

Studio di  
GEOLOGIA APPLICATA & AMBIENTALE

Dr. Alessandro Magliulo  
GEOLOGO



## COMUNE DI CASALUCE

(Caserta)

### RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA E SISMICA

**“Progetto di fattibilità’ ai sensi di commi 1, 3, 4, 5 e 6 dell’art. 23  
del D.L.vo 50/2016 relativo al  
“Completamento dell’ampliamento del nuovo cimitero comunale”**

<b>COMMITTENTE</b>	AMMINISTRAZIONE COMUNALE
<b>LOCALITA’</b>	Nuovo cimitero – Strada Prov. Casaluce - Carditello

<b>FRIGNANO</b>
<b>Luglio 2018</b>

<b>Allegati:</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Corografia dell’area</li><li>- Carta Geologica con ubicazione indagini</li><li>- Carta Geomorfologica e della stabilità</li><li>- Carta Idrogeologica</li><li>- Carta di Microzonazione Sismica</li><li>- Sondaggio a carotaggio continuo</li><li>- Prove Penetrometriche DPSH</li><li>- Prova Sismica tipo MASW</li><li>- Prove Sismiche tipo HVSR</li></ul>

<b>il Geologo</b>
<b>Dr. Alessandro Magliulo</b>
<b>ALBO D.R.G. 2628</b>

<b>Il Progettista</b>	<b>La DD.LL</b>	<b>Il Collaudatore</b>

A termini di legge (Copyright) i risultati, disegni e testi della presente relazione, non potranno essere neanche parzialmente utilizzati, riprodotti o comunicati a terzi senza autorizzazione scritta

**INDICE**

1	Premessa	pag. 2
2	Piano delle indagini	pag. 2
3	Inquadramento geografico	pag. 4
4	Modello geologico	pag. 5
4.1	<i>Modello geotettonico di area vasta</i>	pag. 6
4.2	<i>Modello geomorfologico di sito</i>	pag. 7
4.2.1	<i>Cavit� sotterranee</i>	pag. 7
4.3	<i>Modello geologico di sito</i>	pag. 8
5.	Idrografia ed idrogeologia	pag. 9
6.	Pericolosit� sismica	pag. 11
6.1	<i>Caratterizzazione sismica di sito</i>	pag. 14
6.2	<i>Verifica alla liquefazione</i>	pag. 20
7	Caratterizzazione geomeccanica dei terreni	pag. 26
7.1	<i>Prova penetrometrica dinamica superpesante DPSH</i>	pag. 26
7.2	<i>Caratterizzaz. e modellaz. geotecnica volume significativo</i>	pag. 27
8	Conclusioni	pag. 30

**ALLEGATI:**

I	Corografia dell'area comunale in scala 1:25.000
II	Carta geolitologica con ubicazione delle indagini 1:1000
III	Carta geomorfologica e della stabilit� 1:1000
IV	Carta idrogeologica 1:1000
V	Carta di microzonazione sismica 1:1000
VI	Sondaggio a carotaggio continuo
VII	Grafici Prova Penetrometrica Dinamica DPSH
VIII	Prospezione sismica tipo MASW

## 1 PREMESSA

Facendo seguito ad incarico del Comune di Casaluce (CE), attraverso apposita determina dirigenziale di incarico professionale Num. 115 del 26/06/2018 - Num. generale 286 a firma del Responsabile dell'Area Tecnica – Ambiente, Investimenti e Beni Pubblici, Arch. Francesco De Lucia, avente oggetto “*Progetto di fattibilità ai sensi di commi 1, 3, 4, 5 e 6 dell’art. 23 del D.L.vo 50/2016 relativo al Completamento dell’ampliamento del nuovo cimitero comunale conferimento incarico per la redazione delle indagini geologiche con relativa Relazione Geologica ai sensi del D.M. 2018 completa dei risultati di prove, saggi, indagini geologiche/ geotecniche, ecc. – SP Casaluce-Carditello, località Nuovo Cimitero Comunale – Casaluce (CE)*”, il sottoscritto Dr. Geologo Alessandro Magliulo iscritto in data 24/Settembre/2013 all’Ordine dei Geologi della Regione Campania con numero 2628 AP SEZ A, accettato l’incarico, ha eseguito uno studio di geologia tecnica finalizzato alla individuazione delle caratteristiche geolitologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, sismiche e geotecniche della successione stratigrafica dell’area di studio e alla valutazione della fattibilità dell’opera in relazione alla stabilità d’insieme della zona. Tale studio è stato eseguito in ottemperanza a quanto prescritto dai seguenti dettami legislativi in materia:

- Legge Regionale 7 gennaio 1983 N° 9 recante “*Norme per l’esercizio delle funzioni in materia di difesa del territorio dal Rischio Sismico*” e s.m.i;
- Decreto Min. LL.PP. 11 marzo 1988 e Circolare Min. LL.PP. 24 settembre 1988, N° 30483;
- Delibera di Giunta Regionale n°5447 del 7 novembre 2002 “*Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania*”;
- Deliberazione n°248 del 24 gennaio 2003 della Giunta Regionale della Campania: “*Circolare applicativa dell’Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania*”.
- DECRETO MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni». Gazzetta Ufficiale, SO n. 42 del 20 febbraio 2018

## 2. PIANO DELLE INDAGINI

Per la realizzazione di tale lavoro sono stati preliminarmente raccolti i dati bibliografici e quelli relativi a vari sondaggi geognostici già realizzati nell’area, integrati con un rilevamento geologico geomorfologico e idrogeologico dell’area.

E’ stato quindi predisposto apposito piano delle indagini in sito consistite in:

- **n°3** prove penetrometriche dinamiche continue superpesanti **DPSH** , realizzate in sito, effettuate con il penetrometro Pagani modello Statico/Dinamico tipo TG63/200KN, per la caratterizzazione dei parametri geomeccanici;

- n°1 sismica attiva di superficie tipo **MASW**, realizzata in sito per la determinazione delle onde sismiche  $V_{s30}$
- n°3 sismica passiva di superficie tipo **HVSR**, realizzata in sito per la determinazione della frequenza di risonanza fondamentale del sito
- n°1 Sondaggio a Carotaggio Continuo, realizzato per lo studio geologico inerente al PUC, preso a riferimento per la modellazione lito-stratigrafica

Le prove penetrometriche sono state effettuate dalla **I. Geo. s.a.s.** con sede a Pastorano (CE), azienda specializzata in indagini geognostiche e prove in sito. I dati relativi alla strumentazione utilizzata, i risultati e l'elaborazione delle indagini eseguite sono contenuti nella presente relazione.

E' stato inoltre preso a riferimento il sondaggio S1 PUA a carotaggio continuo, effettuato in area limitrofa da ditta diversa, a corredo dello studio geologico relativo alla stesura di un Piano Urbanistico Attuativo (PUA) del Comune di Casaluce (CE) (cfr. Allegato), la cui successione stratigrafica è indicativa per l'area di studio.

La tabella successiva sintetizza il piano delle indagini:

PIANO DELLE INDAGINI			
TIPO	COORDINATE		PROFONDITÀ (metri)
	LATITUDINE	LONGITUDINE	
DPSH 1	41.008805°	14.200432°	5.20
DPSH 2	41.008781°	14.201305°	5.00
DPSH 3	41.008644°	14.200131°	5.00
MASW	41.008876°	14.201102°	> 35
HVSR 1	41.008686°	14.199317°	> 35
HVSR 2	41.008839°	14.200207°	> 35
HVSR 3	41.008822°	14.201566°	> 35
S1 PUA	41.003576 °	14.197303°	31.00





Localizzazione dell'area da Google Earth con ubicazione piano delle indagini (cerchiato in rosso il sito oggetto con ubicazione delle relative indagini geognostiche – in giallo il sondaggio S1 PUA a carotaggio continuo preso a riferimento)



Localizzazione da Google Earth del sito (delimitato in giallo) con ubicazione piano delle indagini geognostiche effettuate (indicate in rosso)



A corredo di questa relazione, vengono prodotte cartografie tematiche specifiche in scala di dettaglio estese al contesto geologico significativo relative a:

Carta Geolitologica con ubicazione indagini, Carta geomorfologica e della stabilità, Carta Idrogeologica, Carta di Microzonazione sismica (L. R. 7 gennaio 1983 n° 9).

### 3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in esame è situata nella porzione settentrionale del tessuto urbano del comune di Casaluce (CE), nel Nuovo Cimitero comunale.

Ricade nel foglio n°15 GRAZZANISE della Carta Tecnica Programmatica Regionale (CTPR) alla scala 1:25.000 pubblicato nel 1998 (vedi Allegato), nel foglio n°446-447 NAPOLI dell'IGMI alla scala 1:50.000, pubblicato nel 1993 e nel foglio n°172 CASERTA della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 (fig. successiva).

Posta ad una quota di circa 20.00 metri sul livello medio del mare, l'area di studio è localizzata nel settore centro occidentale dell'unità morfologico strutturale della Piana Campana a sud del corso dei Regi Lagni.

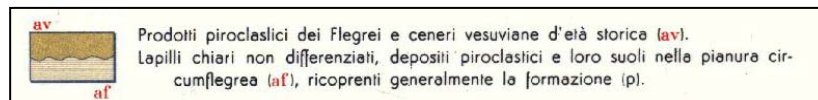
Questo settore della piana è delimitato a nord, nord-ovest dal Monte Massico, ad ovest dal mar Tirreno, a sud-ovest dal complesso vulcanico dei Campi Flegrei, a sud dal complesso vulcanico del Somma Vesuvio a nord, nord-est dal settore della catena appenninica dei monti di Caserta e di Canello.

### 4 MODELLO GEOLOGICO

Per la descrizione del modello geologico di riferimento relativo all'area in oggetto verrà di seguito effettuata una descrizione panoramica degli eventi geotettonici che hanno portato alla configurazione attuale della catena appenninica, per poi passare ad una descrizione a scala di dettaglio della geologia areale e della geolitologia specifica di sito.



Ritaglio foglio n° 183-184 Isola D'Ischia-Napoli della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100.000



#### **4.1 MODELLO GEOTETTONICO DI AREA VASTA**

Per ciò che riguarda l'aspetto tettonico areale va evidenziato che il territorio comunale è insediato in un graben delimitato da un imponente sistema di faglie a gradinata cui si aggiungono una serie di piccole faglie di minore entità.

L'area in esame appartiene al dominio geologico della Piana Campana. Detta piana si estende per circa 1500 kmq, rappresenta una delle più importanti depressioni strutturali (Graben) del bordo tirrenico dell'Appennino impostato su un originario piastrone carbonatico. E' delimitata a NW dal M.te Massico, a NE dai M.ti di Caserta ed a SE dai M.ti Lattari.

Tale Graben si è formato probabilmente tra il Pliocene sup. ed il Quaternario, ed è stato soggetto ad ulteriori sprofondamenti in seguito alle successive fasi tettoniche distensive.

Le linee tettoniche lungo le quali è avvenuto l'abbassamento sono ben riconoscibili ai bordi della pianura, dove si osservano faglie orientate NE-SW e NW-SE, che determinano il graduale sprofondamento delle rocce carbonatiche, appartenenti a due distinte unità tettoniche sovrapposte, affioranti tutto intorno al graben al di sotto di notevoli spessori di depositi alluvionali e vulcanici quaternari.

Lungo le fratture che hanno prodotto la depressione si è avuta, nel tempo, un intensa attività vulcanica e si sono sviluppati importanti distretti vulcanici (Roccamonfina, Somma – Vesuvio, Campi Flegrei), condizionando fortemente l'assetto morfologico ed stratigrafico della piana. Infatti i prodotti dell'intensa attività vulcanica, insieme a materiali sedimentari prevalentemente alluvionali, rappresentano i prodotti di riempimento di questa zona di sprofondamento (fossa tettonica). L'aspetto attuale della piana è dovuto a fattori tettonici (grandi e piccole faglie, includendo quest'area in una zona a rischio sismico).

Queste zone vulcaniche sono ubicate in corrispondenza dei graben delimitati da faglie orientate NE-SW e NW-SE, là dove si individuano le zone di massimo sprofondamento.

La struttura profonda della Piana Campana è stata indagata sia con prospezioni geofisiche che con pozzi profondi. I pozzi (spinti fino ad alcune migliaia di metri) non hanno mai raggiunto, nella parte centrale del graben, il substrato carbonatico sottostante i potenti depositi alluvionali detritici e vulcanici quaternari. Le strutture profonde quindi risultano ancora oggi di difficile e controversa interpretazione.

Le rocce affioranti nella Piana, hanno litologia e genesi differenti; sono presenti sia rocce vulcaniche e piroclastiche, messe in posto dalle eruzioni dei complessi vulcanici dei Campi Flegrei e del Somma - Vesuvio, sia depositi epiclastici e alluvionali deposti dai corsi d'acqua che solcano la piana.

## **4.2 MODELLO GEOMORFOLOGICO DI SITO**

Il corso d'acqua principale dell'intera Piana Campana è rappresentato dal Fiume Volturno, il quale dista circa 10 Km nord dal sito oggetto del presente studio.

Un altro corso d'acqua, quello dei Regi Lagni, solca il settore della Piana Campana in studio e dista circa 3,5 Km verso nord dall'area in oggetto; il canale si presenta totalmente cementato.

L'aspetto morfologico areale è direttamente controllato dalle caratteristiche litologiche dell'area nel suo insieme.

La morfologia dell'area si presenta pianeggiante e dai sopralluoghi effettuati non presenta segni di processi erosionali in atto o relitti (cfr. Allegato I). I gradienti morfologici praticamente nulli fanno escludere il verificarsi di fenomeni gravitativi tipo frane. Tale circostanza è chiaramente riscontrata nella cartografia del rischio da frana redatta per l'area di studio dalla competente Autorità Di Bacino (AdB) ex Campania Centrale oggi AdB Distrettuale dell'Appennino Meridionale.

Le tavole relative al sito in oggetto del territorio comunale per quanto riguarda il rischio frana risultano infatti non pubblicate sul sito <http://www.difesa-suolo.regione.campania.it> per la mancanza di aree geomorfologicamente instabili.

**Pertanto il sito in oggetto non risulta perimetrato nella cartografia del PAI per quanto riguarda il Rischio Frana.**

Anche per quanto riguarda il Rischio Idraulico, il territorio comunale in oggetto risulta non classificato a rischio.

**Pertanto il sito in oggetto non risulta perimetrato nella cartografia del PAI sia per quanto riguarda il Rischio Frana sia per quello Idraulico.**

### **4.2.1 CAVITA' SOTTERRANEE**

Un dato di rilevanza particolare è dato dalla presenza, nell' area comunale di Casaluce (CE) così come di tutto l'Agro Aversano, di cavità sotterranee generalmente adibite a cantina che si attestano nei livelli tufacei piroclastici (Tufo Grigio Campano) presenti nella successione stratigrafica del luogo in aree di centro storico.

Stabilire la presenza di cavità sotterranee risulta importante per la valutazione delle condizioni di pericolosità geologica di sito poiché possono generare fenomeni di instabilità associati al collasso delle volte e/o delle pareti perimetrali.

**Dai sopralluoghi, dalle indagini e dai rilievi effettuati non è stata riscontrata la presenza di cavità nell'area di studio che possa interferire con l'opera in oggetto. Tale circostanza è suffragata anche dalla relativa distanza dal centro storico del sito in oggetto.**

### 4.3 MODELLO GEOLOGICO DI SITO

I terreni più superficiali affioranti nell'area in esame comprendono essenzialmente depositi alluvionali, principalmente sabbie ed argille sabbiose e piroclastiti di età pleistocenica. I litotipi piroclastici sono in genere in giacitura primaria ed hanno una regolare stratificazione secondo un'alternanza di ceneri e pomici frutto di una attività esplosiva ritmica; essi sono riferibili alla fase ignimbratica del sistema vulcanico dei Campi flegrei il cui deposito maggiormente diffuso viene denominato "tufo grigio campano". L'età di questa formazione è compresa in un ampio intervallo cronologico (Scandone et alii 1991) con il limite inferiore a 42 000 anni fa e quello superiore attribuito all'eruzione di 27 000 anni fa.

In generale la successione al di sotto del suolo agrario, come da colonna litostratigrafica allegata, è rappresentata nella parte sommitale da strati poco competenti che rappresentano i lembi marginali dei prodotti del II e III periodo flegreo denominati "Tassi", succeduti dalla tipica facies ignimbratica del tufo grigio campano (I periodo flegreo), con prevalenza negli orizzonti superficiali di piroclastiti incoerenti in facies deposizionale, non manca tuttavia del materiale litificato; questi terreni sono costituiti da: pomici, ceneri e lapilli (facies incoerente del tufo grigio campano). Alla porzione litificata del Tufo grigio campano invece, appartengono i materiali piroclastici consolidati noti in letteratura come Facies coerente del tufo grigio campano.

Una tipica serie ignimbratica come quella in esame, presenta nella parte superiore materiale piroclastico incoerente, dove il contatto diretto con l'ambiente esterno, subito dopo la messa in posto, l'ha indotto al rapido raffreddamento; nella parte sottostante il calore e gli elementi gassosi che non si sono dispersi rapidamente hanno contribuito alla compattazione e alla saldatura dei frammenti piroclastici costituenti.

Dall'alto verso il basso la stratigrafia del tufo grigio campano quando è completa, è la seguente:

- *Cinerazzo*. E' la piroclastite ancora incoerente. Ha una potenza limitata: in parte la cenere è vetrosa in parte cristallina.
- *Semitufo*. Differisce dal cinerazzo perché è abbastanza coerente per sinterizzazione. E' di colore grigio con scorie e pomici nere; è il Tufo comune, la tipica pietra da costruzione largamente usata nel passato in terra di lavoro.
- *Tufo pipernoide*. La trasformazione dei prodotti vetrosi in cristalli di sanidino è notevole; le scorie e le pomici tendono ad appiattirsi e a disporsi in bande parallele.
- *Piperno*. La sanidizzazione è molto progredita. Le pomici sono state appiattite ed hanno disposizione eutassitica.

Nel tufo campano non sempre la serie è completa; giunge abbastanza spesso al tufo pipernoide, ma raramente al piperno.

Per quanto attiene alle caratteristiche fisiche, l'Ignimbrite Campana è definita come una piroclastite da flusso trachitico-fonolitico.

Dall'analisi dei dati stratigrafici relativi a vari sondaggi effettuati nell'area, e dal confronto dei dati relativi al sondaggio geognostico a carotaggio continuo e della prova penetrometrica realizzata, i terreni costituenti il sottosuolo dell'area in oggetto, riscontrati lungo tutta la verticale investigata, sono i seguenti:

- A. Suolo agrario: limi sabbiosi con cineriti (prodotti piroclastici del II periodo flegreo), di colore marrone scuro tendente al giallastro verso il basso, (spessore 200-220 cm) (recenti - Quaternario).
- B. Piroclastiti stratificate del II periodo flegreo (cm 200-300): costituiti da staterelli alternati di ceneri e pomici ad andamento regolare detti "Tassi" (Olocene).
- C. Paleosuolo (spessore cm 50-100): costituito da sedimenti limo sabbiosi con humus di origine piroclastica (Olocene).
- D. Tufo giallo o materiale tufizzato rossastro: varietà locale del tufo grigio campano (spessore variabile da 2 a 5 m) (olocene ? - pleistocene).
- E. Ignimbrite Campana "tufo grigio campano": stratificato per autometamorfismo dall'alto verso il basso (spessore 20-40 metri) così come sopra descritto (pleistocene I periodo flegreo).
- F. Terreni pozzollanacei rimaneggiati intercalati con sabbie (spessore 20-70 metri) su sabbie più o meno limose probabilmente attribuibili alla serie sedimentaria basale.

## 5 IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

Nel settore della piana campana che comprende l'area di studio è presente il secondo corso d'acqua dell'intera piana dopo il fiume Volturno, oggi rappresentato dal canale di bonifica dei Regi Lagni (anticamente fiume Clanio che discendendo dai Monti di Avella sfociava nell'attuale Lago Patria), il quale dista circa 3,5 km nord dal sito oggetto di studio.

Circa 5500 anni fa la Piana Campana è stata interessata da una lunga fase di impaludamento persistendo fino alla bonifica, alla quale si deve tra l'altro la realizzazione del canale artificiale dei Regi Lagni.

A questa fase di impaludamento si deve la presenza nell'area adiacente il corso del canale di depositi rappresentati da una alternanza di sedimenti limosi-argillosi, lenti di torba, sedimenti sabbiosi, piroclastiti rimaneggiate.

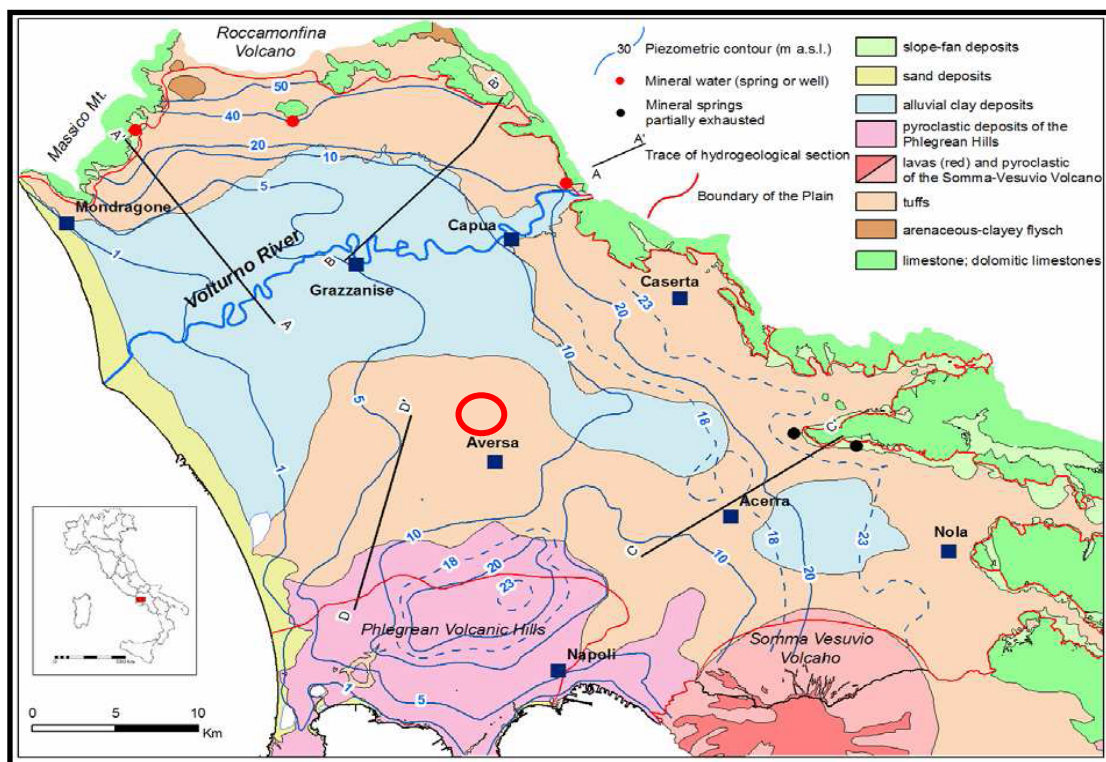
Il sottosuolo della piana è sede di un importante falda idrica.

L'acquifero principale è rappresentato dai depositi sedimentari o piroclastici sciolti con granulometria da media a media-grossolana sottostanti l'ignimbrite campana in genere in giacitura primaria ed hanno una regolare stratificazione.

Quest'ultima, in funzione dello spessore e delle caratteristiche strutturali e tessiturali (grado di litificazione, granulometria, presenza e concentrazione di scorie ecc.), svolge la funzione di corpo confinante o semiconfinante. La base dell'acquifero si trova a circa 100-150 metri al di sotto del piano campagna.

Al di sopra di questi livelli poco o punto permeabili, e fino al piano campagna, sono talora presenti spessori ridotti (dell'ordine delle decine di metri) di materiali sciolti, anch'essi sede di falde di tipo freatiche di importanza minore rispetto a quella profonda.

Per queste ultime l'alimentazione è quasi esclusivamente meteorica, per quella profonda e più importante la ricarica è legata agli apporti pluviometrici laddove non sussistono condizioni di confinamento, a travasi sotterranei con origine nei rilievi carbonatici o vulcanici che delimitano la piana, ed a fenomeni di filtrazione da acquiferi più superficiali.



-Carta idrogeologica della Piana Campana; cerchiata in rosso l'area di Casaluce (da Ducci, 2007).-

L'andamento della piezometrica decresce lentamente verso il mare, ovvero verso ovest / nord-ovest.

Gli apporti per travasi sotterranei nella piana campana sono stati stimati nell'ordine di 70 milioni di mc/anno. La trasmissività media dell'acquifero principale è di circa  $10^{-2}$ - $10^{-3}$  mq / sec. con valori minimi in prossimità della costa ( $10^{-4}$  -  $2 \cdot 10^{-5}$  mq/sec.).

La falda idrica nell'area oggetto del presente studio, misurata in un pozzo esistente in sito, si attesta ad una profondità di circa 7.00 metri dal p.c.

Per quanto riguarda le acque superficiali, queste vengono intercettate prevalentemente dai collettori fognari comunali.

## 6 PERICOLOSITA' SISMICA

Il territorio di Casaluce non presenta, nei suoi confini amministrativi, strutture sismogenetiche (faglie capaci) note; esso risente dei fenomeni sismici che si originano nella catena appenninica e nelle aree vulcaniche dei Campi Flegrei e del Somma-Vesuvio.

Per quanto concerne la sismicità dell'area, con particolare riferimento alla macrosismologia, la ricerca su quanto avvenuto in passato si è avvalsa dei cataloghi predisposti dalla Comunità Scientifica ed in particolare della documentazione prodotta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.).

Più in dettaglio sono stati esaminati:

- il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (ultima edizione CPTI15);
- il Database "DOM4.1" collegato al Catalogo NT4.1.1;

I dati di questa analisi sono riassunti nella Tab. successiva, dalla quale si evince che per il territorio comunale di Casaluce (CE) la massima intensità sismica risentita è relativa al terremoto dell'Irpinia del 21/08/1962 ed è pari al V-VI grado MCS.

**Tab. III: osservazioni macrosismiche per il comune di Casaluce (CE);**  
**Is** rappresenta l'intensità di sito espressa nella scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg, 1930), mentre **Ix** l'intensità epicentrale (Mercalli-Cancani-Sieberg, 1930), **Mw** rappresenta la magnitudo momento dell'area epicentrale.

Seismic history of Casaluce [41.002, 14.198] Total number of earthquakes: 2						
Effects	Earthquake occurred:					
Is	Anno Me Gi Or	Area epicentrale	Studio	NMDP	Ix	Mw
5-6	1962 08 21 18 19	Irpinia	CPTI15 - DBMI15	562	9	6,15
3	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	CPTI15 - DBMI15	1375		5,77

Le nuove norme tecniche in materia di rischio sismico (OPC 3274/2003), indicano **4** valori di accelerazioni orizzontali **ag/g** di ancoraggio dello spettro di risposta elastico; pertanto, il numero delle **zone** è fissato in **4**.

Ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (**ag**), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, Ciascuna è contrassegnata da un valore del parametro **ag max.** secondo lo schema successivo:

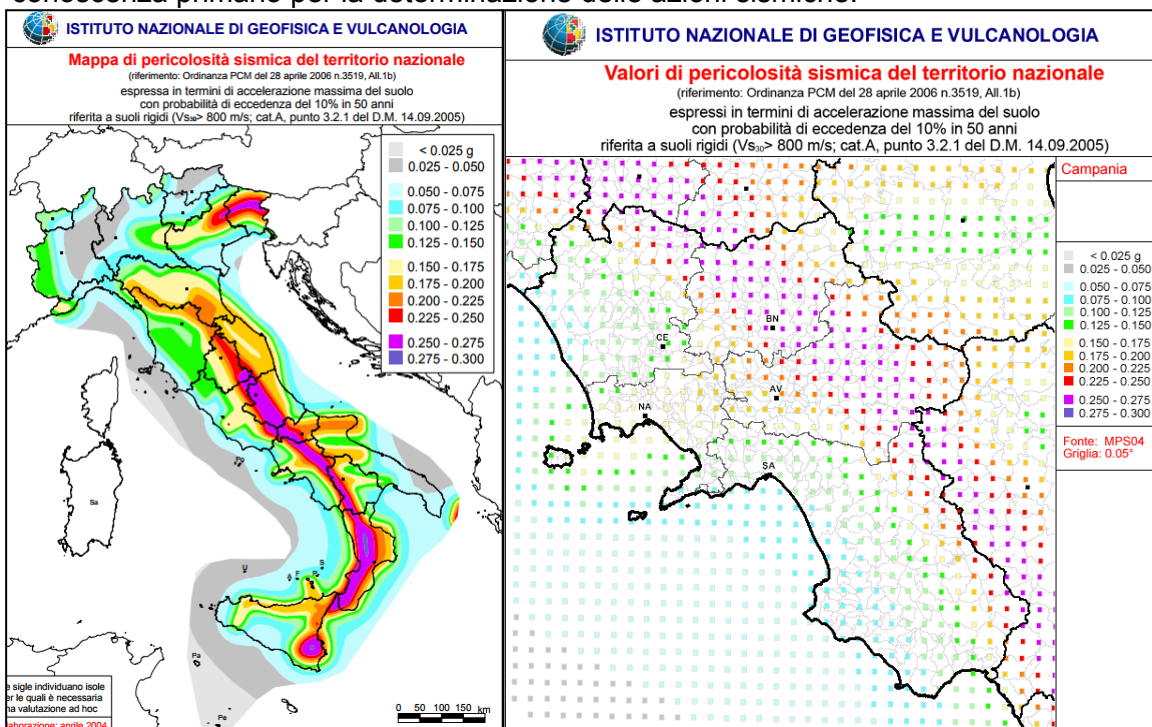
Zona Sismica	Descrizione	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni valore di ag / g	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico valore di ag / g
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	> 0.25 g	0.35 g
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti	0.15 < ag ≤ 0.25 g	0.25 g
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	0.05 < ag ≤ 0.15 g	0.15 g
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	ag ≤ 0.05 g	0.05 g

**Livelli energetici delle Azioni sismiche previste dall'OPCM 3274/03 per le varie zone**



Per quanto riguarda l'area in oggetto, dal novembre 2002, (D.G.R. n°5447 del 07/11/2002 e D.G.R. n°248 del 24/01/2003 "Circolare applicativa dell'Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania") il territorio Comunale di **Casaluce** rientra in zona sismica di II<sup>a</sup> Categoria. (in generale si fa riferimento anche all'OPCM 3274).

**Il DM 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» che sostituisce il DM 14 gennaio 2008** (Norme Tecniche per le Costruzioni in Zone Sismiche) stabilisce che le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.



La pericolosità sismica (**PGA Peak ground acceleration**) è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa **ag** in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria **A**), nonché di ordinate dello **spettro di risposta elastico** in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$ , nel periodo di riferimento  $V_R$ . Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

**ag** -accelerazione orizzontale massima al sito;

**Fo** -valore max del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

**T\*C** -periodo di inizio del tratto a vel. costante dello spettro in acc. orizzontale.

In allegato alla norma, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di **ag**, **Fo** e **T\*C** necessari per la determinazione delle azioni sismiche, riferendosi ad una griglia di parametri spettrali di riferimento che copre tutto il territorio nazionale con passo di circa 15 Km per nodo.

Inoltre, la suddetta norma, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle cinque categorie definite nella Tab. successiva propone l'adozione di un sistema di caratterizzazione, da eseguire con 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, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

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.

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  $V_{S,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Trovandoci nel caso specifico nella condizione stratigrafica di substrato sismico posto a profondità superiore ai 30 metri la categoria di sottosuolo viene calcolata riferendoci ai valori di **velocità delle onde di taglio** mediate, sui primi 30 metri di terreno ( **$V_{S30}$** ):

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1, n} \frac{h_i}{V_i}}$$

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, come sopra già specificato, la nuova normativa sismica, semplificando la molteplicità delle situazioni geologiche possibili su un generico sito, tende alla modellizzazione sintetica del

sottosuolo dettando le seguenti definizioni per le varie categorie di profilo stratigrafico per il suolo di fondazione:

<b>A</b>	<b><i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i></b> 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>B</b>	<b><i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i></b> , 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.
<b>C</b>	<b><i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i></b> 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.
<b>D</b>	<b><i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i></b> , 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.
<b>E</b>	<b><i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i></b> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

#### 6.1 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DI SITO

Per addivenire ad informazioni circa l'entità e la distribuzione dei parametri sismici, necessari alla stesura di questa parte di studio, si sono utilizzati i dati scaturiti dall'indagine geognostiche effettuate in sito secondo quanto prescritto dalle norme legislative vigenti Nazionali e Regionali.

In particolare, è stato eseguito, a tale proposito, n° 1 profilo sismico multicanale di lunghezza 24 m mediante la tecnica MASW.

Il rilievo geofisico MASW (multichannel analysis of surface waves) è utilizzato per la determinazione dei profili verticali della velocità delle onde di taglio (VS) tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh effettuata con algoritmi genetici.

L'indagine è stata eseguita utilizzando un sismografo a 24 canali della SARA Electronic Instruments S.r.l. di Perugia, modello DOREMI, con processore Pentium IV esterno, display VGA a colori in LCD-TFT 15". Sono stati utilizzati 24 geofoni da 4,5 Hz e, come sorgente energizzante, una massa battente (martello) da 5 Kg battuta su una piastra metallica.

Confrontando i dati scaturiti dalle indagini sismiche Masw con i dati stratigrafici quali risultano dal relativo sondaggio a carotaggio continuo preso a riferimento e con quelli relativi alla prova penetrometrica, è stato possibile effettuare una caratterizzazione geosismica degli strati litologici significativi costituenti il sottosuolo:

L'elaborazione dei dati sopra menzionati, confrontati con la stratigrafia scaturita dalle analisi dirette effettuate nel sito in oggetto, ha permesso quindi di effettuare una caratterizzazione del sito in oggetto dal punto di vista della risposta sismica.

## MASW

strato	Descrizione	h [m]	z [m]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Falda	Poisson	Vs [m/s]	Vs fixed	Vs min [m...]	Vs max [...]	Vp [m/s]	Alluvionale	Vs fin.[m/s]
1		3	-3	1400	NO	0.40	153	NO	77	230	375	NO	153
2		1	-4	1400	NO	0.40	238	NO	119	357	583	NO	238
3		1	-5	1500	NO	0.35	360	NO	180	540	749	NO	360
4		6	-11	1600	NO	0.35	440	NO	220	660	916	NO	440
5		3	-14	1600	NO	0.35	516	NO	258	774	1074	NO	516
6		12	-26	1800	NO	0.30	626	NO	313	939	1171	NO	626
7		∞	-∞	1800	NO	0.30	626	NO	313	939	1171	NO	626

Gli spessori rilevati e le relative velocità delle onde S hanno portato alla seguente determinazione della Vs<sub>30</sub>

Spessore (metri)	Velocità onde S (metri/secondo)	Vs 30 m/s
3	153	<b>419</b>
1	238	
1	360	
6	440	
3	516	
21	626	

**Tale valore è stato calcolato partendo dai terreni posti a partire dal piano campagna.**

Effettuando il calcolo partendo dalla profondità del piano di posa della fondazione, nel caso specifico ipotizzato a circa **2.00m** di profondità dal piano campagna, si ricava il seguente valore Vs<sub>30</sub>

<b>Vs30 =</b>	<b>30</b> Σ hi/Vi	<b>486</b>	<b>m/s</b>
---------------	----------------------	------------	------------

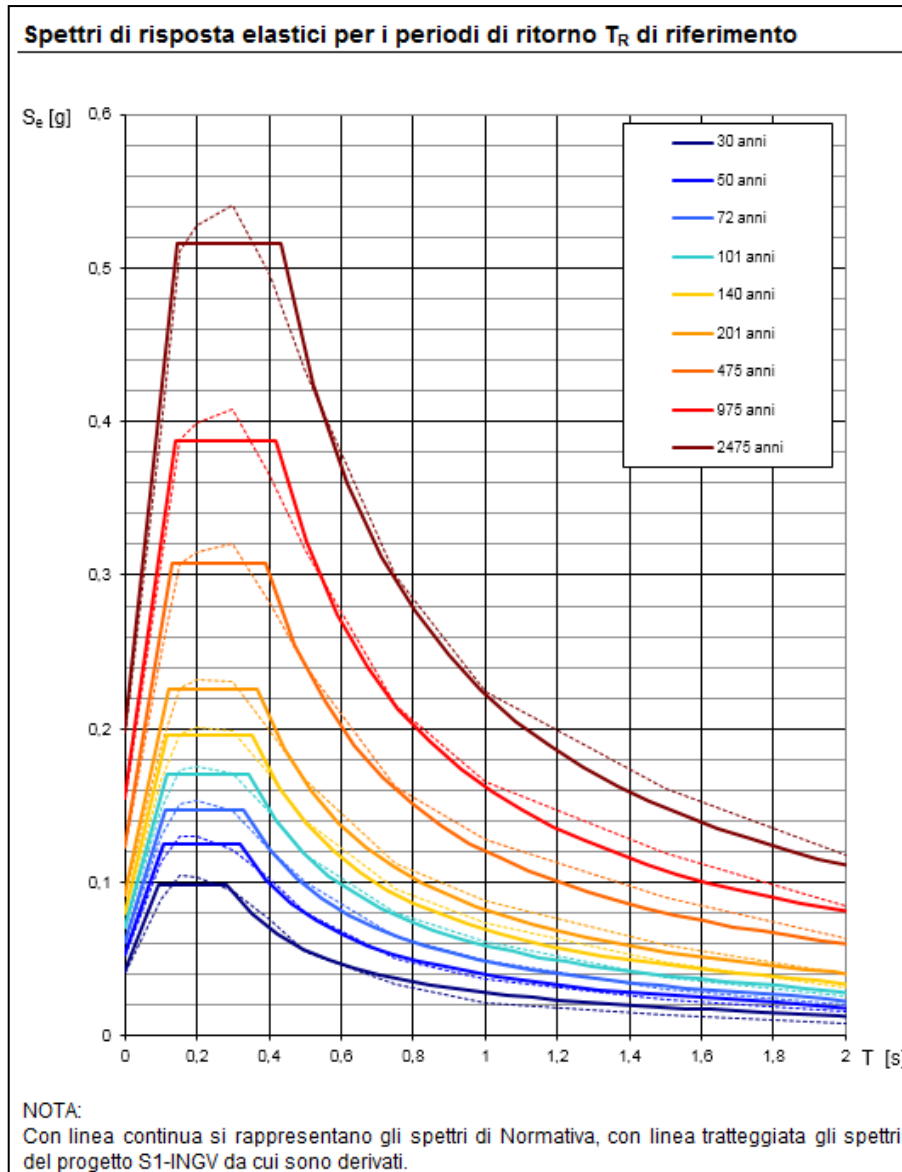
Il "range" dei valori calcolati mette in evidenza che il sottosuolo del sito in oggetto risulta caratterizzato da un valore della Vs<sub>30</sub> di **486 m/sec calcolata a partire dai terreni posti a base fondale della struttura in oggetto.**

Tale valore di Vs<sub>30</sub>, calcolato dai terreni posti a partire dalla profondità del piano di posa della fondazione, rientra secondo normativa (DM 01/2018) nella **categoria di suolo di tipo B.**

Come anzi detto, il livello di sismicità di una specifica area viene caratterizzato attraverso lo spettro di risposta elastico. Per il calcolo dei parametri spettrali si è fatto uso del programma edito sul sito web del Ministero Delle Infrastrutture **Spettri-NTC ver.1.0.3. e di quello consultabile sul sito della GEOSTRU.**

Partendo dalle coordinate del sito in oggetto **LAT 41.008781°** e **LON 14.201305°** si ricavano i valori di Ag, Fo e T\*C riferiti al punto indicativo del sito in oggetto, in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (di categoria **A**) con superficie

topografica orizzontale, ossia in assenza di effetti locali. Nel grafico e nella tabella successiva vengono riportati in forma grafica e in forma tabellare gli spettri di risposta e i parametri spettrali relativi al sito in oggetto:



$T_R$ (anni)	$a_g$ (g)	$F_0$ (-)	$T^*c$ (s)
30	0,042	2,381	0,284
50	0,053	2,358	0,319
72	0,062	2,405	0,331
101	0,071	2,416	0,345
140	0,081	2,450	0,355
201	0,092	2,466	0,365
475	0,124	2,496	0,395
975	0,156	2,514	0,419
2475	0,199	2,609	0,433

Valori dei parametri  $A_g$   $F_0$   $T^*c$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento per il sito in oggetto

Questi parametri degli spettri di risposta come detto in precedenza sono relativi ad un sito privo di effetti al suolo, ossia senza effetti locali stratigrafici e topografici.

Considerando le caratteristiche strutturali e d'uso del fabbricato in oggetto, questo per norma è classificabile come opera ordinaria, con vita nominale  $V_N \geq 50$  anni e Classe d'uso di II categoria.

Tipi di costruzione		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

**Classi d'uso** (§ 2.4.2 NTC-08)

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

<i>Classe I:</i>	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
<i>Classe II:</i>	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in <i>Classe d'uso III</i> o in <i>Classe d'uso IV</i> , reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
<i>Classe III:</i>	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in <i>Classe d'uso IV</i> . Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
<i>Classe IV:</i>	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

**Vita di riferimento** (§ 2.4.3 NTC-08)

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad \text{(NTC-08 Eq. 2.4.1)}$$

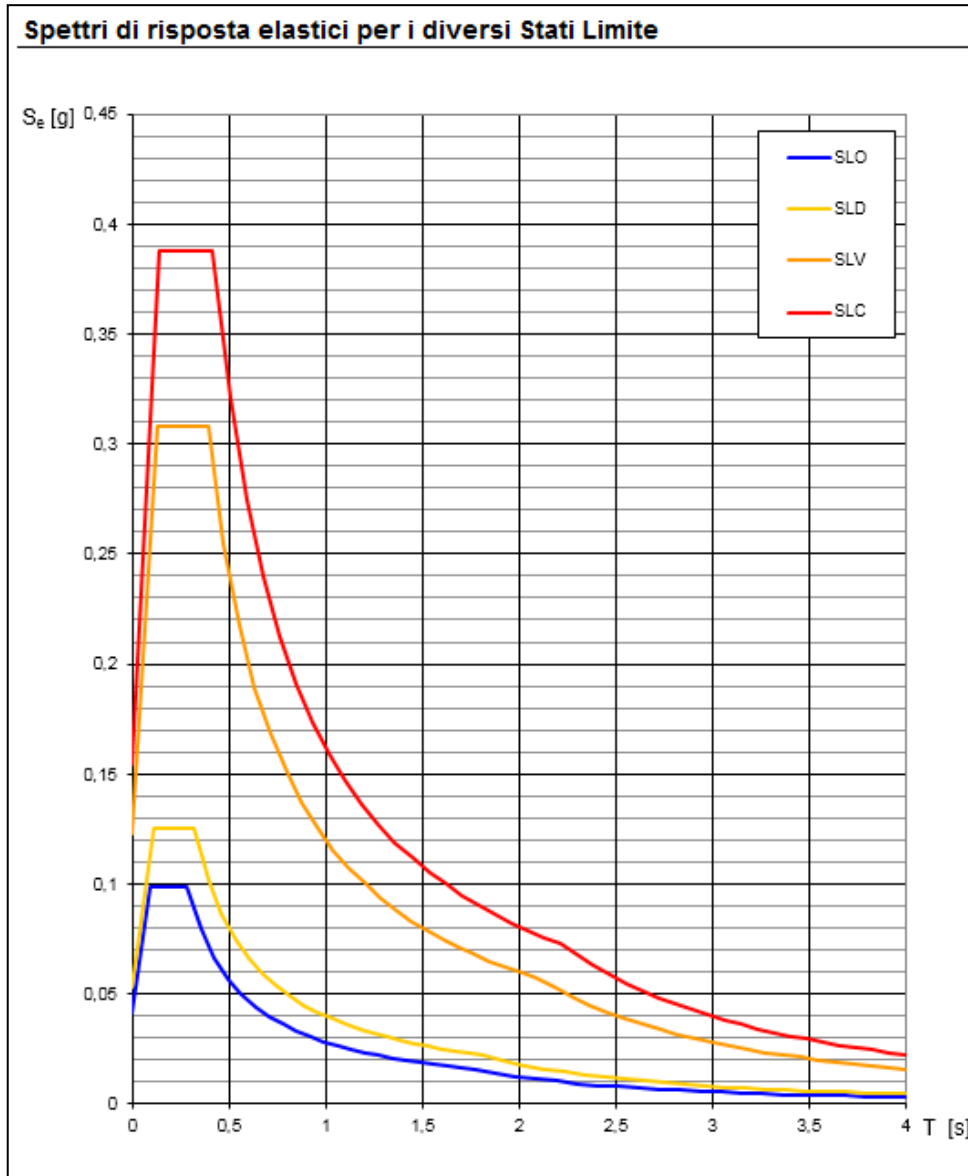
Il valore del coefficiente d'uso  $C_U$  è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella **Tab. 2.4.II** delle NTC-08.

**Tabella 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$**

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1	1,5	2

Se  $V_R \leq 35$  anni si pone comunque  $V_R = 35$  anni.

Come riportato in tabella 2.4.II (NTC 2018) ad ogni classe d'uso corrisponde un Coefficiente d'uso  $C_u$  che, moltiplicato per la vita nominale della costruzione, consente di ricavare la vita di riferimento  $V_r$  per il fabbricato in oggetto, nel caso specifico uguale a 50 anni. Di seguito vengono riportati gli spettri agli stati limiti relativi alle specifiche caratteristiche del fabbricato in oggetto.



STATO LIMITE	$T_R$ (anni)	$A_g$ (g)	$F_0$ (-)	$T_c'$ (s)
<b>SLO</b>	30	0,042	2,380	0,285
<b>SLD</b>	50	0,054	2,359	0,319
<b>SLV</b>	475	0,124	2,496	0,395
<b>SLC</b>	975	0,156	2,514	0,419

Valori dei parametri  $A_g$   $F_0$   $T_c'$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento associati a ciascun SL

Per quanto riguarda l'amplificazione stratigrafica la norma individua due fattori di incremento  $S_s$  e  $C_c$  in funzione della categoria di suolo di fondazione calcolata nel sito di realizzazione, mentre per quanto riguarda l'amplificazione topografica la norma individua quattro classi di variabilità assegnando a ciascuna un valore del coefficiente stratigrafico  $T_s$ . Nelle tabelle successive vengono riportati i range di variabilità dei coefficienti di amplificazione:

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Espressioni di calcolo dei coeff. di amplificazione stratigrafica  $S_s$  e  $C_c$  per le diverse categorie di suolo

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

Categorie di amplificazione topografica

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Valori del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  per le diverse categorie topografiche



Dalle analisi geologico geomorfologico e geognostiche effettuate in sito si evince che per il sito in oggetto può essere ragionevolmente assegnare una categoria di amplificazione topografica di tipo T1 ossia assimilabile a zona con pendenza minore di 15, a cui corrisponde un valore del Coefficiente di amplificazione topografica pari a 1.0 (ST = 1.0 - § 3.2.3.2.1). Inoltre per il sito in oggetto risulta un rapporto h/H uguale a 1 con h quota punto di indagine e H quota del rilievo. Mentre confrontando i risultati emersi dalle indagini sismiche effettuate, emerge una categoria di suolo di tipo **B**.

In definitiva l'analisi degli spettri di risposta agli Stati Limiti (SLE e SLU) fornisce per il sito in oggetto i seguenti **Coefficienti Sismici**:

Coefficienti sismici	SLO	SLD	SLV	SLC
<b>Ss</b>	1,200	1,200	1,200	1,200
<b>Cc</b>	1,410	1,380	1,320	1,310
<b>St:</b>	1,000	1,000	1,000	1,000
<b>Kh:</b>	0,010	0,013	0,036	0,045
<b>Kv:</b>	0,005	0,007	0,018	0,023
<b>Amax:</b>	0,501	0,638	1,480	1,854
<b>Beta:</b>	0,200	0,200	0,240	0,240

## 6.2 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Con il termine di liquefazione si intende riferirsi alla perdita di resistenza dei terreni saturi sotto sollecitazioni statiche o dinamiche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella delle masse viscoso. Ciò avviene solitamente nei depositi di sabbie sciolte fini quando sotto l'azione di carichi applicati o di forze idrodinamiche, la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad uguagliare la pressione totale di confinamento, cioè quando gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero.

L'occorrenza della liquefazione ha effetti in superficie solamente in particolari condizioni. Nel caso di terreno pianeggiante, gli effetti in superficie sono trascurabili se lo spessore dello strato più superficiale non liquefacibile è maggiore dello spessore dello strato sottostante liquefacibile.

Il Potenziale di liquefazione di un determinato terreno sabbioso si esprime attraverso un coefficiente di sicurezza dato dal rapporto tra la resistenza al taglio mobilizzabile nello strato (R) e lo sforzo tagliente indotto dal sisma di progetto (T):

$$F_s = R/T$$

I terreni suscettibili alla liquefazioni sono quelli la cui resistenza alla deformazione è mobilizzata per attrito tra le particelle, quindi i terreni incoerenti.

la grandezza  $T$  dipende dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto).  $R$  è funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, principalmente del suo stato di addensamento, e può essere ricavato direttamente attraverso correlazioni con i risultati di prove penetrometriche dinamiche, statiche o con i valori delle velocità delle onde  $S$  ricavati da stendimenti di sismica. La grandezza  $T$  viene ricavata attraverso la relazione:

$$T (CSR) = 0.65 \left( \frac{a_{max}}{g} \right) r_d \left( \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \right)$$

Che rappresenta in altre parole la tensione indotta dal terremoto; dove:

$T$  o  $csr$  = resistenza ciclica alla liquefazione

$a_{max}$  = accelerazione sismica massima;

$g$  = accelerazione di gravità = 980.7 cm/s<sup>2</sup>;

$\sigma_v$  = pressione verticale totale alla profondità  $z$  dal p.c.;

$\sigma'_v$  = pressione verticale efficace alla profondità  $z$  dal p.c.;

$r_d$  (coefficiente funzione della profondità dal p.c.) =  $(1-0.015z)$

La resistenza alla liquefazione  $R$  (**crr**), nel caso specifico, viene valutata in funzione della magnitudo del sisma di progetto (terremoto atteso per l'area in oggetto), numero di colpi penetrometrici  $N_{(60)}$ , pressione verticale effettiva, densità relativa. Il numero di colpi penetrometrici  $N_{(60)}$  rappresenta il numero di colpi  $N_{spt}$  normalizzato ad una pressione effettiva di confinamento di 100 KPa e un fattore di rendimento energetico di 0.6 nell'esecuzione della prova.

$$R (CRR) = \frac{\tau_{ult}}{\sigma'_{v0}}$$

In altre parole  $R$  è la resistenza normalizzata rispetto alla tensione efficace verticale iniziale  $\sigma'_{v0}$ .

Per quanto riguarda il valore di Magnitudo locale di progetto, sono state seguite le procedure contenute in *Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica* edito da Dip. Prot. Civile (2009). La ragione per la quale la magnitudo entra in gioco è che, tanto più è elevata, tanto maggiore è l'energia rilasciata e, quindi, la capacità di generare cicli di deformazione del terreno di numero ed ampiezza tali da produrre sovrapressioni neutre

e fenomeni di liquefazione. Per le stesse ragioni, eventi di M elevata possono produrre impulsi in grado di conferire elevate energie cinetiche a parti di terreno o di rocce e quindi fenomeni di instabilità.

Nome ZS	Numero ZS	$M_{max}$
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza-Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio - Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

In particolare per l'area in oggetto sono state individuate due zone sismogenetiche rappresentate dalla Zona 928 (Ischia Vesuvio) e la zona 927 (Appennino Abruzzese Sannio Irpina Basilicata) che presentano distanza minima dalla zona in oggetto rispettivamente di circa 20 e 70 Km (Cfr fig successiva).

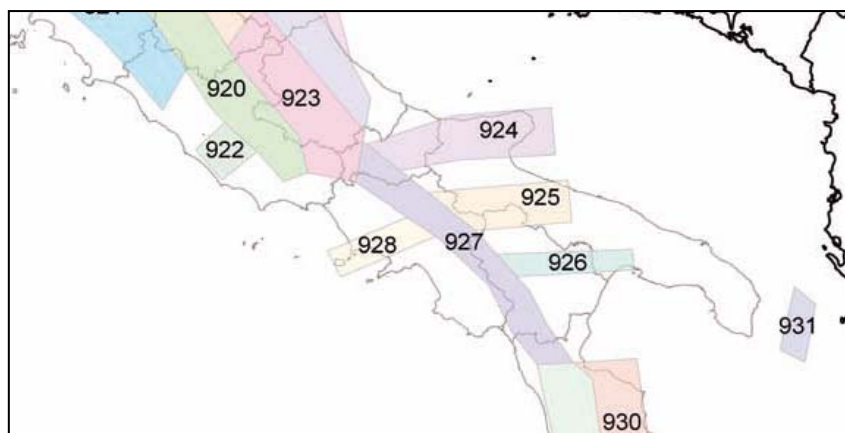


Figura 7.1: Zone sismogenetiche per la mappa di pericolosità sismica di base di riferimento (G.d I., 2004).

Il calcolo del potenziale di liquefazione (Cfr. OPCM 3274/2003 e D.M. 14/01/2008 NTC) è stato effettuato essendo la soggiacenza della falda a profondità minore dei 15 metri. Dalle prove penetrometriche realizzate è stato ricavato il valore  $N_{spt}$  medio per singoli strati, attraverso il programma di calcolo è stato normalizzato  $N_{(60)}$ . Per l'area in oggetto è stato preso a riferimento un terremoto di progetto di magnitudo 5, sovrastimato per l'area di riferimento a vantaggio della sicurezza. Il calcolo è stato effettuato al suolo libero.

Nelle schermate successive vengono riportate le fasi di elaborazione della valutazione del potenziale di liquefazione per il territorio in oggetto suddivise tra input dei dati, risultati e grafici.

DATI DI INPUT AREALE 1 VERIFICA 1

Dati generali

Comune di : CASALUCE      Committente : AMMINISTRAZIONE COMUNALE  
 Località : CIMITERO      Data : 19/07/2018  
 Area n° : 1  
 Lavoro : AMPLIAMENTO DEL NUOVO CIMITERO

Unità      Prove      Rd      MSF      CRR(7.5) - SPT      fsl (CSR)      PL

kPa       (N)60       Blake (1996)       Idriss 1990       Reuch (1998)       fsl=1       Chen (2000)  
 kg/cmq       Vs(m/s)       Liao and Whitman (1986)       Youd and al. (2001)       Bleke (1996)       fsl=1.1       Sonnez(2003)  
 Conver.       CPT       Idriss (valore medio)       Andrus and Stokoe (1997)       fsl=1.2       Juang (2006)

Dati sulle prove

N° di prove 5

Prova n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Prof. (m)	0.2	0.5	2.3	4.7	5										
(N)60	6	3	3	49	49										
% Fini		35	30												

Dati sulla stratigrafia

Verifica n° 1      Strato n°

Numero di strati 4      Profondità (m)

Profondità della falda (m) 2      Densità (kN/mc)

Magnitudo 5.5      Classificazione USBR

Accelerazione massima 0.18

Carico (kPa)

Profondità del carico (m)

Scegli

Apri      Calcola      Grafici      Chiudi

Salva dati      Salva risultati      Stampa dati      Stampa risultati

RISULTATI

Magnitudo = 5.5      ag(max)= 0.18

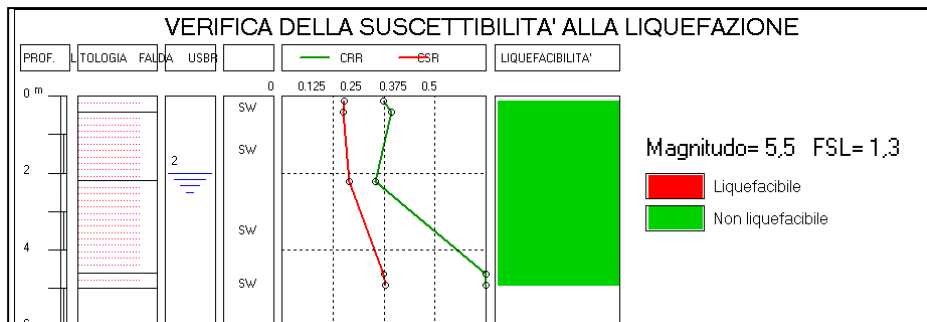
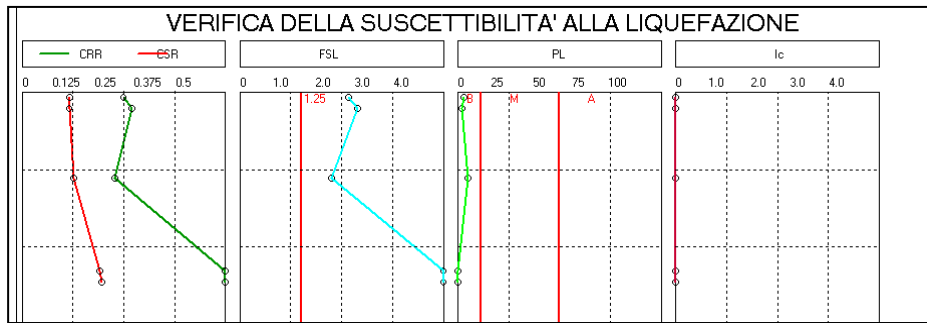
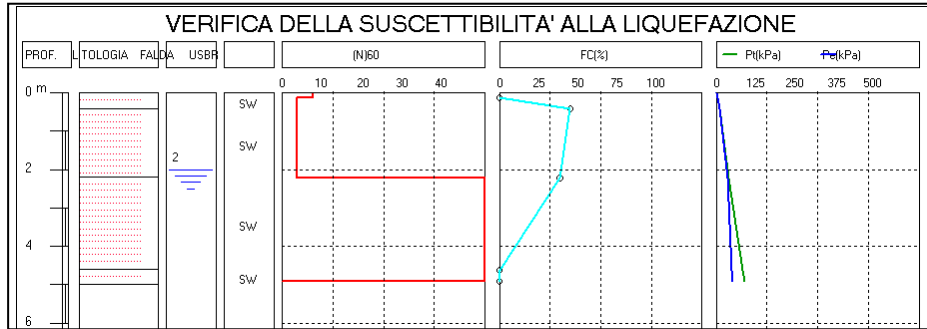
Prova N°	Prof. (m)	% Fini	(N)60	Pt (kPa)	Pe (kPa)	CN	(N1)60cs	rd	CRR7.5	CRRReq	CSRfsl	FSL	PL/IPL %	Rischio di liquefazione	De	CL
1	0.2	0	6	2.74	2.74	1.7	10	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	VERIFICA ISHIHARA	NL	N/A
2	0.5	35	3	6.84	6.84	1.7	11	0.998	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	VERIFICA ISHIHARA	NL	N/A
3	2.3	30	3	31.31	28.36	1.48	9	0.984	0.104	0.229	0.127	1.803	5	MOLTO BASSO	NL	1-2
4	4.7	0	49	64.17	37.69	1.39	30	0.967	0.467	1.032	0.192	5.375	0	MOLTO BASSO	NL	1-2
5	5	0	49	69.6	40.18	1.37	30	0.965	0.467	1.032	0.195	5.292	0	MOLTO BASSO	NL	1-2

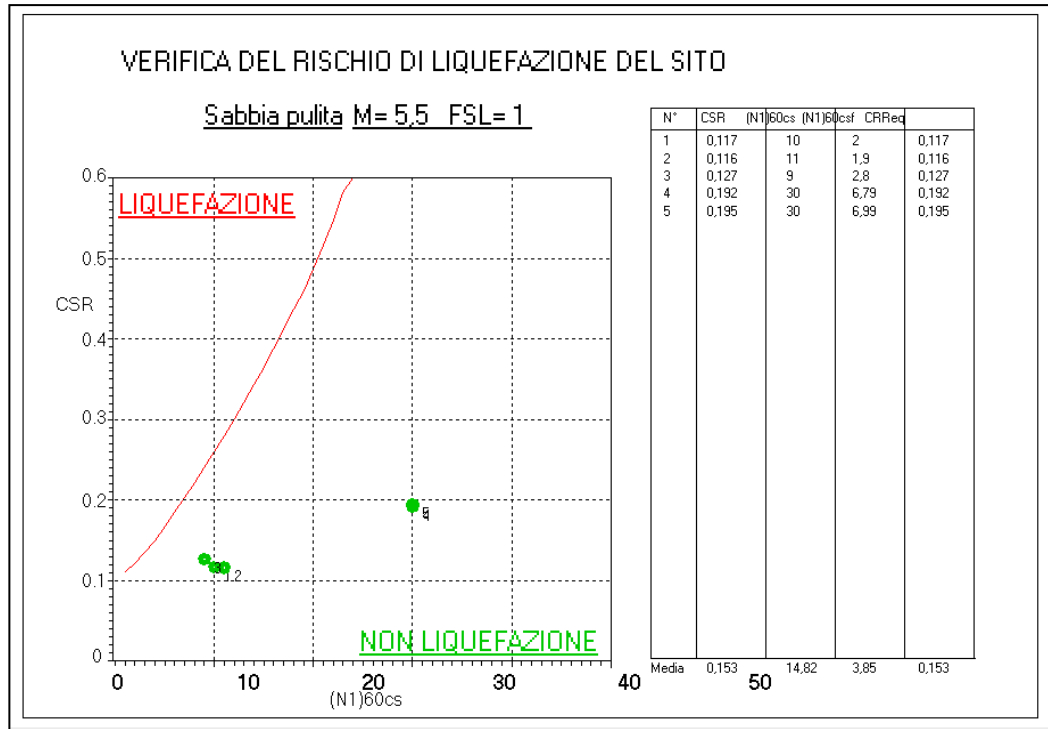
Legenda

% Fini      Contenuto in fini      Pt      Tensione verticale litostatica totale  
 (N)60      Resistenza penetrometrica misurata nella prova Standard Penetration Test      Pe      Tensione verticale litostatica efficace  
 CN      Fattore correttivo per la tensione efficace alla profondità di prova      rd      Coefficiente di riduzione delle tensioni  
 (N1)60cs      Resistenza penetrometrica (N1)60 corretta (sabbie pulite)      FSL      Fattore di sicurezza  
 CRR7.5      Resistenza al taglio mobilitata per un terremoto di magnitudo 7.5      PL/IPL      Probabilità/Indice del potenziale di liquefazione  
 CRRReq      Resistenza al taglio mobilitata corretta (magnitudo > di 7.5)      CL      Classe di fattibilità geologica  
 CSRfsl      Storzo di taglio indotto dal sisma corretto con un fattore di sicurezza fsl      N/A      Non applicabile per (N1)60>30 o altro

Chiudi      Descrizione L- Liquefacibile MP- Molto probabile L/NL - Liquefacibile/non liquefacibile uguale probabilità NP- Non probabile NL- Non

GRAFICI





Pertanto, dalle verifiche effettuate, i litotipi caratterizzanti il sottosuolo sono risultati non suscettibili a fenomeni di liquefazione.

## 7. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEI TERRENI

La caratterizzazione dei parametri geotecnici dei terreni di fondazione dell'opera in oggetto è stata realizzata sulla scorta dei risultati di vari sondaggi effettuati sul territorio comunale di Casaluze, oltre a quelli relativi alle indagini geognostiche in sito realizzate e consistite in n° 3 prove penetrometriche dinamiche superpesanti **DPSH**. I certificati e l'elaborazione dei dati relativi alle indagini eseguite, utilizzate per il calcolo delle caratteristiche di carico dei terreni, sono riportati in allegato alla presente relazione.

Per quanto riguarda la stratigrafia questa è stata elaborata dai dati relativi al sondaggio geognostico a carotaggio continuo – S1 PUA (Crf. Allegato) – effettuato in area limitrofa, a corredo dello studio geologico relativo alla stesura di un Piano Urbanistico Attuativo (PUA) del comune di Casaluze, la cui successione stratigrafica è indicativa di quella relativa all'area di studio.

### 7.1 PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPER PESANTE DPSH

La prova consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard (angolo di apertura 60°) che viene infissa nel terreno mediante una massa battente di 63,50 Kg (e altezza di caduta di 75 cm) da un apposito dispositivo a percussione. La resistenza viene ricavata mediante il numero di colpi N, necessari per far avanzare di 20 cm la penetrazione della serie di aste lunghe ciascuna 1 metro che portano alla estremità la punta conica; vengono ricavati inoltre, mediante la prova, una serie di parametri indici dei terreni quale la densità relativa ( $D_r$ ) e meccanici, quale l'angolo di attrito ( $\phi$ ). Le informazioni che la prova fornisce sono di tipo continuo poiché le misure di resistenza alla penetrazione vengono eseguite durante tutta la durata dell'infissione. La prova fornisce una valutazione qualitativa del grado di addensamento e di consistenza dei terreni attraversati.

In allegato alla presente relazione viene riportata l'elaborazione delle prove sia sotto forma di diagrammi che di tabulato dei valori rilevati alla centralina nonché quelli derivanti dall'elaborazione.

La campagna di indagini è consistita in una prova penetrometrica dinamica effettuata con il Penetrometro della Pagani Geotechnical Equipment mod. TG 63-200 cingolato da 200 KN (20 t) da ditta specializzata in indagini geognostiche e prove in sito.

Le caratteristiche dell'apparecchio sono riportate in seguito e corrispondono a quelle relative agli standard europei relativi alle norme UNI:

◇	MAGLIO	63.50 kg
◇	CORSA DEL MAGLIO	75 cm
◇	ASTE	6.3 kg / ml
◇	PUNTA CONICA ANGOLO APERTURA	90°

## 7.2 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL VOLUME SIGNIFICATIVO

I dati acquisiti in sito durante l'esecuzione delle indagini geognostiche sono stati sottoposti ad elaborazione con l'ausilio di software di tipo geologico-geotecnico della *GeoStru Software* in licenza allo studio, allo scopo di determinare il valore dei principali parametri geotecnici relativi ai diversi litotipi attraversati.

I risultati di tali elaborazioni sono stati poi messi a confronto tra loro in modo da avere un quadro geologico e geotecnico conoscitivo chiaro e di sufficiente dettaglio. Dall'analisi delle caratteristiche geomeccaniche che scaturiscono dalle succitate indagini è stato possibile schematizzare un modello geotecnico del sottosuolo che presenta le seguenti caratteristiche:

Le stratigrafie litotecniche scaturite dall'analisi dei dati relativi ai sondaggi geognostici effettuati sono le seguenti:

<b>STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH1</b>									
Numero di strato <b>LITOLOGIA</b>	Prof.	Nspt	Peso di volume $\gamma$ ( <i>kN/m<sup>3</sup></i> )	Angolo di attrito $\Phi$ ( $^{\circ}$ )	Coesione non drenata $c_u$ ( <i>kPa</i> )	Modulo Edometrico <b>Eed</b> ( <i>MPa</i> )	Modulo Elastico <b>Y</b> ( <i>MPa</i> )	Modulo Poisson <b>v</b>	Densità Relativa <b>Dr</b> %
Strato (1) Materiale di riporto	0,00-0,80	13,6	14,93	29,28	--	19,85	13,40	0,33	89
Strato (2) Terreno vegetale	0,80-2,20	2,51	13,52	21,14	45,40	12,52	7,80	0,35	34
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	2,20-3,20	12,05	14,74	28,44	--	18,83	12,71	0,33	68
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	3,20-4,80	4,23	13,75	22,97	--	13,42	8,36	0,35	37
Strato (5) Tufo litoide	4,80-5,20	54,39	18,42	43,56	--	84,03	71,30	0,24	100

La prova è stata spinta fino alla profondità di 5.20 metri dove è andata a rifiuto nel banco tufaceo litoide.

<b>STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH2</b>									
Numero di strato <b>LITOLOGIA</b>	Prof.	Nspt	Peso di volume $\gamma$ ( <i>kN/m<sup>3</sup></i> )	Angolo di attrito $\Phi$ ( $^{\circ}$ )	Coesione non drenata $c_u$ ( <i>kPa</i> )	Modulo Edometrico <b>Eed</b> ( <i>MPa</i> )	Modulo Elastico <b>Y</b> ( <i>MPa</i> )	Modulo Poisson <b>v</b>	Densità Relativa <b>Dr</b> %
Strato (1) Materiale di riporto	0,00-0,40	5,88	13,97	24,39	--	15,37	9,99	0,34	60
Strato (2) Terreno vegetale	0,40-2,20	2,78	13,55	21,46	17,06	12,66	7,89	0,35	37
Strato (3) Piroclastite limoso sabbiosa	2,20-4,60	2,57	13,52	21,21	--	12,55	7,82	0,35	30
Strato (4) Tufo litoide	4,60-5,00	49,25	18,12	42,18	--	79,97	65,36	0,26	100

La prova è stata spinta fino alla profondità di 5.00 metri dove è andata a rifiuto nel banco tufaceo litoide.



**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH3**

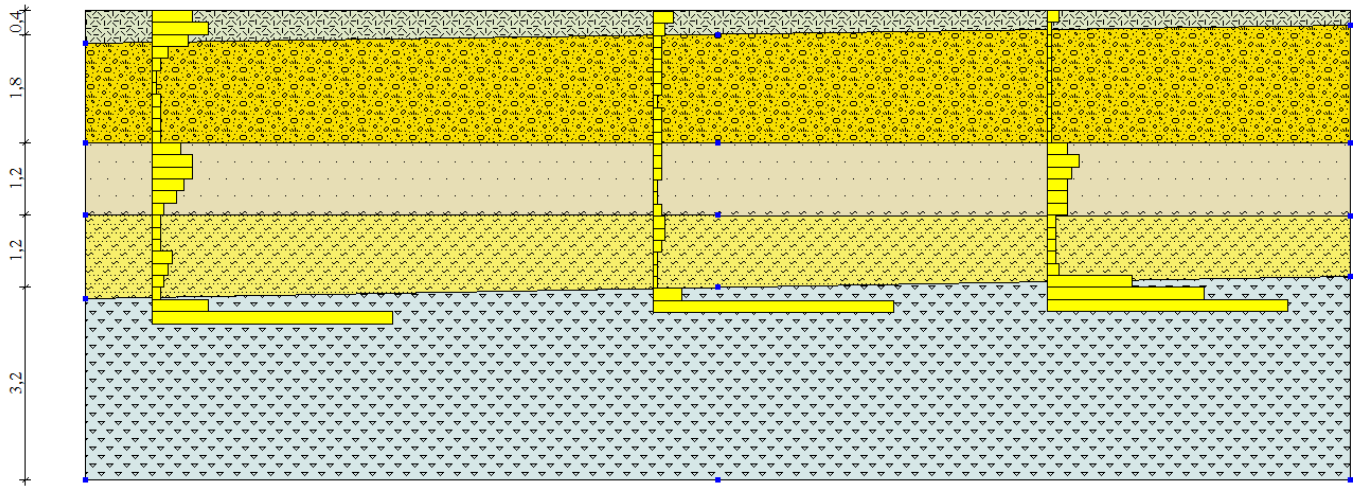
<b>Numero di strato LITOLOGIA</b>	<b>Prof. (m)</b>	<b>Nspt</b>	<b>Peso di volume <math>\gamma</math> (<math>kN/m^3</math>)</b>	<b>Angolo di attrito <math>\Phi</math> (<math>^\circ</math>)</b>	<b>Coesione non drenata <math>c_u</math> (<math>kPa</math>)</b>	<b>Modulo Edometrico <b>Eed</b> (<math>MPa</math>)</b>	<b>Modulo Elastico <b>Y</b> (<math>MPa</math>)</b>	<b>Modulo Poisson <b>v</b></b>	<b>Densità Relativa <b>Dr</b> %</b>
<b>Strato (1) Materiale di riporto</b>	0,00-0,20	4,41	13,77	23,13	--	14,38	9,34	0,34	52
<b>Strato (2) Terreno vegetale</b>	0,20-2,20	1,47	13,37	19,7	9,02	11,99	7,47	0,35	27
<b>Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa</b>	2,20-3,40	8,33	14,28	26,18	--	17,03	11,07	0,34	57
<b>Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa</b>	3,40-4,40	3,23	13,61	21,96	--	12,90	8,04	0,35	33
<b>Strato (5) Tufo litoide</b>	4,40-5,00	58,8	18,64	44,7	--	90,06	76,41	0,24	100

La prova è stata spinta fino alla profondità di 5.00 metri dove è andata a rifiuto nel banco tufaceo litoide.

Come si evince dal sondaggio a Carotaggio continuo allegato (S1 PUA), nell'area di studio è presente un'alternanza di prodotti piroclastici, a granulometria prevalentemente limoso sabbiosa/sabbiosa-limosa con un moderato grado di addensamento.

Il banco tufaceo litoide nel sito di studio si rinviene a circa 5.00 metri di profondità (con consistenza semilitoide nel primo tratto), per una potenza di circa 3 metri; quindi, nella modellazione del volume significativo geotecnico lo strato tufaceo può essere ragionevolmente spinto fino alla profondità di circa 9 m dal piano campagna.

Di seguito si riporta la sezione stratigrafica dei terreni interessati con gli spessori e i log penetrometrici derivati dall'elaborazione delle prove penetrometriche dinamiche realizzate in sito:



## 8. CONCLUSIONI

L'area studiata, interessata da un progetto per un "*Progetto di fattibilità' ai sensi di commi 1, 3, 4, 5 e 6 dell'art. 23 del D.L.vo 50/2016 relativo al Completamento dell'ampliamento del nuovo cimitero comunale – Nuovo Cimitero Comunale – Casaluce (CE)*", non presenta particolari complicazioni di carattere idrogeologico che possano inficiare la buona riuscita dell'opera, né tanto meno l'opera da eseguire determina l'alterazione degli equilibri idrogeologici dell'area.

La morfologia dell'area infatti, praticamente pianeggiante, fa escludere l'ipotesi di eventuali processi gravitativi.

A conferma di ciò, **il sito in oggetto non risulta perimetrato nella cartografia del PAI sia per quanto riguarda il Rischio Frana sia per quello Idraulico (ex AdB della Campania Centrale oggi AdB distrettuale dell'Appennino Meridionale)** (Crf. 4.2).

**Dai sopralluoghi, dai rilievi e dalle indagini geognostiche effettuate in sito non si riscontra la presenza di cavità sotterranee nel sito di studio che possano interferire con l'opera in oggetto** (Crf. Cap. 4.2.1).

Confrontando i dati scaturiti dalle indagini sismiche, delle prove penetrometriche effettuate e da quelli stratigrafici reperiti è stato possibile definire quanto più precisamente l'assetto stratigrafico e lo stato fisico del sottosuolo.

**Il sottosuolo, risulta caratterizzato** dalla presenza, al di sotto di uno strato di materiale di riporto (spessore max 0.8 m) e a seguire terreno vegetale di circa 2.20 metri, di **litotipi ascrivibili ad una successione piroclastica a granulometria mediamente cineritica incoerente, limo-sabbiosa/sabbioso-limosa con pomici e scorie mediamente addensata, sovrapposta a terreni tufacei semilitoidi e litoidi** (Crf. Cap. 4.3). **Le caratteristiche geomeccaniche di questi litotipi risultano mediamente buone con aumento generale della loro bontà con la profondità** (specificato nel capitolo 7).

**Relativamente alle caratteristiche di risposta sismica locale**, dall'analisi della stratigrafia litomeccanica e della sismicità dell'area, **con il livello di falda medio ad una profondità di circa 7.00 metri dal p.c., dalle verifiche effettuate possono essere esclusi fenomeni di liquefazione** (Cfr OPCM 3274 e DM 14/01/2008) (Crf. Cap. 6.2).

**Ai fini della risposta sismica di sito**, il parametro caratterizzante la risposta sismica locale, **individuato nella  $V_{s30}$  ha fornito per il sito in oggetto una Categoria di Suolo B. Per quanto riguarda invece gli spettri di risposta elastici e i relativi fattori di incremento stratigrafici e topografici, individuati per il sito in oggetto (ai sensi del DM 14 gennaio 2008), si rimanda a quanto specificato nel capitolo 6.**

Tanto è in relazione all'incarico ricevuto per uno studio geologico tecnico dell'area. Il professionista incaricato si rende disponibile per eventuali chiarimenti circa il lavoro svolto.

Frignano, Luglio 2018

*IL GEOLOGO*

**DR. ALESSANDRO MAGLIULO**

**ALLEGATI CARTOGRAFICI**

# COMUNE DI CASALUCE

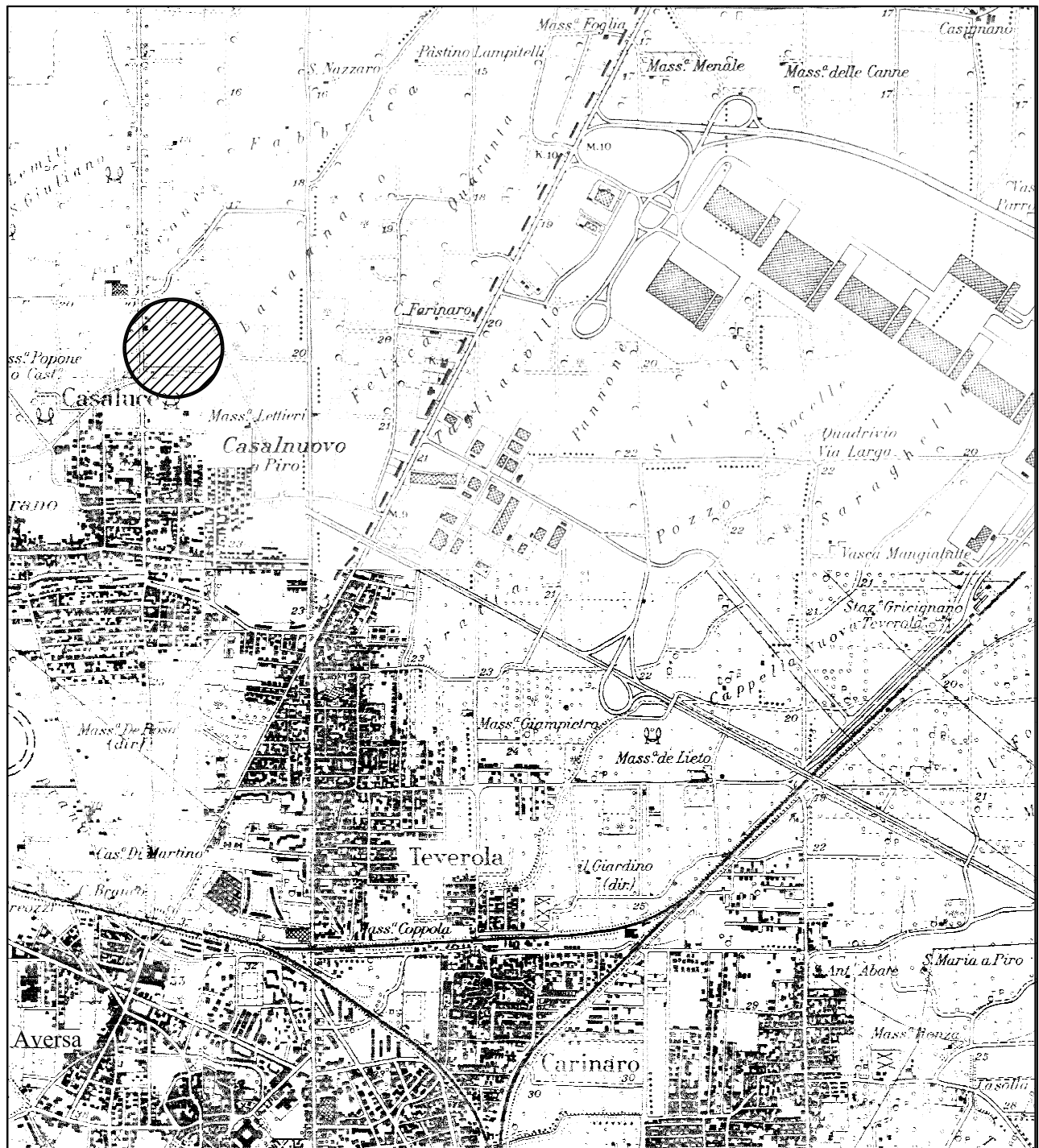
(Caserta)

## "COMPLETAMENTO DEL NUOVO CIMITERO COMUNALE"

Committente: Amministrazione Comunale Casaluce

Località: Nuovo Cimitero Comunale

### ALLEGATO I -Corografia dell'area-



Scala 1: 25.000



Area in oggetto



Geologia Applicata & Ambientale  
via G. Matteotti, 1 - 81030 - Frignano (CE)  
Tel: 0818122335 - 3661581726  
e-mail: [alessandromagliulo@gmail.com](mailto:alessandromagliulo@gmail.com)  
PEC: [alessandromagliulo@epap.sicurezzapostale.it](mailto:alessandromagliulo@epap.sicurezzapostale.it)  
Dr. Geol. Alessandro MAGLIULO

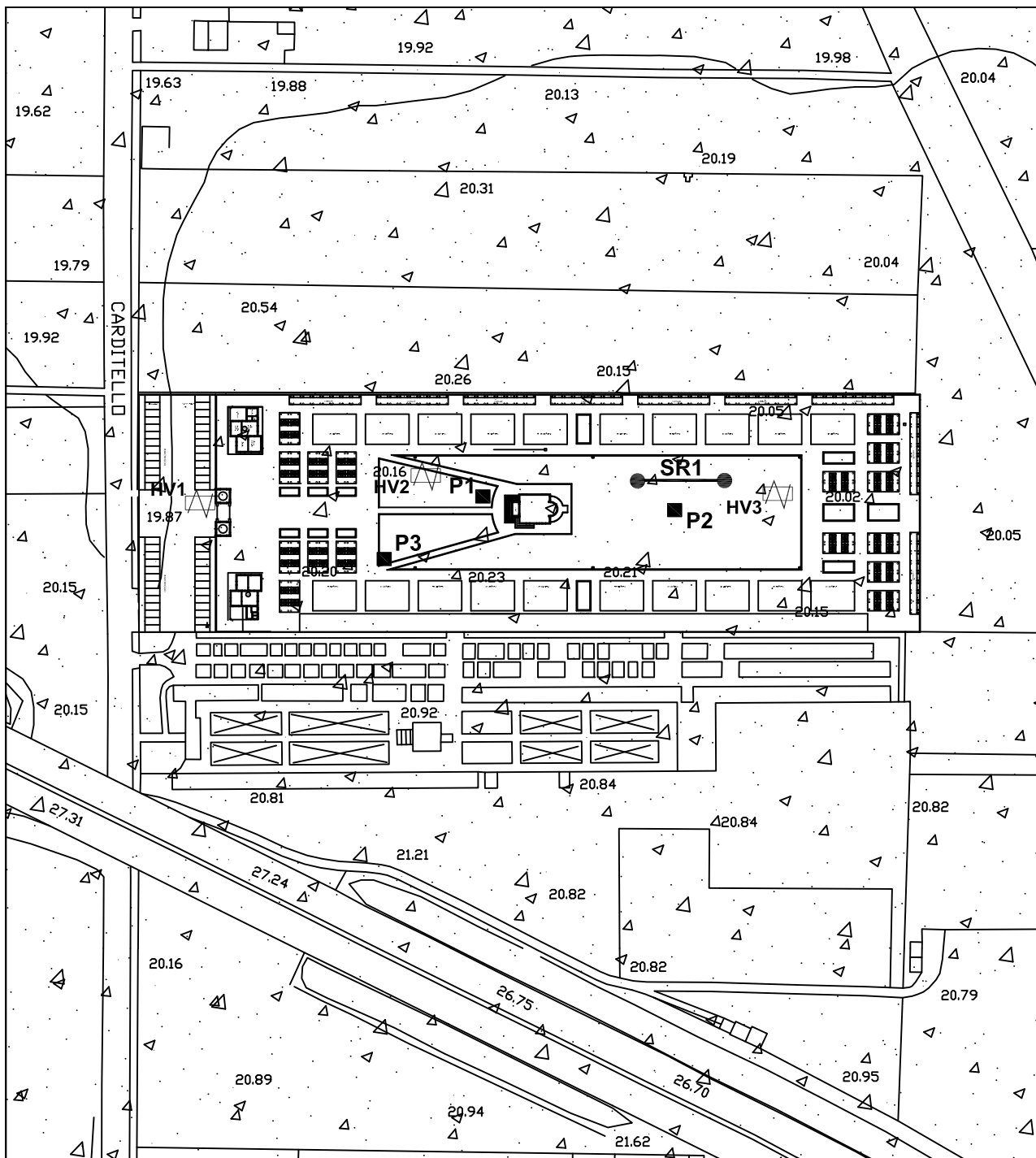
# COMUNE DI CASALUCE (Caserta)

## "COMPLETAMENTO DEL NUOVO CIMITERO COMUNALE"

Committente: Amministrazione Comunale Casaluce

Località: Nuovo Cimitero Comunale

### ALLEGATO II -Carta geolitologica-



	Piroclastiti sabbioso limose-limoso sabbiose su tufo giallognolo vacuolare e scoriaceo		Area in oggetto
--	----------------------------------------------------------------------------------------	--	-----------------

Scala 1:2.000



<b>P</b>	Prova penetrometrica dinamica
	Indagine sismica tipo MASW
<b>HV</b>	Indagine sismica tipo HVSr

Geologia Applicata & Ambientale  
 via G. Matteotti, 1 - 81030 - Frignano (CE)  
 Tel: 0818122335 - 3661581726  
 e-mail: [alessandromagliulo@gmail.com](mailto:alessandromagliulo@gmail.com)  
 PEC: [alessandromagliulo@epap.sicurezza postale.it](mailto:alessandromagliulo@epap.sicurezza postale.it)  
 Dr. Geol. Alessandro MAGLIULO

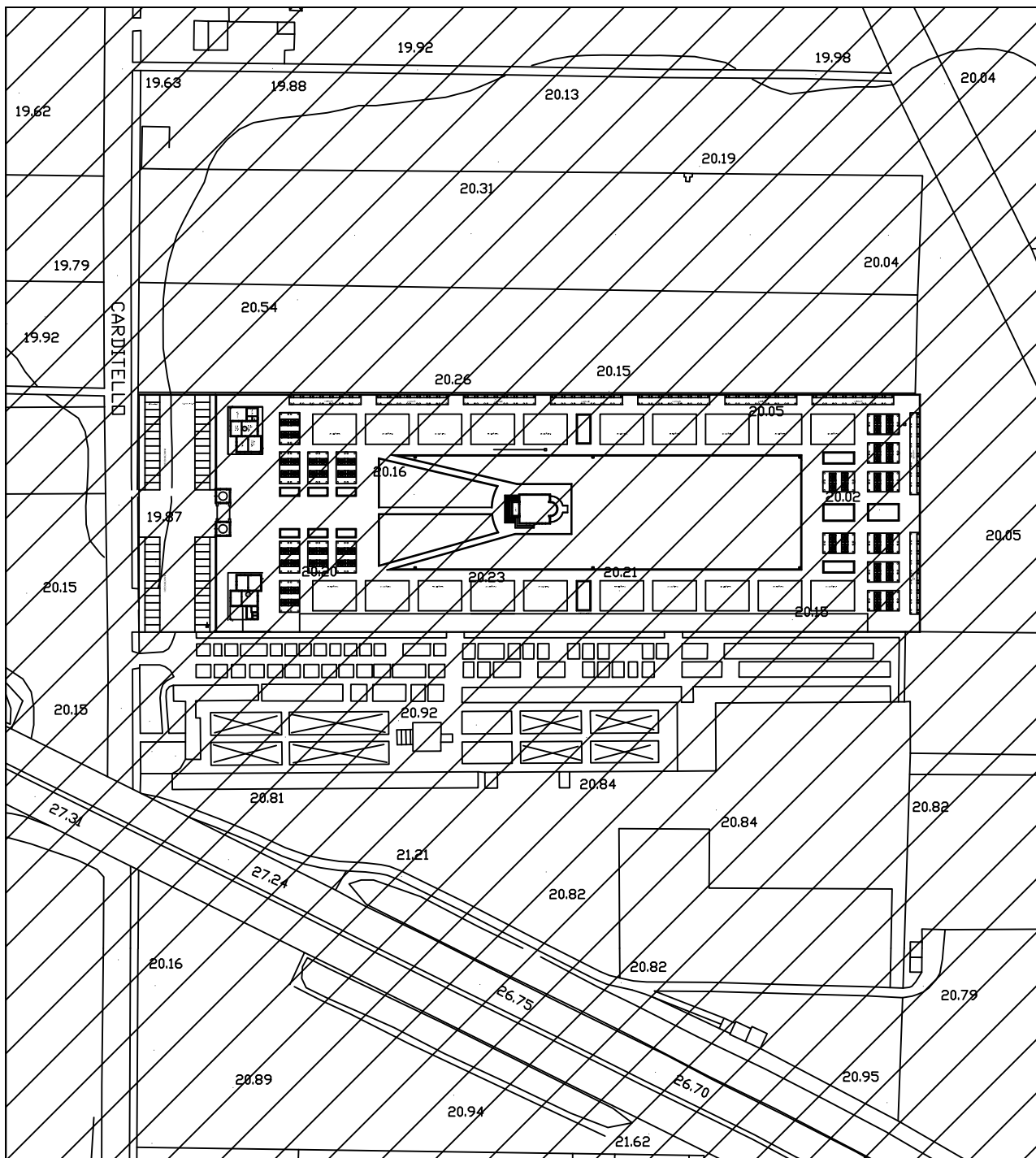
# COMUNE DI CASALUCE (Caserta)

## "COMPLETAMENTO DEL NUOVO CIMITERO COMUNALE"


Committente: Amministrazione Comunale Casaluce

Località: Nuovo Cimitero Comunale

### ALLEGATO III -Carta geomorfologica e della stabilità-



Scala 1:2.000

 Area di piana piroclastica mediamente stabile



Geologia Applicata & Ambientale  
via G. Matteotti, 1 - 81030 - Frignano (CE)  
Tel: 0818122335 - 3661581726  
e-mail: [alessandromagliulo@gmail.com](mailto:alessandromagliulo@gmail.com)  
PEC: [alessandromagliulo@epap.sicurezza postale.it](mailto:alessandromagliulo@epap.sicurezza postale.it)  
Dr. Geol. Alessandro MAGLIULO



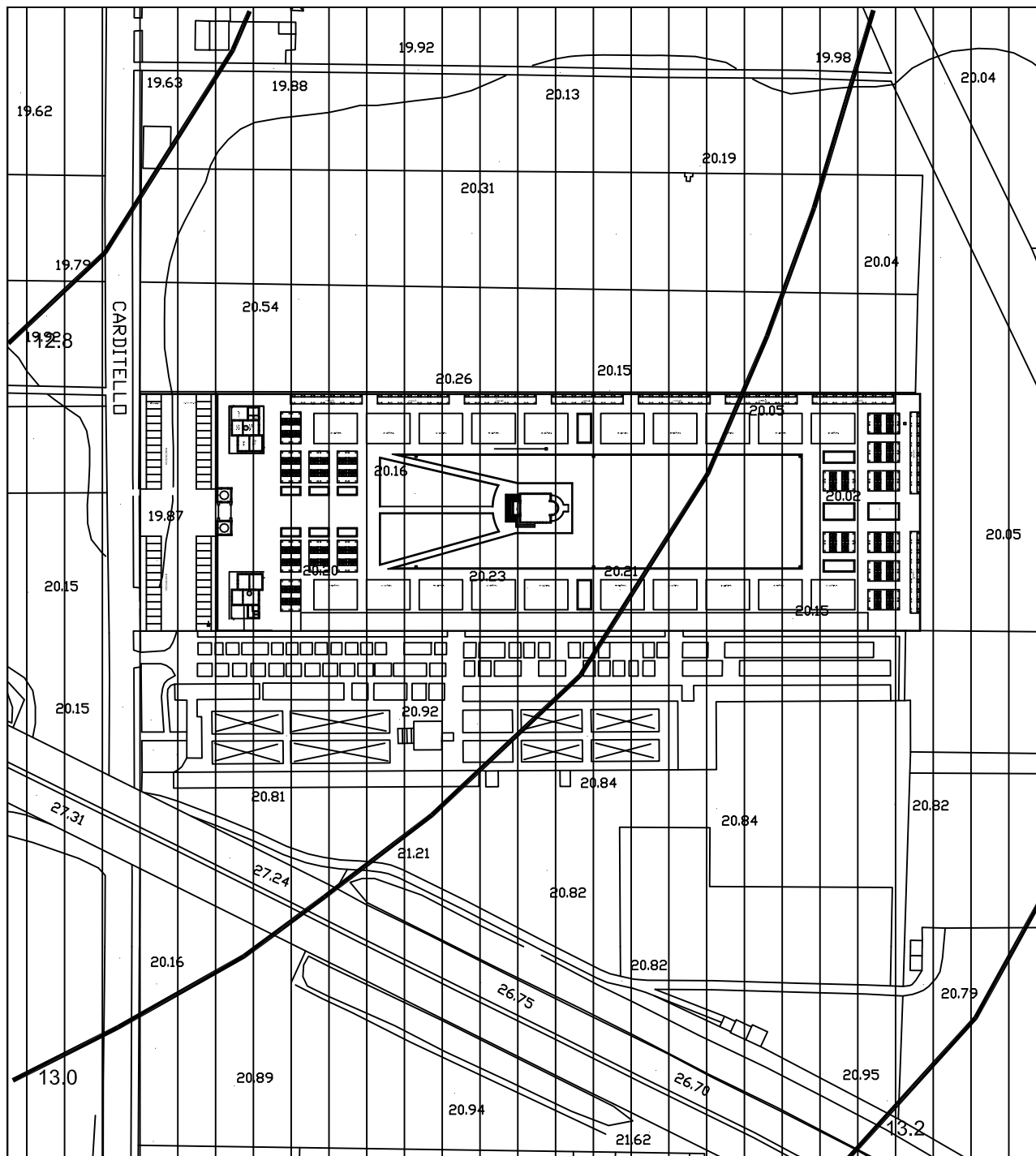
# COMUNE DI CASALUCE (Caserta)

## "COMPLETAMENTO DEL NUOVO CIMITERO COMUNALE"

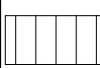

Committente: Amministrazione Comunale Casaluce

Località: Nuovo Cimitero Comunale

### ALLEGATO IV -Carta Idrogeologica-



Scala 1:2.000

	Complesso idrogeologico di piana piroclastica a media permeabilità
	Curva isopiezometrica con relativa quota sul livello del mare



Geologia Applicata & Ambientale  
via G. Matteotti, 1 - 81030 - Frignano (CE)  
Tel: 0818122335 - 3661581726  
e-mail: [alessandromagliulo@gmail.com](mailto:alessandromagliulo@gmail.com)  
PEC: [alessandromagliulo@epap.sicurezza postale.it](mailto:alessandromagliulo@epap.sicurezza postale.it)  
Dr. Geol. Alessandro MAGLIULO

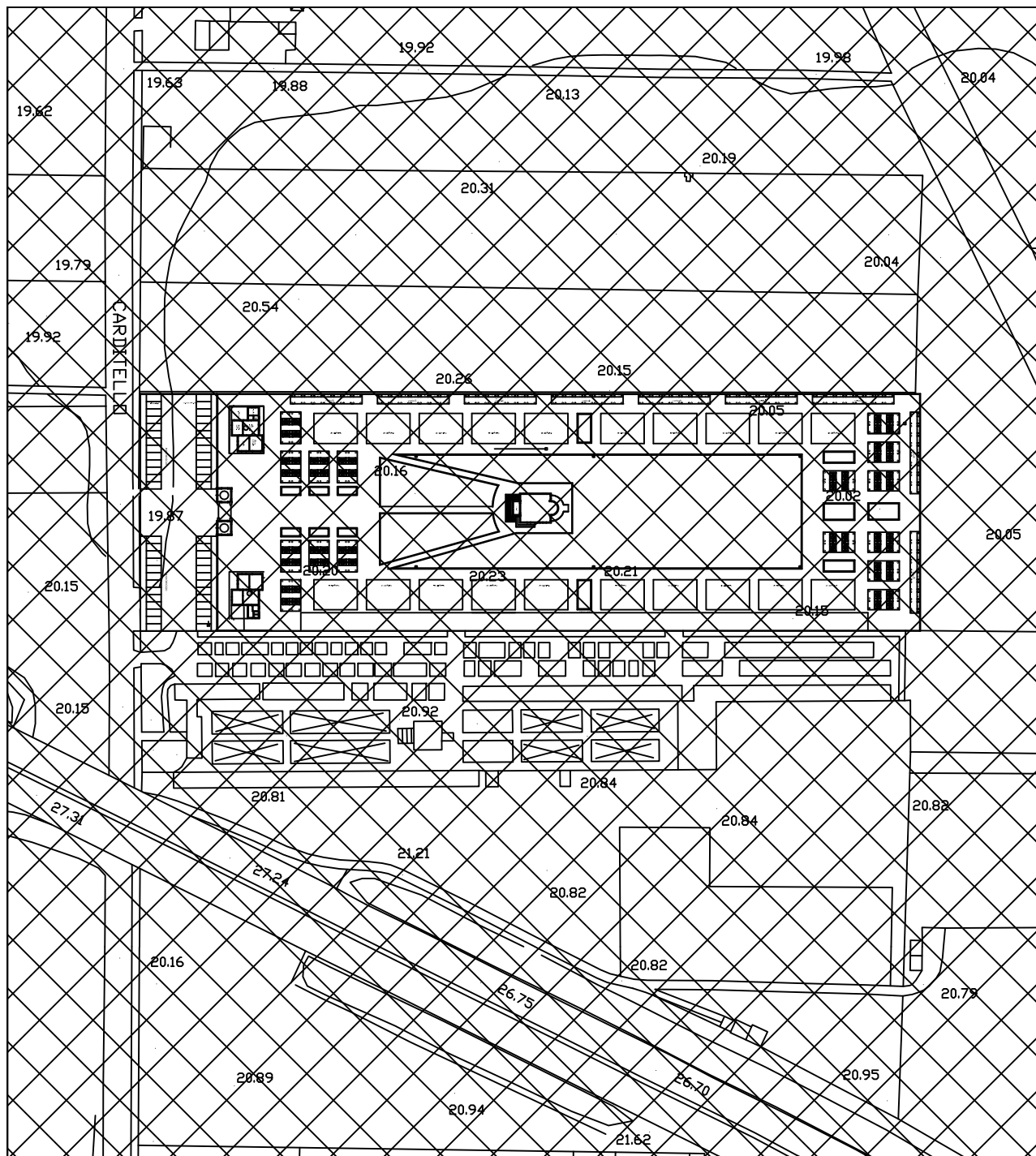
**COMUNE DI CASALUCE**  
(Caserta)

**"COMPLETAMENTO DEL NUOVO CIMITERO COMUNALE"**

Committente: Amministrazione Comunale Casaluce

Località: Nuovo Cimitero Comunale

**ALLEGATO V -Carta di microzonazione sismica-**



Scala 1:2.000

	<b>Categoria di suolo di tipo B</b> (parametro calcolato partendo dai terreni posti al piano campagna)
-------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------



Geologia Applicata & Ambientale  
via G. Matteotti, 1 - 81030 - Frignano (CE)  
Tel: 0818122335 - 3661581726  
e-mail: [alessandromagliulo@gmail.com](mailto:alessandromagliulo@gmail.com)  
PEC: [alessandromagliulo@epap.sicurezza postale.it](mailto:alessandromagliulo@epap.sicurezza postale.it)  
Dr. Geol. Alessandro MAGLIULO

## **SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO**

**S1**

**A CORREDO DELLO STUDIO GEOLOGICO RELATIVO ALLA STESURA DI UN PIANO  
URBANISTICO ATTUATIVO (PUA) DEL COMUNE DI CASALUCE (CE)**

**-PRESO A RIFERIMENTO PER LA RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA  
DEL SITO IN OGGETTO-**

Riferimento: Variante al Piano di Recupero	Sondaggio: S1
Località: Piazza Castello Casaluce (CE)	Quota: 22,40
Impresa esecutrice: La Fontana Itapozzi S.r.l.	Data: 21/01/2011
Coordinate: Lon. 14.197303° Lat. 41.003576°	Redattore: Geol. Gennaro D'Agostino
Perforazione: a carotaggio continuo	

Ø mm	R v	A r	S	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
											S.P.T.	N			
					1									1.0	Terreno vegetale marrone bruno, sabbioso debolmente limoso, sciolto
					2									2.4	Terreno vegetale limoso argilloso, marrone bruno leggermente torboso, poco consistente
					3		1) Ind < 3.00 3.50				17-26-24	50		3.2	Materiale di origine piroclastica limoso sabbioso di colore beige, poco addensato
					4									4.4	Materiale di origine piroclastica, di colore grigio sabbioso limoso, con incluse abbondanti pomici biancastre millimetriche; addensato
					5									6.0	Materiale di origine piroclastica limoso sabbioso di colore marrone chiaro; mediamente addensato
					6									8.2	Materiale di origine piroclastica giallo rossastro, mediamente tuffizzato con inclusi scoriacei grigiastri nerastri e rossastri, semilitoide addensato; si presenta frantumato al carotaggio
					7									9.0	Materiale di origine piroclastica di colore grigio avana sabbioso debolmente ghiaioso, con incluse pomici e lapilli centimetrici; addensato
					8						7-9-7	16		11.0	Materiale di origine piroclastica sabbioso grossolano, debolmente ghiaioso, di colore beige con elementi scoriacei e lapillici nerastri e rossastri; addensato
					9									13.0	Materiale di origine piroclastica ghiaioso debolmente sabbioso, di colore rosso ruggine, ad elementi scoriacei e lapillici centimetrici spigolosi, raramente subarrotondati; molto addensato
					10									14.8	Materiale di origine piroclastica sabbioso grossolano di colore grigio scuro con inclusi rari elementi scoriacei e lapillici (max 1 cm); addensato
					11									18.2	Materiale di origine piroclastica sabbioso ghiaioso di colore grigio, con inclusi elementi lapillici di colore nero centimetrici (max 2 cm), e scoriacei di colore grigiastro e rossastro dell'ordine di qualche centimetro; molto addensato
					12									18.2	Materiale di origine piroclastica sabbioso grossolano ghiaioso di colore grigio tendente al rosso con inclusi elementi scoriacei e lapillici centimetrici; molto addensato
					13										
					14										
					15										
					16										
					17										
					18										
					19										
					20										
					21										
					22										
					23										
					24										
					25										
					26										
					27										
					28										
					29										
					30										
					31									31.0	

**PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE  
DPSH  
REALIZZATE PER LA CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE  
GEOTECNICA DEL SITO IN OGGETTO**



**I. Geo. s.a.s.**

Indagini geognostiche e geofisiche – Consolidamenti – pali – micropali  
Via Aldo Moro, 2 - 81050 Pastorano (CE) - tel - fax 0823/879116 ; cell. 338/1534202

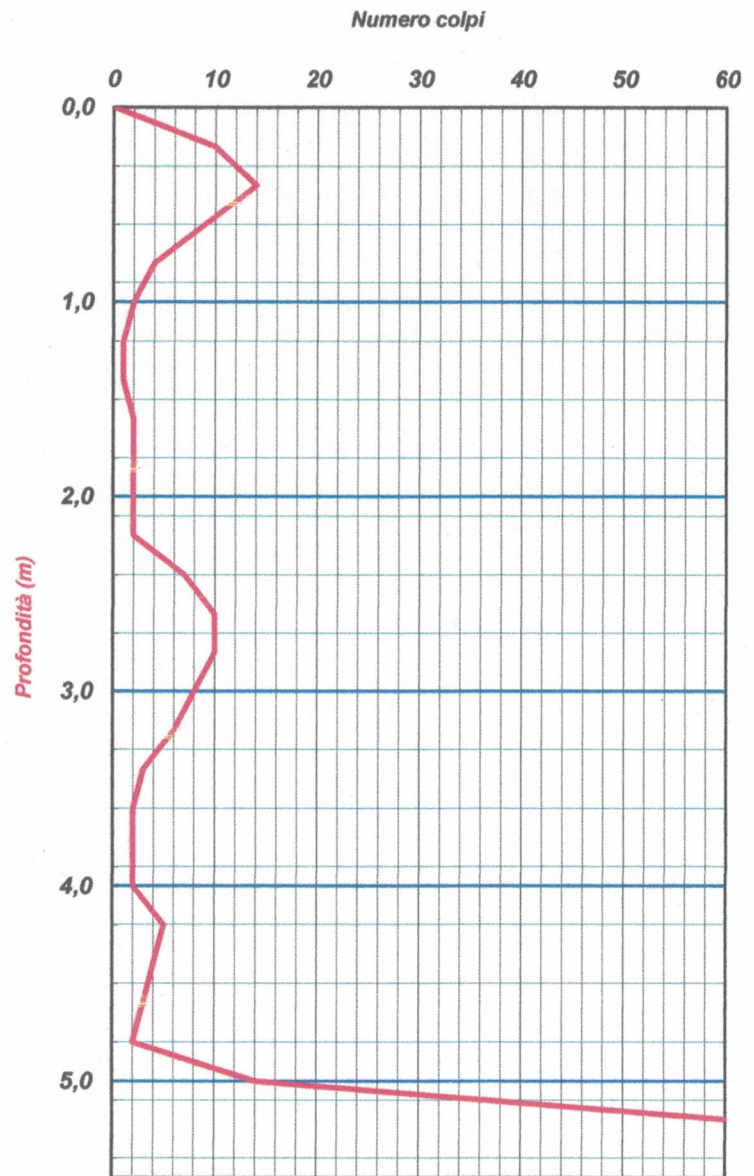
E-Mail: igeo2004@virgilio.it – P.Iva : 01956710618

EN ISO 9001:2008 N.: 1071ITQS rilasciato da EUROCERT

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH**

COMMITTENTE:	COMUNE DI CASALUCE			N° Certificato	0967/18
OGGETTO:	COMPLETAMENTO DELL'AMPLIAMENTO DEL NUOVO CIMITERO COMUNALE			Sigla Prova	DPSH 1
LOCALITA':	CASALUCE (CE) - CIMITERO COMUNALE			Data emissione	26/06/2018
MODELLO SONDA: TG63-200 KN	PESO ASTE: 6,5 Kg	APERTURA DELLA PUNTA: 90°			
COORDINATE GEOGRAFICHE	Lat: 41.008805 N		Long: 14.200432 E		
DATA ESECUZIONE PROVA:	26/06/2018	campione indisturbato (m)		Pagina	1/1

Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi
0,00	0						
0,20	10						
0,40	14						
0,60	9						
0,80	4						
1,00	2						
1,20	1						
1,40	1						
1,60	2						
1,80	2						
2,00	2						
2,20	2						
2,40	7						
2,60	10						
2,80	10						
3,00	8						
3,20	6						
3,40	3						
3,60	2						
3,80	2						
4,00	2						
4,20	5						
4,40	4						
4,60	3						
4,80	2						
5,00	14						
5,20	60						



**LEGENDA**

Prof. = profondità dal piano campagna (m)  
num. colpi. = numero di colpi

Il direttore tecnico  
Dott. Geol. Giuseppe D'Onofrio & C.  
Via Aldo Moro, 2 - Pastorano (CE)  
P.Iva: 01956710618  
Tel. 0823/879116 - Fax 0823/1560121





**I. Geo. s.a.s.**

Indagini geognostiche e geofisiche – Consolidamenti – pali – micropali  
Via Aldo Moro, 2 - 81050 Pastorano (CE) - tel - fax 0823/879116 ; cell. 338/1534202

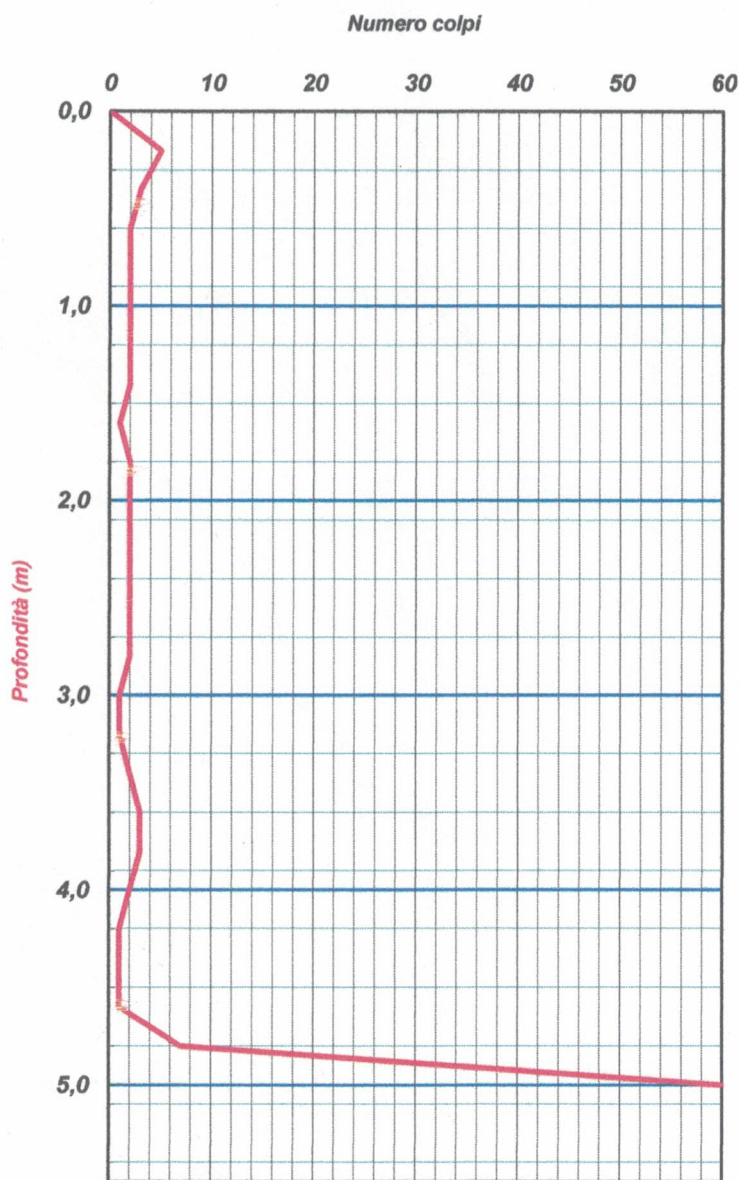
E-Mail: igeo2004@virgilio.it – P.Iva : 01956710618

EN ISO 9001:2008 N.: 1071ITQS rilasciato da EUROCERT

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH**

COMMITTENTE:	COMUNE DI CASALUCE				
OGGETTO:	COMPLETAMENTO DELL'AMPLIAMENTO DEL NUOVO CIMITERO COMUNALE			N° Certificato	0968/18
LOCALITA':	CASALUCE (CE) - CIMITERO COMUNALE			Sigla Prova	DPSH 2
MODELLO SONDA: TG63-200 KN	PESO ASTE: 6,5 Kg	APERTURA DELLA PUNTA: 90°		Data emissione	26/06/2018
COORDINATE GEOGRAFICHE	Lat: 41.008781 N		Long: 14.201305 E		
DATA ESECUZIONE PROVA:	26/06/2018	campione indisturbato (m)		Pagina	1/1

Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi
0,00	0						
0,20	5						
0,40	3						
0,60	2						
0,80	2						
1,00	2						
1,20	2						
1,40	2						
1,60	1						
1,80	2						
2,00	2						
2,20	2						
2,40	2						
2,60	2						
2,80	2						
3,00	1						
3,20	1						
3,40	2						
3,60	3						
3,80	3						
4,00	2						
4,20	1						
4,40	1						
4,60	1						
4,80	7						
5,00	60						



**LEGENDA**

Prof. = profondità dal piano campagna (m)  
num. colpi. = numero di colpi

**Il direttore tecnico**  
Dott. Geol. Giuseppe D'Onofrio  
I. Geo. s.a.s.  
Via Aldo Moro, 2 - Pastorano (CE)  
P.Iva: 01956710618  
Tel. 0823/879116 - Fax 0823/1560121





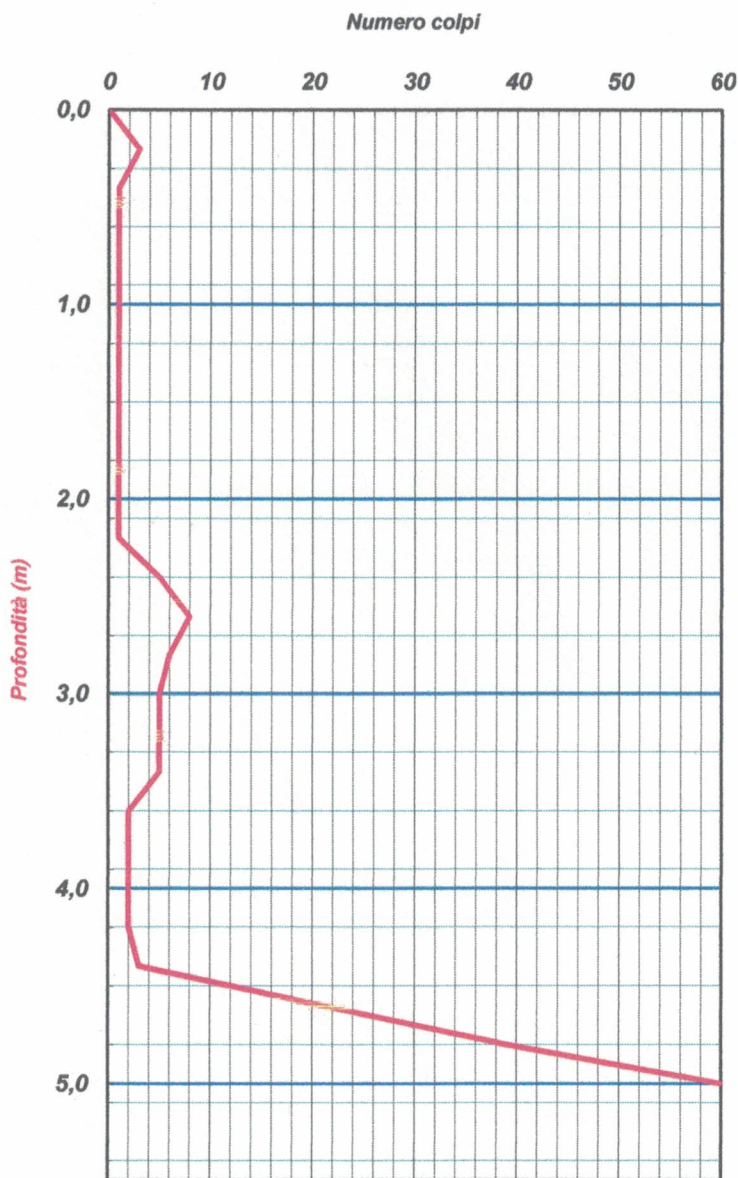
**I. Geo. s.a.s.**

Indagini geognostiche e geofisiche – Consolidamenti – pali – micropali  
Via Aldo Moro, 2 - 81050 Pastorano (CE) - tel - fax 0823/879116 ; cell. 338/1534202  
E-Mail: igeo2004@virgilio.it – P.Iva : 01956710618  
EN ISO 9001:2008 N.: 1071ITQS rilasciato da EUROCERT

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH**

COMMITTENTE:	COMUNE DI CASALUCE			N° Certificato	1083/18
OGGETTO:	COMPLETAMENTO DELL'AMPLIAMENTO DEL NUOVO CIMITERO COMUNALE			Sigla Prova	DPSH 3
LOCALITA':	CASALUCE (CE) - CIMITERO COMUNALE			Data emissione	26/06/2018
MODELLO SONDA: TG63-200 KN	PESO ASTE: 6,5 Kg	APERTURA DELLA PUNTA: 90°		Pagina	1/1
COORDINATE GEOGRAFICHE	Lat: 41.008644 N		Long: 14.200131 E		
DATA ESECUZIONE PROVA:	26/06/2018	campione indisturbato (m)			

Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi	Prof.	num. Colpi
0,00	0						
0,20	3						
0,40	1						
0,60	1						
0,80	1						
1,00	1						
1,20	1						
1,40	1						
1,60	1						
1,80	1						
2,00	1						
2,20	1						
2,40	5						
2,60	8						
2,80	6						
3,00	5						
3,20	5						
3,40	5						
3,60	2						
3,80	2						
4,00	2						
4,20	2						
4,40	3						
4,60	21						
4,80	39						
5,00	60						



**LEGENDA**

Prof. = profondità dal piano campagna (m)  
num. colpi. = numero di colpi

Il direttore tecnico  
 Dott. Geol. Giuseppe D'Onofrio  
 Via Aldo Moro, 2 - Pastorano (CE)  
 P.Iva: 01956710618  
 Tel. 0823/879116 - Fax 0823/1560121



# PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

## DPSH 1-2-3

Committente:	COMUNE DI CASALUCE – CE –
Cantiere:	COMPLETAMENTO DELL'AMPLIAMENTO DEL NUOVO CIMITERO COMUNALE
Località:	CASALUCE (CE) - CIMITERO COMUNALE

### Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,47
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

Dr. Geol.

Alessandro Magliulo

PROVA DPSH1

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI  
 Prova eseguita in data 11/07/2018  
 Profondità prova 5,20 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	10	0,855	8,81	10,30	440,31	515,21
0,40	14	0,801	11,55	14,43	577,59	721,29
0,60	9	0,847	7,21	8,51	360,46	425,56
0,80	4	0,843	3,19	3,78	159,51	189,14
1,00	2	0,840	1,59	1,89	79,42	94,57
1,20	1	0,836	0,79	0,95	39,54	47,28
1,40	1	0,833	0,79	0,95	39,38	47,28
1,60	2	0,830	1,45	1,75	72,49	87,39
1,80	2	0,826	1,44	1,75	72,21	87,39
2,00	2	0,823	1,44	1,75	71,93	87,39
2,20	2	0,820	1,43	1,75	71,67	87,39
2,40	7	0,817	5,00	6,12	249,92	305,85
2,60	10	0,814	6,61	8,12	330,65	406,08
2,80	10	0,811	6,59	8,12	329,50	406,08
3,00	8	0,809	5,25	6,50	262,71	324,86
3,20	6	0,806	3,93	4,87	196,38	243,65
3,40	3	0,803	1,96	2,44	97,87	121,82
3,60	2	0,801	1,22	1,52	60,75	75,86
3,80	2	0,798	1,21	1,52	60,57	75,86
4,00	2	0,796	1,21	1,52	60,39	75,86
4,20	5	0,794	3,01	3,79	150,52	189,65
4,40	4	0,791	2,40	3,03	120,08	151,72
4,60	3	0,789	1,69	2,13	84,25	106,75
4,80	2	0,787	1,12	1,42	56,01	71,17
5,00	14	0,735	7,32	9,96	366,16	498,16
5,20	60	0,583	24,89	42,70	1244,71	2134,98

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato (2) Terreno vegetale	2,51	0,80-2,20	Terzaghi-Peck	15,40
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	12,05	2,20-3,20	Terzaghi-Peck	79,73
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	4,23	3,20-4,80	Terzaghi-Peck	25,89
Strato (5) Tufo litoide	54,39	4,80-5,20	Terzaghi-Peck	360,00

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (2) Terreno vegetale	2,51	0,80-2,20	Robertson (1983)	0,49
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	12,05	2,20-3,20	Robertson (1983)	2,36
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	4,23	3,20-4,80	Robertson (1983)	0,83
Strato (5) Tufo litoide	54,39	4,80-5,20	Robertson (1983)	10,67

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato (2) Terreno vegetale	2,51	0,80-2,20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	2,69
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	12,05	2,20-3,20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	12,23
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	4,23	3,20-4,80	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	4,41
Strato (5) Tufo litoide	54,39	4,80-5,20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	54,58

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato (2) Terreno vegetale	2,51	0,80-2,20	Apollonia	2,46
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	12,05	2,20-3,20	Apollonia	11,82
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	4,23	3,20-4,80	Apollonia	4,15
Strato (5) Tufo litoide	54,39	4,80-5,20	Apollonia	53,34

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (2) Terreno vegetale	2,51	0,80-2,20	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	12,05	2,20-3,20	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	4,23	3,20-4,80	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (5) Tufo litoide	54,39	4,80-5,20	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato (2) Terreno vegetale	2,51	0,80-2,20	Meyerhof	15,69
Strato (3)	12,05	2,20-3,20	Meyerhof	19,81

Piroclastite sabbioso limosa				
Strato (4)	4,23	3,20-4,80	Meyerhof	16,77
Piroclastite limoso sabbiosa				
Strato (5)	54,39	4,80-5,20	Meyerhof	24,52
Tufo litoide				

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m <sup>3</sup> )
Strato (2)	2,51	0,80-2,20	Meyerhof	18,24
Terreno vegetale				
Strato (3)	12,05	2,20-3,20	Meyerhof	21,77
Piroclastite sabbioso limosa				
Strato (4)	4,23	3,20-4,80	Meyerhof	18,34
Piroclastite limoso sabbiosa				
Strato (5)	54,39	4,80-5,20	Meyerhof	24,52
Tufo litoide				

## TERRENI INCOERENTI

### Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Materiale di riporto	13,6	0,00-0,80	13,6	Meyerhof 1957	88,78
Strato (2) Terreno vegetale	2,51	0,80-2,20	2,51	Meyerhof 1957	34,43
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	12,05	2,20-3,20	12,05	Meyerhof 1957	68,07
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	4,23	3,20-4,80	4,23	Meyerhof 1957	36,71
Strato (5) Tufo litoide	54,39	4,80-5,20	54,39	Meyerhof 1957	100

### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Materiale di riporto	13,6	0,00-0,80	13,6	Shioi-Fukuni (1982)	29,28
Strato (2) Terreno vegetale	2,51	0,80-2,20	2,51	Shioi-Fukuni (1982)	21,14
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	12,05	2,20-3,20	12,05	Shioi-Fukuni (1982)	28,44
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	4,23	3,20-4,80	4,23	Shioi-Fukuni (1982)	22,97
Strato (5) Tufo litoide	54,39	4,80-5,20	54,39	Shioi-Fukuni (1982)	43,56

### Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) Materiale di riporto	13,6	0,00-0,80	13,6	Schultze-Menzenbach	13,40
Strato (2) Terreno vegetale	2,51	0,80-2,20	2,51	Schultze-Menzenbach	7,80
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	12,05	2,20-3,20	12,05	Schultze-Menzenbach	12,71
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	4,23	3,20-4,80	4,23	Schultze-Menzenbach	8,36
Strato (5) Tufo litoide	54,39	4,80-5,20	54,39	Schultze-Menzenbach	71,30

### Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) Materiale di riporto	13,6	0,00-0,80	13,6		19,85
Strato (2) Terreno vegetale	2,51	0,80-2,20	2,51		12,52

Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	12,05	2,20-3,20	12,05	18,83
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	4,23	3,20-4,80	4,23	13,42
Strato (5) Tufo litoide	54,39	4,80-5,20	54,39	84,03

#### Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Materiale di riporto	13,6	0,00-0,80	13,6	Classificazione A.G.I	MODERATAME NTE ADDENSATO
Strato (2) Terreno vegetale	2,51	0,80-2,20	2,51	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	12,05	2,20-3,20	12,05	Classificazione A.G.I	MODERATAME NTE ADDENSATO
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	4,23	3,20-4,80	4,23	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (5) Tufo litoide	54,39	4,80-5,20	54,39	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1) Materiale di riporto	13,6	0,00-0,80	13,6	Meyerhof ed altri	14,93
Strato (2) Terreno vegetale	2,51	0,80-2,20	2,51	Meyerhof ed altri	13,52
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	12,05	2,20-3,20	12,05	Meyerhof ed altri	14,74
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	4,23	3,20-4,80	4,23	Meyerhof ed altri	13,75
Strato (5) Tufo litoide	54,39	4,80-5,20	54,39	Meyerhof ed altri	18,42

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1) Materiale di riporto	13,6	0,00-0,80	13,6	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,10
Strato (2) Terreno vegetale	2,51	0,80-2,20	2,51	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,22
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	12,05	2,20-3,20	12,05	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,98
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	4,23	3,20-4,80	4,23	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,37
Strato (5) Tufo litoide	54,39	4,80-5,20	54,39	Terzaghi-Peck 1948-1967	21,25

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Materiale di riporto	13,6	0,00-0,80	13,6	(A.G.I.)	0,33
Strato (2) Terreno vegetale	2,51	0,80-2,20	2,51	(A.G.I.)	0,35
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	12,05	2,20-3,20	12,05	(A.G.I.)	0,33
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	4,23	3,20-4,80	4,23	(A.G.I.)	0,35
Strato (5) Tufo litoide	54,39	4,80-5,20	54,39	(A.G.I.)	0,24

Coefficiente spinta a Riposo  $K_0 = \sigma_H / P_0$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	$K_0$
Strato (1) Materiale di riporto	13,6	0,00-0,80	13,6	Navfac 1971-1982	2,85
Strato (2) Terreno vegetale	2,51	0,80-2,20	2,51	Navfac 1971-1982	0,39
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	12,05	2,20-3,20	12,05	Navfac 1971-1982	2,53
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	4,23	3,20-4,80	4,23	Navfac 1971-1982	0,81
Strato (5) Tufo litoide	54,39	4,80-5,20	54,39	Navfac 1971-1982	8,85

$Q_c$  ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	$Q_c$ (Mpa)
Strato (1) Materiale di riporto	13,6	0,00-0,80	13,6	Robertson 1983	2,67
Strato (2) Terreno vegetale	2,51	0,80-2,20	2,51	Robertson 1983	0,49
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	12,05	2,20-3,20	12,05	Robertson 1983	2,36
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	4,23	3,20-4,80	4,23	Robertson 1983	0,83
Strato (5) Tufo litoide	54,39	4,80-5,20	54,39	Robertson 1983	10,67

PROVA DPSH2

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI  
 Prova eseguita in data 11/07/2018  
 Profondità prova 5,00 mt  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	5	0,855	4,40	5,15	220,16	257,60
0,40	3	0,851	2,63	3,09	131,50	154,56
0,60	2	0,847	1,60	1,89	80,10	94,57
0,80	2	0,843	1,60	1,89	79,75	94,57
1,00	2	0,840	1,59	1,89	79,42	94,57
1,20	2	0,836	1,58	1,89	79,09	94,57
1,40	2	0,833	1,58	1,89	78,76	94,57
1,60	1	0,830	0,72	0,87	36,25	43,69
1,80	2	0,826	1,44	1,75	72,21	87,39
2,00	2	0,823	1,44	1,75	71,93	87,39
2,20	2	0,820	1,43	1,75	71,67	87,39
2,40	2	0,817	1,43	1,75	71,41	87,39
2,60	2	0,814	1,32	1,62	66,13	81,22
2,80	2	0,811	1,32	1,62	65,90	81,22
3,00	1	0,809	0,66	0,81	32,84	40,61
3,20	1	0,806	0,65	0,81	32,73	40,61
3,40	2	0,803	1,30	1,62	65,25	81,22
3,60	3	0,801	1,82	2,28	91,13	113,79
3,80	3	0,798	1,82	2,28	90,85	113,79
4,00	2	0,796	1,21	1,52	60,39	75,86
4,20	1	0,794	0,60	0,76	30,10	37,93
4,40	1	0,791	0,60	0,76	30,02	37,93
4,60	1	0,789	0,56	0,71	28,08	35,58
4,80	7	0,787	3,92	4,98	196,05	249,08
5,00	60	0,585	24,98	42,70	1249,02	2134,98

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato (2) Terreno vegetale	2,78	0,40-2,20	Terzaghi-Peck	17,06
Strato (3) Piroclastite limoso sabbiosa	2,57	2,20-4,60	Terzaghi-Peck	15,79
Strato (4) Tufo litoide	49,25	4,60-5,00	Terzaghi-Peck	325,97

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (2) Terreno vegetale	2,78	0,40-2,20	Robertson (1983)	0,55
Strato (3) Piroclastite limoso sabbiosa	2,57	2,20-4,60	Robertson (1983)	0,50
Strato (4)	49,25	4,60-5,00	Robertson (1983)	9,66



Tufo litoide				
--------------	--	--	--	--

#### Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato (2) Terreno vegetale	2,78	0,40-2,20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	2,96
Strato (3) Piroclastite limoso sabbiosa	2,57	2,20-4,60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	2,75
Strato (4) Tufo litoide	49,25	4,60-5,00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	49,44

#### Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato (2) Terreno vegetale	2,78	0,40-2,20	Apollonia	2,73
Strato (3) Piroclastite limoso sabbiosa	2,57	2,20-4,60	Apollonia	2,52
Strato (4) Tufo litoide	49,25	4,60-5,00	Apollonia	48,30

#### Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (2) Terreno vegetale	2,78	0,40-2,20	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (3) Piroclastite limoso sabbiosa	2,57	2,20-4,60	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (4) Tufo litoide	49,25	4,60-5,00	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

#### Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato (2) Terreno vegetale	2,78	0,40-2,20	Meyerhof	15,89
Strato (3) Piroclastite limoso sabbiosa	2,57	2,20-4,60	Meyerhof	15,69
Strato (4) Tufo litoide	49,25	4,60-5,00	Meyerhof	24,52

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato (2) Terreno vegetale	2,78	0,40-2,20	Meyerhof	18,24
Strato (3) Piroclastite limoso sabbiosa	2,57	2,20-4,60	Meyerhof	18,24
Strato (4) Tufo litoide	49,25	4,60-5,00	Meyerhof	24,52

**TERRENI INCOERENTI**

## Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Materiale di riporto	5,88	0,00-0,40	5,88	Meyerhof 1957	59,66
Strato (2) Terreno vegetale	2,78	0,40-2,20	2,78	Meyerhof 1957	36,85
Strato (3) Piroclastite limoso sabbiosa	2,57	2,20-4,60	2,57	Meyerhof 1957	30,22
Strato (4) Tufo litoide	49,25	4,60-5,00	49,25	Meyerhof 1957	100

## Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Materiale di riporto	5,88	0,00-0,40	5,88	Shioi-Fukuni (1982)	24,39
Strato (2) Terreno vegetale	2,78	0,40-2,20	2,78	Shioi-Fukuni (1982)	21,46
Strato (3) Piroclastite limoso sabbiosa	2,57	2,20-4,60	2,57	Shioi-Fukuni (1982)	21,21
Strato (4) Tufo litoide	49,25	4,60-5,00	49,25	Shioi-Fukuni (1982)	42,18

## Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) Materiale di riporto	5,88	0,00-0,40	5,88	Schultze-Menzenbach	9,99
Strato (2) Terreno vegetale	2,78	0,40-2,20	2,78	Schultze-Menzenbach	7,89
Strato (3) Piroclastite limoso sabbiosa	2,57	2,20-4,60	2,57	Schultze-Menzenbach	7,82
Strato (4) Tufo litoide	49,25	4,60-5,00	49,25	Schultze-Menzenbach	65,36

## Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) Materiale di riporto	5,88	0,00-0,40	5,88		15,37
Strato (2) Terreno vegetale	2,78	0,40-2,20	2,78		12,66
Strato (3) Piroclastite limoso sabbiosa	2,57	2,20-4,60	2,57		12,55
Strato (4) Tufo litoide	49,25	4,60-5,00	49,25		79,97

## Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1)	5,88	0,00-0,40	5,88	Classificazione	POCO

Materiale di riporto				A.G.I	ADDENSATO
Strato (2) Terreno vegetale	2,78	0,40-2,20	2,78	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (3) Piroclastite limoso sabbiosa	2,57	2,20-4,60	2,57	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (4) Tufo litoide	49,25	4,60-5,00	49,25	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1) Materiale di riporto	5,88	0.00-0,40	5,88	Meyerhof ed altri	13,97
Strato (2) Terreno vegetale	2,78	0,40-2,20	2,78	Meyerhof ed altri	13,55
Strato (3) Piroclastite limoso sabbiosa	2,57	2,20-4,60	2,57	Meyerhof ed altri	13,52
Strato (4) Tufo litoide	49,25	4,60-5,00	49,25	Meyerhof ed altri	18,12

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1) Materiale di riporto	5,88	0.00-0,40	5,88	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,50
Strato (2) Terreno vegetale	2,78	0,40-2,20	2,78	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,25
Strato (3) Piroclastite limoso sabbiosa	2,57	2,20-4,60	2,57	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,23
Strato (4) Tufo litoide	49,25	4,60-5,00	49,25	Terzaghi-Peck 1948-1967	21,07

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Materiale di riporto	5,88	0.00-0,40	5,88	(A.G.I.)	0,34
Strato (2) Terreno vegetale	2,78	0,40-2,20	2,78	(A.G.I.)	0,35
Strato (3) Piroclastite limoso sabbiosa	2,57	2,20-4,60	2,57	(A.G.I.)	0,35
Strato (4) Tufo litoide	49,25	4,60-5,00	49,25	(A.G.I.)	0,26

Coefficiente spinta a Riposo  $K_0 = \sigma_H / P_0$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	$K_0$
Strato (1) Materiale di riporto	5,88	0.00-0,40	5,88	Navfac 1971-1982	1,19
Strato (2) Terreno vegetale	2,78	0,40-2,20	2,78	Navfac 1971-1982	0,46
Strato (3)	2,57	2,20-4,60	2,57	Navfac 1971-1982	0,41

Piroclastite limoso sabbiosa					
Strato (4) Tufo litoide	49,25	4,60-5,00	49,25	Navfac 1971-1982	8,07

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (1) Materiale di riporto	5,88	0,00-0,40	5,88	Robertson 1983	1,15
Strato (2) Terreno vegetale	2,78	0,40-2,20	2,78	Robertson 1983	0,55
Strato (3) Piroclastite limoso sabbiosa	2,57	2,20-4,60	2,57	Robertson 1983	0,50
Strato (4) Tufo litoide	49,25	4,60-5,00	49,25	Robertson 1983	9,66

PROVA DPSH3

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI  
 Prova eseguita in data 11/07/2018  
 Profondità prova 5,00 mt  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	3	0,855	2,64	3,09	132,09	154,56
0,40	1	0,851	0,88	1,03	43,83	51,52
0,60	1	0,847	0,80	0,95	40,05	47,28
0,80	1	0,843	0,80	0,95	39,88	47,28
1,00	1	0,840	0,79	0,95	39,71	47,28
1,20	1	0,836	0,79	0,95	39,54	47,28
1,40	1	0,833	0,79	0,95	39,38	47,28
1,60	1	0,830	0,72	0,87	36,25	43,69
1,80	1	0,826	0,72	0,87	36,10	43,69
2,00	1	0,823	0,72	0,87	35,97	43,69
2,20	1	0,820	0,72	0,87	35,83	43,69
2,40	5	0,817	3,57	4,37	178,52	218,46
2,60	8	0,814	5,29	6,50	264,52	324,86
2,80	6	0,811	3,95	4,87	197,70	243,65
3,00	5	0,809	3,28	4,06	164,19	203,04
3,20	5	0,806	3,27	4,06	163,65	203,04
3,40	5	0,803	3,26	4,06	163,12	203,04
3,60	2	0,801	1,22	1,52	60,75	75,86
3,80	2	0,798	1,21	1,52	60,57	75,86
4,00	2	0,796	1,21	1,52	60,39	75,86
4,20	2	0,794	1,20	1,52	60,21	75,86
4,40	3	0,791	1,80	2,28	90,06	113,79
4,60	21	0,689	10,30	14,94	515,03	747,24
4,80	39	0,587	16,29	27,75	814,74	1387,74
5,00	60	0,585	24,98	42,70	1249,02	2134,98

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH3

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato (2) Terreno vegetale	1,47	0,20-2,20	Terzaghi-Peck	9,02
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	8,33	2,20-3,40	Terzaghi-Peck	55,11
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	3,23	3,40-4,40	Terzaghi-Peck	19,81
Strato (5) Tufo litoide	58,8	4,40-5,00	Terzaghi-Peck	389,23

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (2) Terreno vegetale	1,47	0,20-2,20	Robertson (1983)	0,29

Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	8,33	2,20-3,40	Robertson (1983)	1,63
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	3,23	3,40-4,40	Robertson (1983)	0,63
Strato (5) Tufo litoide	58,8	4,40-5,00	Robertson (1983)	11,53

#### Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato (2) Terreno vegetale	1,47	0,20-2,20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	1,65
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	8,33	2,20-3,40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	8,51
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	3,23	3,40-4,40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	3,41
Strato (5) Tufo litoide	58,8	4,40-5,00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	58,99

#### Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato (2) Terreno vegetale	1,47	0,20-2,20	Apollonia	1,44
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	8,33	2,20-3,40	Apollonia	8,17
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	3,23	3,40-4,40	Apollonia	3,17
Strato (5) Tufo litoide	58,8	4,40-5,00	Apollonia	57,66

#### Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (2) Terreno vegetale	1,47	0,20-2,20	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	8,33	2,20-3,40	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	3,23	3,40-4,40	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (5) Tufo litoide	58,8	4,40-5,00	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

#### Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> )
Strato (2) Terreno vegetale	1,47	0,20-2,20	Meyerhof	14,91
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	8,33	2,20-3,40	Meyerhof	18,73
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	3,23	3,40-4,40	Meyerhof	16,18
Strato (5)	58,8	4,40-5,00	Meyerhof	24,52

Tufo litoide				
--------------	--	--	--	--

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m <sup>3</sup> )
Strato (2) Terreno vegetale	1,47	0,20-2,20	Meyerhof	18,14
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	8,33	2,20-3,40	Meyerhof	20,59
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	3,23	3,40-4,40	Meyerhof	18,24
Strato (5) Tufo litoide	58,8	4,40-5,00	Meyerhof	24,52

## TERRENI INCOERENTI

### Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Materiale di riporto	4,41	0,00-0,20	4,41	Meyerhof 1957	52,19
Strato (2) Terreno vegetale	1,47	0,20-2,20	1,47	Meyerhof 1957	27,14
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	8,33	2,20-3,40	8,33	Meyerhof 1957	56,6
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	3,23	3,40-4,40	3,23	Meyerhof 1957	32,56
Strato (5) Tufo litoide	58,8	4,40-5,00	58,8	Meyerhof 1957	100

### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Materiale di riporto	4,41	0,00-0,20	4,41	Shioi-Fukuni (1982)	23,13
Strato (2) Terreno vegetale	1,47	0,20-2,20	1,47	Shioi-Fukuni (1982)	19,7
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	8,33	2,20-3,40	8,33	Shioi-Fukuni (1982)	26,18
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	3,23	3,40-4,40	3,23	Shioi-Fukuni (1982)	21,96
Strato (5) Tufo litoide	58,8	4,40-5,00	58,8	Shioi-Fukuni (1982)	44,7

### Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) Materiale di riporto	4,41	0,00-0,20	4,41	Schultze-Menzenbach	9,34
Strato (2) Terreno vegetale	1,47	0,20-2,20	1,47	Schultze-Menzenbach	7,47
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	8,33	2,20-3,40	8,33	Schultze-Menzenbach	11,07
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	3,23	3,40-4,40	3,23	Schultze-Menzenbach	8,04
Strato (5) Tufo litoide	58,8	4,40-5,00	58,8	Schultze-Menzenbach	76,41

### Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) Materiale di riporto	4,41	0,00-0,20	4,41		14,38
Strato (2)	1,47	0,20-2,20	1,47		11,99



Terreno vegetale Strato (3)	8,33	2,20-3,40	8,33	17,03
Piroclastite sabbioso limosa Strato (4)	3,23	3,40-4,40	3,23	12,90
Piroclastite limoso sabbiosa Strato (5)	58,8	4,40-5,00	58,8	90,06
Tufo litoide				

#### Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Materiale di riporto	4,41	0,00-0,20	4,41	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) Terreno vegetale	1,47	0,20-2,20	1,47	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	8,33	2,20-3,40	8,33	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	3,23	3,40-4,40	3,23	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (5) Tufo litoide	58,8	4,40-5,00	58,8	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1) Materiale di riporto	4,41	0,00-0,20	4,41	Meyerhof ed altri	13,77
Strato (2) Terreno vegetale	1,47	0,20-2,20	1,47	Meyerhof ed altri	13,37
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	8,33	2,20-3,40	8,33	Meyerhof ed altri	14,28
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	3,23	3,40-4,40	3,23	Meyerhof ed altri	13,61
Strato (5) Tufo litoide	58,8	4,40-5,00	58,8	Meyerhof ed altri	18,64

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1) Materiale di riporto	4,41	0,00-0,20	4,41	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,38
Strato (2) Terreno vegetale	1,47	0,20-2,20	1,47	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,14
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	8,33	2,20-3,40	8,33	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,70
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	3,23	3,40-4,40	3,23	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,28
Strato (5) Tufo litoide	58,8	4,40-5,00	58,8	Terzaghi-Peck 1948-1967	21,38

## Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Materiale di riporto	4,41	0,00-0,20	4,41	(A.G.I.)	0,34
Strato (2) Terreno vegetale	1,47	0,20-2,20	1,47	(A.G.I.)	0,35
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	8,33	2,20-3,40	8,33	(A.G.I.)	0,34
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	3,23	3,40-4,40	3,23	(A.G.I.)	0,35
Strato (5) Tufo litoide	58,8	4,40-5,00	58,8	(A.G.I.)	0,24

Coefficiente spinta a Riposo  $K_0 = \text{SigmaH}/P_0$ 

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	$K_0$
Strato (1) Materiale di riporto	4,41	0,00-0,20	4,41	Navfac 1971-1982	0,85
Strato (2) Terreno vegetale	1,47	0,20-2,20	1,47	Navfac 1971-1982	0,14
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	8,33	2,20-3,40	8,33	Navfac 1971-1982	1,74
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	3,23	3,40-4,40	3,23	Navfac 1971-1982	0,57
Strato (5) Tufo litoide	58,8	4,40-5,00	58,8	Navfac 1971-1982	9,66

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

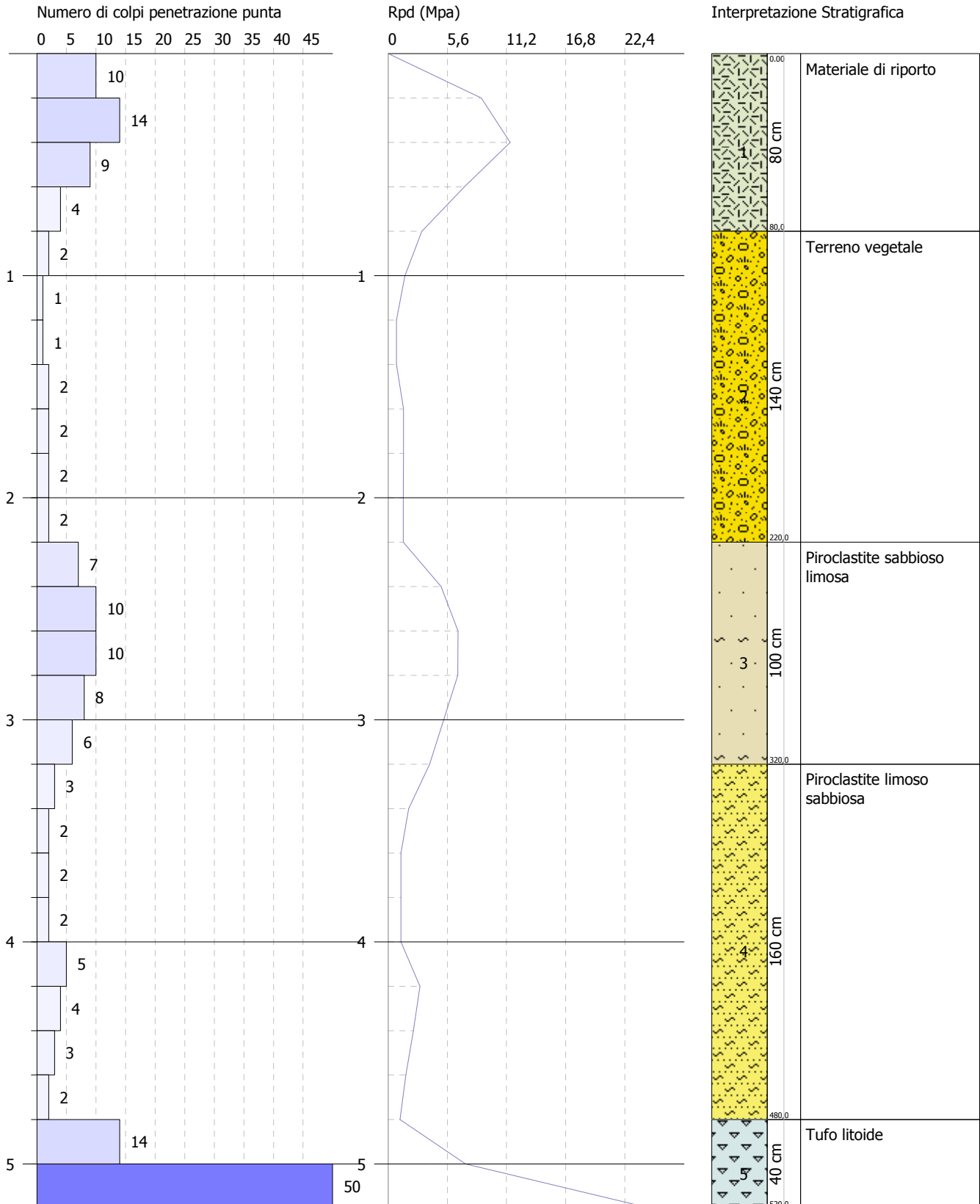
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (1) Materiale di riporto	4,41	0,00-0,20	4,41	Robertson 1983	0,86
Strato (2) Terreno vegetale	1,47	0,20-2,20	1,47	Robertson 1983	0,29
Strato (3) Piroclastite sabbioso limosa	8,33	2,20-3,40	8,33	Robertson 1983	1,63
Strato (4) Piroclastite limoso sabbiosa	3,23	3,40-4,40	3,23	Robertson 1983	0,63
Strato (5) Tufo litoide	58,8	4,40-5,00	58,8	Robertson 1983	11,53

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH1**  
 Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: COMUNE DI CASALUCE - CE -  
 Cantiere: COMPLETAMENTO DELL'AMPLIAMENTO DEL NUOVO CIMITERO COMUNALE  
 Località: CASALUCE (CE) - CIMITERO COMUNALE

Data: 11/07/2018

Scala 1:25

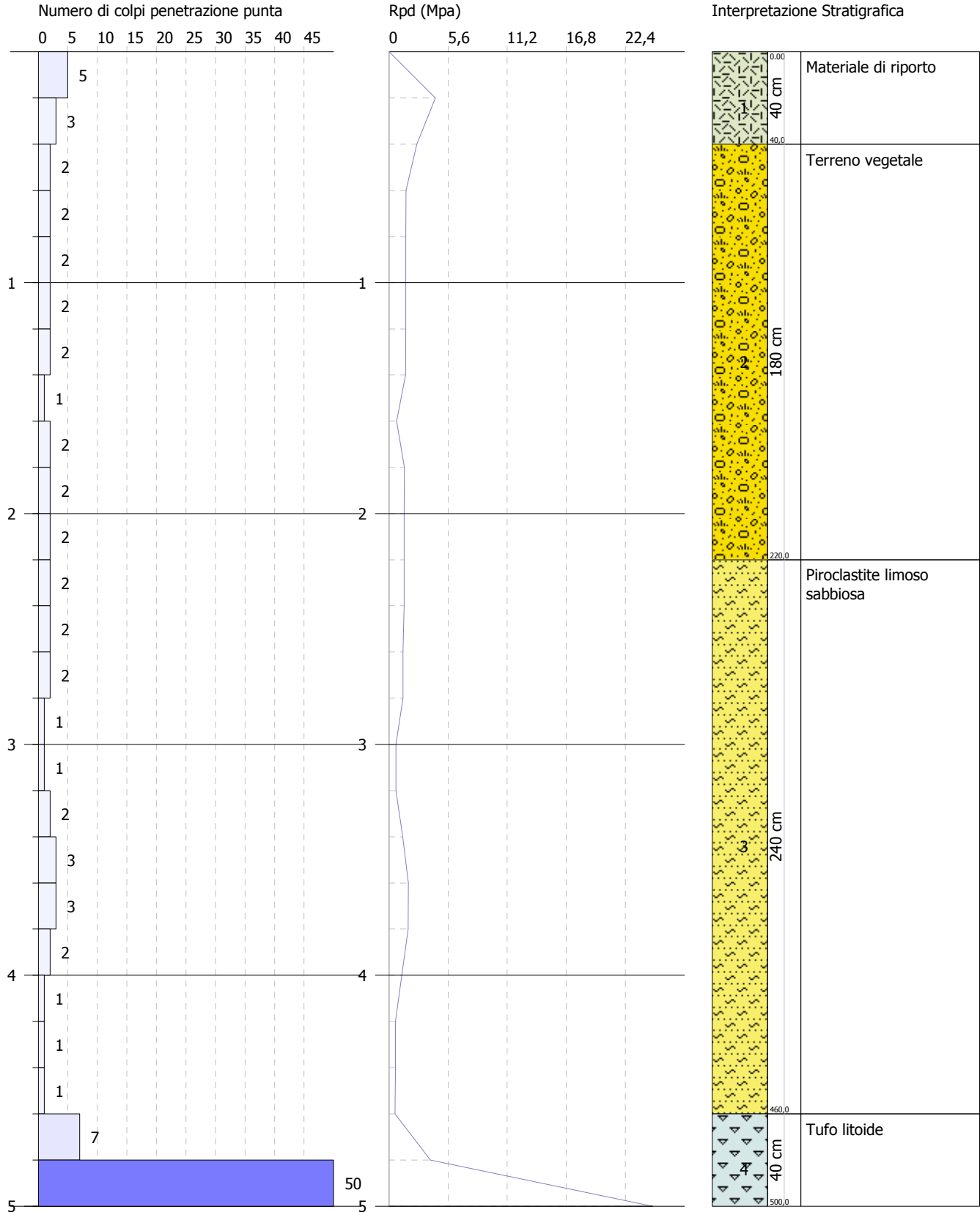


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH2**  
 Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: COMUNE DI CASALUCE - CE -  
 Cantiere: COMPLETAMENTO DELL'AMPLIAMENTO DEL NUOVO CIMITERO COMUNALE  
 Località: CASALUCE (CE) - CIMITERO COMUNALE

Data: 11/07/2018

Scala 1:24

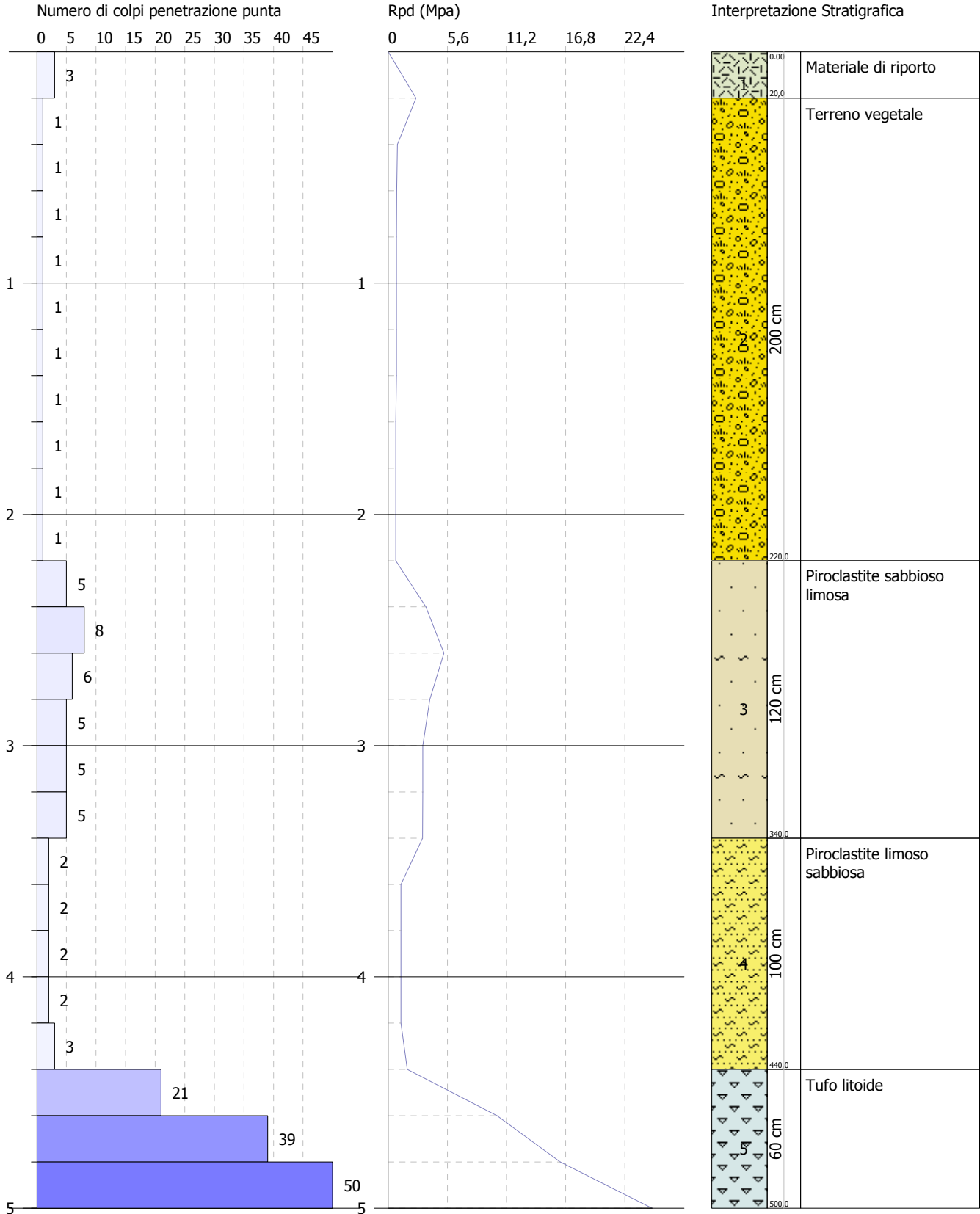


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH3**  
 Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: COMUNE DI CASALUCE - CE -  
 Cantiere: COMPLETAMENTO DELL'AMPLIAMENTO DEL NUOVO CIMITERO COMUNALE  
 Località: CASALUCE (CE) - CIMITERO COMUNALE

Data: 11/07/2018

Scala 1:24



**INDAGINE GEOFISICA TIPO MASW  
MASW**

**REALIZZATA PER LA CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO  
IN OGGETTO**

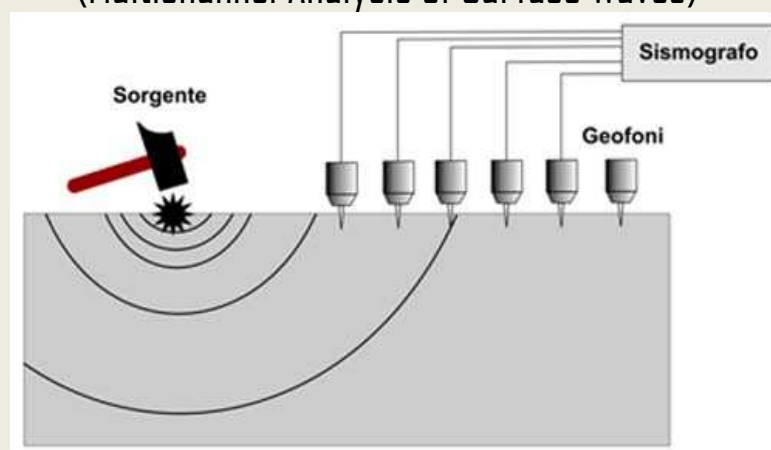
Dr. Alessandro Magliulo  
**GEOLOGO**

**GEOLOGIA APPLICATA &  
AMBIENTALE**

Caratterizzazione sismica dei suoli con metodo

## **Masw**

(Multichannel Analysis of Surface Waves)



Committente	COMUNE DI CASALUCE
Cantiere	NUOVO CIMITERO COMUNALE
Comune	Casaluce (CE)

**INDICE**

-PREMESSA	2
-INDAGINE SISMICA M.A.S.W.	2
-STRUMENTAZIONE IMPIEGATA	3
-METODOLOGIA OPERATIVA	4
-METODOLOGIA INTERPRETATIVA	4
-ELABORATI MASW	6
-PROFILO DI IN SITO	7



## PREMESSA

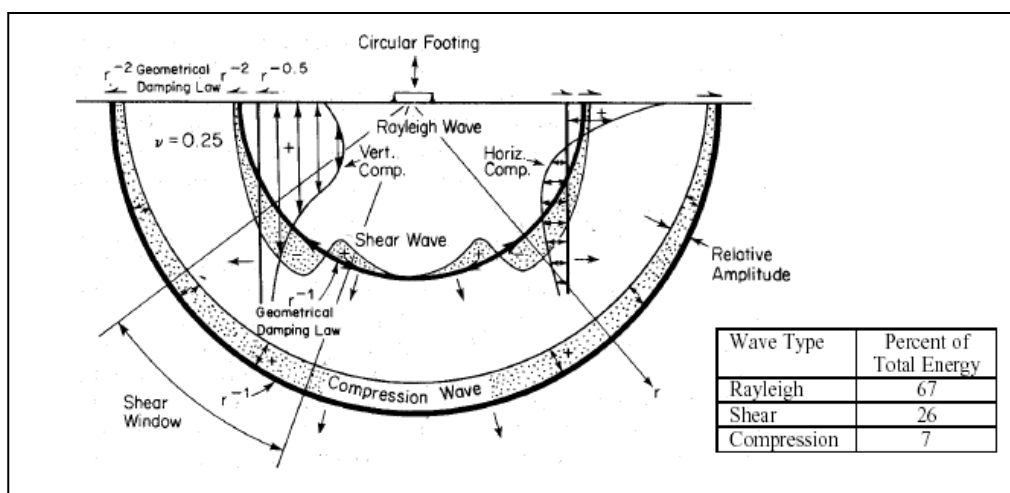
A seguito dell'incarico ricevuto dal COMUNE DI CASALUCE, sono state eseguite indagini geofisiche per determinare il valore del  $V_{S30}$ , ai sensi dell'D.M. 17 gennaio 2018 e succ. mod. ed integr., per il progetto di caratterizzazione sismica del sito in Casaluce (CE) – Nuovo Cimitero Comunale.

A tale scopo sono state effettuate le seguenti indagini:

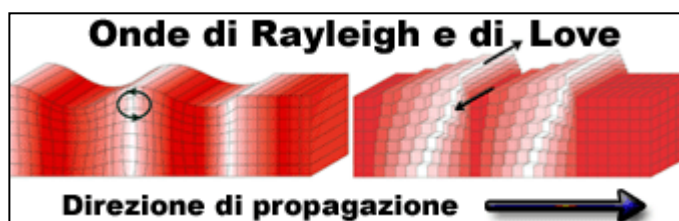
- n° 1 profilo sismico tipo *M.A.S.W.* (multichannel analysis of surface waves).

## INDAGINE SISMICA M.A.S.W.

Il rilievo geofisico MASW (multichannel analysis of surface waves) è utilizzato per la determinazione dei profili verticali della velocità delle onde di taglio ( $V_S$ ) tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh effettuata con *algoritmi genetici*



Evidenziamo quindi come il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.



**Figura 1:** Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh.

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 (Achenbach, J.D., 1999, Aki K. And Richards, P.G., 1980) o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase (o di gruppo) ,apparente, delle onde Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che le 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, mentre le onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Con il metodo Masw, quindi, le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori che consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz , quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo e fino a spingersi ai -30m-50m, in funzione della rigidità del suolo.

Alla fine della nostra indagine Masw e alla sua successiva elaborazione, saremmo quindi in grado di fornire il profilo di velocità delle onde di taglio Vs oltre i 30m. di profondità e di individuare il tipo di suolo sismico in base alla normativa DM 17 Gennaio 2018.

### **STRUMENTAZIONE IMPIEGATA**

L'indagine è stata eseguita utilizzando un acquisitore digitale multicanale della SARA Electronic Instruments S.r.l. di Perugia, modello DOREMI, con processore Pentium IV esterno, display VGA a colori in LCD-TFT 15". Computer portatile a supporto , trattamento del segnale a 16 bit, trattamento di dati Floating Point 32 bit, supporto di memorizzazione mediante Hard-Disk da 40 Gb, con funzione di incremento multiplo del segnale ed opzione per l'inversione di polarità, attivazione di filtri "passa alto", "passa basso" e "notch" in acquisizione o post-acquisizione; inoltre, i guadagni sono selezionabili da software manualmente per ogni canale o in modo automatico e le acquisizioni sono automaticamente registrate sullo strumento. Il trigger è dato da un geofono starter esterno, con possibilità di pre-trigger (0-10 ms).

Sono stati utilizzati 24 ricevitori (geofoni) da 4,5 Hz capaci di misurare il campo di moto della direzione verticale , e come sorgente energizzante, una massa battente (martello) da 5 Kg battuta su una piastra metallica.



Figura 2: ESEMPIO DI STENDIMENTO SISMICO

### METODOLOGIA OPERATIVA

Acquisire un set di dati per l'indagine MASW non è troppo diverso da una comune acquisizione per un'indagine a rifrazione (o riflessione). E' sufficiente effettuare uno stendimento di geofoni allineati con la sorgente ed utilizzare una sorgente ad impatto verticale (martello).

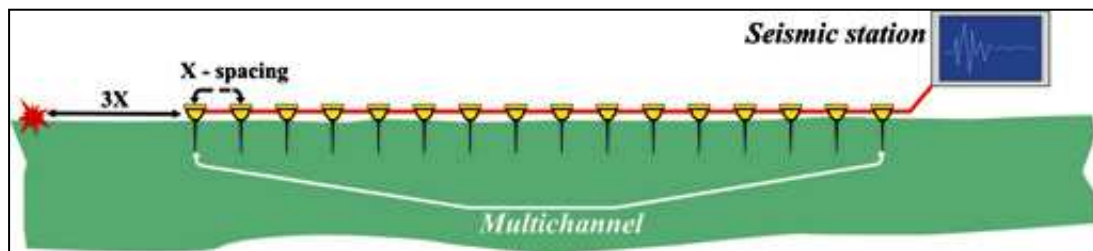


Figura 3: Schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo Masw

Il profilo MASW è stato eseguito utilizzando n° 24 geofoni allineati sul terreno con un'interdistanza di 1,00 metro; i punti di scoppio sono stati posizionati ad una delle estremità del profilo a distanze di 2,00 m, 5,00 m e 8,00 m dal geofono n° 1. La scelta dei tre scoppi è stata effettuata per avere la certezza di generare la dispersione delle onde superficiali a prescindere dai differenti litotipi presenti nel sottosuolo dell'area investigata.

### METODOLOGIA INTERPRETATIVA

Il software *MASW 2007* dell'Ing. Vitantonio Roma consente di analizzare dati sismici (*common-shot gathers* acquisiti in campagna) in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della Vs (velocità delle onde di taglio).

Tale risultato è ottenuto tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves).

La procedura si sviluppa in quattro operazioni svolte in successione: :

- Fase 1: inserimento della curva apparente di dispersione sperimentale del terreno o determinazione della stessa a partire dalle tracce misurate in sito
- Fase 2: simulazione numerica della curva apparente di dispersione del terreno a partire da un profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  di primo tentativo (profilo iniziale)
- Fase 3: determinazione del profilo di velocità finale delle onde di taglio  $V_s$ , che rende ottimale la sovrapposizione della curva apparente di dispersione sperimentale e della curva apparente di dispersione simulata numericamente
- Fase 4: caratterizzazione geotecnica sismica e determinazione del tipo di suolo sulla base del profilo di velocità finale delle onde di taglio  $V_s$

Il software MASW è caratterizzato dai seguenti aspetti:

- ✚ Consente di considerare i modi superiori (fino a 50 modi) delle onde di Rayleigh
- ✚ Consente di eseguire sia una ricerca manuale sia una ricerca automatica del profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$
- ✚ Consente di elaborare le tracce misurate per determinare la curva di dispersione sperimentale
- ✚ Consente di calcolare la  $V_{s30}$  del sito esaminato
- ✚ Consente di stimare un errore del profilo di velocità  $V_s$  sulla base del grado di incertezza dei dati misurati in sito
- ✚ Consente di analizzare siti inversamente dispersivi con forti contrasti di rigidità tra i diversi strati di terreno e/o roccia
- ✚ Consente di considerare l'influenza della falda
- ✚ Consente di mantenere costanti le velocità  $V_s$  di alcuni strati e di variare le  $V_s$  degli altri strati del profilo stratigrafico

Il principale punto di forza del software utilizzato è quindi proprio quello di fornire risultati molto più robusti rispetto a quelli ottenibili con altre metodologie, arricchiti anche da una stima dell'attendibilità.

**ELABORATI M.A.S.W.**  
**Calcoli e grafici software Masw2007 Ing. Roma Vitantonio**  
**VISUALIZZAZIONE FORMA D'ONDA**

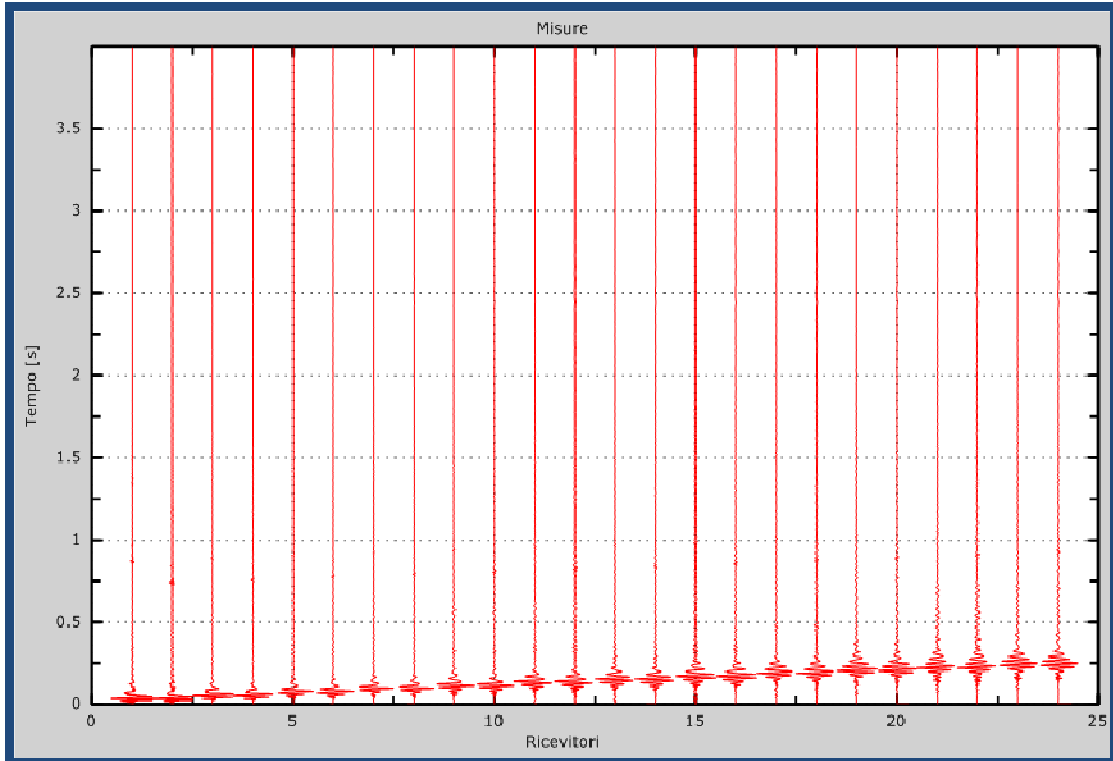


Figura 4:Tracce acquisite in sito – tempo di campionamento 3.5 ms – cons. fino a 24 ricevitori

**CURVA DI DISPERSIONE**

**(CURVA MULTIMODALE: MODI DI RAYLEIGH-APPARENTE EFFETTIVA)**

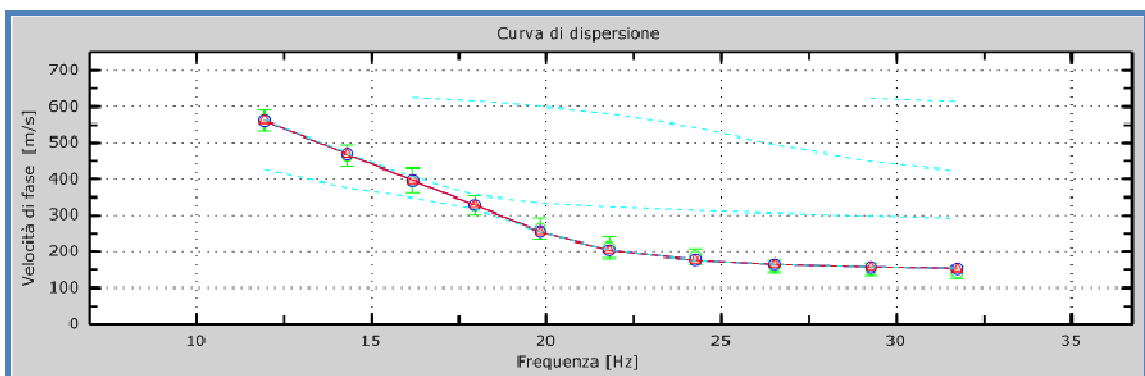


Figura 5:Velocità numeriche: modi di rayleigh (ciano)- curva apparente (blu)- curva numerica (rossa)  
Errore tra curva apparente e curva sperimentale:2%; Errore tra curva effettiva e sperimentale: 2%

**GRAFICO VELOCITA' ONDE S**

Profilo di velocità dell'onda S con la profondità

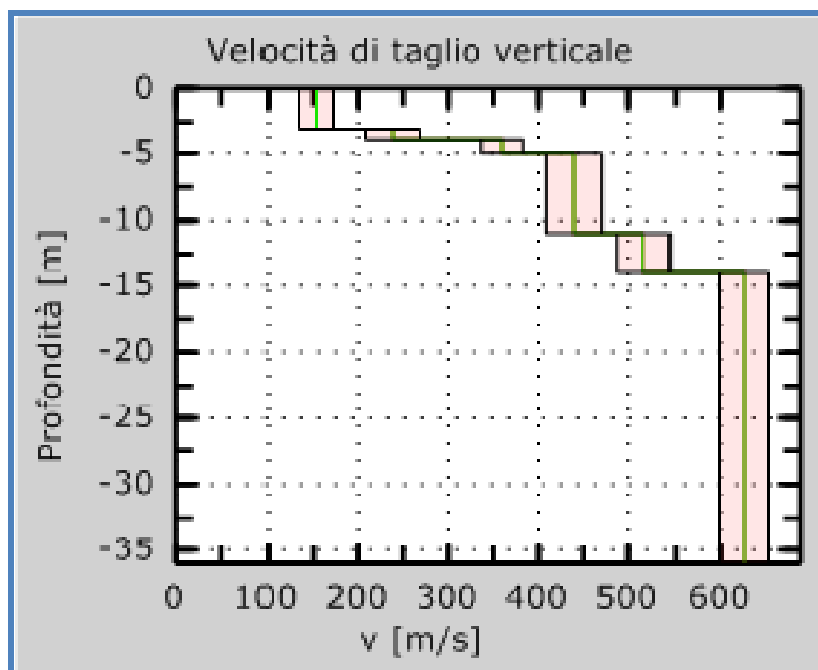


Figura 6: Profilo di velocità Vs iniziale e finale  
Calcolo profilo di incertezza : 0.5 sigma

**PROFILO IN SITO**

Sono stati individuati n. 6 sismostrati principali alle seguenti profondità e alle rispettive velocità delle onde S. :

PROFONDITA' z(m)	SPESSORE h(m)	Vs (m/s)
- 3	3	153
da - 3 a - 4	1	238
da - 4 a - 5	1	360
da - 5 a - 11	6	440
da - 11 a - 14	3	516
da - 14 a - 35	21	626

Gli spessori rilevati e le relative velocità delle onde S hanno portato alla seguente determinazione della Vs<sub>30</sub> a partire dai terreni posti al piano campagna:

Vs <sub>30</sub> =	30	419	m/s
	$\Sigma h_i/V_i$		

La normativa applicata è il DM 17 gennaio 2018

**Categoria di suolo tipo : 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.**

**INDAGINI GEOFISICHE TIPO HVSR  
HVSR  
REALIZZATE PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO IN OGGETTO**

# **INDAGINI SISMICHE H.V.S.R. (Horizontal Vertical Spectral Ratio)**

**LOCALITA': CASALUCE (CE) - NUOVO CIMITERO COMUNALE**

**COMMITTENTE: COMUNE DI CASALUCE**

## **INDICE**

1. - Presentazione e finalità del progetto
  
2. - Metodo di acquisizione
  
3. - Descrizione della strumentazione utilizzata
  
4. - Metodo di elaborazione ed analisi dei dati sismici
  
5. – Report indagini effettuate
  - 5.1\_ *HVSR 1-2-3*



## RELAZIONE TECNICA

### 1. Presentazione e finalità del progetto

Nell'ambito dell'intervento relativo ad un PROGETTO DI AMPLIAMENTO DEL NUOVO CIMITERO COMUNALE in STRADA PROVINCIALE CASALUCE - CARDITELLO, nel Comune di Casaluce (CE), per conto dell'Amministrazione comunale, sono state realizzate n. 3 indagini sismiche HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) condotte conformemente ai criteri del progetto SESAME. Le acquisizioni sono state effettuate in corrispondenza dell'area di intervento. Nella relazione tecnica che segue verrà illustrato il metodo di acquisizione, elaborazione ed i risultati ottenuti.

### 2. Metodo di acquisizione

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di indagine sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura) è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito. Esse sono correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso. Le vibrazioni sismiche ambientali (rumore sismico o microtremore) sono onde sismiche di bassa energia con ampiezze dell'ordine di  $10^{-4}$  -  $10^{-2}$  mm (Okada, 2003). L'origine del rumore sismico è dovuto alle perturbazioni atmosferiche sugli oceani che si propagano come onde superficiali sui continenti, mentre le sorgenti dei microtremori sono le attività antropiche e si propagano come onde superficiali di Rayleigh. L'analisi delle misure di rumore sismico che sembra fornire i risultati migliori è proprio quello dei rapporti spettrali H/V noto anche come metodo HVSR. L'utilizzo di algoritmi di calcolo finalizzati ad una modellizzazione sintetica dello spettro H/V, permette di correlare ogni picco spettrale con le discontinuità presenti nel sottosuolo (per esempio i cambi litologici). I dati che si possono ricavare sono spessori, profondità e velocità di

propagazione delle onde di taglio all'interno del sismo-strato individuato. Tramite l'elaborazione di moti superiori e l'analisi dell'andamento delle tre componenti del moto, è possibile distinguere i picchi di origine naturale da quelli generati dai modi superiori o da artefatti, al fine di garantire una corretta interpretazione dello spettro sismico registrato. Le misure puntuali di rumore sismico possono essere utilizzate per la stima sia degli effetti di sito (funzione di amplificazione), sia degli effetti sulle costruzioni ed ottenere una stima della velocità delle onde di taglio Vs 30 per la definizione della categoria sismica dei terreni in ottemperanza alle nuove N.T.C. - D.M.17 gennaio 2018.

### 3. Descrizione della strumentazione utilizzata

L'apparecchiatura utilizzata per le indagini sismiche si compone di:

- a) n.1. PC portatile Toshiba per il salvataggio dei dati acquisiti.
- b) n.1 Tromografo digitale SR04 a tre componenti con frequenza dei geofoni di 2 Hz

Il sismografo SR04 è finalizzato alla rilevazione di vibrazioni naturali e artificiali, dal rumore di fondo ai forti terremoti

### 4. Metodo di elaborazione ed analisi dei dati sismici

Per l'interpretazione dei dati sperimentali relativi alle indagini sismiche HVSR è stato utilizzato il software di elaborazione Sesmowin. Il software permette l'analisi dei dati acquisiti fino all'ottenimento della frequenza di risonanza F0 e la verifica di altri fattori quali la permanenza spettrale.

### 5. Report indagini effettuate

Esamineremo ora nel dettaglio ogni singola indagine HVSR riportando le relative tracce, i parametri e risultati ottenuti.

#### 5.1. HVSR 1 - 2 - 3:

## STATION INFORMATION

*Station code:* HVSR 01

*Model:* SARA GEOBOX

*Sensor:* SARA SS20PACK (integrated 2.0 Hz sensors)

*Notes:* -

## PLACE INFORMATION

*Place ID:* CASALUCE (CE) - NUOVO CIMITERO

*Address:* STRADA PROVINCIALE CASALUCE - CARDITELLO

*Latitude:* -

*Longitude:* -

*Coordinate system:* -

*Elevation:* 20 m s.l.m.

*Weather:* SERENO

*Notes:* -

## SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

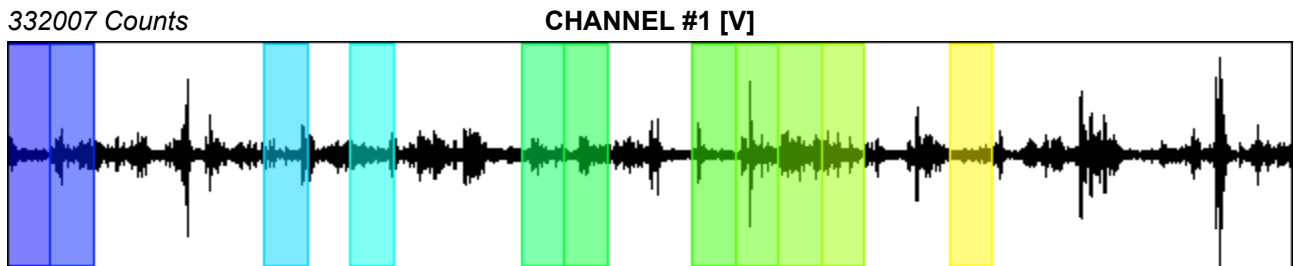
Recording start time: 2018/07/14 08:36:05

Recording length: 15 min

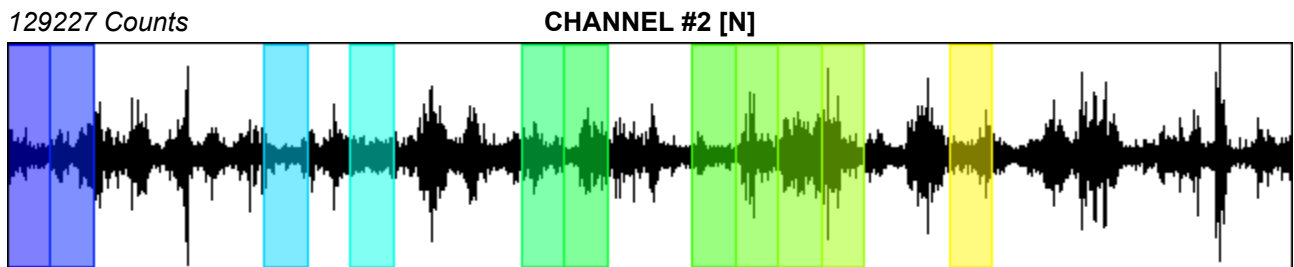
Windows count: 11

Average windows length: 30

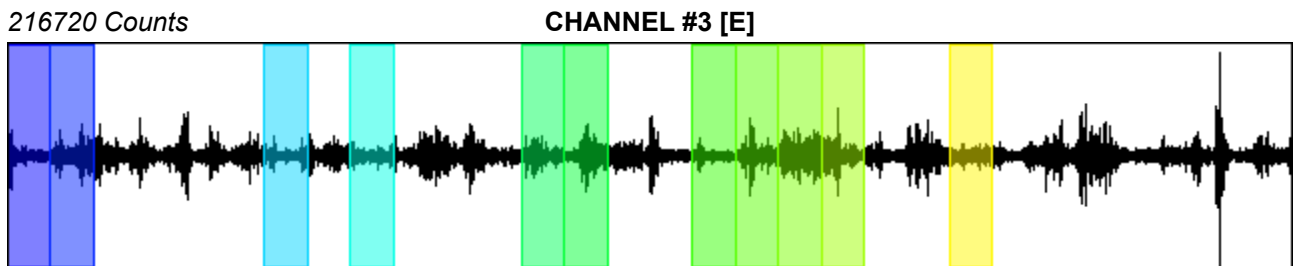
Signal coverage: 36.67%



-378035 Counts



-127470 Counts



-234912 Counts

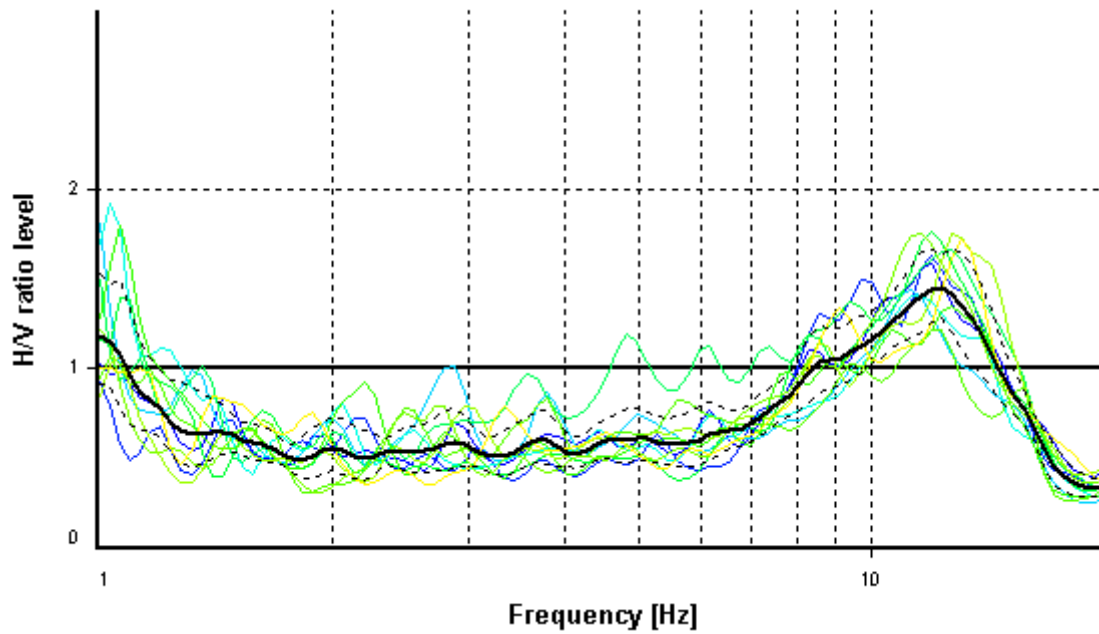
## HVSR ANALYSIS

*Tapering:* Enabled (Bandwidth = 15%)

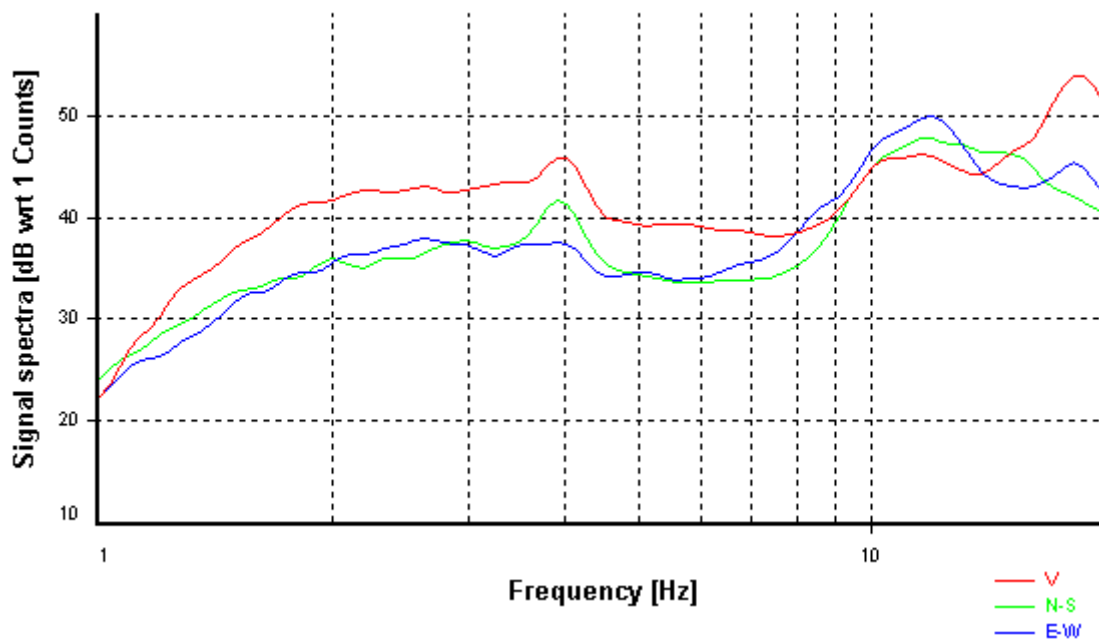
*Smoothing:* Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 50)

*Instrumental correction:* Disabled

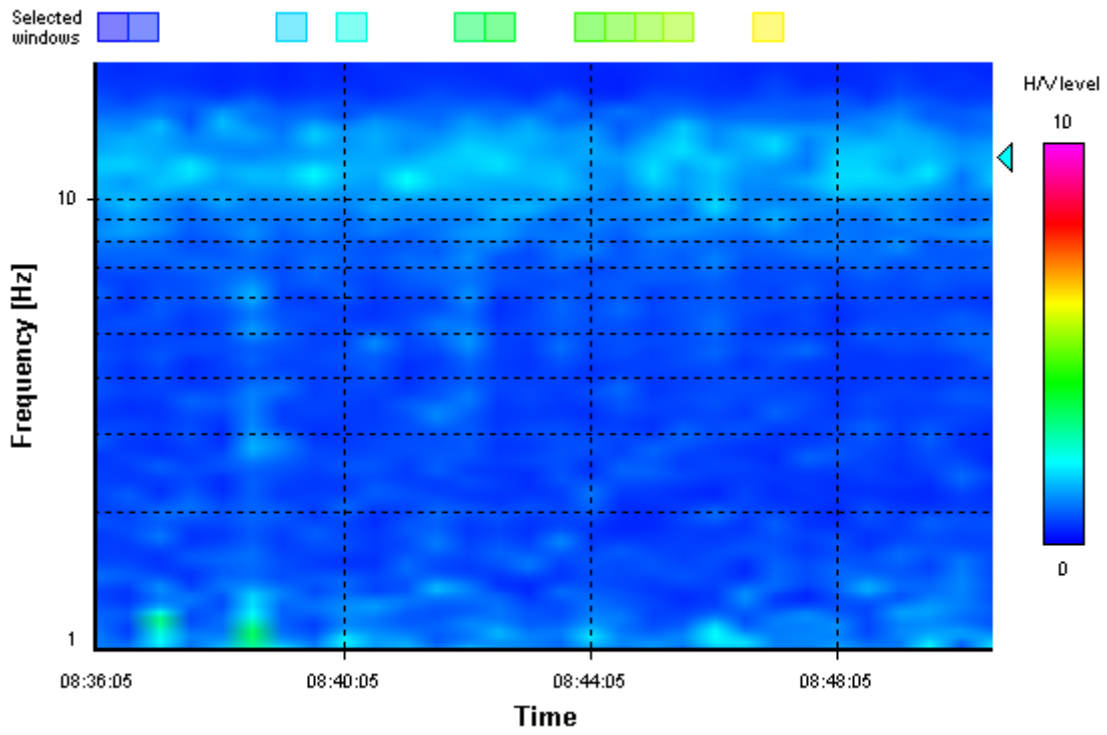
### HVSR average



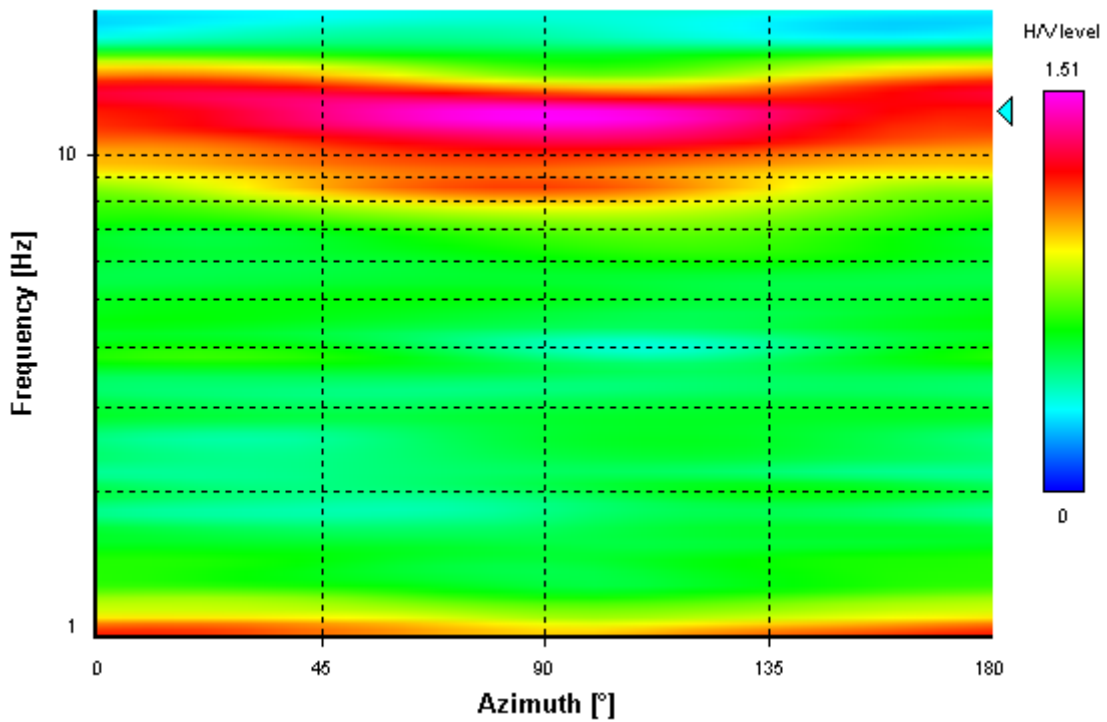
### Signal spectra average



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



### HVSR directional analysis



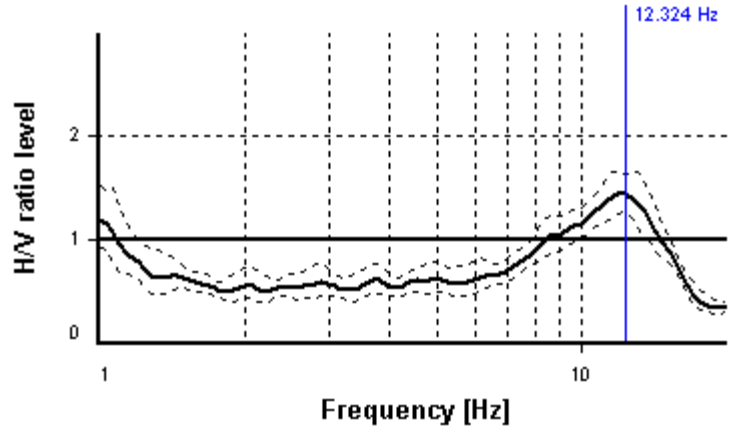
## SESAME CRITERIA

**Selected  $f_0$  frequency**

12.324 Hz

**$A_0$  amplitude = 1.446**

**Average  $f_0 = 12.135 \pm 0.580$**



<b>HVSR curve reliability criteria</b>		
$f_0 > 10 / L_w$	11 valid windows (length > 0.81 s) out of 11	<b>OK</b>
$n_c(f_0) > 200$	4067.02 > 200	<b>OK</b>
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 39	<b>OK</b>
<b>HVSR peak clarity criteria</b>		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	7.14845 Hz	<b>OK</b>
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	16.18222 Hz	<b>OK</b>
$A_0 > 2$	1.45 <= 2	<b>NO</b>
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	3.07% <= 5%	<b>OK</b>
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.57954 < 0.61622	<b>OK</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.13413 < 1.58	<b>OK</b>
<b>Overall criteria fulfillment</b>		<b>OK</b>

## STATION INFORMATION

*Station code:* HVSR 02

*Model:* SARA GEOBOX

*Sensor:* SARA SS20PACK (integrated 2.0 Hz sensors)

*Notes:* -

## PLACE INFORMATION

*Place ID:* CASALUCE (CE) - NUOVO CIMITERO

*Address:* STRADA PROVINCIALE CASALUCE - CARDITELLO

*Latitude:* -

*Longitude:* -

*Coordinate system:* -

*Elevation:* 20 m s.l.m.

*Weather:* SERENO

*Notes:* -



## SIGNAL AND WINDOWING

Sampling frequency: 300 Hz

Recording start time: 2018/07/14 09:00:16

Recording length: 15 min

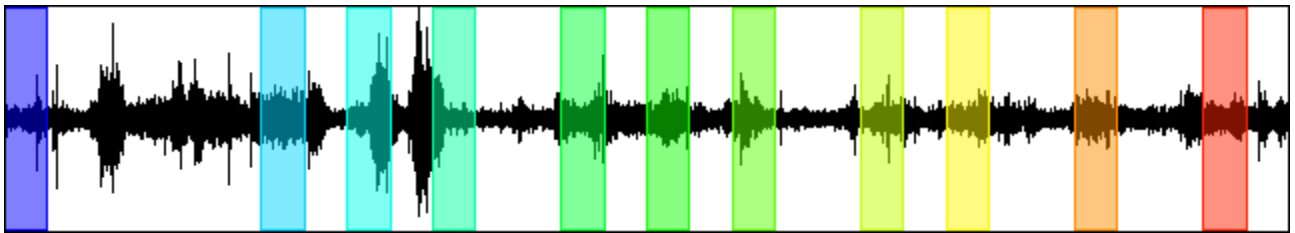
Windows count: 11

Average windows length: 30

Signal coverage: 36.67%

147705 Counts

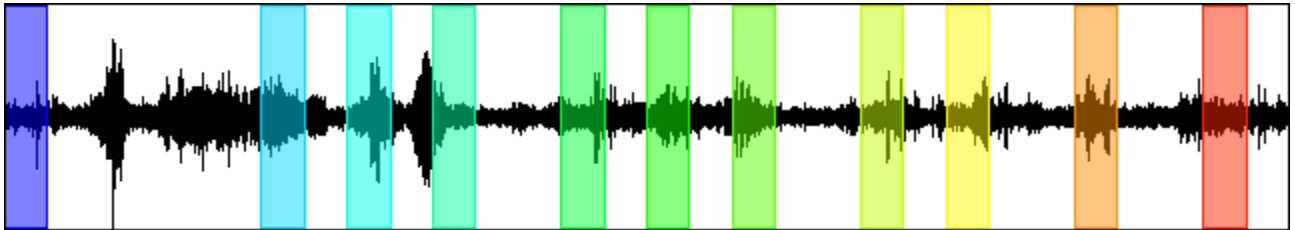
CHANNEL #1 [V]



-128000 Counts

102634 Counts

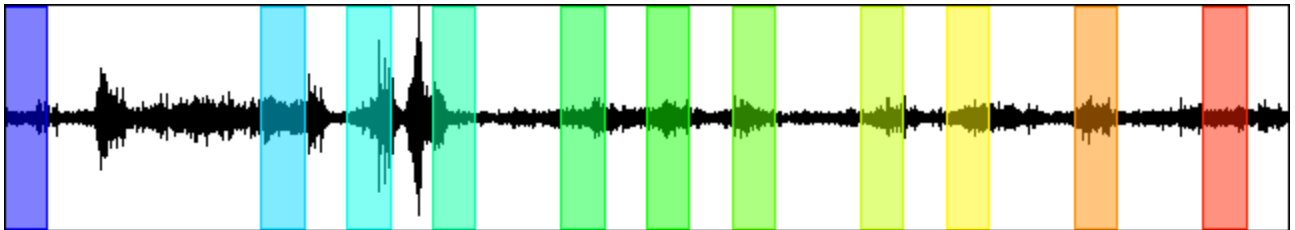
CHANNEL #2 [N]



-148626 Counts

313139 Counts

CHANNEL #3 [E]



-274282 Counts

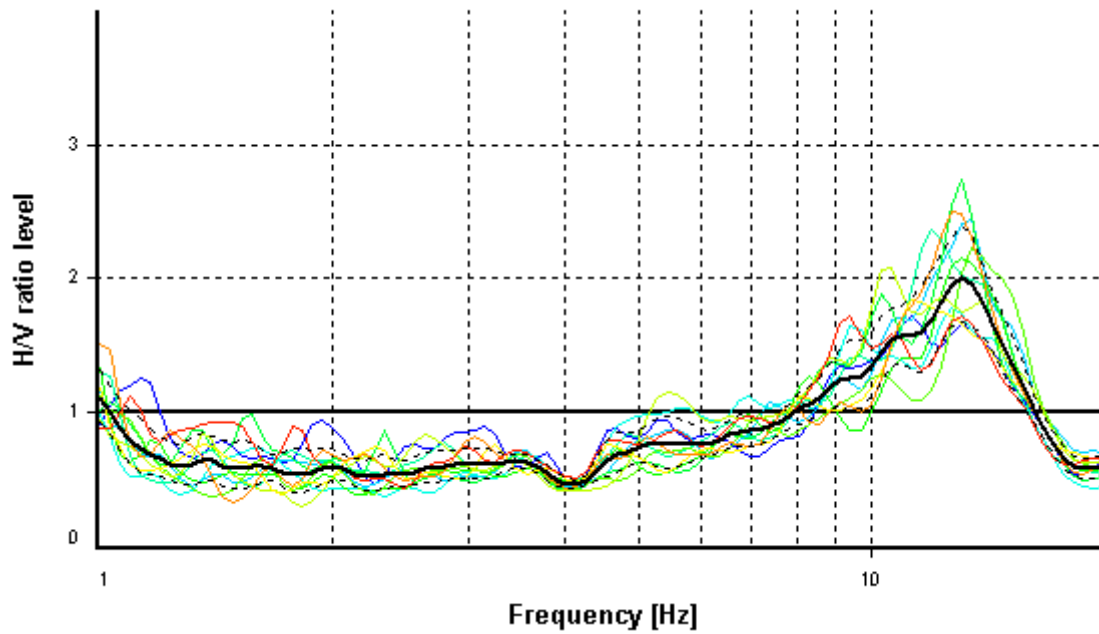
## HVSR ANALYSIS

*Tapering:* Enabled (Bandwidth = 15%)

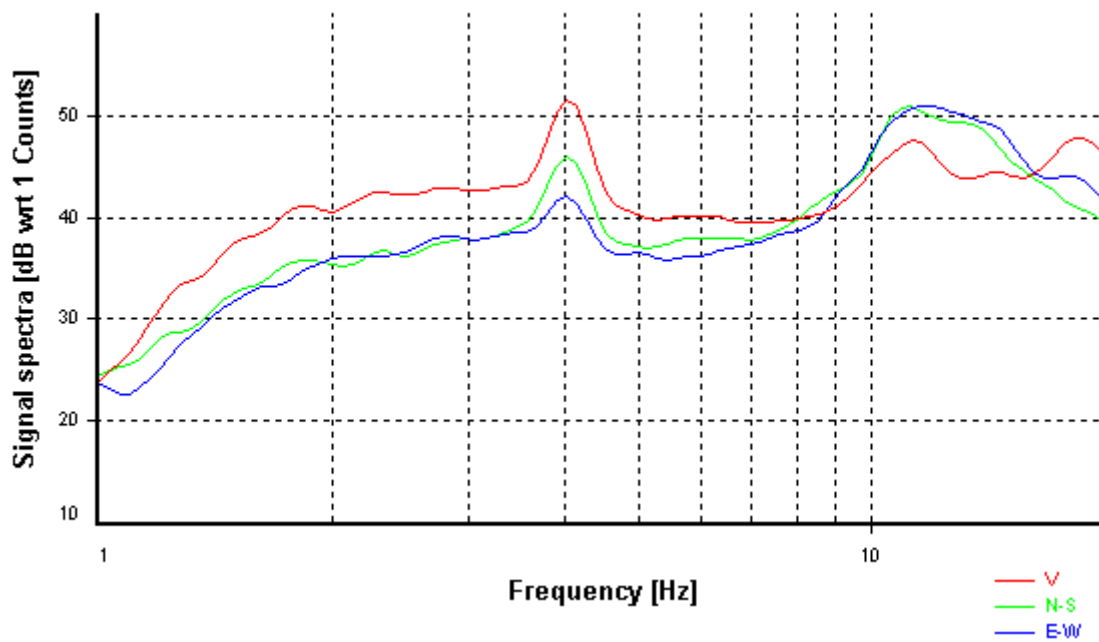
*Smoothing:* Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 50)

*Instrumental correction:* Disabled

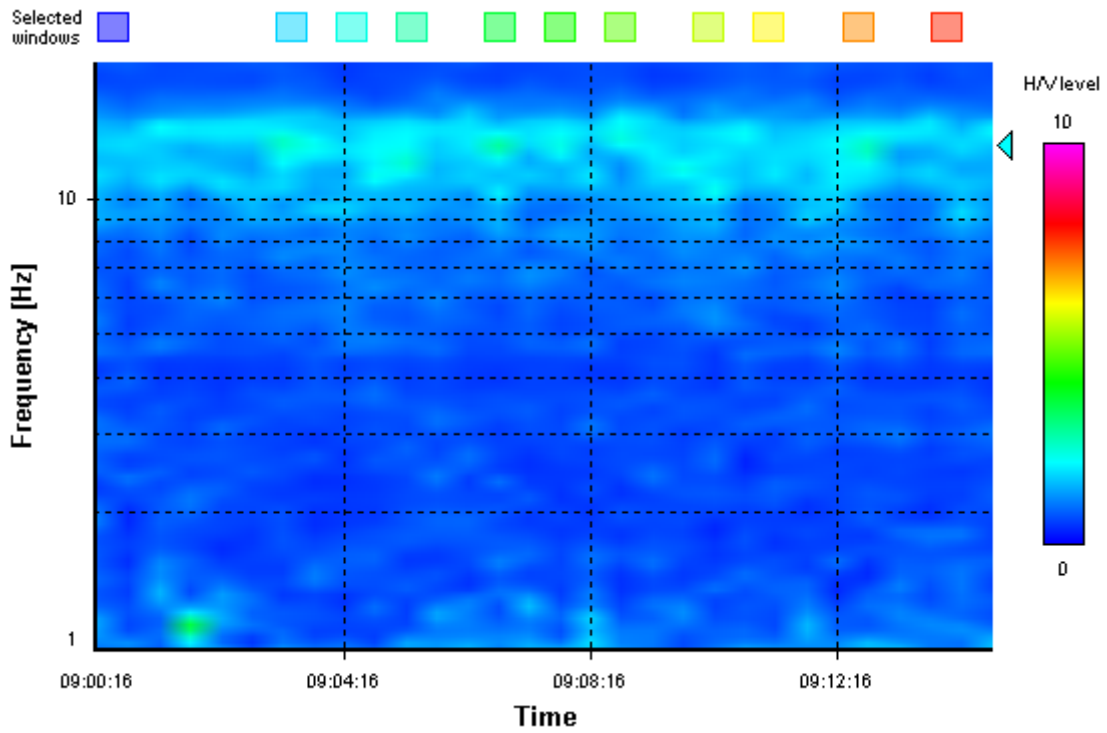
### HVSR average



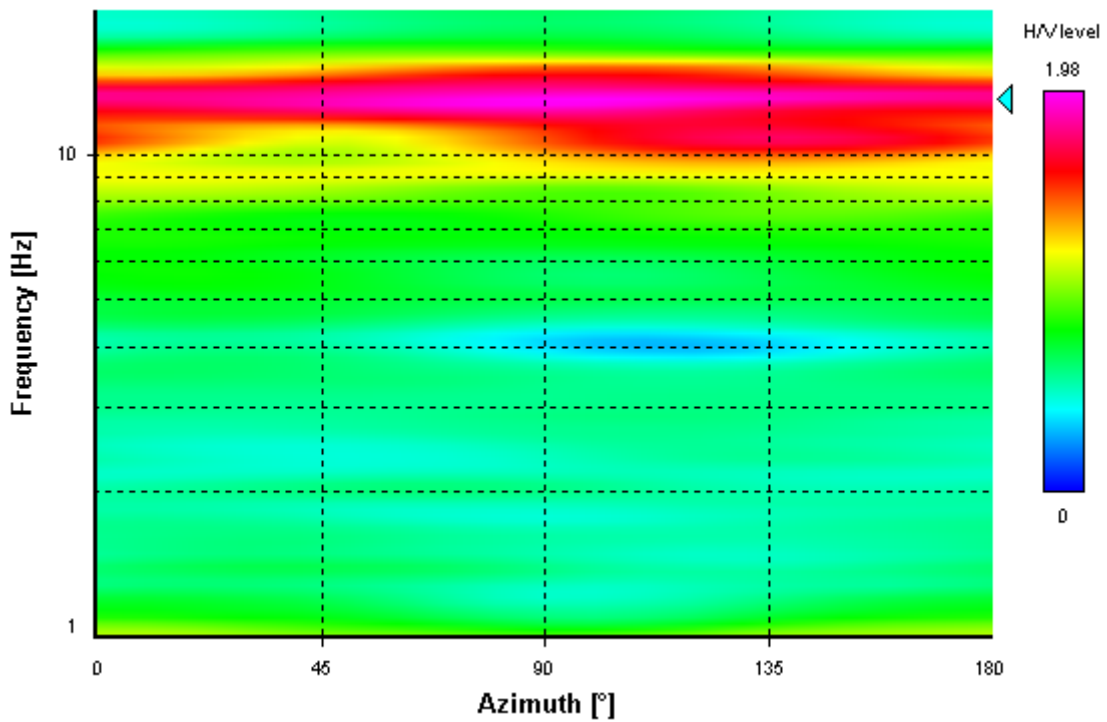
### Signal spectra average



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



### HVSR directional analysis



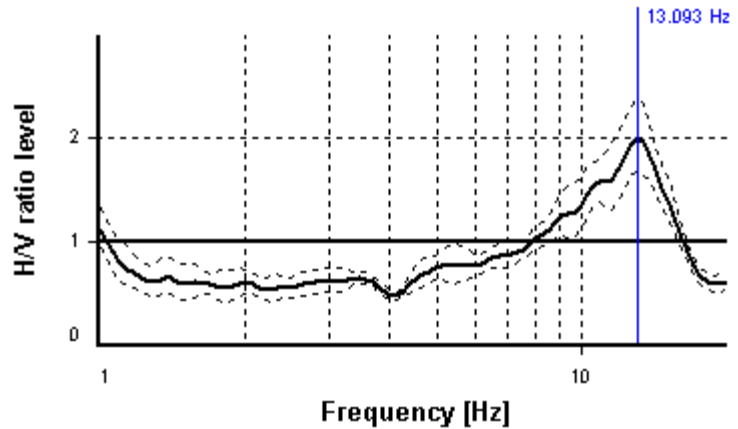
## SESAME CRITERIA

**Selected  $f_0$  frequency**

13.093 Hz

**$A_0$  amplitude = 2.008**

**Average  $f_0 = 12.431 \pm 1.005$**



<b>HVSR curve reliability criteria</b>		
$f_0 > 10 / L_w$	11 valid windows (length > 0.76 s) out of 11	<b>OK</b>
$n_c(f_0) > 200$	4320.76 > 200	<b>OK</b>
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	<b>OK</b>
<b>HVSR peak clarity criteria</b>		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	7.82775 Hz	<b>OK</b>
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	16.67937 Hz	<b>OK</b>
$A_0 > 2$	2.01 > 2	<b>OK</b>
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% $\leq$ 5%	<b>OK</b>
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.00481 $\geq$ 0.65466	<b>NO</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.19534 < 1.58	<b>OK</b>
<b>Overall criteria fulfillment</b>		<b>OK</b>

## STATION INFORMATION

*Station code:* HVSR 03

*Model:* SARA GEOBOX

*Sensor:* SARA SS20PACK (integrated 2.0 Hz sensors)

*Notes:* -

## PLACE INFORMATION

*Place ID:* CASALUCE (CE) --NUOVO CIMITERO

*Address:* STRADA PROVINCIALE CASALUCE - CARDITELLO

*Latitude:* -

*Longitude:* -

*Coordinate system:* -

*Elevation:* 20 m s.l.m.

*Weather:* SERENO

*Notes:* -

## SIGNAL AND WINDOWING

*Sampling frequency:* 300 Hz

*Recording start time:* 2018/07/14 09:23:34

*Recording length:* 15 min

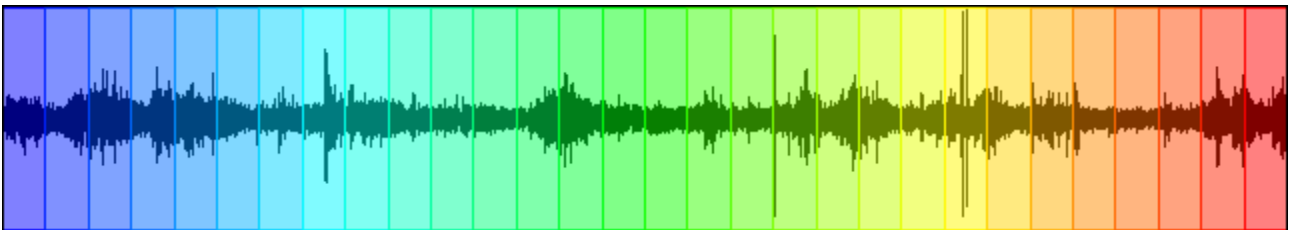
*Windows count:* 30

*Average windows length:* 30

*Signal coverage:* 100%

97212 Counts

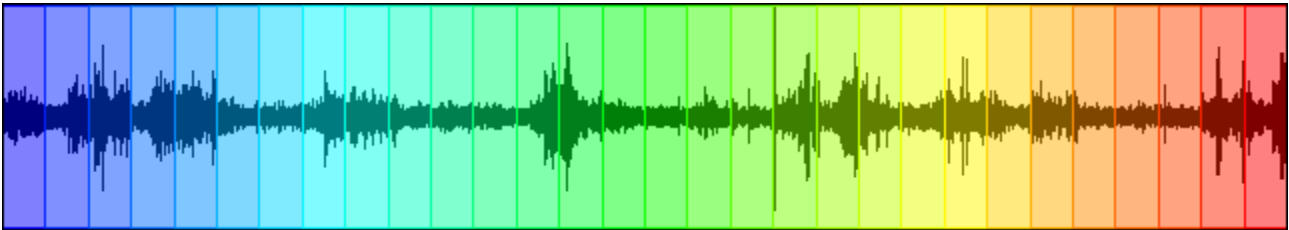
CHANNEL #1 [V]



-85610 Counts

142807 Counts

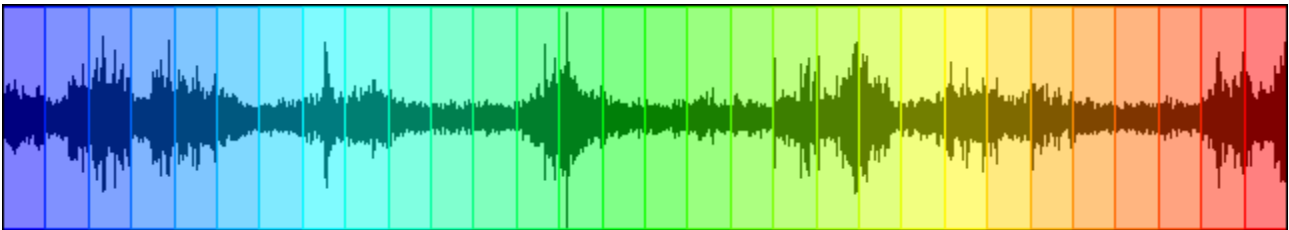
CHANNEL #2 [N]



-119771 Counts

89994 Counts

CHANNEL #3 [E]



-95066 Counts

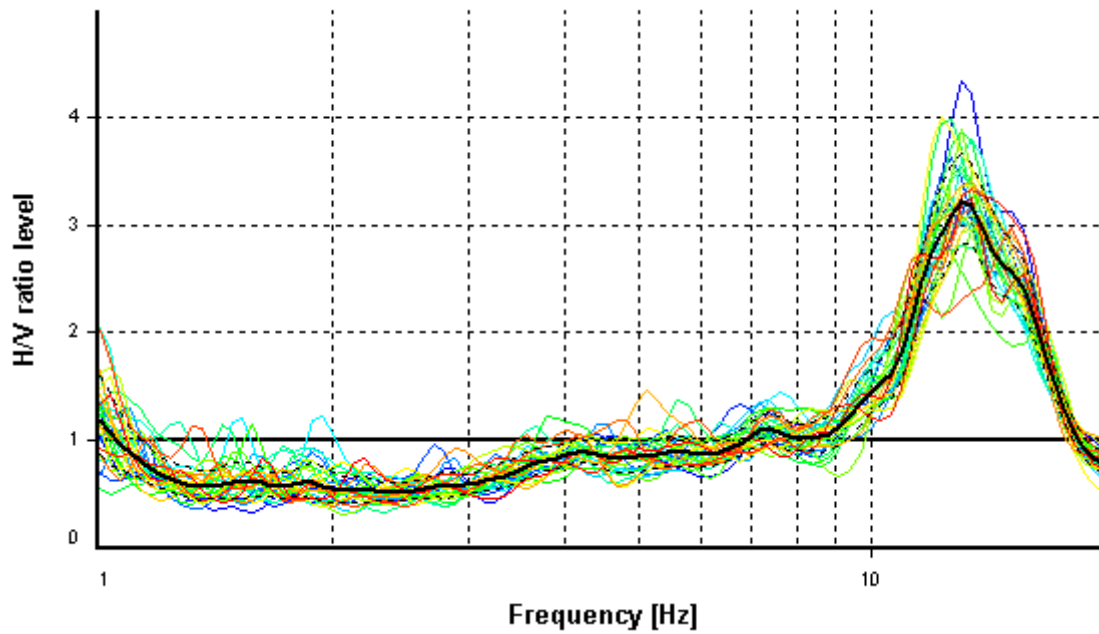
## HVSR ANALYSIS

*Tapering:* Enabled (Bandwidth = 15%)

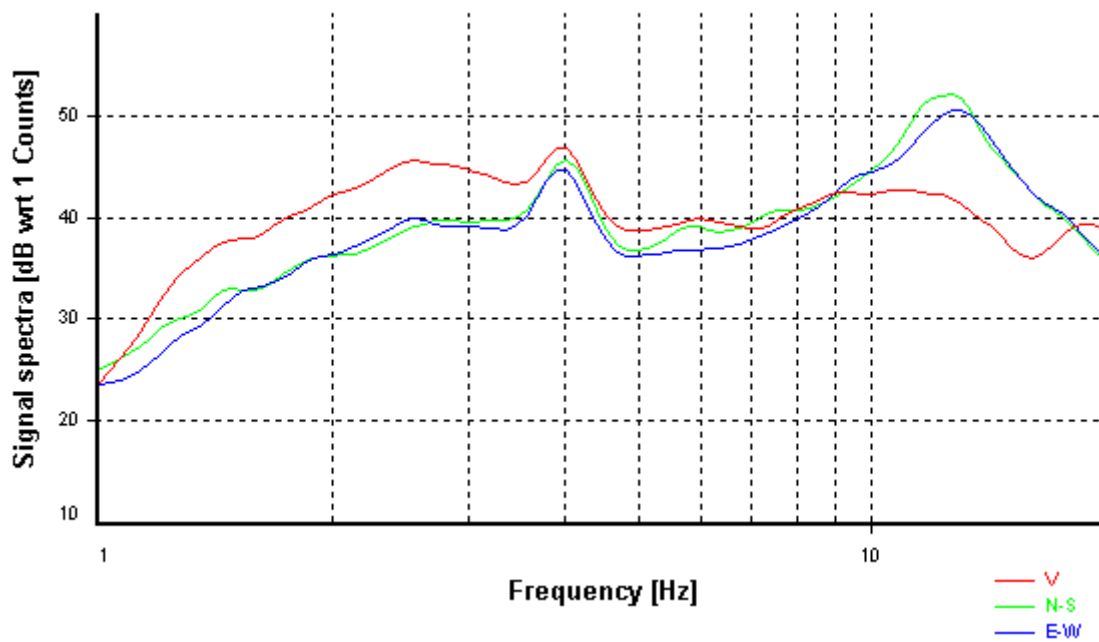
*Smoothing:* Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 50)

*Instrumental correction:* Disabled

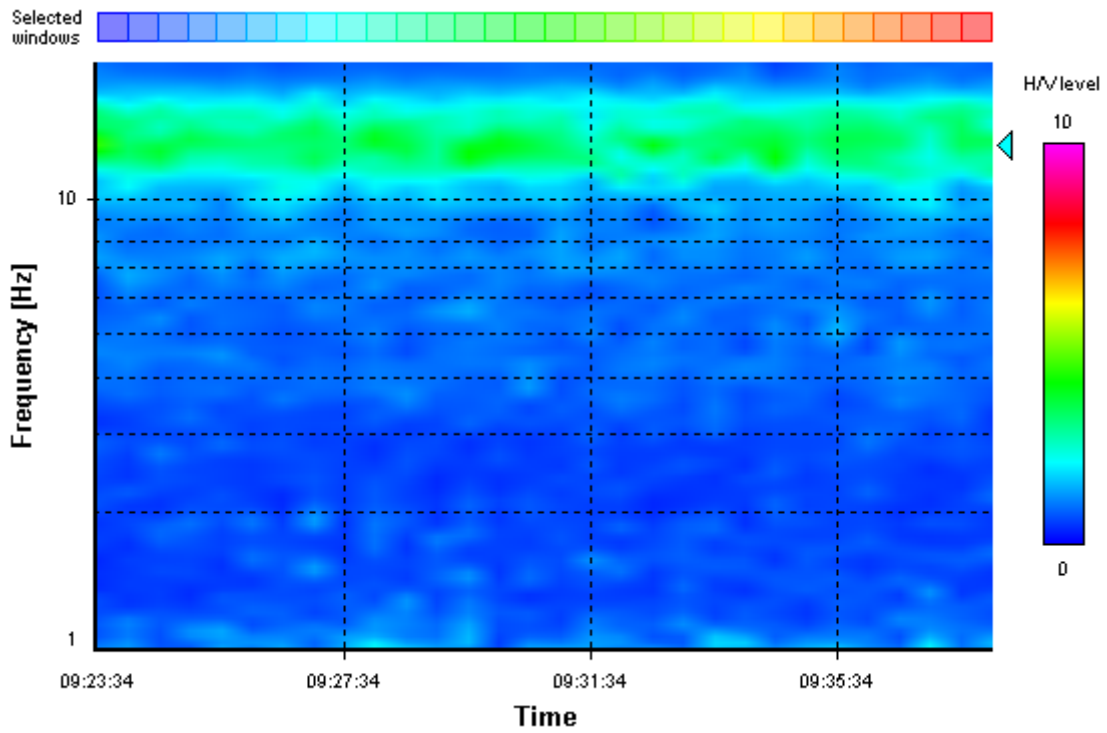
### HVSR average



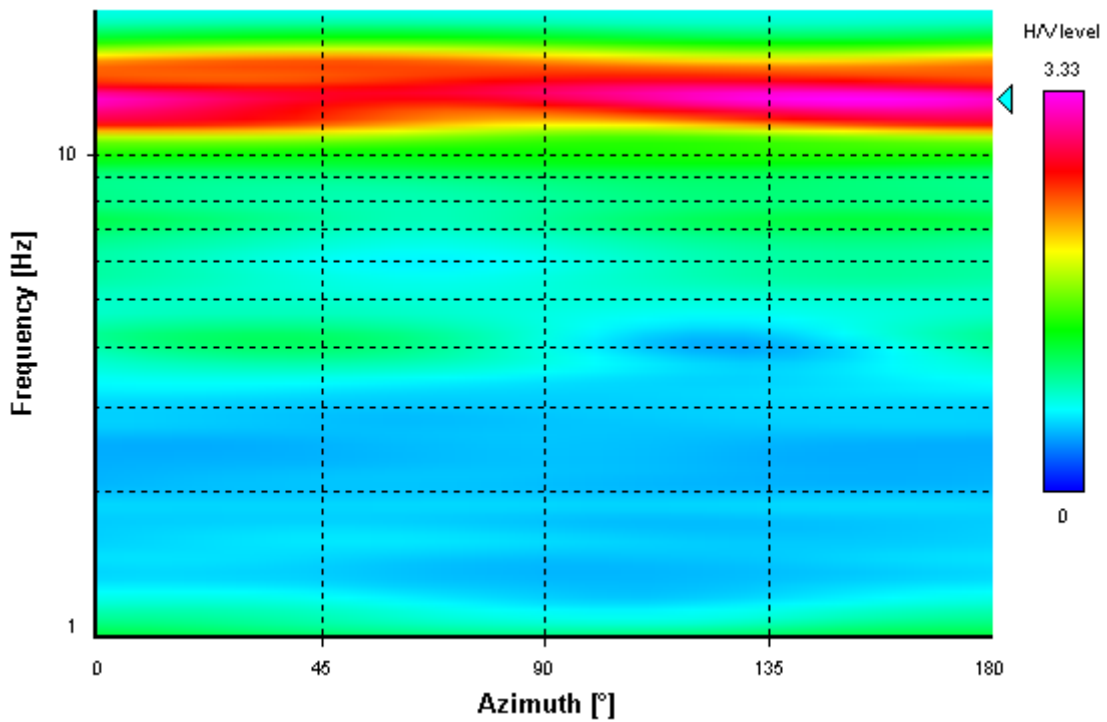
### Signal spectra average



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



### HVSR directional analysis





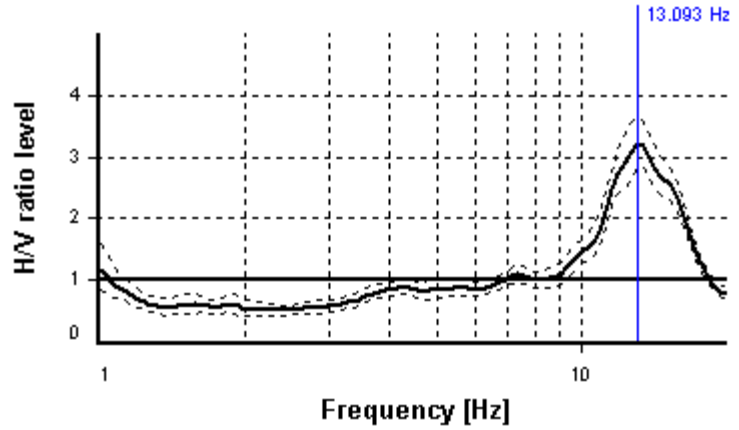
## SESAME CRITERIA

**Selected  $f_0$  frequency**

**13.093 Hz**

**$A_0$  amplitude = 3.216**

**Average  $f_0 = 13.237 \pm 0.560$**



<b>HVSR curve reliability criteria</b>		
$f_0 > 10 / L_w$	30 valid windows (length > 0.76 s) out of 30	<b>OK</b>
$n_c(f_0) > 200$	11783.88 > 200	<b>OK</b>
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 37	<b>OK</b>
<b>HVSR peak clarity criteria</b>		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	10.27809 Hz	<b>OK</b>
$\exists f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	17.1918 Hz	<b>OK</b>
$A_0 > 2$	3.22 > 2	<b>OK</b>
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	3.07% <= 5%	<b>OK</b>
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.56037 < 0.65466	<b>OK</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.13962 < 1.58	<b>OK</b>
<b>Overall criteria fulfillment</b>		<b>OK</b>