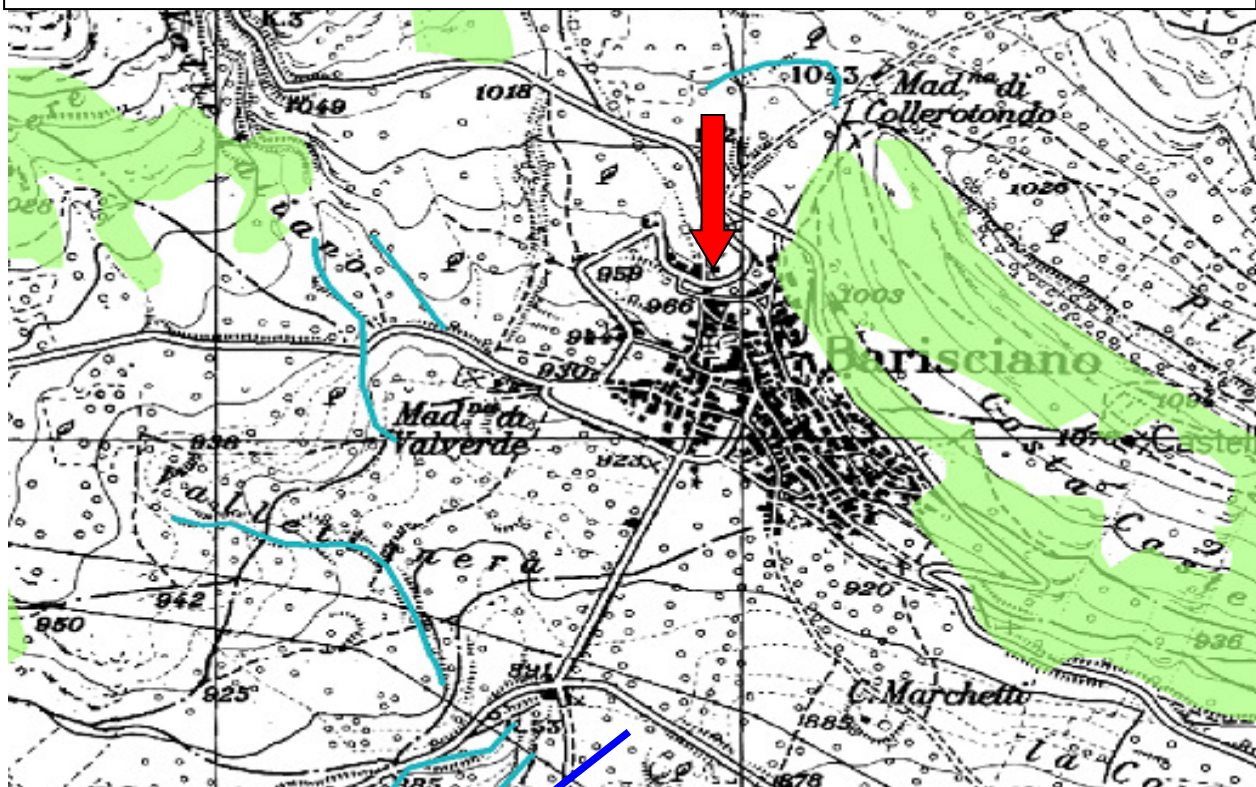
VIA STRINELLA 20 - 67100 L'AQUILA



STRALCIO DELLA C.T.R. SEZIONE 359084







STRALCIO DELLA CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA



LIMITE TERRITORIO AUTORITY DI BACINO

CLASSI DI PERICOLOSITA'

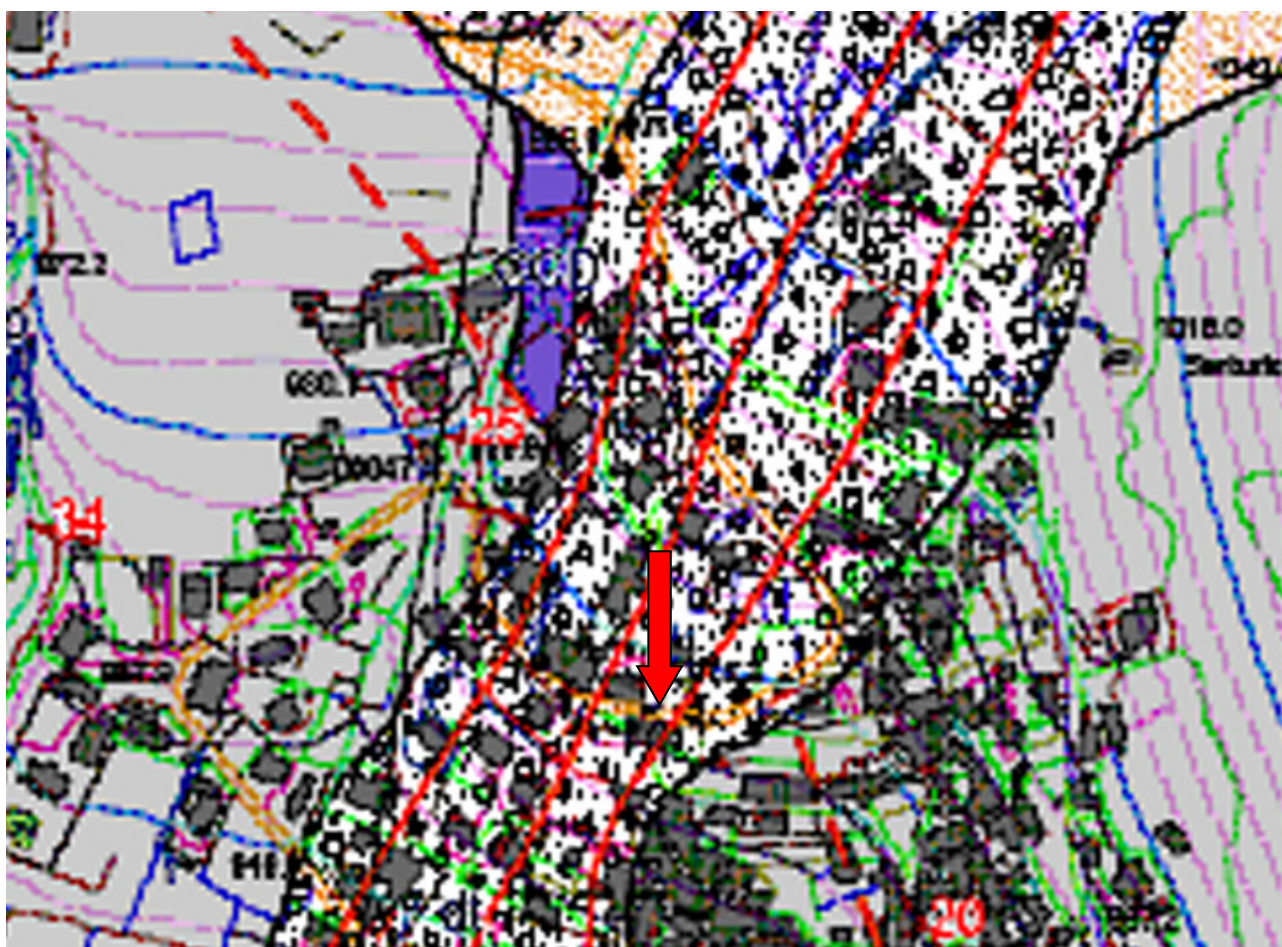
- 
P1 PERICOLOSITA' MODERATA
 Aree interessate da Dissesti con bassa possibilità di riattivazione.
- 
P2 PERICOLOSITA' ELEVATA
 Aree interessate da Dissesti con alta possibilità di riattivazione.
- 
P3 PERICOLOSITA' MOLTO ELEVATA
 Aree interessate da Dissesti in attività o riattivati stagionalmente.
- 
PS PERICOLOSITA' DA SCARPATA
 Aree interessate da Dissesti generati da Scarpate.



GdI microzonazione sismica macroarea 4

RER-SGSS: rilievi geologici e carta livello 1;
 UniBas-DISGG: monitoraggi strumentali;
 GFZ Potsdam: monitoraggi strumentali;
 INGV, MI-PV: monitoraggi strumentali;
 CNR-IMAA: indagini geoelettriche e monitoraggi strumentali;
 GEO s.a.s.: sondaggi;
 CNR-IAMC: prove Down-Hole;
 CONGEO s.n.c.: prove MASW;
 AGI-ReLuis (UniNA "Federico II"-DIGA,
 UniRoma "La Sapienza"-DISG, UniFI-DICeA, UniCal-DDS,
 UniMol-SAVA, UniSannio-Ding.): analisi numeriche RSL.

Carta geologica di Barisciano



Detrito torrentizio (dt);

Deposito eterometrico grossolanamente stratificato, talora laminato, costituito da clasti mediamente centimetrici, non cementati, subarrotondati e spigolosi, talora embricati, in matrice sabbiosa. Questi detriti formano i riempimenti dei principali impluvi e conoidi allo sbocco delle valli nella piana. La geometria è fortemente lenticolare; lo spessore massimo è di alcuni metri. Questo deposito mostra rapporti di eteropia, talora di sovrapposizione, con i detriti di falda (a3) e con la copertura detritica superficiale (d) e ricopre le unità continentali pleistoceniche e i calcari del substrato.


Legenda
 orlo di scarpata morfologica


 orlo di terrazzo

 archi concide

 anticlinale


 foglia destra certa

 foglia sinistra certa


 foglia destra certa

 foglia sinistra certa

 limite area con cavità sepolte

 limite stratigrafico certo


 limite stratigrafico incerto

 traccia di sezione

 stratificazione eretta


 stratificazione orizzontale

 cava attiva

 cava inattiva

sondaggi

 Sondaggi per microzonazione sismica

 Sondaggi precedenti

 sezioni_usate

 edifici

 cumuli di pietre (riporto antropico)

 riporto antropico

 frana di crollo attiva


 frana per scioglimento attiva

 frana compiessa quiescente

 alluvioni attuali

 alluvioni terrazzate recenti

 ghiaie di conoidi alluvionali recenti

 detrito tormentizio

 detrito clastico

 detrito di falda

 alluvioni terrazzate pleistoceniche


 livello torba >0.5m a 1.5 m di prof

 breccia di versante cementata pleistocenica

 calciaietti

 conglomerati cementati pleistocenici

 sabbie

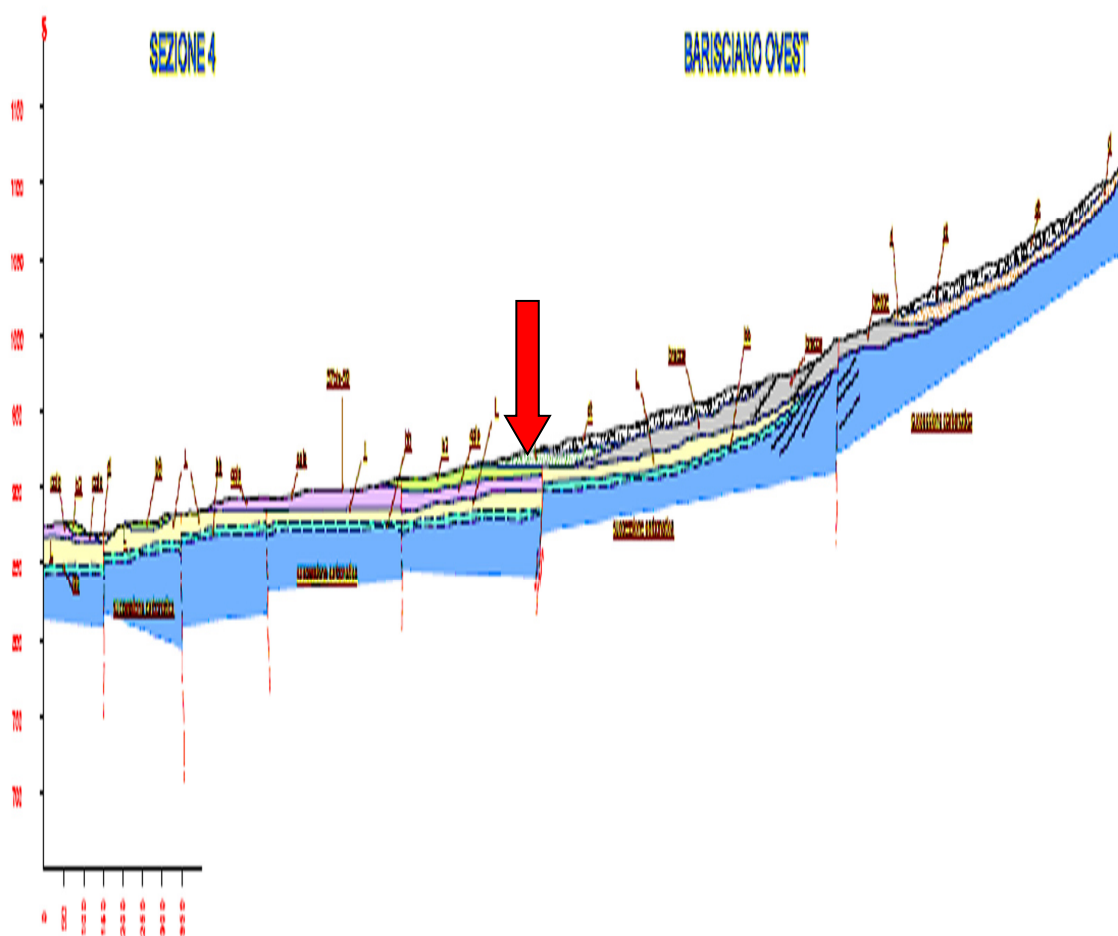
 limi
MIOCENE
 calcareo

 calcareniti mioceniche
SUCCESSIONE CARBONATICA MESOZOICA
 carbonati

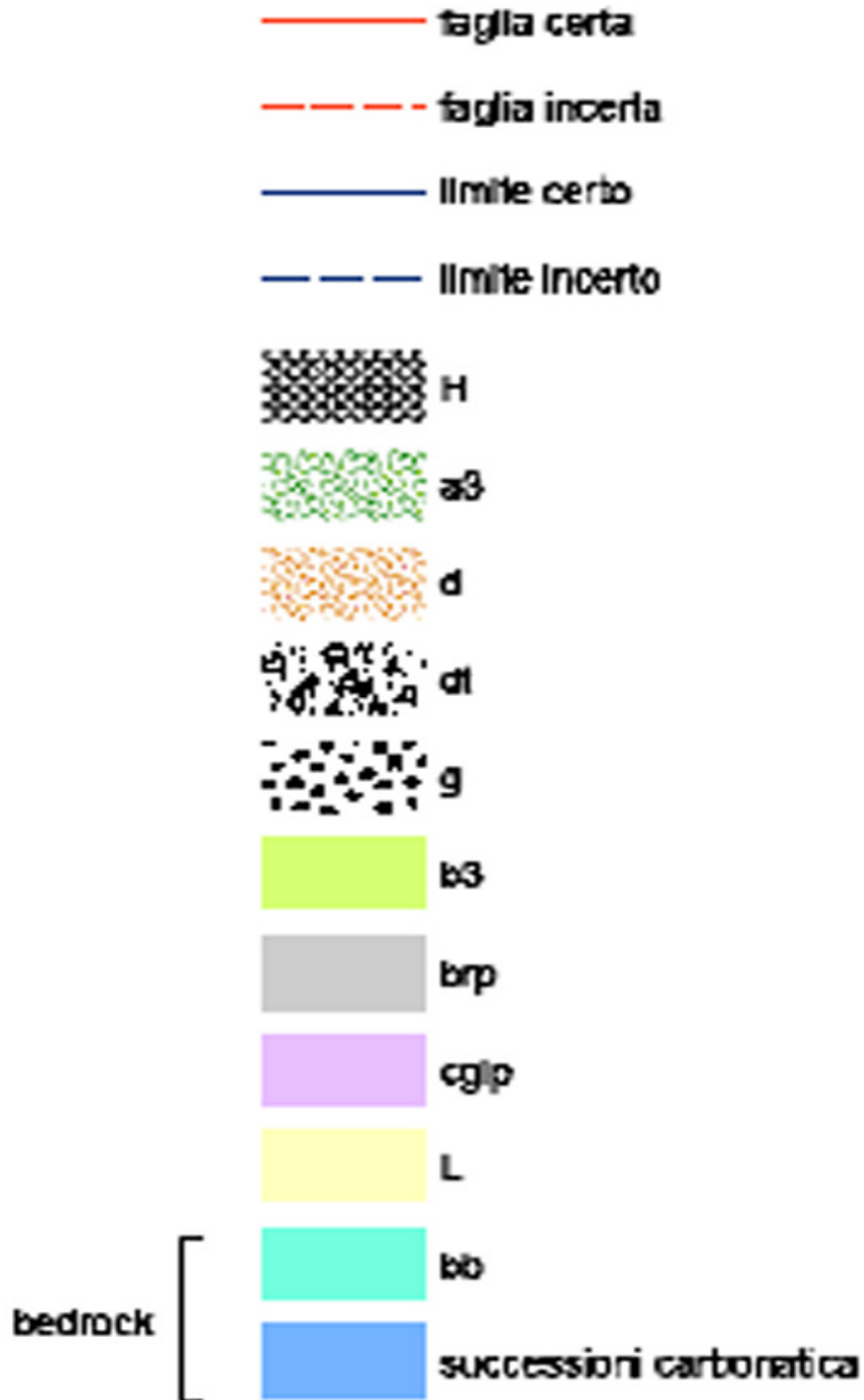
 carbonati

 carbonati



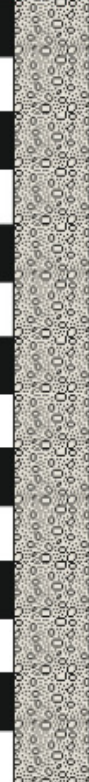
SEZIONE GEOLOGICA



Legenda



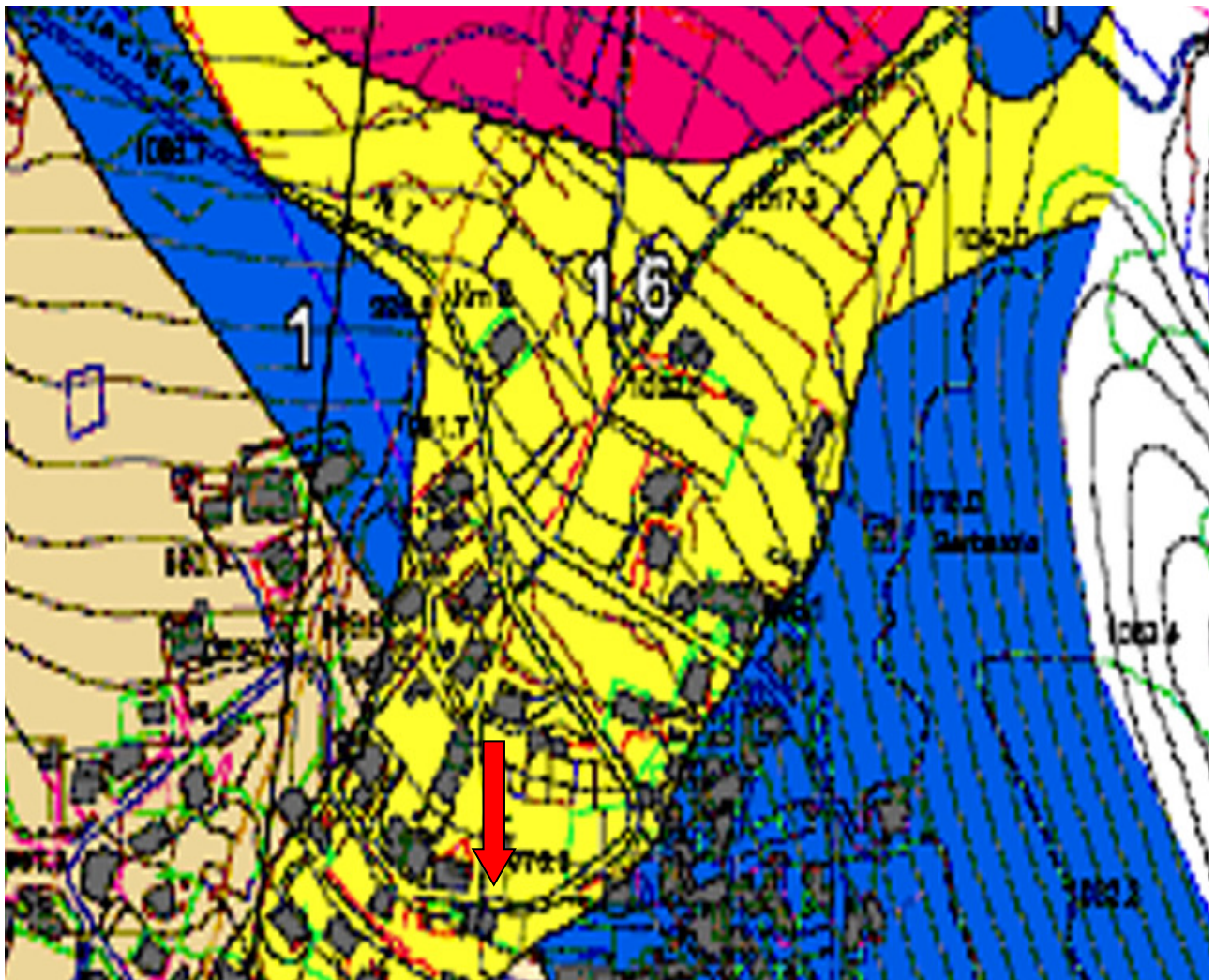
STRATIGRAFIA DEL SITO

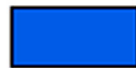
PROFONDITA' (m)	SPESORE (m)	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Recupero Carotaggio (%)	Pocket penetrometer (Kg/cm ²)	Campioni	Prove in foro	Strumentazione	Prove SPT	Rivestimento	Completamento foro
				0 → 100%	0 2 4 6						
0.70	0.70		Terreno vegetale con clasti calcarei sub-angolosi centimetrici								
	2.30		Ghiaia calcarea eterometrica (φ max. 50-60 mm) di forma da sub-angolosa ad angolosa in matrice sabbiosa-limosa di colore rosastra; talora si rinvencono dei								
3.00									3.0 m		
	7.00		Ghiaia calcarea eterometrica (φ max. 50-60 mm) di forma da sub-angolosa a spigoli vivi in matrice sabbiosa-limosa di colore marrone chiaro con ciottoli						4.5 m		
									R		
									7.5 m		
									R		
									9.0 m		
10.0									R		
										φ = 127mm	
											Cemento e bentonite



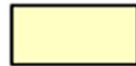
Gdl microzonazione sismica macroarea 4

RER-SGSS: rilievi geologici e carta livello 1;
 UniBas-DISGG: monitoraggi strumentali;
 GFZ Potsdam: monitoraggi strumentali;
 INGV, MI-PV: monitoraggi strumentali;
 CNR-IMAA: indagini geoelettriche e monitoraggi strumentali;
 GEO s.a.s.: sondaggi;
 CNR-IAMC: prove Down-Hole;
 CONGEO s.n.c.: prove MASW;
 AGI-ReLuis (UniNA "Federico II"-DIGA,
 UniRoma "La Sapienza"-DISG, UnIFI-DICeA, UniCal-DDS,
 UniMol-SAVA, UniSannio-Ding.): analisi numeriche RSL.

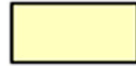


Zone stabili

FH=1

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

FH=1,1



FH=1,2



FH=1,3



FH=1,4



FH=1,6



FH=1,6



FH=1,7



FH=1,8



FH=1,9



FH=2



FH=2,1



FH=2,2



FH=2,3



FH=2,4



FH=2,5



FH>2,5

(Valore medio o intervallo)**Zone suscettibili di instabilità**

fascia cataclastica



FRT



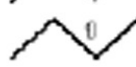
CD



limite certo



limite incerto



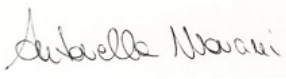
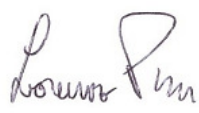
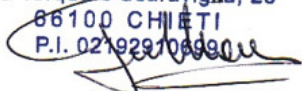
sezioni usate

**SOILTEST ITALIA SRL**Via Torquato Scaraviglia, 28
I-66100 Chieti (CH)
P.I. 02192910699

RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOTECNICHE E GEOFISICHE

Committente: **Provincia dell'Aquila***Località:* **Barisciano (AQ)***Cantiere:* **Lavori di messa in sicurezza del ponticello sito al
km 1+610 della s.p. 7 di Castel del Monte**

n.r.: C.00123-2023	Versione: 1.0	Nr. pagg: 23	Inizio elaborazione: 29 marzo 2023
			Data Consegna: 12 maggio 2023

Redazione	Verifica	Approvazione
Geol. Antonella Mancini	Geol. Lorenzo Pizzi	Geol. Gianluca Maccarone
		SOILTEST ITALIA SRL Via Torquato Scaraviglia, 28 66100 CHIETI P.I. 02192910699 

A norma di legge il presente elaborato non potrà essere riprodotto né consegnato a terzi né utilizzato per scopi diversi da quello di destinazione senza l'autorizzazione scritta di Soiltest Italia srl che ne detiene la proprietà.

Organizzazione con sistema di gestione
integrato Qualità e Ambiente
Certificato dal RINA
ISO 9001:2015 - ISO 14001:2015

www.soiltestitalia.com
pec: soiltest@arubapec.it
e-mail: info@soiltestitalia.com
Tel. +39 0871070563
Fax. +39 0871540073
Cell. +39 3738154472

**SOILTEST ITALIA SRL**

Via Torquato Scaraviglia, 28
I-66100 Chieti (CH)
P.I. 02192910699

Sommario

1. PREMESSA.....	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3. PIANO DELLE INDAGINI: DESCRIZIONE E PRINCIPI TEORICI.....	4
3.1 Sondaggio Geognostico a Carotaggio Continuo	4
3.2 Prove Penetrometriche in Foro (SPT)	5
3.3 Prospezione Sismica di tipo MASW	7
4. RISULTATI DELLE INDAGINI	10
4.1 Parametrizzazione Geotecnica dei Terreni	10
4.2 Stima della Categoria di Suolo di Fondazione.....	10
ALLEGATI	13

Allegati

1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE
2. FOTO AEREA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI
3. REPORT STRATIGRAFICO
4. PROSPEZIONE SISMICA TIPO MASW

Organizzazione con sistema di gestione
integrato Qualità e Ambiente
Certificato dal RINA
ISO 9001:2015 - ISO 14001:2015

www.soiltestitalia.com
pec: soiltest@arubapec.it
e-mail: info@soiltestitalia.com
Tel. +39 0871070563
Fax. +39 0871540073
Cell. +39 3738154472

**SOILTEST ITALIA SRL**Via Torquato Scaraviglia, 28
I-66100 Chieti (CH)
P.I. 02192910699

1. PREMESSA

Il presente elaborato descrive le attività ed i risultati delle indagini geognostiche, geotecniche e sismiche inerenti all'intervento denominato " Lavori di messa in sicurezza del ponticello sito al km 1+610 della s.p. 7 di Castel del Monte (CUP: F65F21002420003 – CIG:9644321974)" sito nel Comune di Barisciano (AQ) eseguite nel mese di Aprile su incarico dell'Amministrazione Provinciale dell'Aquila con Determina Dirigenziale n.74 del 15/03/2023.

Nel presente documento vengono esposti:

- la normativa di riferimento;
- la descrizione e le ubicazioni delle indagini svolte;
- le caratteristiche principali delle strumentazioni utilizzate;
- i risultati delle indagini.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le norme osservate per l'esecuzione delle attività oggetto di affidamento sono:

1. Decreto legislativo 9 aprile 2008, n.81 - "Attuazione dell'art. 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro" e s.m.i..
2. Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 - "Norme tecniche per le costruzioni", pubblicato nella G.U. del 20.02.2018 n.42 e s.m.i..
3. AGI 1977 – Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
4. ISO 22476 - Geotechnical investigation and testing.
5. ASTM D1586 - Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils.
6. BS EN 22476: "Geotechnical investigation and testing. Field testing. Dynamic probing.
7. L. Reg. 30.7.97 n.56 – Programma Valutazione Effetti Locali (VEL).

Organizzazione con sistema di gestione
integrato Qualità e Ambiente
Certificato dal RINA
ISO 9001:2015 - ISO 14001:2015

www.soiltestitalia.com
pec: soiltest@arubapec.it
e-mail: info@soiltestitalia.com
Tel. +39 0871070563
Fax. +39 0871540073
Cell. +39 3738154472

**SOILTEST ITALIA SRL**Via Torquato Scaraviglia, 28
I-66100 Chieti (CH)
P.I. 02192910699

3. PIANO DELLE INDAGINI: DESCRIZIONE E PRINCIPI TEORICI

Per la caratterizzazione stratigrafica, fisico-meccanica e sismica del sottosuolo, sulla base di quanto richiesto dalla Committenza, sono state svolte le seguenti indagini, elencate in Tabella 3-1:

- N.1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo (S1), spinto fino a profondità di 10 m, eseguito per una corretta ricostruzione stratigrafica del sottosuolo (vedi Allegato 3).
- N.4 prove penetrometriche dinamiche SPT sulla verticale di sondaggio S1, eseguite per la parametrizzazione geotecnica dei terreni.
- N.1 prospezione sismica di tipo MASW (M1) eseguita per la definizione della V_{Seq} dunque per la determinazione della categoria di sottosuolo (vedi Allegato 4);

L'ubicazione delle indagini è visibile in Allegato 2 e nella seguente Tabella 3-1, la documentazione fotografica è riportata nei relativi allegati.

Indagine	Lunghezza/Profondità	Latitudine	Longitudine
S1	10,0 m dal p.c.	42.328151° N	13.590135° E
M1	65,5	42.328458° N	13.590166° E

Tabella 3-1 – Indagini eseguite e loro ubicazione.

3.1 Sondaggio Geognostico a Carotaggio Continuo

Il sondaggio verticale è stato spinto fino a profondità di 10.0 m dal p.c., la natura e le caratteristiche dei terreni indagati hanno consentito l'uso di utensili di perforazione al widia di media durezza. La perforazione è stata eseguita a rotazione, a carotaggio continuo, con carotiere semplice tipo T1 con ϕ 101 mm, lunghezza nominale 300 cm ed aste con filettatura tronco conica di diametro esterno 76 mm e lunghezze di 1.50 m e 3.00 m, con manovre di recupero di massimo 200 cm. Qualora necessario sono stati utilizzati tubi di rivestimento provvisorio metallici ϕ 127 mm. La perforazione e l'infissione del rivestimento provvisorio sono state condotte in modo da minimizzare le variazioni di stato dei terreni attraversati, controllando con manometri la velocità e la pressione del fluido di circolazione. Il fluido di circolazione è l'acqua potabile e la stabilità del fondo è assicurata eseguendo manovre di estrazione a velocità molto bassa nel tratto iniziale per evitare l'effetto pistone. Per l'esecuzione dei sondaggi sono state utilizzate una sonda idraulica CMV 420 S, le cui caratteristiche sono riportate nella sottostante Tabella 3-2.

Organizzazione con sistema di gestione
integrato Qualità e Ambiente
Certificato dal RINA
ISO 9001:2015 - ISO 14001:2015

www.soiltestitalia.com
pec: soiltest@arubapec.it
e-mail: info@soiltestitalia.com
Tel. +39 0871070563
Fax. +39 0871540073
Cell. +39 3738154472

**SOILTEST ITALIA SRL**

Via Torquato Scaraviglia, 28
I-66100 Chieti (CH)
P.I. 02192910699

DATI TECNICI			
Motore Diesel VM	Hp 67,5	Morsa bloccaggio	<input type="checkbox"/> 60 – 220 mm
Mast applicabili	Tipo M.T. 1-2 – 3	Martinetto svitatore	<input type="checkbox"/> 60 – 220 mm
Lunghezza mast	Mm 2100–3000-5000	Testa di rotazione TR	Tipo 420
Corsa testa TR	Mm 1150–1700-3500	Coppia max – min.	Kgm 420 – 118
Spinta	Kg 1.500	Giri max – min.	Rpm 250 – 70
Tiro	Kg 2.500	Cambio	Rapp. 2
Argano tiro	Kg 1.000	Prolunga master	Mt. 1,00
Capacità fune	Mt 62	Peso	Kg 36.000
Applicazioni	Pompa acqua – pompa scarotatrice		

Tabella 3-2 – Caratteristiche sonda perforatrice CMV 420 S

Nel corso dei sondaggi, i reperti di carotaggio sono stati alloggiati in apposite cassette catalogatrici in PVC. Su ogni cassetta catalogatrice sono state riportate tutte le indicazioni relative al cantiere: data, committente, località, id. sondaggio, la profondità dell'intervallo di terreno contenuto nella cassetta.

Il geologo presente in cantiere ha fotografato le postazioni e le cassette ed ha provveduto ad eseguire la descrizione stratigrafica, annotando eventuali anomalie e specificando per ogni strato individuato:

- a) tipo di terreno (granulometria e grado di arrotondamento dei clasti);
- b) condizioni di umidità naturale;
- c) compattezza (consistenza o addensamento);
- d) R.Q.D./percentuale di recupero carotaggio;
- e) alterazione;
- f) colore;
- g) struttura;
- h) particolarità;
- i) litologia ed origine.

3.2 Prove Penetrometriche in Foro (SPT)

Durante l'esecuzione dei sondaggi, la perforazione è stata accompagnata dall'esecuzione di prove penetrometriche in foro (SPT), a profondità scelte sulla base degli interventi in progetto ed in base alla tipologia di terreni effettivamente individuati.

Le prove sono state eseguite in accordo con le direttive contenute nelle norme ASTM (D.1486), dal sottocomitato ISSMFE (Associazione Geotecnica Internazionale) per le prove penetrometriche in Europa, nonché dalle "Raccomandazioni A.G.I." (Associazione Geotecnica Italiana) per l'esecuzione delle indagini geotecniche (1977).

Organizzazione con sistema di gestione
integrato Qualità e Ambiente
Certificato dal RINA
ISO 9001:2015 - ISO 14001:2015

www.soiltestitalia.com
pec: soiltest@arubapec.it
e-mail: info@soiltestitalia.com
Tel. +39 0871070563
Fax. +39 0871540073
Cell. +39 3738154472

**SOILTEST ITALIA SRL**

Via Torquato Scaraviglia, 28
I-66100 Chieti (CH)
P.I. 02192910699

La prova SPT si esegue durante la perforazione e consiste nel registrare il numero di colpi necessari per far penetrare di 45 cm nel terreno a fondo foro un tubo campionario di dimensioni standard, collegato alla superficie mediante batteria di aste sulla cui testa agisce un maglio del peso di 63,5 kg che cade liberamente da un'altezza di 0,75 m.

Durante la prova si misura:

- N1 = numero di colpi di maglio necessari a provocare l'avanzamento del campionario per i primi 15 cm, assunti come tratto di "avviamento";
- N2 = numero di colpi per la penetrazione del campionario nei successivi 15 cm;
- N3 = numero di colpi necessari per gli ultimi 15 cm di avanzamento.

Si assume come resistenza alla penetrazione il valore:

$$NSPT = N2 + N3$$

Si utilizzano le seguenti attrezzature standard:

- aste d'infissione del diametro esterno 50 mm e peso di 7 kg/m;
- testa di battuta di acciaio avvitata sulle aste;
- maglio di acciaio di 63,5 kg;
- dispositivo automatico che consente la caduta del maglio da un'altezza di 0,75 m;
- centratore di guida per le aste fra la testa di battuta e il piano campagna;
- punta conica di diametro 51 mm, angolo 60°.

Prima di eseguire la prova, il fondo foro è stato opportunamente "pulito" e la profondità controllata con scandaglio. L'attrezzatura e le modalità di esecuzione delle prove hanno rispettato le normative e le raccomandazioni correnti in particolare per quanto riguarda l'uso di aste dal peso al metro nei limiti consentiti, in modo da avere il rispetto dell'energia di battuta.



Foto 3-1 – Esecuzione prova SPT in foro.

Organizzazione con sistema di gestione
integrato Qualità e Ambiente
Certificato dal RINA
ISO 9001:2015 - ISO 14001:2015

www.soiltestitalia.com
pec: soiltest@arubapec.it
e-mail: info@soiltestitalia.com
Tel. +39 0871070563
Fax. +39 0871540073
Cell. +39 3738154472

**SOILTEST ITALIA SRL**Via Torquato Scaraviglia, 28
I-66100 Chieti (CH)
P.I. 02192910699

Qui di seguito viene riportata la tabella di sintesi delle prove effettuate:

Sondaggio	S.P.T	Profondità (m)	N1	N2	N3
S1	1	3.00	R	--	--
	2	4.50	R	--	--
	3	7.50	R	--	--
	4	9.00	R	--	--

3.3 Prospezione Sismica di tipo MASW

Strumentazione utilizzata

L'acquisizione dei dati in campagna è stata eseguita utilizzando un sistema composto da:

- sismografo;
- sorgente energizzante;
- trigger;
- apparecchiatura di ricezione.

Sismografo

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un sismografo DoReMi della SARA electronic instruments s.r.l., avente le seguenti caratteristiche:

- Classe strumentale: sismografo multicanale per geofisica
- Topologia: rete differenziale RS485 half-duplex multipunto
- Lunghezza max rete: virtualmente illimitata con l'uso di ripetitori
- N. max canali per tratta: 255
- Dimensioni elemento: 80x55x18 mm
- Peso: 250 g (per elemento con cavo di 5 metri)
- Cavo: per geofisica 1x2x0.5 + 1x2x0.25 twisted pair schermato
- Memoria: 60 kBytes (30000 campioni)
- Frequenze selezionabili: da 500 a 20000 Hz (campionamento da 2 a 0.05 ms)
- Convertitore: tipo SAR a 16 bit (96 dB)
- Amplificatore: ultra-low noise con ingresso differenziale
- Banda passante: 2-200 Hz
- Reiezione modo comune: > 80 dB
- Diafonia (crosstalk): zero, la trasmissione è digitale
- Risoluzione: 7.6 μ V @ 27 dB; 0.076 μ V @ 60 dB

Organizzazione con sistema di gestione
integrato Qualità e Ambiente
Certificato dal RINA
ISO 9001:2015 - ISO 14001:2015

www.soiltestitalia.com
pec: soiltest@arubapec.it
e-mail: info@soiltestitalia.com
Tel. +39 0871070563
Fax. +39 0871540073
Cell. +39 3738154472

**SOILTEST ITALIA SRL**

Via Torquato Scaraviglia, 28
I-66100 Chieti (CH)
P.I. 02192910699

- Dinamica di base: 96 dB (16 bit)
- S/N ratio fra 0.5 e 30 Hz: > 94 dB (> 150 dB con l'uso del PGA)
- Alimentazione: batteria ricaricabile interna operativa 10-15 Vdc
- Consumo di energia: interfaccia 80 mA, canale 30 mA (per 12 canali < 500 mA)

Sistema energizzante

Come sorgente energizzante è stata utilizzata una mazzetta da 8 kg battente su una piastra di alluminio effettuate a mt. 5 dal geofono 1 in posizione diretta destra rispetto alla base sismica. L'elaborazione ha riguardato l'intero campionamento della registrazione avente durata 1000 mS e un intervallo di campionamento di 250 microS. È stato curato in modo particolare l'accoppiamento della piastra con il terreno: è stato disposto un "allettamento" di materiale a granulometria fine per assicurare in ogni caso il coupling tra terreno e sistema energizzante al fine di ottenere registrazioni di buona qualità.

Trigger

Il trigger utilizzato consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un apparecchio starter (geofono starter, starter a lamelle, piezoelettrico od altro) nell'istante in cui il sistema energizzante (maglio, mazza etc.) colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e la produzione di un impulso della durata di qualche secondo che viene inviato al sensore collegato al sistema di acquisizione dati.

Apparecchiatura di ricezione

Per la ricezione delle onde superficiali di Rayleigh sono stati utilizzati 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz.

Schema di acquisizione

Sono state eseguite tre indagini sismiche ciascuna ogni tratto chilometrico di interesse (Vedi Tab. 3-1 , Tab. 3-2, Tab. 3-3 in Cap. 3) due con stendimento di m 53,0 mezzo di basi da 24 canali ed uno stendimento di m 41,0 mezzo di basi da 18 canali. Per tutte le indagini eseguite l'energizzazione è stata una ed è avvenuta su di una piastra di alluminio.

Metodologia e Cenni teorici

In questa metodologia, la perturbazione, generata a mezzo di una sorgente impulsiva, viene rilevata secondo uno schema di acquisizione a più ricevitori con una spaziatura costante, analogamente a quanto avviene con la sismica a rifrazione. Le differenze sono essenzialmente

Organizzazione con sistema di gestione
integrato Qualità e Ambiente
Certificato dal RINA
ISO 9001:2015 - ISO 14001:2015

www.soiltestitalia.com
pec: soiltest@arubapec.it
e-mail: info@soiltestitalia.com
Tel. +39 0871070563
Fax. +39 0871540073
Cell. +39 3738154472

**SOILTEST ITALIA SRL**

Via Torquato Scaraviglia, 28
I-66100 Chieti (CH)
P.I. 02192910699

nel tipo di ricevitore impiegato e nella scelta dei parametri di acquisizione. Sono dovute ai diversi domini in cui viene effettuata l'analisi, dato che per le onde superficiali si opera in quello della frequenza, mentre per le onde di corpo in quello del tempo. Data la natura multimodale dell'onda superficiale, l'utilizzo di tecniche basate sull'analisi di più segnali relative ad una stesa di ricevitori (Gabries et al., 1987, McMechan e Tedlin, 1981), permette una stima più rapida e stabile della curva di dispersione, ovviando ad alcuni problemi intrinseci dell'analisi spettrale a due ricevitori.

Inoltre, poiché le onde superficiali sono segnali a bassa frequenza (inferiore a 100 Hz), i ricevitori impiegati dovranno avere frequenze naturali molto basse (tra 1 e 5 Hz). Ciò si traduce nell'avere una frequenza di campionamento bassa e quindi un intervallo temporale ampio (normalmente centrando il segnale nella finestra).

In generale la propagazione come onda piana si ha per un offset minimo maggiore della metà della lunghezza d'onda maggiore desiderata: $x_1 > 0,5 \lambda_{\max}$. Appare ovvio come tutto ciò abbia una ricaduta sulla profondità alla quale si riesce ad arrivare. Normalmente è accettato come assioma che la profondità di penetrazione Z è approssimativamente uguale alla lunghezza d'onda λ , mentre la massima profondità Z_{\max} alla quale è ragionevole calcolare la velocità dell'onda di taglio associata, è circa $0,5 \lambda$. Da ciò viene fuori che $x_1 > 0,5 Z_{\max}$.

La determinazione della curva di dispersione del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh, è uno dei due passaggi critici per la corretta applicazione della metodologia MASW e più in generale dell'utilizzo delle onde di superficie. Da essa infatti viene determinata la relativa velocità dell'onda di taglio e quindi una corretta estrazione è la base su cui costruire un corretto modello. La curva di dispersione non è altro che la relazione che lega velocità di fase alla frequenza, può quindi essere individuata calcolando la suddetta velocità dalla "pendenza lineare" (linear slope) per ogni componente del segnale.

In virtù della presenza dei diversi modi di propagazione, le informazioni ottenute dall'analisi spettrale sono variegata a seconda dell'effettiva geometria e rigidità del terreno. Per condizioni stratigrafiche standard (rigidità crescente con la profondità) si ha la predominanza del modo fondamentale e quindi le informazioni ottenute riguardano tale modo. Più in generale si è recentemente visto come l'utilizzo del primo modo superiore possa caratterizzare meglio, in presenza di condizioni stratigrafiche più complesse, il sistema (vedi oltre). Il profilo di velocità delle onde di taglio è calcolato infine attraverso un processo d'inversione iterativa della curva di dispersione estratta, una stima del rapporto di Poisson e la densità. Il modello iniziato funge da punto di partenza per il processo d'inversione iterativo. Esso dovrebbe essere definito in modo che la velocità dell'onda di taglio alla profondità Z

Organizzazione con sistema di gestione
integrato Qualità e Ambiente
Certificato dal RINA
ISO 9001:2015 - ISO 14001:2015

www.soiltestitalia.com
pec: soiltest@arubapec.it
e-mail: info@soiltestitalia.com
Tel. +39 0871070563
Fax. +39 0871540073
Cell. +39 3738154472

**SOILTEST ITALIA SRL**Via Torquato Scaraviglia, 28
I-66100 Chieti (CH)
P.I. 02192910699

(relativa alla specifica lunghezza d'onda) sia circa 1.09 e la velocità della Cf della lunghezza d'onda λf tale che $Z_f = a \lambda f$. Il coefficiente a è funzione soltanto della frequenza.

4. RISULTATI DELLE INDAGINI

4.1 Parametrizzazione Geotecnica dei Terreni

L'elaborazione delle prove penetrometriche dinamiche eseguite in foro (SPT) non è stata eseguita in quanto, essendo le prove contraddistinte da rifiuto strumentale, le eventuali correlazioni che si ottengono non sono attendibili e risultano essere non realistici.

4.2 Stima della Categoria di Suolo di Fondazione

Gli aggiornamenti delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018), in vigore dal 22 marzo 2018, riportano quanto segue: ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alla categoria definite nella tab. 3.2.II, si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con: h_i spessore dell' i -esimo strato; $V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato; N numero di strati; H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzazione da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro V_{s30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Organizzazione con sistema di gestione
integrato Qualità e Ambiente
Certificato dal RINA
ISO 9001:2015 - ISO 14001:2015

www.soiltestitalia.com
pec: soiltest@arubapec.it
e-mail: info@soiltestitalia.com
Tel. +39 0871070563
Fax. +39 0871540073
Cell. +39 3738154472

**SOILTEST ITALIA SRL**

Via Torquato Scaraviglia, 28
I-66100 Chieti (CH)
P.I. 02192910699

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Categoria	SUOLO DI FONDAZIONE
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella 4-1 - Tab. 3.2.II degli aggiornamenti Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018) Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

L'indagine sismica eseguita ha permesso una ricostruzione dell'assetto sepolto, sia in termini di spessori dei litotipi oggetto d'indagine, sia per ciò che concerne i valori di propagazione delle onde di taglio. È stato possibile definire, per ogni sismostrato indagato, un valore di V_s . Di seguito sono riportati i valori di V_{seq} calcolati nella prospezione sismica eseguita:

SISMOSTRATI	M1		V_{seq} E CATEGORIE DI SUOLO DI FONDAZIONE IN FUNZIONE DEL PIANO DI POSA DELLA FONDAZIONE		
	SPESSORI (m)	V_s (m/s)	V_{seq} (m/s) RIFERITO AL P.C.	V_{seq} (m/s) -1,0 m. DAL P.C.	V_{seq} (m/s) -2,0 m. DAL P.C.
1	3.5	216	$V_{seq} = 445$ B	$V_{seq} = 467$ B	$V_{seq} = 492$ B
2	5.0	394			
3	6.5	462			
4	8.0	563			
5	----	686			

Tabella 4-2 - Velocità, spessori dei sismostrati e Categoria di suolo di fondazione in funzione della profondità del piano di posa delle fondazioni, relativi alla prospezione sismica M1-2023.

Dal calcolo della V_{seq} i terreni potrebbero essere assimilabili ad una **categoria di suolo di fondazione B**, per profondità del piano di posa delle fondazioni comprese tra m 0,0 e m - 2,0 dal p.c., secondo gli Aggiornamenti NTC D.M. 17 Gennaio 2018 (Tabella 3.2.II).

Organizzazione con sistema di gestione
integrato Qualità e Ambiente
Certificato dal RINA
ISO 9001:2015 - ISO 14001:2015

www.soiltestitalia.com
pec: soiltest@arubapec.it
e-mail: info@soiltestitalia.com
Tel. +39 0871070563
Fax. +39 0871540073
Cell. +39 3738154472



SOILTEST ITALIA SRL

Via Torquato Scaraviglia, 28
I-66100 Chieti (CH)
P.I. 02192910699

Si resta a disposizione per eventuali chiarimenti.

Chieti, 05 Maggio 2023

Soiltest Italia Srl

SOILTEST ITALIA SRL

Via Torquato Scaraviglia, 28
66100 CHIETI
P.I. 02192910699

Organizzazione con sistema di gestione
integrato Qualità e Ambiente
Certificato dal RINA
ISO 9001:2015 - ISO 14001:2015

www.soiltestitalia.com
pec: soiltest@arubapec.it
e-mail: info@soiltestitalia.com
Tel. +39 0871070563
Fax. +39 0871540073
Cell. +39 3738154472



SOILTEST ITALIA SRL

Via Torquato Scaraviglia, 28
I-66100 Chieti (CH)
P.I. 02192910699

ALLEGATI

Organizzazione con sistema di gestione
integrato Qualità e Ambiente
Certificato dal RINA
ISO 9001:2015 - ISO 14001:2015

www.soiltestitalia.com
pec: soiltest@arubapec.it
e-mail: info@soiltestitalia.com
Tel. +39 0871070563
Fax. +39 0871540073
Cell. +39 3738154472



SOILTEST ITALIA SRL

Via Torquato Scaraviglia, 28
I-66100 Chieti (CH)
P.I. 02192910699

ALLEGATO 1: Inquadramento territoriale

Organizzazione con sistema di gestione
integrato Qualità e Ambiente
Certificato dal RINA
ISO 9001:2015 - ISO 14001:2015

www.soiltestitalia.com
pec: soiltest@arubapec.it
e-mail: info@soiltestitalia.com
Tel. +39 0871070563
Fax. +39 0871540073
Cell. +39 3738154472



Organizzazione con sistema di gestione
integrato Qualità e Ambiente
Certificato dal RINA
ISO 9001:2015 - ISO 14001:2015

SOILTEST ITALIA SRL
Via Torquato Scaraviglia, 28
I-66100 Chieti (CH)
P.I. 02192910699

INQUADRAMENTO TERRITORIALE
CARTA TOPOGRAFICA IGM
(scala 1:25.000)



LEGENDA

○ Area di progetto

Tel. +39 0871540073 Fax + 39 0871540073 Cell. + 39 3738154472

e-mail: info@soiltestitalia.com www.soiltestitalia.com



SOILTEST ITALIA SRL

Via Torquato Scaraviglia, 28
I-66100 Chieti (CH)
P.I. 02192910699

ALLEGATO 2: Ubicazione delle indagini

Organizzazione con sistema di gestione
integrato Qualità e Ambiente
Certificato dal RINA
ISO 9001:2015 - ISO 14001:2015

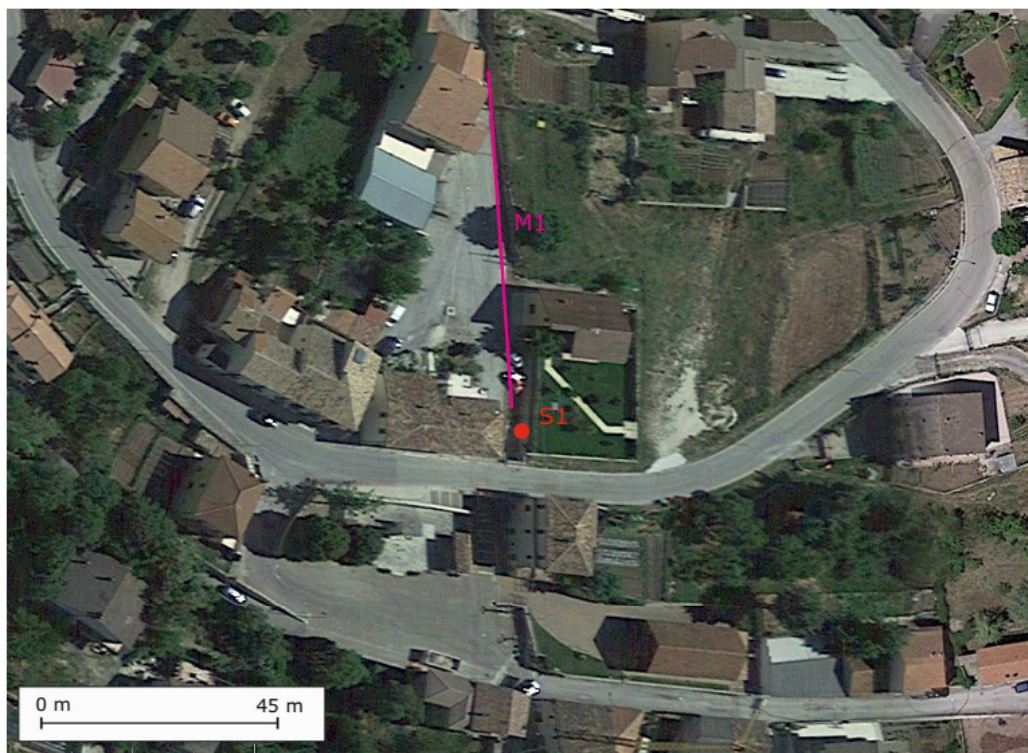
www.soiltestitalia.com
pec: soiltest@arubapec.it
e-mail: info@soiltestitalia.com
Tel. +39 0871070563
Fax. +39 0871540073
Cell. +39 3738154472



Organizzazione con sistema di gestione
integrato Qualità e Ambiente
Certificato dal RINA
ISO 9001:2015 - ISO 14001:2015

SOILTEST ITALIA SRL
Via Torquato Scaraviglia, 28
I-66100 Chieti (CH)
P.I. 02192910699

FOTO AEREA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI



LEGENDA

- S1 Sondaggio geognostico a carotaggio continuo
- M1 Prospezione sismica MASW



SOILTEST ITALIA SRL

Via Torquato Scaraviglia, 28
I-66100 Chieti (CH)
P.I. 02192910699

ALLEGATO 3: Report stratigrafico sondaggio geognostico

Organizzazione con sistema di gestione
integrato Qualità e Ambiente
Certificato dal RINA
ISO 9001:2015 - ISO 14001:2015

www.soiltestitalia.com
pec: soiltest@arubapec.it
e-mail: info@soiltestitalia.com
Tel. +39 0871070563
Fax. +39 0871540073
Cell. +39 3738154472



SOILTEST ITALIA SRL
Via Torquato Scaraviglia, 28
I-66100 Chieti (CH)
P.I. 02192910699

SCHEDA DI SONDAGGIO		Sigla Sondaggio: S1	Data	Coordinate (wgs84)
		Profondità (m) : 10.0	Inizio: 29/03/23	Lat: 42.328151°
		Quota (s.l.m.) : 973.0	Fine: 29/03/23	Long: 13.590135°
Committente: Provincia dell'Aquila	Cantiere: Messa in sicurezza del ponticello al km 1+610 - s.p. 7 di castel del monte		Località: Barisciano (AQ)	Geologo: R. Pagliarini

Sonda perforatrice: CMV 420 K	Operatore: Narcisi A.	Metodo di perforazione: Carotaggio continuo	Fluido di perforazione: Acqua	Diametro foro (mm): iniziale: 101 finale: 127
Strumentazione installata: --	Prove in foro: spt	Pozzetto: --	Campionatore: --	

PROFONDITÀ (m)	SPESORE (m)	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Recupero Carotaggio (%)	Poche penetrometro (kg/cm²)	Campioni	Prove in foro	Strumentazione	Prove SPT	Rivestimento	Completamento foro	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
0.70	0.70		Terreno vegetale con clasti calcarei sub-angolosi centimetrici									
	2.30		Ghiaia calcarea eterometrica (φ max. 50-60 mm) di forma da sub-angolosa ad angolosa in matrice sabbiosa-limosa di colore rosastra; talora si rinvenivano dei									
3.00			Ghiaia calcarea eterometrica (φ max. 50-60 mm) di forma da sub-angolosa a spigoli vivi in matrice sabbiosa-limosa di colore marrone chiaro con ciottoli									
	7.00											
10.0												



Postazione S1

Tel. +39 0871540073 Fax + 39 0871540073 Cell. + 39 3738154472

e-mail: info@soiltestitalia.com

www.soiltestitalia.com



SOILTEST ITALIA SRL

Via Torquato Scaraviglia, 28
I-66100 Chieti (CH)
P.I. 02192910699

ALLEGATO 4: Prospezione sismica - MASW

Organizzazione con sistema di gestione
integrato Qualità e Ambiente
Certificato dal RINA
ISO 9001:2015 - ISO 14001:2015

www.soiltestitalia.com
pec: soiltest@arubapec.it
e-mail: info@soiltestitalia.com
Tel. +39 0871070563
Fax. +39 0871540073
Cell. +39 3738154472



SOILTEST ITALIA SRL

Via Torquato Scaraviglia, 28
I-66100 Chieti (CH)
P.I. 02192910699

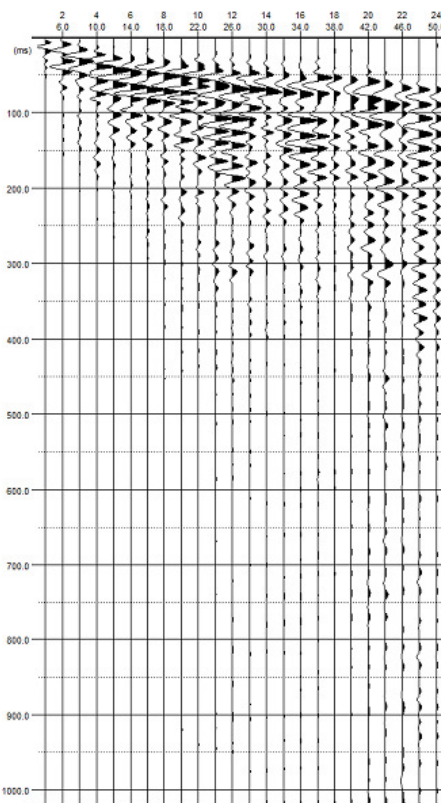
PROSPEZIONE MASW M1 CERTIFICATO N. 221/2023

Committente	Provincia dell'Aquila
<i>Cantiere</i>	<i>Lavori di messa in sicurezza del ponticello sito al km1+310 della S.P. 7 di Castel del Monte</i>
<i>Località</i>	<i>Barisciano (AQ)</i>
<i>ID Linea</i>	<i>M1</i>
<i>Coordinate WGS84</i>	<i>Lat. 42.328458°</i>
	<i>Long. 13.590166°</i>

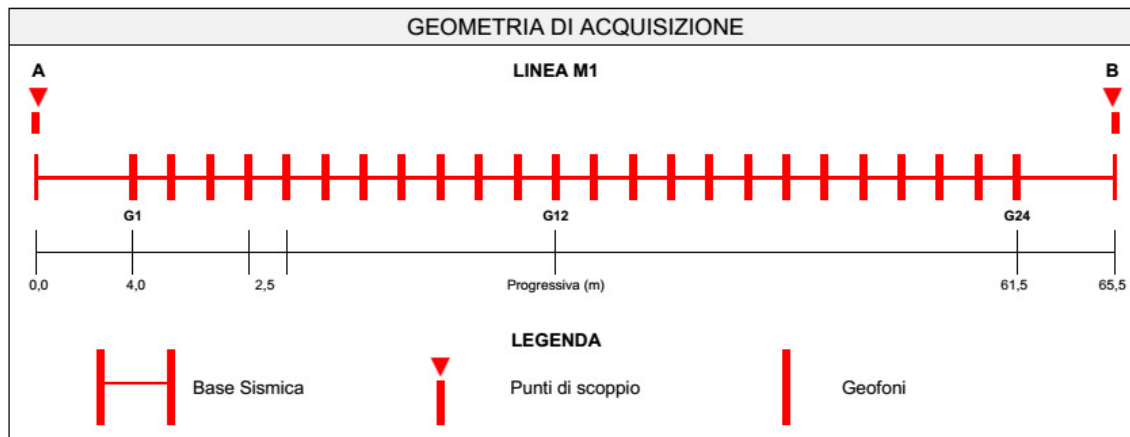
Resp. di Sito	<i>Dott. Geol. Lorenzo Pizzi</i>
Data di Acquisizione <i>Date</i>	29/03/2023
N. Geofoni <i>Channel receiver</i>	24
Tipo Geofono <i>Geophone Type</i>	4,5 Hz Verticali
Distanza intergeofonica <i>Receiver interval</i>	2.5 m
Sorgente energizzante <i>Source type</i>	Mazza battente 8 kg 8 kg hammer
N. Scoppi <i>Number of shots</i>	2
Offset	4 m
Frequenza di campionamento <i>Sampling rate</i>	1 ms
Tempo di acquisizione <i>Trace length</i>	1024 ms
Formato Dati <i>Recording format</i>	SEG2

Sismogramma A

Seismogram A



GEOMETRIA DI ACQUISIZIONE

Organizzazione con sistema
digestione integrato Qualità e
Ambiente Certificato dal RINA
ISO 9001:2015
ISO 14001:2015

Pag. 1 di 3

www.soiltestitalia.com
pec: soiltest@arubapec.it
e-mail: info@soiltestitalia.com
Tel. +39 0871070563
Fax. +39 0871540073
Cell. +39 3738154472

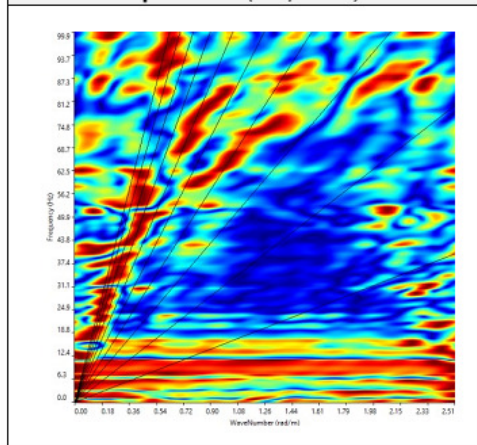


SOILTEST ITALIA SRL

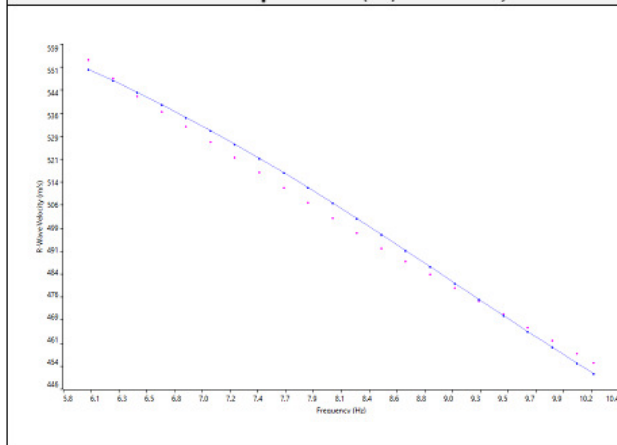
Via Torquato Scaraviglia, 28
I-66100 Chieti (CH)
P.I. 02192910699

PROSPEZIONE MASW M1 CERTIFICATO N. 221/2023

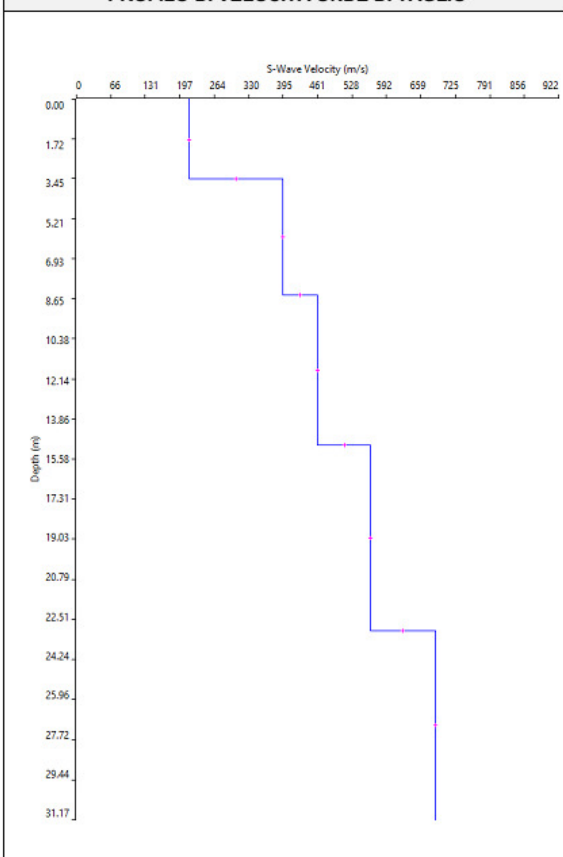
Spettro f-k (f-k spectrum)



Curva di dispersione (dispersion curve)



PROFILO DI VELOCITÀ ONDE DI TAGLIO



SISMOSTRATI	M1	
	Spessori (m)	Vs (m/s)
1	3.5	216
2	5.0	394
3	6.5	462
4	8.0	563
5	---	686

ELABORAZIONE

Dott. Geol. Alessia Marino

DIRETTORE TECNICO

Dott. Geol. Gianluca Maccarone

SOILTEST ITALIA SRL
 Via Torquato Scaraviglia, 28
 66100 CHIETI
 P.I. 02192910699

Ns. Riferimento

C.00123-2023

Organizzazione con sistema
digestione integrato Qualità e
Ambiente Certificato dal RINA
ISO 9001:2015
ISO 14001:2015

Pag. 2 di 3

www.soiltestitalia.com
pec: soiltest@arubapec.it
e-mail: info@soiltestitalia.com
Tel. +39 0871070563
Fax. +39 0871540073
Cell. +39 3738154472



SOILTEST ITALIA SRL

Via Torquato Scaraviglia, 28
I-66100 Chieti (CH)
P.I. 02192910699

PROSPEZIONE MASW M1 CERTIFICATO N. 221/2023



Foto postazione MASW1 da G1 a G12



Foto postazione MASW1 da G13 a G24

Organizzazione con sistema
digestione integrato Qualità e
Ambiente Certificato dal RINA
ISO 9001:2015
ISO 14001:2015

Pag. 3 di 3

www.soiltestitalia.com
pec: soiltest@arubapec.it
e-mail: info@soiltestitalia.com
Tel. +39 0871070563
Fax. +39 0871540073
Cell. +39 3738154472