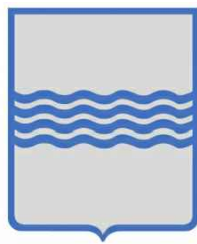


Comune  
di Genzano di Lucania



Regione Basilicata



Comune  
di Banzi



Committente:



**E.ON CLIMATE & RENEWABLES ITALIA S.R.L.**  
via A. Vespucci, 2 - 20124 Milano  
P.IVA/C.F. 06400370968  
pec: e.onclimateerenewablesitaliasrl@legalmail.it

Titolo del Progetto:

## PARCO EOLICO "SERRA GIANNINA"

Documento:

### PROGETTO DEFINITIVO

Richiesta Autorizzazione Unica ai sensi del D. Lgs. 387 del 29/09/2003

N° Documento:

**PESG-A.2**

ID PROGETTO:	<b>PESG</b>	DISCIPLINA:	<b>P</b>	TIPOLOGIA:	<b>R</b>	FORMATO:	<b>A4</b>
--------------	-------------	-------------	----------	------------	----------	----------	-----------

Elaborato:

## Relazione Geologica

FOGLIO: SCALA: Nome file: **PESG\_A.2 - Relazione Geologica.pdf**

Progettazione:



**NEW DEVELOPMENTS S.r.l.s.**  
piazza Europa, 14  
87100 Cosenza (CS)

Il geologo:

dott. Geol. Pasquale Greco



Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	15/02/2019	PRIMA EMISSIONE	New Dev.	ECRI	ECRI

---

## Sommario

PREMESSA.....	2
CARATTERISTICHE TECNICHE .....	4
Aerogeneratori .....	4
Adeguamento della viabilità esterna e sistemazione della viabilità interna al parco.....	5
Opere elettriche .....	6
CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA .....	7
CARATTERISTICHE STRUTTURALI GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE E VINCOLI PAI.....	9
IDROGRAFIA.....	16
IDROGEOLOGIA .....	17
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	19
INDAGINI ESEGUITE .....	19
Prove Penetrometriche dinamiche continue DPM .....	20
MASW .....	23
CONCLUSIONI.....	31

## PREMESSA

La E.ON. Climate & Renewables Italia mi ha incaricato di eseguire uno studio geologico, sismico, con caratterizzazione geotecnica relativo ad un'area sita nei Comuni di Genzano di Lucania e Banzi (PZ), in località "Serra Giannina" dove si realizzerà un parco eolico denominato Serra Giannina, che prevede la realizzazione di n. 10 aerogeneratori aventi potenza nominale pari a 4,5 MW cadauno.

La stessa area è inclusa nel Foglio 453 – Spinazzola della Carta Geologica della Basilicata redatta in scala 1:50.000 o al Foglio n. 188 – Gravina in Puglia della Carta Geologica d'Italia redatta in scala 1:100.000 .

Per la realizzazione del Parco Eolico saranno utilizzati aerogeneratori con torre tubolare con trasformatori e apparati strumentali posti all'interno della torre, l'ubicazione dell'impianto è prossima al punto di connessione e saranno utilizzati cavidotti interrati.

Infine nella progettazione sono state privilegiate le strade per il raggiungimento dell'area parco mentre per la viabilità interna si è progettato cercando di seguire quanto più possibile l'andamento naturale del terreno al fine di contenere i movimenti terra. Le nuove strade sono progettate con cassonetto in misto stabilizzato escludendo l'ipotesi di utilizzo di strati impermeabili.

Lo scopo di tale studio è stato quello di individuare le caratteristiche geologiche, tecniche, stratigrafiche e geomorfologiche della zona, inquadrata nel contesto generale del territorio; sono state inoltre osservate ed interpretate le caratteristiche di circolazione idrica superficiale e profonda del terreno che accoglierà le fondazioni degli aerogeneratori.

Per quanto riguarda la definizione della stratigrafia, della caratterizzazione dei parametri geotecnici e della capacità portante del terreno di fondazione e la caratterizzazione dei parametri sismici, sono state effettuate sul sito di interesse tre prove penetrometriche dinamiche continue con penetrometro DPM30 e tre stendimenti sismici di tipo MASW.

Lo studio è stato realizzato in osservanza delle seguenti leggi:

- DM 17/01/2018: Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni."
- OM 3274 del 2003;

Infine sono state consultate le tavole del P.A.I. dell'autorità di Bacino della Regione Basilicata, al fine di verificare se l'area è sottoposta a vincolo di Rischio idrogeologico.



- Rilevamento Geologico del sito in oggetto e delle aree adiacenti;
- Analisi litologica del terreno di fondazione basata su indagini condotte in situ, osservazione diretta e su ricerca bibliografica;

## **CARATTERISTICHE TECNICHE**

### **Aerogeneratori**

Gli aerogeneratori in progetto si compongono dei seguenti elementi: struttura di fondazione; torre di sostegno composta da trami in acciaio, mozzo, tre lame, rotore, moltiplicatore di giri, generatore, sistemi di controllo ed orientamento, navicella, trasformatore, componentistica elettrica, impianto di messa a terra.

La torre di sostegno è del tipo tubolare idoneamente ancorata alla struttura di fondazione. All'estremità superiore sarà idoneamente ancorata la navicella contenete gli elementi tecnologici necessaria alla conversione dell'energia, il rotore (collegato all'albero di trasmissione) e le lame (o pale) per la captazione del vento.

Le opere di fondazione degli aerogeneratori sono delle strutture realizzate in opera per il trasferimento delle sollecitazioni derivanti dalle strutture in elevazione al terreno. In questa fase progettuale si rappresenta l'ipotesi progettuale nella configurazione plinto su pali realizzato in cemento armato. L'esatto dimensionamento geometrico e meccanico dell'opera di fondazione sarà possibile solo in fase di progettazione esecutiva supportata da una campagna più approfondita delle caratteristiche geo-meccaniche del terreno e da una esaustiva progettazione geotecnica.

In generale, la quota di imposta delle fondazioni è prevista ad una profondità non inferiore a 2 metri rispetto all'attuale piano campagna. Le operazioni di scavo saranno eseguite da idonei mezzi meccanici evitando scoscendimenti e frane dei territori limitrofi e circostanti.

Successivamente alla fase di scavo saranno realizzati i fori per la posa dei pali di fondazione, lo strato di calcestruzzo magro, la carpenteria e successivo getto del calcestruzzo a resistenza meccanica adeguatamente calcolata in fase di progettazione esecutiva.

Resta inteso che gli eventuali fronti scafo saranno opportunamente inerbiti allo scopo di ridurre l'effetto erosivo dovuto alla presenza di acque meteoriche le quali saranno idoneamente canalizzate e convogliate negli impluvi naturali esistenti.

### **Adeguamento della viabilità esterna e sistemazione della viabilità interna al parco**

La viabilità necessaria al raggiungimento dell'area parco è stata verificata e/o progettata al fine di consentire il trasporto di tutti gli elementi costituenti gli aerogeneratori quali lame, trami, navicella e quanto altro necessario alla realizzazione dell'opera. Detti tracciati, valutati al fine di sfruttare quanto più possibile le strade esistenti, permettono il raggiungimento delle aree da parte di mezzi pesanti e sono progettati al fine di garantire una vita utile della sede stradale per tutto il ciclo di vita dell'opera.

Il progetto prevede tratti di viabilità di nuova realizzazione.

Detti tratti, realizzati in misto stabilizzato al fine di escludere impermeabilizzazione delle aree e quindi garantire la permeabilità della sede stradale, avranno una larghezza media di circa 5-6 metri per soddisfare tutti i requisiti richiesti dalle ditte fornitrici delle turbine in termini di percorribilità e manovra. Infatti, il trasporto delle componenti degli aerogeneratori avviene con mezzi di trasporto eccezionale le cui dimensioni possono superare i cinquanta metri di lunghezza. Per tale motivo le strade sono state progettate al fine di rispettare le caratteristiche dimensionali richieste dai mezzi di trasporto quali pendenze massime, raggi di curvatura minimi e spazi di manovra.

Anche la viabilità esterna al parco ha la necessità di adeguamenti per garantire il corretto transito dei mezzi di trasporto eccezionale, pertanto, limitatamente alle zone con maggior criticità, sono state previste le opportune opere di adeguamento, generalmente riconducibili ad allargamenti della sede stradale e/o modifiche dei raggi di curvatura delle curve. Inoltre, nella fase di progettazione esecutiva, saranno eseguite le opportune verifiche sulle opere temporanee quali rimozione temporanea della segnaletica verticale a bordo carreggiata, rimozione temporanea dei guard-rail, abbassamento temporaneo di muretti laterali alla carreggiata ecc. Tali interventi temporanei saranno successivamente ripristinati sempre previo coordinamento con il competente Ente gestore della specifica strada.

Un'altra importante considerazione è legata al soddisfacimento dei requisiti di capacità meccanica e di drenaggio superficiale. È prevista la compattazione degli strati mediante idonei mezzi meccanici e l'introduzione di un geotessuto finalizzato alla risalita di acqua in caso di presenza di falda.

In corrispondenza di impluvi saranno realizzate idonee opere di drenaggio e convogliamento delle acque meteoriche.

### **Opere elettriche**

L'energia elettrica prodotta sarà convogliata nella stazione elettrica mediante cavi interrati. Detti cavidotti, interrati ad una profondità non inferiore a 1,5 metri, saranno infilati all'interno di corrugati di idonea sezione.

I cavidotti interrati saranno dotati di pozzetti di ispezione dislocati lungo il percorso. In prossimità degli attraversamenti stradali, i cavi saranno posati in tubo al fine di ridurre al minimo gli scavi a cielo aperto sulla carreggiata. Il diametro nominale interno del tubo è tale da garantire una sezione minima pari a 1,4 volte il diametro del cavo o del fascio di cavi in pieno rispetto della Normativa vigente.

Eventuali pose su carreggiate stradali esistenti, ogni lavorazione sarà eseguita nel rispetto delle prescrizioni degli Enti proprietari e gestori del tratto di strada interessato e comunque sarà disposta un'opportuna segnalazione a mezzo nastro segnalatore all'interno dello scavo ed un'idonea segnalazione superficiale con appositi cippi segna cavo.

## CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA

Nell'area sulla quale sarà realizzato il Parco Eolico Serra Giannina ricade nel Foglio 188 "Gravina" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000. Esso è ubicato al margine nord-orientale della Fossa Bradanica (ved. PESG\_A.16.a.8 - Carta Geologica).

I terreni affioranti nella zona in esame e in aree limitrofe (ved. PESG\_A.16.a.11 – Profili Geologici) sono rappresentati dalle seguenti formazioni geologiche (dalle più recenti alle più antiche):

- Sedimenti lacustri e Fluvio lacustri (I)
- Conglomerati della Formazione di Irsina (Qcg)
- Sabbie di Monte Marano (Qcs)
- Tufo di Gravina (Qcc)
- Argille di Gravina (Qca)

In particolare nell'area di interesse si ha una litologia descritta qui di seguito:

**Sedimenti lacustri e Fluvio lacustri (I):** Caratterizzati in prevalenza da conglomerati poligenici (frequenti i ciottoli di rocce vulcaniche), sabbie, argille più o meno sabbiose, intercalazioni di calcare concrezionare, prodotti piroclastici e frequenti rocce carboniose. Tale unità è presente a nord dell'area del PE. Età Pleistocene.

**Conglomerato di Irsina (Qcg):** Conglomerato di chiusura del ciclo sedimentario pliocenico-calabriano, con definitivo interrimento del mare. In genere termina sulla parte alta dei rilievi con superfici subpianeggianti come nell'area del PE.

E' costituito da ciottoli di medie dimensioni, arrotondati e poco appiattiti, con frequenti lenti



sabbiose e più rare argillose. La stratificazione è irregolare e a volte fortemente inclinata in direzione SE. Il colore è ocra ed i ciottoli hanno composizione assai varia. Lo spessore varia dai 25 ai 30 m.

**Sabbie di Monte Marano (Qcs):** Affiorano in vaste zone all'interno della Fossa Bradanica. Di origine marina, presentano spessore variabile (fino ad un massimo di cento metri) e giacciono sulle Argille di Gravina e, al margine della Fossa, anche sul Tufo di Gravina. Trattasi di sabbie calcareo-quarzose, di colore giallastro, a volte con lenti e livelli arenacei, calcarei o conglomeratici intercalati. Età Pliocene-Calabriano

**Argille di Gravina (Qca):** Sono costituite da argille azzurre, talora con lenti sabbiose o conglomeratiche, con fossili marini. Giacciono in concordanza e con passaggio graduale sul Tufo di Gravina. Lo spessore è molto variabile. Nella parte alta della formazione le lenti sabbiose intercalate diventano sempre più numerose. Età Pliocene-Calabriano

## **CARATTERISTICHE STRUTTURALI GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE E VINCOLI PAI**

### **ASPETTO STRUTTURALE**

Dal punto di vista strutturale l'intera area in studio è limitrofa a quella dei Flisch della Daunia di Venosa che fu soggetta a sforzi di tensione in direzione est-ovest con verso est (in direzione dell'avampaese apulo-garganico) che ha determinato, favorito dalla plasticità delle litologie a componente argillosa, una serie di piegamenti. La vergenza della successione di pieghe sinformi e anteformi ha vergenza verso est – nord-est è da luogo anche a morfologie che assecondano le forme indotte. La nostra area, caratterizzata da sedimenti pliocenici, Calabriani e Pleistocenici, sembra non aver risentito affatto (regime di avampaese) degli sforzi tettonici su descritti, infatti la giacitura degli strati è prevalentemente sub orizzontale e privo di piegamenti.

## GEOMORFOLOGIA

L'area su cui sarà realizzato il parco eolico appartiene ad una serie di locali rilievi collinari posti intorno ai rilievi principale di Serra Castelluccio (quota di circa 513 m s.l.m) e Monte Cerreto (quota di circa 572 m s.l.m) . Dall'immagine qui sopra risulta evidente che, a vasta scala, l'area del Parco Eolico è completamente inclusa in un sistema collinare disposto lungo tre dorsali prevalenti con asse in direzione est-ovest posta a nord-est del centro abitato di Genzano Lucano.



A vasta scala (ved. PESG\_A.16.a.9 - Carta Geomorfológica) il dissesto è presente in maggior parte nell'area centrale del parco all'interno dei versanti del bacino del torrente La Fara che dopo aver confluito nella Fiumarella costituisce uno degli affluenti in destra del Fiume Bradano.

Tutte le suddette aree in dissesto sono localizzate all'interno del quadrilatero nei cui vertici abbiamo le torri PESG02, PESG04, PESG01 e PESG03. Sono tutti corpi frana cartografati dall'ADB della Basilicata e sono stati classificati per la maggior parte come areali in frana quiescenti o inattivi. Solo pochi corpi frana sono attivi ed ad adeguata distanza dalle strutture del PE in progetto. In questo settore del parco si ha la prevalenza dei rilievi a litologia sabbiosa sui quali versanti il dissesto mostra una dinamica di scivolamento e/o di colamento localizzato.

Altra zona con numerosi corpi frana è quella nei dintorni delle torri PESG09 e PESG06 (in cima a Serra Castelluccio) che hanno una distribuzione assiale a raggiera rispetto ai locali rilievi. In questa

zona a litologia prevalentemente argillosa i movimenti franosi sono lenti e superficiali (soil creep). Anche qui la maggior parte dei corpi frana sono di tipo quiescenti o inattivi.

In sintesi le litologie presenti nell'area del PE (ved. PESG\_A.16.a.11 - Profili Geologici) sono il substrato argilloso impermeabile sormontato da spessori sabbiosi e conglomeratici permeabili) può favorire, ove vi siano le condizioni legate a particolari accumuli di acqua superficiale, di profondità e di versanti acclivi, fenomeni di scollamenti nella maggior parte dei casi superficiali.

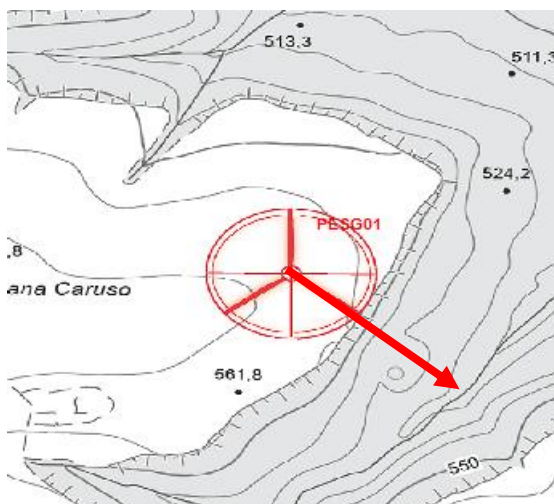
Nell'area ristretta del parco, in prossimità degli aerogeneratori, non sono stati rilevati corpi frana cartografabili e non sono presenti segni di instabilità in atto o potenziali, in quanto le pendenze locali sono mediamente basse e cioè pari al 15% (circa 7°) e solo in un caso arrivano al 33% (circa 17°). Tale aree ricadono quindi nella maggior parte nella categoria topografica T1 (pendenze inferiori a 15°) e in un solo caso (sito PESG07) in categoria T2 (oltre il 15° di inclinazione dei versanti).

Tale situazione geomorfologica induce a valutare un basso grado di Pericolosità geomorfologica dell'area ristretta del PE.

Dalla consultazione del sito dell'Autorità di Bacino della Basilicata si evince, come già esposto, che nell'area del PE vi sono diversi corpi frana classificati come quiescenti o inattivi e pochi corpi frana pericolosi o rischiosi.

Nonostante tutto si evince dagli elaborati PAI che i corpi frana cartografati sono ad adeguata distanza dalle aree degli aerogeneratori. Qui di seguito si descrive nel dettaglio ogni area dove verrà ubicato ogni aerogeneratore:

### Area PESG01

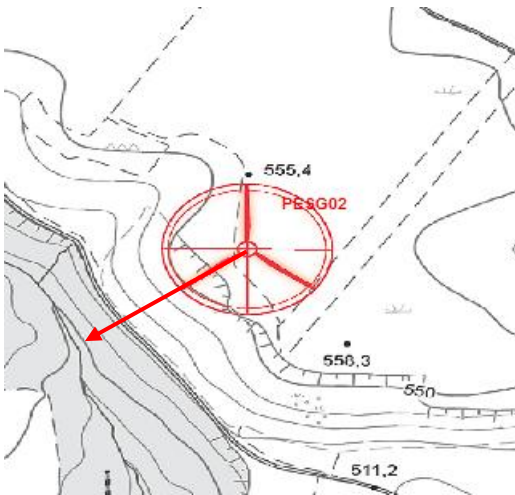


Come evidente in figura l'area dell'aerogeneratore PESG01 è posta sulla parte sommitale di un vasto pianoro sito a monte di un'area incisa da un fosso d'acqua a quota di 565 m s.l.m., in località Piana Caruso. La linea rossa in figura corrisponde alla direzione di massima pendenza del locale versante che raggiunge

un'inclinazione di 11° circa ed una pendenza del 19% in direzione Sud-est. Non sono presenti in prossimità del sito PESG01 areali in frana.

La massima pendenza misurata in sito corrisponde alla categoria topografica **T1**.

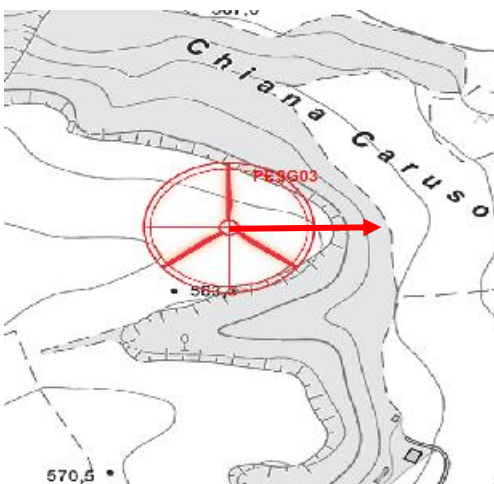
### Area PESG02



Da quanto rappresentato in figura l'area dell'aerogeneratore PESG02 è posta ad una quota di circa 555 m slm, nei pressi del bordo di un'area pianeggiante di in cima ad un locale versante con pendenza di circa 13° ed una pendenza del 24% in direzione Sud-Ovest. Non sono presenti in prossimità del sito PESG02 areali in frana, ma solo locali scarpate di pochi metri di dislivello cartografati secondo il bordo morfologico. La massima pendenza misurata in

sito corrisponde alla categoria topografica **T1**.

### PESG03

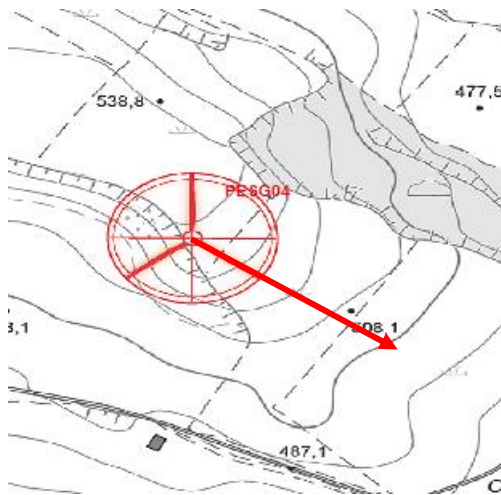


L'area dell'aerogeneratore PESG03 è posta ad una quota di circa 565 m slm, a media quota di un locale versante in un'area pianeggiante il cui toponimo è Chiana Caruso. L'area di maggiore pendenza è un versante posto ad est con pendenza di circa 6° ed una pendenza del 10% in direzione Est.

Non sono presenti in prossimità del sito PESG03 areali in frana e nemmeno forme erosive di alcun tipo.

La massima pendenza misurata in sito corrisponde alla categoria topografica **T1**.

### Area PESG04

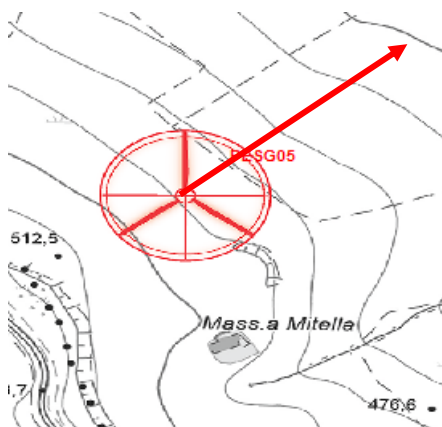


L'area dell'aerogeneratore PESG04 è posta ad una quota di circa 538 m slm, in località Cugni in corrispondenza del bordo di un pianoro in cima media quota ad un locale versante con inclinazione di circa 6° ed una pendenza del 10% ed una pendenza del 19% in direzione Sud-Est.

Non sono presenti in prossimità del sito PESG04 areali in frana ma solo locali scarpate di pochi metri di dislivello cartografati secondo il bordo morfologico. La

massima pendenza misurata in sito corrisponde alla categoria topografica T1.

### Area PESG05



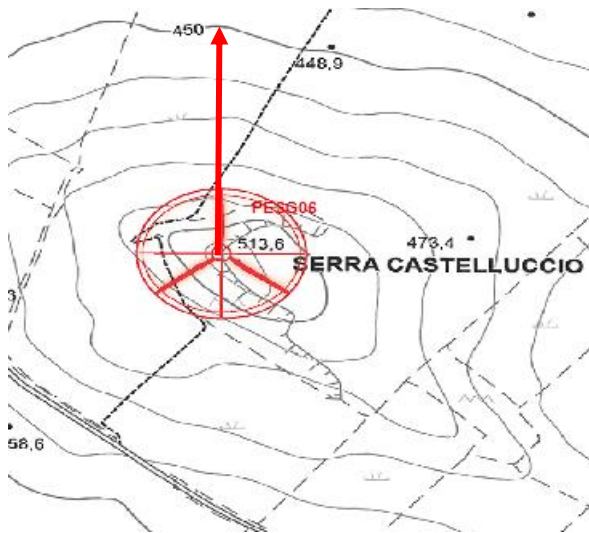
Come evidente in figura l'area dell'aerogeneratore PESG05 è posta alla media quota, di circa 490 slm, su un locale versante a bassa pendenza in località Mitella.

La linea rossa in figura corrisponde alla direzione di massima pendenza del versante che raggiunge un'inclinazione di 7° circa ed una pendenza del 12% in direzione nord-est.

Non sono presenti in prossimità del sito PESG05 areali in frana.

La massima pendenza misurata in sito corrisponde alla categoria topografica T1.

### Area PESG06

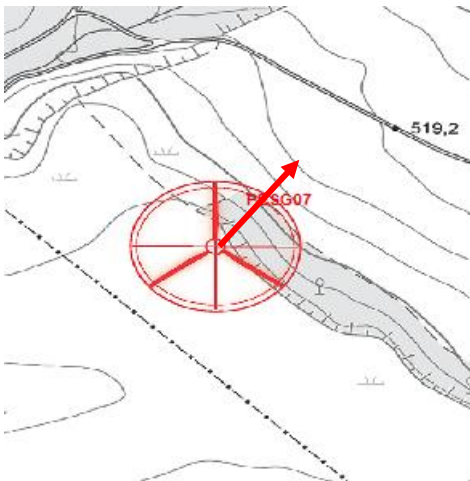


L'area dell'aerogeneratore PESG06 è posta ad una quota di circa 513 m slm, sulla cima di un locale rilievo denominato Serra Castelluccio. L'inclinazione è di circa 13° e la pendenza è del 23% in direzione Nord.

L'area è priva di segni di dissesti attivi o potenziali. A sud ed ovest del sito sono presenti bordi morfologici di piccole aree terrazzate.

La massima pendenza misurata in sito corrisponde alla categoria topografica T1.

### Area PESG07



Come evidente in figura l'area dell'aerogeneratore PESG07 è posta su una vasta area pianeggiante in cima ad un locale versante a media inclinazione (17°) ed una pendenza del 30% ad una quota di circa 570 m slm, in località Cerreto.

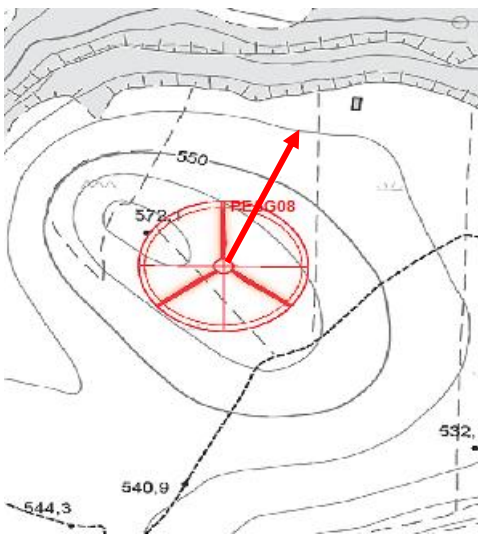
La linea rossa in figura corrisponde alla direzione di massima pendenza del versante posta in direzione nord-

est.

Non sono presenti in prossimità del sito PESG07 areali in frana.

La massima pendenza misurata in sito corrisponde alla categoria topografica T2.

### Area PESG08



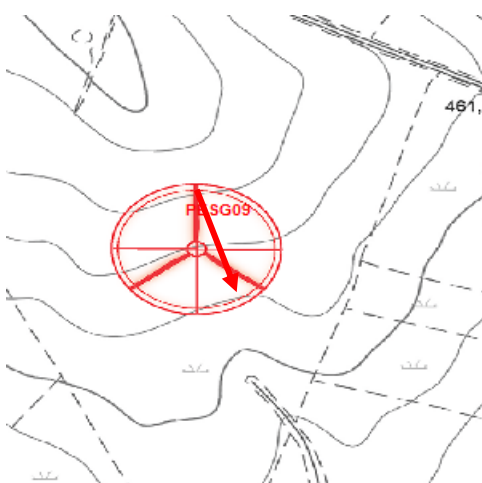
L'area dell'aerogeneratore PESG08 è posta ad una quota di circa 565 m slm, in località Monte Cerreto nei pressi della cima ad un locale rilievo.

L'inclinazione è di circa 8° ed una pendenza del 14% in direzione Nord-est.

Non sono presenti in prossimità del sito PESG08 areali in frana.

La massima pendenza misurata in sito corrisponde alla categoria topografica T1.

### Area PESG09



Da quanto rappresentato in figura l'area dell'aerogeneratore PESG09 è posta ad una quota di circa 470 m slm, nella mediana di un locale rilievo a media pendenza.

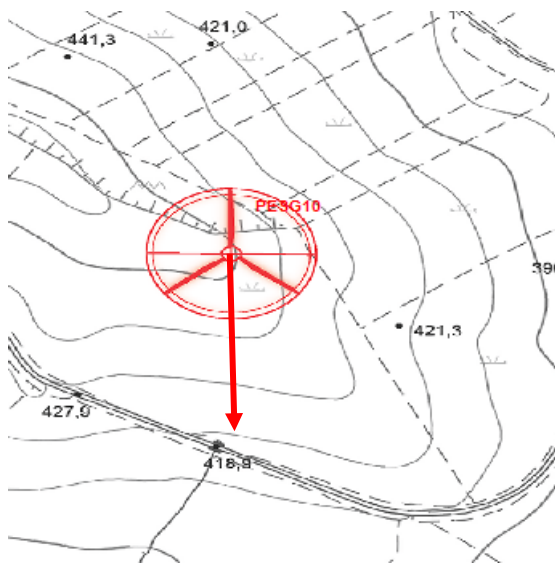
L'inclinazione del versante è di circa 8° ed una pendenza del 15% in direzione Sud-est.



Non sono presenti in nel sito PESG09 areali in frana e nemmeno forme erosive di alcun tipo.

La massima pendenza misurata in sito corrisponde alla categoria topografica T1.

### Area PESG10



L'area dell'aerogeneratore PESG10 è posta su un crinale ad sud-est di serra Castelluccio ad una quota di circa 450 m slm.

L'inclinazione del versante è di circa 8° ed una pendenza del 14% in direzione Nord-Sud.

L'area è priva di segni di dissesti attivi o potenziali. A nord del sito sono presenti bordi morfologici di piccole aree terrazzate.

La massima pendenza misurata in sito corrisponde alla categoria topografica T1.

### IDROGRAFIA

Il rilievo sul quale sarà realizzato il Parco Eolico è posto nel contesto dei versanti collinari ubicati a nord est del centro abitato di Genzano Lucano. In tale area, nei dintorni delle locali cime più alte di Monte Cerreto (m 572) e Serra Castelluccio (m 513), si sviluppa un reticolo idrografico iniziale con rami classificati nel primo e nel secondo grado di Horton (ved. PESG\_A.16.a.10 - Carta Idrogeologica) che confluiscono nei principali torrenti che scorrono alle quote più basse con ordine di Horton superiore (in particolare il Torrente La Fara).

Vista la direzione prevalentemente Est-Ovest degli assi dei crinali dell'area, il reticolo idrografico dei corsi d'acqua presenta rispetto ai locali assi dei rilievi un andamento suddiviso verso nord e verso Sud.

Localmente all'area del PE, si hanno quindi dei piccoli e saltuari corsi d'acqua che confluiscono tutti nell'asta dei torrenti principali della zona posti a sud ed a Nord dell'area del PE.

In particolare l'area ristretta degli aerogeneratori del PE, essendo localizzato sulle maggiori quote locali, vede la presenza di corsi d'acqua molto giovanili (allo stadio iniziale) e con un ordine di Horton compreso tra 1 e 2.

Il tipo di deflusso superficiale è molto rapido, per le pendenze acclivi dei versanti dove si generano.

Le linee di deflusso sono concentrate nelle direzioni di massima pendenza locale dell'area esaminata.

## IDROGEOLOGIA

La distinzione e il raggruppamento dei terreni affioranti (ved. PESG\_A.16.a.10 - Carta Idrogeologica) sono dettati dal fatto che la litologia, unitamente a fattori morfologici, climatici ed antropici concorre a determinare l'andamento dei deflussi e conseguentemente tutto il complesso di azioni chimico-fisico-meccaniche di alterazione dei sedimenti. La determinazione delle caratteristiche idrogeologiche scaturisce da una serie di osservazioni volte alla stima di alcuni fattori idraulici ed idrogeologici caratterizzanti le proprietà delle rocce. I parametri che condizionano e regolano la circolazione delle acque nel sottosuolo sono: la permeabilità, la porosità, il grado di fratturazione, le discontinuità strutturali e l'alterazione. Il parametro più rappresentativo è senza dubbio la permeabilità, cioè la proprietà di un mezzo a lasciarsi attraversare dall'acqua. Le rocce permeabili vanno divise in due grandi categorie: rocce permeabili per porosità e rocce permeabili per fessurazione. La permeabilità per porosità è anche detta permeabilità "primaria" ed è singenetica, si genera cioè al momento della deposizione dei sedimenti. Essa interessa le rocce sedimentarie ed è dovuta alla presenza nella roccia di pori o di spazi vuoti di dimensioni idonei, che formano una rete continua, per cui l'acqua può filtrare da un meato all'altro. Viceversa, la

permeabilità per fessurazione detta anche "secondaria" è post-genetica, si realizza dopo la formazione delle rocce; essa è dovuta alla fratturazione dei litotipi a causa di stress tettonici prevalentemente compressivi ed interessa sia le rocce di origine sedimentaria che quelle di origine diversa. La circolazione delle acque, così come la costituzione di falde acquifere, è condizionata dalla distribuzione areale dei sedimenti e dalla sovrapposizione stratigrafica dei terreni a diversa permeabilità. Si rende, pertanto, necessaria, la valutazione del grado e del tipo di permeabilità dei diversi litotipi che affiorano all'interno del territorio comunale. Questa proprietà idrologica viene espressa attraverso l'analisi delle caratteristiche fisiche delle formazioni affioranti e mediante l'individuazione degli elementi che ne interrompono la continuità stratigrafica e strutturale, al fine di giungere ad una suddivisione idrogeologica dei litotipi.

A seguito di quanto detto, per meglio comprendere le caratteristiche idrogeologiche delle formazioni in studio, distinguiamo le seguenti classi di permeabilità:

- litotipi a permeabilità bassa o impermeabili
- litotipi a permeabilità medio-bassa
- litotipi a permeabilità media
- litotipi a permeabilità medio-alta

Nel nostro caso la presenza di formazioni conglomeratiche, sabbiose e argillose inquadra i tre litotipi tra:

### **LITOTIPI A PERMEABILITÀ MEDIO-ALTA (Qcg e Qcs)**

A questa classe appartengono i conglomerati della formazione di Irsina (Qcg) e le Sabbie di Monte Marano (Qcs)

Queste formazioni, essendo costituite da sedimenti grossolani, principalmente sabbia e ghiaia, risultano caratterizzate da una permeabilità primaria per porosità ( $10^{-2} < K < 10^{-4}$  m/sec), con buone caratteristiche di trasmissività. I depositi conglomeratici rappresentano, senza dubbio,

l'unità idrogeologica affiorante alle quote più elevate, fra quelle nell'area in studio. Nell'ambito di questi depositi si distinguono orizzonti molto permeabili, dati dai livelli ghiaia e sabbia grossolana ed orizzonti meno permeabili dati dai livelli a granulometria più fine. L'idrologia si sviluppa attraverso una circolazione idrica per falde sovrapposte con deflusso preferenziale dell'acqua nei litotipi a più alta permeabilità. In genere però le diverse falde sono quasi sempre ricondotte ad una unica circolazione idrica sotterranea, poiché la deposizione lenticolare dei sedimenti lascia moltissime soluzioni di continuità.

Localmente questa unità idrogeologica può ospitare falde freatiche con spessore massimo di 20-25 metri limitate alle quote più alte dei rilievi.

### **LITOTIPI A PERMEABILITÀ BASSA O IMPERMEABILI (Qa)**

La litologia madre è composta prevalentemente dalle argille di Gravina ( $10^{-7} < K < 10^{-9}$  m/sec), queste sono rocce dotate di alta porosità, ma praticamente impermeabili a causa della ridottissima dimensione dei pori, nei quali l'acqua viene fissata come acqua di ritenzione. Ne risulta, quindi, una circolazione idrica nulla o trascurabile e coefficienti di deflusso superficiale molto elevati. Se ne deduce che le acque di precipitazione, dopo un ruscellamento più o meno diffuso, vengono convogliate attraverso il reticolo idrografico e condotte verso valle.

*Dal punto di vista della pericolosità (media) vi è da dire che considerando la presenza di falde freatiche all'interno della prima unità idrogeologica posta alle quote più alte dei rilievi locali, si può ipotizzare, dove le aree sono favorite dalla pendenza, qualche fenomeno gravitativo che coinvolge essenzialmente gli spessori sabbiosi a quota superiore del tetto dell'unità argillosa (Qca).*

## **CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA**

### **INDAGINI ESEGUITE**

Nell'area in esame sono state eseguite le seguenti indagini (indicate con segnaposto in giallo nella sottostante figura):

- Tre prove penetrometriche dinamiche continue con penetrometro DPM,

**P1:** 16° 4'3.82"E - 40°51'59.41"N

**P2:** 16° 4'52.38"E - 40°52'41.27"N

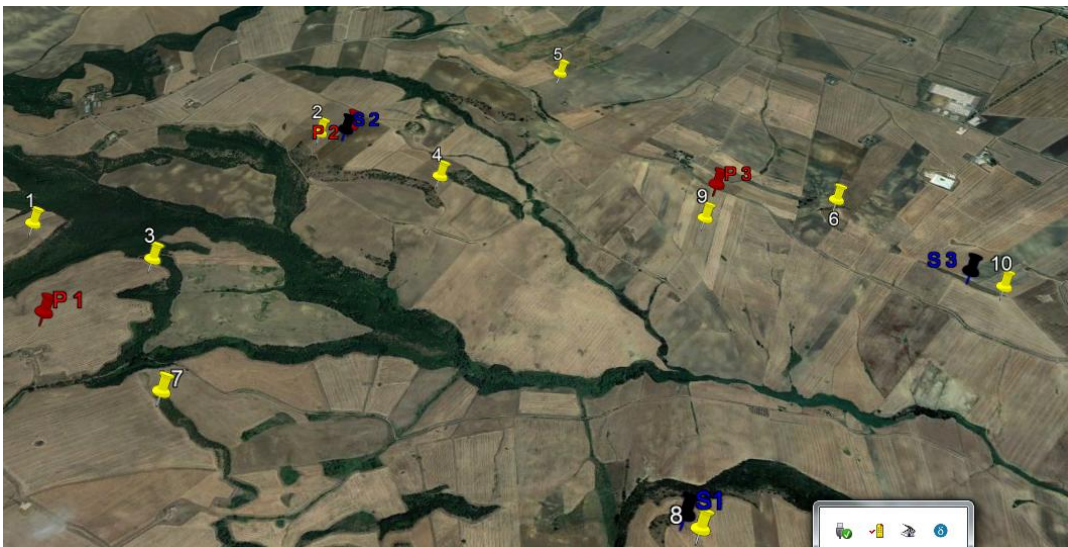
**P3:** 16° 6'11.06"E - 40°52'28.97"N

- Tre stendimenti sismici a rifrazione tipo MASW

**S1:** 16° 5'56.17"E - 40°51'28.56"N

**S2:** 16° 4'51.42"E - 40°52'40.07"N

**S3:** 16° 6'57.96"E - 40°52'10.88"N



### **Prove Penetrometriche dinamiche continue DPM**

Sull'area di interesse sono state eseguite tre prove penetrometriche dinamiche continue tipo DPM30.

Le prove sono state ubicate in corrispondenza di tre zone interne al parco dove affiorano i tre tipi di litologie che rappresentano le unità geologiche presenti in situ e già descritte nel precedente paragrafo.

Le prove penetrometriche, delle quali si allegano a parte il risultato, hanno fornito i diversi valori di resistenza dinamica del terreno all'attraversamento delle aste. Tale dato è di fondamentale importanza, non solo perché fornisce al progettista la portanza del terreno di fondazione alle varie profondità attraversate, ma anche perché i valori di resistenza sono utilizzabili in alcune relazioni analitiche che, attraverso una prima correlazione con lo standard

delle prova SPT, ci permette di risalire a diversi valori significativi del terreno di fondazione quali:

- il modulo di Poisson,
- i parametri geotecnici principali (Angolo di attrito, Coesione e Peso di Volume),
- i moduli (Young, Edometrico, deformazione di taglio).

Da un'analisi generale delle prove, (per il dettaglio dei parametri si rimanda alla consultazione delle prove penetrometriche in allegato) risultano i seguenti dati:

#### **Prova penetrometrica P1 (Aerogeneratori PESG.01, PESG.02, PESG.03, PESG.07)**

Il terreno di fondazione per tutta l'area in studio è caratterizzato da una formazione conglomeratica per tutto lo spessore indagato di circa 8,5 metri, profondità oltre la quale si è avuto rifiuto delle aste alla penetrazione.

Dal punto di vista della resistenza le formazioni sono state suddivise in 3 livelli (il primo si scarta essendo quello pedologico di soli 0,50 m) a resistenza crescente con la profondità (ved. la stima dei parametri geotecnici delle prova) ma tutti litologicamente simili. Complessivamente si hanno soddisfacenti valori di buona resistenza in entrambi i livelli successivi al primo scartato fino al rifiuto alla penetrazione delle aste a circa 8.50 m di profondità.

Vista la tipologia della struttura da realizzare ed i carichi indotti, si ritiene che la resistenza offerta già dal secondo spessore di terreno (pari a 4,40 m) avvalora l'ipotesi di una fondazione diretta superficiale.

La falda non è stata individuata.

#### **Prova penetrometrica P2 (Aerogeneratori PESG.04, PESG.05, PESG.08)**

Il terreno di fondazione per tutta l'area in studio è caratterizzato da una formazione costituita da sabbie calcareo-quarzose, di colore giallastro, a volte con lenti e livelli arenacei, calcarei o

---

conglomeratici intercalati. Per tutto lo spessore indagato di circa 6,0 metri, profondità oltre la quale si è avuto rifiuto delle aste alla penetrazione.

Dal punto di vista della resistenza le formazioni sono state suddivise in 3 livelli (il primo si scarta essendo quello pedologico di soli 0,40 m) a resistenza crescente con la profondità (ved. la stima dei parametri geotecnici delle prova). I rimanenti 2 livelli sono litologicamente simili. Complessivamente si hanno soddisfacenti valori di buona resistenza in entrambi i livelli considerati fino al rifiuto alla penetrazione delle aste a circa 6.0 m di profondità.

Anche in questo caso, vista la tipologia delle strutture da realizzare ed i carichi indotti, si ritiene che la resistenza già offerta dal secondo livello di terreno (dalla profondità di 0,40 m in poi) avvalora l'ipotesi di una fondazione diretta superficiale.

La falda non è stata individuata.

### **Prova penetrometrica P3 (Aerogeneratori PESG.06, PESG.09, PESG.10)**

Il terreno di fondazione per tutta l'area in studio è caratterizzato da una formazione costituita da argille azzurre, talora con lenti sabbiose o conglomeratiche, per tutto lo spessore indagato di circa 8,70 metri, profondità oltre la quale si è avuto rifiuto delle aste alla penetrazione.

Dal punto di vista della resistenza le formazioni sono state suddivise in 3 livelli (il primo si scarta essendo quello pedologico di soli 0,40 m) a resistenza crescente con la profondità (ved. la stima dei parametri geotecnici delle prova) ma tolto il primo spessore costituito dall'orizzonte pedogenetico, i rimanenti 2 sono litologicamente simili. Complessivamente si hanno soddisfacenti valori di buona resistenza in entrambi i livelli considerati fino al rifiuto alla penetrazione delle aste a circa 8,70 m di profondità.

Anche in questo caso, vista la tipologia delle strutture da realizzare ed i carichi indotti, si ritiene che la resistenza già offerta dal secondo livello di terreno (dalla profondità di 1 m in poi) avvalora l'ipotesi di una fondazione diretta superficiale.

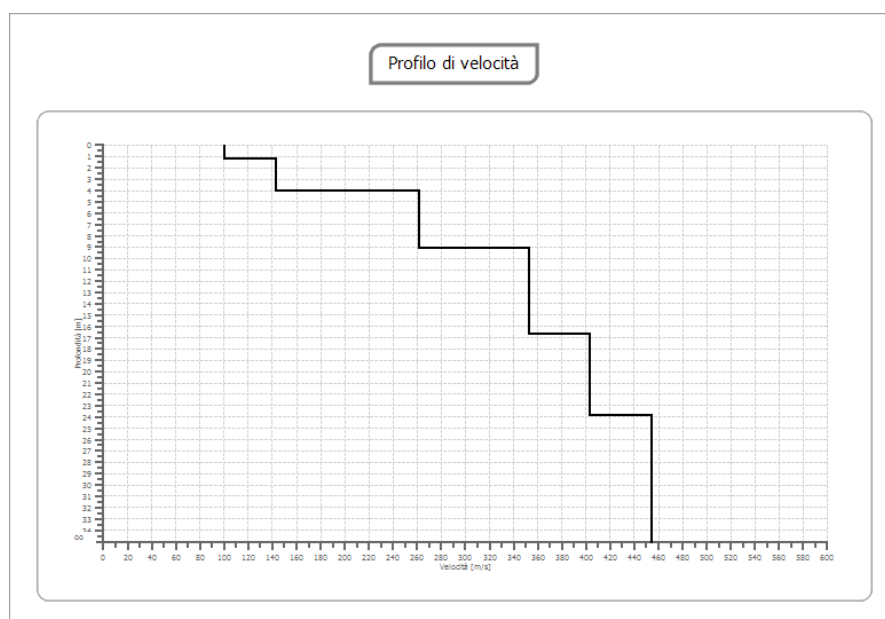
La falda è stata individuata a circa 3 m di profondità.

## MASW

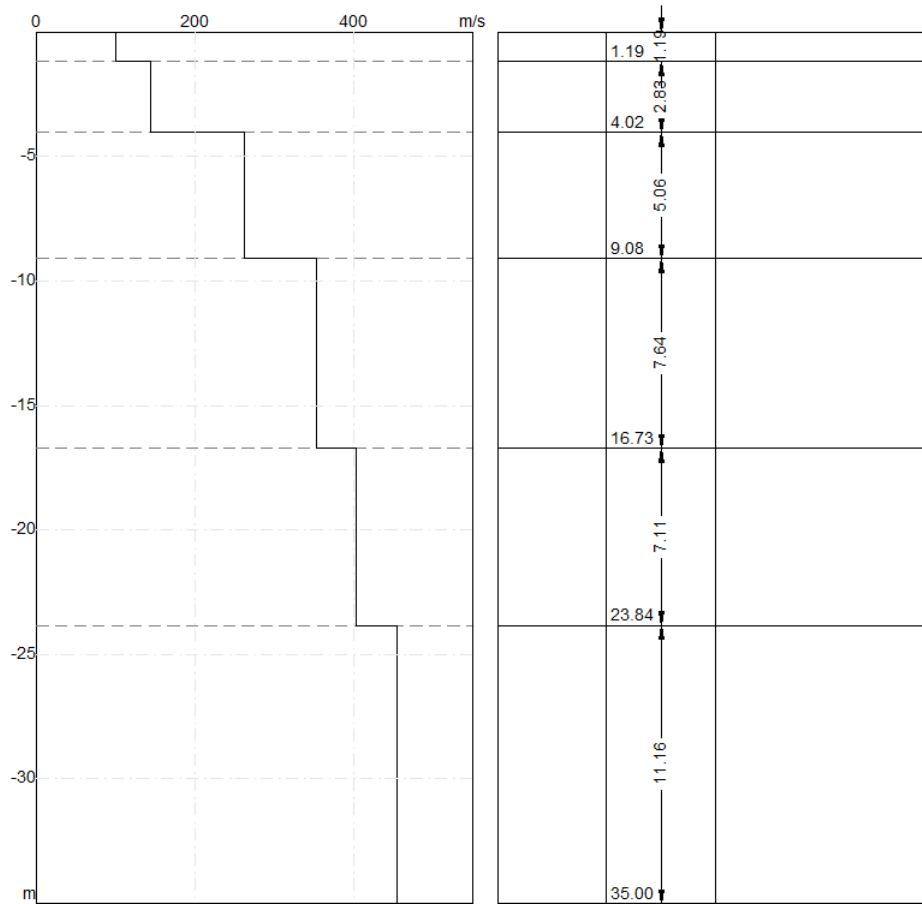
La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Qui di seguito si sintetizzano gli esiti delle indagini compiute sui due siti di interesse, la relazioni complete sono allegate in fondo alla relazione.

### MASW 1 (Aerogeneratori PESG.04, PESG.05, PESG.08)







**Risultati**

**Profondità piano di posa [m]** | 0.00  
**Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)** | 288.86  
**Categoria del suolo** | C

**Profondità piano di posa [m]** | 0.50  
**Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)** | 300.13  
**Categoria del suolo** | C

**Profondità piano di posa [m]** | 1.00  
**Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)** | 312.32  
**Categoria del suolo** | C

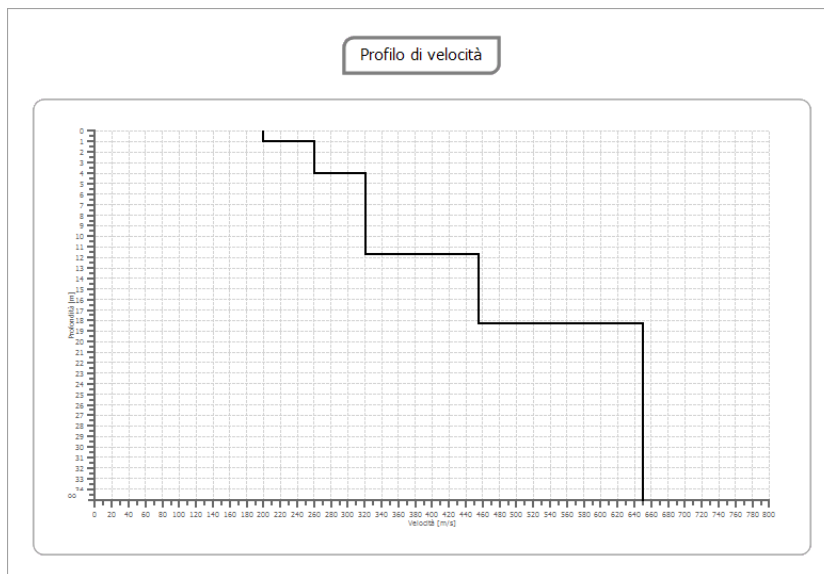
**Profondità piano di posa [m]** | 1.50

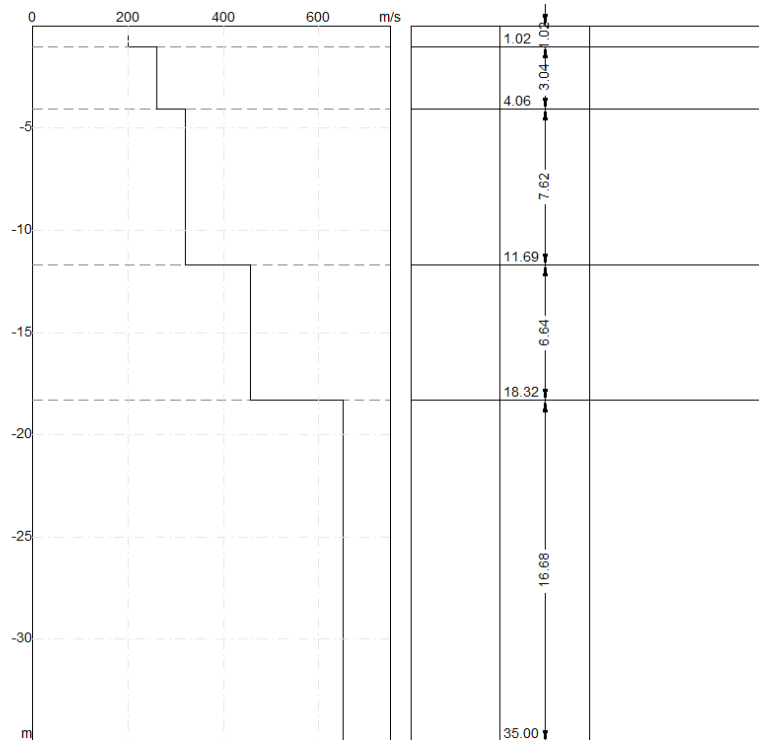
<b>Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)</b>	322.24
<b>Categoria del suolo</b>	C

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	2.00
<b>Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)</b>	300.73
<b>Categoria del suolo</b>	C

**Suolo di tipo C:** Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

**MASW 2 (Aerogeneratori PESG.01, PESG.02, PESG.03, PESG.07)**





**Profondità piano di posa [m]** | 0.00  
**Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)** | 410.31  
**Categoria del suolo** | B

**Profondità piano di posa [m]** | 0.50  
**Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)** | 420.79  
**Categoria del suolo** | B

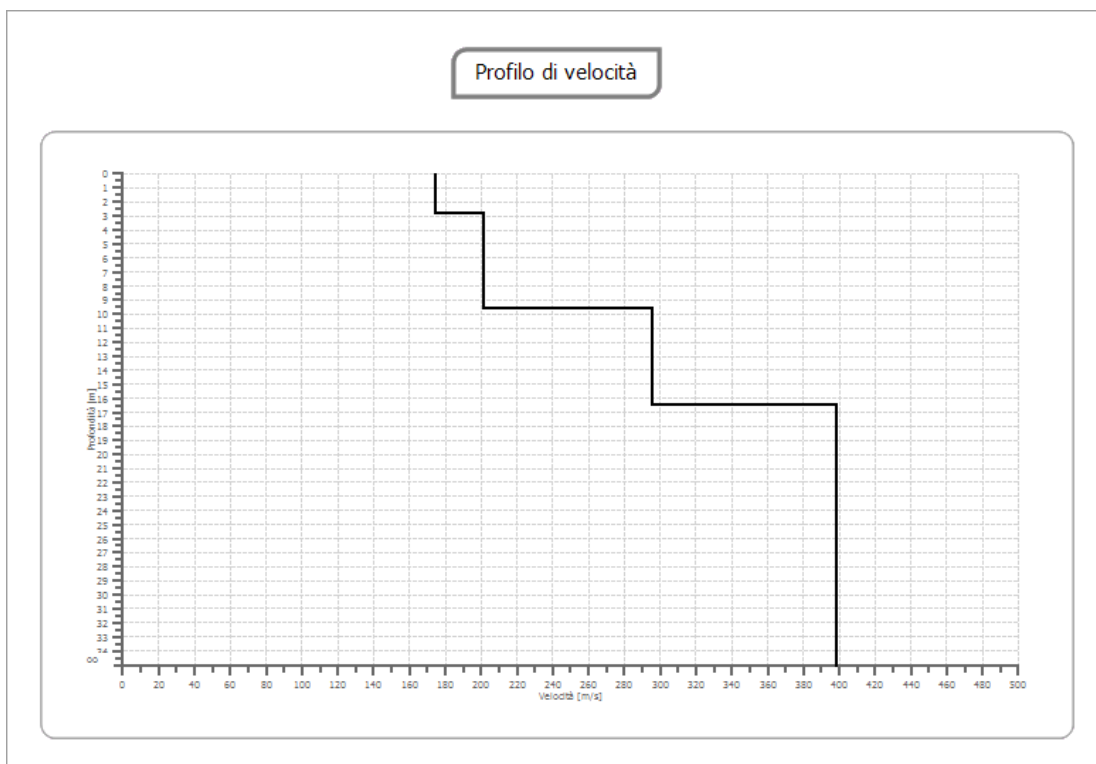
**Profondità piano di posa [m]** | 1.00  
**Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)** | 430.79  
**Categoria del suolo** | B

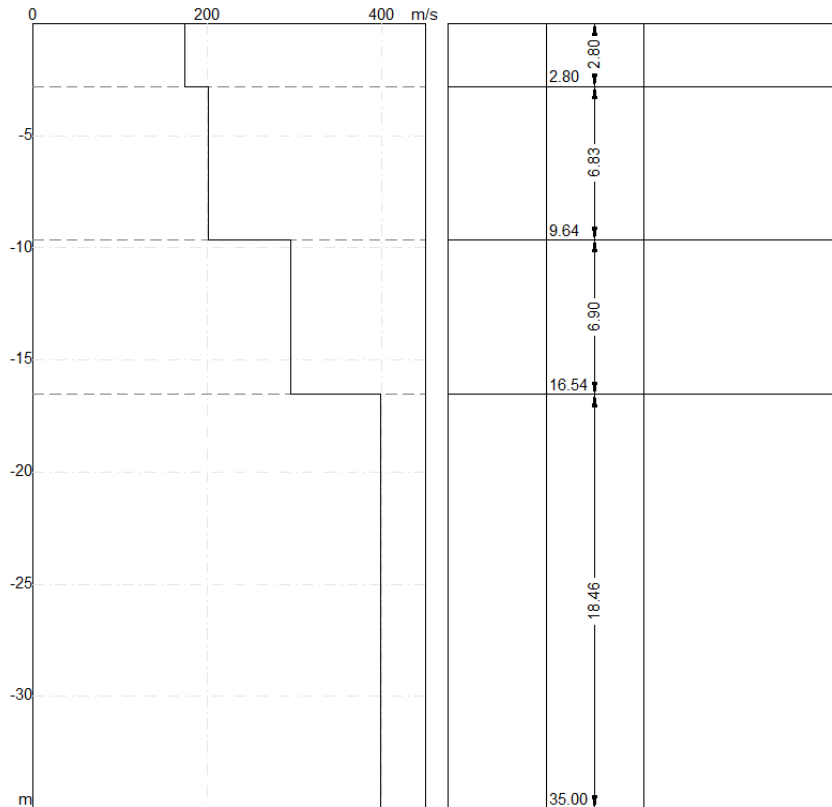
**Profondità piano di posa [m]** | 1.50  
**Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)** | 438.16  
**Categoria del suolo** | B

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	2.00
<b>Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)</b>	445.66
<b>Categoria del suolo</b>	B

**Suolo di 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.

**MASW 3** (Aerogeneratori PESG.06, PESG.09, PESG.10)





**Profondità piano di posa [m]** | 0.00  
**Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)** | 279.89  
**Categoria del suolo** | C

**Profondità piano di posa [m]** | 0.50  
**Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)** | 284.18  
**Categoria del suolo** | C

**Profondità piano di posa [m]** | 1.00  
**Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)** | 288.59  
**Categoria del suolo** | C

**Profondità piano di posa [m]** | 1.50  
**Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)** | 293.15

**Categoria del suolo** C

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	2.00
<b>V<sub>s,eq</sub> [m/sec] (H=30.00 m)</b>	297.85
<b>Categoria del suolo</b>	C

**Suolo di tipo C:** Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

### Parametri geotecnici

Allo scopo di individuare le caratteristiche fisico - meccaniche dei materiali di fondazione, è stato fatto riferimento ai valori geomeccanici delle tre prove penetrometriche tipici dell'orizzonte stratigrafico caratterizzato dal basamento sul quale si realizzeranno le fondazioni degli aerogeneratori. I valori fisico-meccanici compatibili al terreno di fondazione alle varie profondità sono risultati i seguenti:

#### Aerogeneratori PESG.01, PESG.02, PESG.03, PESG.07

Livello	Profondità base strato	Coesione non drenata	Angolo di attrito	Peso di volume	MASW
<b>B</b>	4,40 m	0,47 Kg/cmq	$\phi = 28^\circ$	$\gamma = 1.95 \text{ gr/cc}$	<b>B</b>
<b>C</b>	Indef. (> 8,5m)	1,20 Kg/cmq	$\phi = 34^\circ$	$\gamma = 2.11 \text{ gr/cc}$	

Livello A della prova P1 poco significativo (orizzonte pedogenetico) scartato (spessore 1,6 m)

#### Siti Aerogeneratori PESG.04, PESG.05, PESG.08

Livello	Profondità base strato	Coesione non drenata	Angolo di attrito	Peso di volume	MASW
<b>B</b>	3,50 m	0,61 Kg/cmq	$\phi = 29^\circ$	$\gamma = 2.02 \text{ gr/cc}$	<b>C</b>
<b>C</b>	Indef. (> 6,0m)	1,24 Kg/cmq	$\phi = 34^\circ$	$\gamma = 2.12 \text{ gr/cc}$	

Livello A della prova P2 poco significativo (orizzonte pedogenetico) scartato (spessore 0,4 m)

#### Siti Aerogeneratori PESG.06, PESG.09, PESG.10

Livello	Profondità base strato	Coesione non drenata	Angolo di attrito	Peso di volume	MASW
<b>B</b>	4,40 m	0,27 Kg/cmq	$\phi = 26^\circ$	$\gamma = 1.78 \text{ gr/cc}$	<b>C</b>
<b>C</b>	Indef. (> 8,7m)	0,82 Kg/cmq	$\phi = 31^\circ$	$\gamma = 2.08 \text{ gr/cc}$	

Livello A della prova P3 poco significativo (orizzonte pedogenetico) scartato (spessore 0,4m)

I valori sopra citati possono servire per la verifica della portanza con il calcolo della formula di vari autori per il caso di fondazioni dirette superficiali.

## CONCLUSIONI

Il sito che dovrà accogliere le opere previste in progetto è stato esaminato sotto l'aspetto geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico.

Si è constatato che le litologie tipiche dei materiali su cui si realizzeranno le tipologie di fondazioni prescelte dal progettista sono caratterizzate materiale conglomeratico, sabbioso e argilloso.

L'area ristretta degli aerogeneratori, dato il suo andamento, è risultata essere indenne da qualsiasi fenomeno di instabilità geomorfologica in atto.

Dalla consultazione degli elaborati del PAI non è emerso per l'area in studio, alcun tipo di vincolo idrogeologico e geomorfologico che interessi le strutture del PE.

La circolazione idrica sotterranea è diffusa nelle aree a quota maggiore dove si hanno formazioni sabbiose e conglomeratiche, tamponate alle quote inferiori dalle argille. La circolazione superficiale segue la naturale pendenza del terreno, mentre per quanto riguarda le stesse acque superficiali, dovranno essere regimate e smaltite lontano dal sito di interesse.

Da quanto emerso relativamente alle caratteristiche litologiche dei siti a litologia sabbiosa e conglomeratica, dopo conferma di ulteriori prove di laboratorio, da eseguire in fase successiva, sulle caratteristiche granulometriche, si può ipotizzare che le terre di scavo possano essere reimpiegate come terre per rilevati e sottofondazioni.

Concludendo, dopo le analisi delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e geotecniche del terreno di fondazione e dei vincoli PAI, si può affermare che per quanto concerne i lavori in progetto, previsti in osservanza delle NTC18, non esistono controindicazioni che possano incidere negativamente sulla fattibilità dell'intervento previsto.

Cerisano lì 15.02.2019

Dott. Geol. Pasquale GRECO





# Studio Geologico di **MARTIRE Eugenio**

Via UMBRIA 7

87046 MONTALTO UFFUGO (CS)

Tel. 3895566768 - [geologomartire84@pec.it](mailto:geologomartire84@pec.it)

**GeologiCal**  
www.geologicalaltervista.org

**PROGETTO**

**Parco Eolico "Serra Giannina"**

**ELABORATO**

**RELAZIONE TECNICA SULLE INDAGINI**

**COMMITTENTE:**

**NEW DEVELOPMENTS SRLS**

**LOCALITA' ESECUZIONE INDAGINI:**

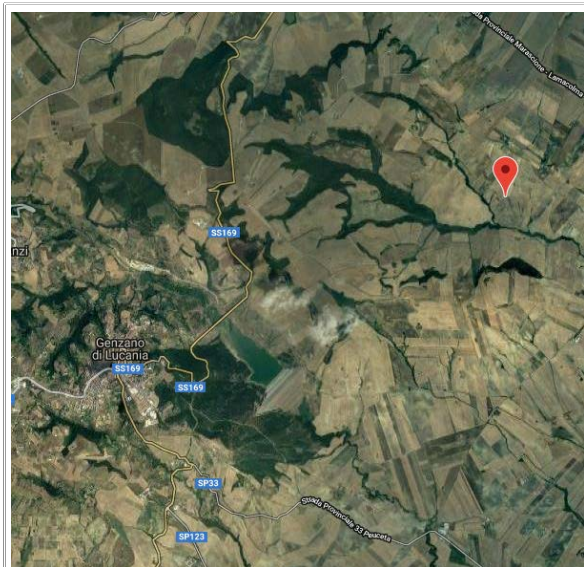
**GENZANO DI LUCANIA (PZ)**

**DATA ESECUZIONE INDAGINI:**

**12 FEBBRAIO 2019**

**IL TECNICO:**

**Dott. Geol. Eugenio MARTIRE**



## INDICE

PREMESSA .....	2
DESCRIZIONE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA .....	2
ELABORAZIONE PROVA PENETROMETRICA DPM_1 .....	9
ELABORAZIONE PROVA PENETROMETRICA DPM_2 .....	15
ELABORAZIONE PROVA PENETROMETRICA DPM_3 .....	20
DESCRIZIONE INDAGINE GEOFISICA MASW .....	26
ELABORAZIONE INDAGINE MASW_1 .....	28
ELABORAZIONE INDAGINE MASW_2 .....	35
ELABORAZIONE INDAGINE MASW_3 .....	42

## Premessa

Su incarico della società **New Developments srls** - Piazza Europa n.14 - Cosenza, in riferimento al progetto: *Parco Eolico "Serra Giannina" - Comune di Genzano di Lucania (PZ)*, il sottoscritto Geologo Eugenio MARTIRE ha eseguito in data 12/02/2019, una campagna di indagini geognostiche costituita da:

- n° 3 prove penetrometriche dinamiche DPM30,
- n° 3 stendimenti sismici di tipo MASW.

Le prove penetrometriche hanno consentito la determinazione della stratigrafia dei litotipi e la determinazione indiretta dei parametri geotecnici del sottosuolo.

Gli stendimenti di tipo MASW hanno consentito di definire la velocità media delle onde S nei primi metri di profondità. La misura delle Vs è di fondamentale importanza per la caratterizzazione del sottosuolo di un sito secondo quanto previsto dalle recenti normative antisismiche (O.P.C.M. 3274/03; O.P.C.M. 3431/05; D.M. 17 gennaio 2018).

Tutte le informazioni di natura tecnica relative alle indagini eseguite unitamente all'interpretazione litologica e stratigrafica non sono commentate nella presente relazione di sintesi.

## Descrizione prova penetrometrica dinamica

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ )
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)

- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha=60-90^\circ$ ), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H=0.20 m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha= 60-90^\circ$ ), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H=0.75 m, avanzamento  $\delta=30$  cm, punta conica ( $\alpha = 60^\circ$ ), diametro D = 50.8 mm, area base cono A=20.27 cm<sup>2</sup> rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)  
massa battente M=63.5 kg, altezza caduta H=0.75 m, avanzamento  $\delta=20-30$  cm, punta conica conica ( $\alpha = 60^\circ-90^\circ$ ) diametro D = 50.5 mm, area base cono A = 20 cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

### Correlazione con N<sub>spt</sub>

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N<sub>spt</sub> ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N<sub>spt</sub>. Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q<sub>spt</sub> è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

- M = peso massa battente;
- M' = peso aste;
- H = altezza di caduta;
- A = area base punta conica;
- $\delta$  = passo di avanzamento.

## Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

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

Rpd = resistenza dinamica punta (area A);  
e = infissione media per colpo ( $\delta/N$ );  
M = peso massa battente (altezza caduta H);  
P = peso totale aste e sistema battuta.

## Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$  è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = C_N \times N_{60} \text{ con } C_N = \sqrt{(Pa/\sigma'_{vo})} \quad C_N < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \times (ER/60) \times C_s \times C_f \times C_d$$

ER/60: Rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.  
 $C_s$ : Parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).  
 $C_d$ : Funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).  
 $C_f$ : Parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

## Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della GeoStru Software.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

## Valutazioni statistiche e correlazioni

### Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono:

#### Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Massimo**

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Minimo**

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Scarto quadratico medio**

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media deviata**

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media + s**

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media - s**

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Distribuzione normale R.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove  $sN_{spt}$  è la deviazione standard di  $N_{spt}$

**Distribuzione normale R.N.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di  $N_{spt}$  distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove  $n$  è il numero di letture.

**Pressione ammissibile**

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immersione  $d = 1$  mt.

**Correlazioni geotecniche terreni incoerenti**

**Liquefazione**

Permette di calcolare utilizzando dati  $N_{spt}$  il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se  $N_{spt}$  dello strato considerato risulta inferiore a  $N_{spt}$  critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

**Correzione  $N_{spt}$  in presenza di falda**

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

$N_{spt}$  è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

**Angolo di Attrito**

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.

- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito  $< 38^\circ$ .
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof.  $> 2$  m. e per valori di angolo di attrito  $< 38^\circ$ ).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova  $> 8$  mt. sopra falda e  $> 15$  mt. per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONALE RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof.  $> 8$  mt. sopra falda e  $> 15$  mt. per terreni in falda)  $s > 15$  t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo  $< 5\%$  a profondità  $< 5$  mt. e con % di limo  $> 5\%$  a profondità  $< 3$  mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

#### **Densità relativa (%)**

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

#### **Modulo Di Young ( $E_y$ )**

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

#### **Modulo Edometrico**

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buismann-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

#### **Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977

#### **Peso di Volume Gamma**

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

#### **Peso di volume saturo**

- Terzaghi-Peck 1948-1967

#### **Modulo di poisson**

- Classificazione A.G.I.

#### **Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)**

- Seed-Idriss 1978-1981. Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $\tau$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

**Velocità onde di taglio**  $V_s$  (m/sec)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

**Modulo di deformazione di taglio** ( $G$ )

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

**Modulo di reazione** ( $K_0$ )

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

**Resistenza alla punta del Penetrometro Statico** ( $Q_c$ )

- Robertson 1983  $Q_c$

## Correlazioni geotecniche terreni coesivi

**Coesione non drenata**

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$  , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948).  $C_u$  min-max.
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività  $> 5$  , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche  $< 10$  colpi, per resistenze penetrometriche  $> 10$  l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (Cu- $N_{spt}$ -grado di plasticità).
- Schmertmann 1975  $C_u$  (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con  $N_c=20$  e  $Q_c/N_{spt}=2$ .
- Schmertmann 1975  $C_u$  (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata  $C_u$  (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità .
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni 1982 , valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

**Resistenza alla punta del Penetrometro Statico** ( $Q_c$ )

- Robertson 1983  $Q_c$

**Modulo Edometrico-Confinato** ( $M_0$ )

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - $M_0$  (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ ).
- Buisman- Sanglerat, valida per argille compatte (  $N_{spt} < 30$ ) medie e molli (  $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose ( $N_{spt}=6-12$ ).

**Modulo Di Young** ( $E_Y$ )

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P.  $> 15$
- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.



**Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977

**Peso di Volume**

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

**Peso di volume saturo**

- Meyerhof ed altri.

**Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPM (DL030 10) (Medium)**

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0.20 m
Peso sistema di battuta	21 Kg
Diametro punta conica	35.68 mm
Area di base punta	10 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2.9 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80 m
Avanzamento punta	0.10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0.761
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

**Classificazione ISSMFE (1988) delle sonde Penetrometriche dinamiche**

Tipo	Sigla di riferimento	Peso della massa battente in Kg
Leggero	DPL (Light)	M<10
<b>Medio</b>	<b>DPM (Medium)</b>	<b>10&lt;M&lt;40</b>
Pesante	DPH (Heavy)	40<M<60
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	M>60

## Elaborazione Prova Penetrometrica DPM\_1

### Coordinate WGS 84

<b>Latitudine</b>	40.866645
<b>Longitudine</b>	16.067809

Strumento utilizzato...	DPM (DL030 10) (Medium)
Prova eseguita in data	12/02/19
Profondità prova	8.50 mt
Falda non rilevata	

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	1	0	0.857	2.86	3.34	0.14	0.17
0.20	1	0	0.855	2.85	3.34	0.14	0.17
0.30	1	0	0.853	2.85	3.34	0.14	0.17
0.40	2	0	0.851	5.68	6.68	0.28	0.33
0.50	3	0	0.849	8.50	10.02	0.43	0.50
0.60	7	0	0.847	19.80	23.38	0.99	1.17
0.70	7	0	0.845	19.76	23.38	0.99	1.17
0.80	8	0	0.843	22.53	26.72	1.13	1.34
0.90	7	0	0.842	18.67	22.18	0.93	1.11
1.00	7	0	0.840	18.63	22.18	0.93	1.11
1.10	6	0	0.838	15.93	19.01	0.80	0.95
1.20	5	0	0.836	13.25	15.85	0.66	0.79
1.30	5	0	0.835	13.22	15.85	0.66	0.79
1.40	7	0	0.833	18.48	22.18	0.92	1.11
1.50	9	0	0.831	23.71	28.52	1.19	1.43
1.60	7	0	0.830	18.40	22.18	0.92	1.11
1.70	7	0	0.828	18.37	22.18	0.92	1.11
1.80	7	0	0.826	18.33	22.18	0.92	1.11
1.90	7	0	0.825	17.41	21.11	0.87	1.06
2.00	8	0	0.823	19.86	24.12	0.99	1.21
2.10	10	0	0.822	24.77	30.15	1.24	1.51
2.20	11	0	0.820	27.20	33.17	1.36	1.66
2.30	13	0	0.769	30.13	39.20	1.51	1.96
2.40	18	0	0.767	41.63	54.27	2.08	2.71
2.50	18	0	0.766	41.55	54.27	2.08	2.71
2.60	19	0	0.764	43.78	57.29	2.19	2.86
2.70	18	0	0.763	41.40	54.27	2.07	2.71
2.80	16	0	0.761	36.73	48.24	1.84	2.41
2.90	15	0	0.760	32.78	43.13	1.64	2.16
3.00	15	0	0.759	32.72	43.13	1.64	2.16
3.10	16	0	0.757	34.84	46.01	1.74	2.30
3.20	16	0	0.756	34.78	46.01	1.74	2.30
3.30	13	0	0.755	28.21	37.38	1.41	1.87
3.40	13	0	0.753	28.16	37.38	1.41	1.87
3.50	16	0	0.752	34.60	46.01	1.73	2.30
3.60	13	0	0.751	28.07	37.38	1.40	1.87
3.70	16	0	0.750	34.49	46.01	1.72	2.30
3.80	15	0	0.748	32.28	43.13	1.61	2.16
3.90	16	0	0.747	32.85	43.97	1.64	2.20
4.00	17	0	0.746	34.85	46.72	1.74	2.34
4.10	19	0	0.745	38.89	52.21	1.94	2.61
4.20	20	0	0.744	40.87	54.96	2.04	2.75
4.30	19	0	0.743	38.77	52.21	1.94	2.61
4.40	20	0	0.741	40.75	54.96	2.04	2.75
4.50	26	0	0.690	49.32	71.45	2.47	3.57

4.60	28	0	0.689	53.03	76.95	2.65	3.85
4.70	27	0	0.688	51.06	74.20	2.55	3.71
4.80	25	0	0.687	47.21	68.70	2.36	3.44
4.90	26	0	0.686	46.94	68.42	2.35	3.42
5.00	25	0	0.685	45.07	65.79	2.25	3.29
5.10	26	0	0.684	46.80	68.42	2.34	3.42
5.20	26	0	0.683	46.73	68.42	2.34	3.42
5.30	25	0	0.682	44.87	65.79	2.24	3.29
5.40	28	0	0.681	50.18	73.68	2.51	3.68
5.50	27	0	0.680	48.32	71.05	2.42	3.55
5.60	27	0	0.679	48.25	71.05	2.41	3.55
5.70	28	0	0.678	49.97	73.68	2.50	3.68
5.80	26	0	0.677	46.34	68.42	2.32	3.42
5.90	28	0	0.676	47.81	70.69	2.39	3.53
6.00	28	0	0.675	47.75	70.69	2.39	3.53
6.10	28	0	0.675	47.69	70.69	2.38	3.53
6.20	35	0	0.624	55.11	88.36	2.76	4.42
6.30	35	0	0.623	55.04	88.36	2.75	4.42
6.40	33	0	0.622	51.82	83.31	2.59	4.17
6.50	32	0	0.621	50.18	80.79	2.51	4.04
6.60	35	0	0.620	54.81	88.36	2.74	4.42
6.70	35	0	0.620	54.74	88.36	2.74	4.42
6.80	38	0	0.619	59.36	95.93	2.97	4.80
6.90	39	0	0.568	53.73	94.61	2.69	4.73
7.00	38	0	0.617	56.89	92.18	2.84	4.61
7.10	35	0	0.616	52.34	84.91	2.62	4.25
7.20	35	0	0.616	52.27	84.91	2.61	4.25
7.30	36	0	0.615	53.70	87.33	2.68	4.37
7.40	35	0	0.614	52.15	84.91	2.61	4.25
7.50	35	0	0.613	52.08	84.91	2.60	4.25
7.60	35	0	0.613	52.02	84.91	2.60	4.25
7.70	35	0	0.612	51.96	84.91	2.60	4.25
7.80	35	0	0.611	51.90	84.91	2.60	4.25
7.90	35	0	0.611	49.89	81.71	2.49	4.09
8.00	36	0	0.610	51.26	84.05	2.56	4.20
8.10	38	0	0.609	54.05	88.72	2.70	4.44
8.20	38	0	0.609	53.99	88.72	2.70	4.44
8.30	38	0	0.608	53.93	88.72	2.70	4.44
8.40	44	0	0.557	57.24	102.72	2.86	5.14
8.50	55	0	0.557	71.47	128.40	3.57	6.42

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0.5	1.6	5.34	Incoerente - coesivo	0	1.5	1.85	0.04	0.76	1.22	STRATO 1
4.4	12.46	36.73	Incoerente - coesivo	0	1.95	2.14	0.46	0.76	9.48	STRATO 2
8.5	31.63	79.56	Incoerente - coesivo	0	2.11	2.2	1.27	0.76	24.07	STRATO 3

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

#### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	1.22	0.50	Shioi - Fukui (1982)	0.06
[2] - STRATO 2	9.48	4.40	Shioi - Fukui (1982)	0.47
[3] - STRATO 3	24.07	8.50	Shioi - Fukui (1982)	1.20

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	1.22	0.50	Meyerhof ed altri	1.50
[2] - STRATO 2	9.48	4.40	Meyerhof ed altri	1.95
[3] - STRATO 3	24.07	8.50	Meyerhof ed altri	2.11

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	1.22	0.50	Meyerhof ed altri	1.85
[2] - STRATO 2	9.48	4.40	Meyerhof ed altri	2.14
[3] - STRATO 3	24.07	8.50	Meyerhof ed altri	2.20

**TERRENI INCOERENTI**

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - STRATO 1	1.22	0.50	1.22	Skempton (1986)	10.03
[2] - STRATO 2	9.48	4.40	9.48	Skempton (1986)	31.83
[3] - STRATO 3	24.07	8.50	24.07	Skempton (1986)	56.8

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - STRATO 1	1.22	0.50	1.22	Meyerhof (1965)	24.39
[2] - STRATO 2	9.48	4.40	9.48	Meyerhof (1965)	28.56
[3] - STRATO 3	24.07	8.50	24.07	Meyerhof (1965)	33.94

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	1.22	0.50	1.22	Schmertmann (1978) Limi	5.86
[2] - STRATO 2	9.48	4.40	9.48	Schmertmann (1978) Limi	57.88
[3] - STRATO 3	24.07	8.50	24.07	Schmertmann (1978) Limi	149.76

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	1.22	0.50	1.22	Begemann (1974)	29.97
[2] - STRATO 2	9.48	4.40	9.48	Begemann (1974)	46.94
[3] - STRATO 3	24.07	8.50	24.07	Begemann (1974)	76.91

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - STRATO 1	1.22	0.50	1.22	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - STRATO 2	9.48	4.40	9.48	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[3] - STRATO 3	24.07	8.50	24.07	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - STRATO 1	1.22	0.50	1.22	(A.G.I.)	0.35
[2] - STRATO 2	9.48	4.40	9.48	(A.G.I.)	0.34
[3] - STRATO 3	24.07	8.50	24.07	(A.G.I.)	0.31

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - STRATO 1	1.22	0.50	1.22	Navfac 1971-1982	0.08
[2] - STRATO 2	9.48	4.40	9.48	Navfac 1971-1982	1.99
[3] - STRATO 3	24.07	8.50	24.07	Navfac 1971-1982	4.73

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

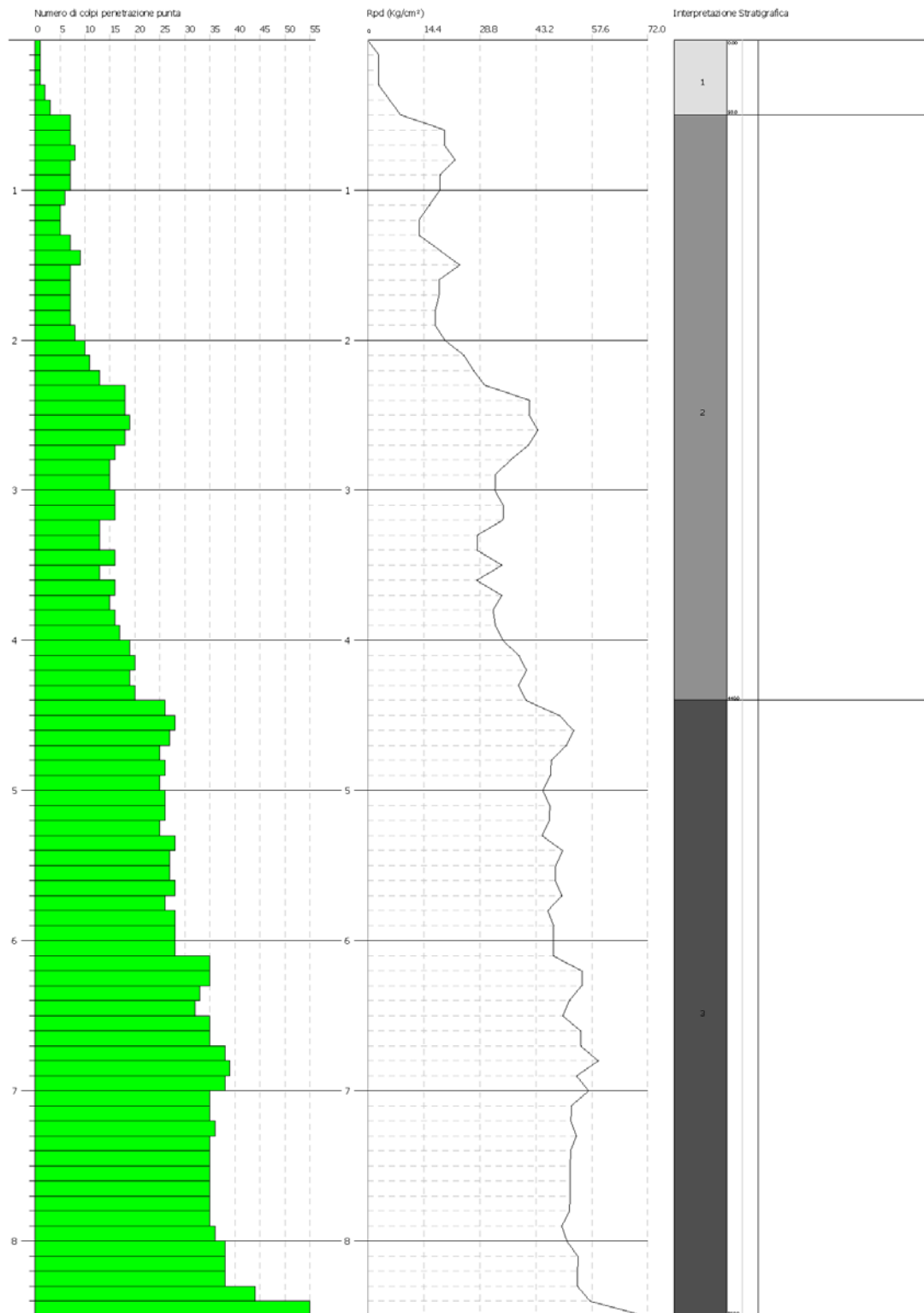
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	1.22	0.50	1.22	Robertson 1983	2.44
[2] - STRATO 2	9.48	4.40	9.48	Robertson 1983	18.96
[3] - STRATO 3	24.07	8.50	24.07	Robertson 1983	48.14

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N.1  
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente: New Developments srls  
Carriere  
Località: GENZANO DI LUCANIA (PZ)

Data: 12/02/2019

Scala 1:35





**Prova Penetrometrica n\_1 - COORDINATE (WGS84) 40.866645, 16.067809**



**Ubicazione indagini (DPM\_1) su Ortofoto - COORDINATE (WGS84) 40.866645, 16.067809**

## Elaborazione Prova Penetrometrica DPM\_2

### Coordinate WGS 84

<b>Latitudine</b>	40.875382
<b>Longitudine</b>	16.080409

Strumento utilizzato...	DPM (DL030 10) (Medium)
Prova eseguita in data	12/02/19
Profondità prova	6.00 mt
Falda non rilevata	

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	3	0	0.857	8.58	10.02	0.43	0.50
0.20	3	0	0.855	8.56	10.02	0.43	0.50
0.30	3	0	0.853	8.54	10.02	0.43	0.50
0.40	4	0	0.851	11.36	13.36	0.57	0.67
0.50	8	0	0.849	22.68	26.72	1.13	1.34
0.60	8	0	0.847	22.63	26.72	1.13	1.34
0.70	9	0	0.845	25.40	30.06	1.27	1.50
0.80	8	0	0.843	22.53	26.72	1.13	1.34
0.90	8	0	0.842	21.33	25.35	1.07	1.27
1.00	10	0	0.840	26.61	31.69	1.33	1.58
1.10	12	0	0.838	31.87	38.03	1.59	1.90
1.20	10	0	0.836	26.50	31.69	1.33	1.58
1.30	14	0	0.785	34.81	44.37	1.74	2.22
1.40	17	0	0.783	42.18	53.87	2.11	2.69
1.50	13	0	0.781	32.18	41.20	1.61	2.06
1.60	14	0	0.780	34.59	44.37	1.73	2.22
1.70	17	0	0.778	41.91	53.87	2.10	2.69
1.80	17	0	0.776	41.82	53.87	2.09	2.69
1.90	13	0	0.775	30.37	39.20	1.52	1.96
2.00	17	0	0.773	39.63	51.26	1.98	2.56
2.10	15	0	0.772	34.90	45.23	1.74	2.26
2.20	11	0	0.820	27.20	33.17	1.36	1.66
2.30	14	0	0.769	32.44	42.21	1.62	2.11
2.40	14	0	0.767	32.38	42.21	1.62	2.11
2.50	15	0	0.766	34.63	45.23	1.73	2.26
2.60	20	0	0.764	46.09	60.30	2.30	3.02
2.70	22	0	0.713	47.28	66.33	2.36	3.32
2.80	25	0	0.711	53.62	75.38	2.68	3.77
2.90	26	0	0.710	53.08	74.76	2.65	3.74
3.00	24	0	0.709	48.91	69.01	2.45	3.45
3.10	24	0	0.707	48.81	69.01	2.44	3.45
3.20	21	0	0.706	42.63	60.38	2.13	3.02
3.30	22	0	0.705	44.58	63.26	2.23	3.16
3.40	24	0	0.703	48.54	69.01	2.43	3.45
3.50	22	0	0.702	44.42	63.26	2.22	3.16
3.60	31	0	0.651	58.02	89.14	2.90	4.46
3.70	31	0	0.650	57.91	89.14	2.90	4.46
3.80	31	0	0.648	57.80	89.14	2.89	4.46
3.90	31	0	0.647	55.14	85.19	2.76	4.26
4.00	28	0	0.696	53.56	76.95	2.68	3.85



4.10	29	0	0.695	55.38	79.69	2.77	3.98
4.20	29	0	0.694	55.28	79.69	2.76	3.98
4.30	30	0	0.693	57.10	82.44	2.85	4.12
4.40	31	0	0.641	54.64	85.19	2.73	4.26
4.50	31	0	0.640	54.55	85.19	2.73	4.26
4.60	32	0	0.639	56.21	87.94	2.81	4.40
4.70	33	0	0.638	57.87	90.69	2.89	4.53
4.80	33	0	0.637	57.78	90.69	2.89	4.53
4.90	33	0	0.636	55.24	86.84	2.76	4.34
5.00	35	0	0.635	58.49	92.11	2.92	4.61
5.10	36	0	0.634	60.06	94.74	3.00	4.74
5.20	35	0	0.633	58.30	92.11	2.92	4.61
5.30	36	0	0.632	59.88	94.74	2.99	4.74
5.40	35	0	0.631	58.12	92.11	2.91	4.61
5.50	34	0	0.630	56.38	89.47	2.82	4.47
5.60	36	0	0.629	59.60	94.74	2.98	4.74
5.70	36	0	0.628	59.51	94.74	2.98	4.74
5.80	38	0	0.627	62.73	100.00	3.14	5.00
5.90	44	0	0.576	64.02	111.08	3.20	5.55
6.00	52	0	0.575	75.55	131.28	3.78	6.56

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0.4	3.25	10.85	Incoerente - coesivo	0	1.6	1.86	0.03	0.76	2.47	STRATO 1
3.5	15.94	48.31	Incoerente - coesivo	0	2.02	2.22	0.38	0.76	12.13	STRATO 2
6	32.55	88.3	Incoerente - coesivo	0	2.12	2.22	0.96	0.76	24.77	STRATO 3

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

#### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	2.47	0.40	Shioi - Fukui (1982)	0.12
[2] - STRATO 2	12.13	3.50	Shioi - Fukui (1982)	0.61
[3] - STRATO 3	24.77	6.00	Shioi - Fukui (1982)	1.24

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	2.47	0.40	Meyerhof ed altri	1.60
[2] - STRATO 2	12.13	3.50	Meyerhof ed altri	2.02
[3] - STRATO 3	24.77	6.00	Meyerhof ed altri	2.12

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	2.47	0.40	Meyerhof ed altri	1.86
[2] - STRATO 2	12.13	3.50	Meyerhof ed altri	2.22
[3] - STRATO 3	24.77	6.00	Meyerhof ed altri	2.22

## TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - STRATO 1	2.47	0.40	2.47	Skempton (1986)	13.77
[2] - STRATO 2	12.13	3.50	12.13	Skempton (1986)	37.5
[3] - STRATO 3	24.77	6.00	24.77	Skempton (1986)	57.68

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - STRATO 1	2.47	0.40	2.47	Meyerhof (1965)	25.07
[2] - STRATO 2	12.13	3.50	12.13	Meyerhof (1965)	29.73
[3] - STRATO 3	24.77	6.00	24.77	Meyerhof (1965)	34.14

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	2.47	0.40	2.47	Schmertmann (1978) Limi	13.73
[2] - STRATO 2	12.13	3.50	12.13	Schmertmann (1978) Limi	74.57
[3] - STRATO 3	24.77	6.00	24.77	Schmertmann (1978) Limi	154.17

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	2.47	0.40	2.47	Begemann (1974)	32.54
[2] - STRATO 2	12.13	3.50	12.13	Begemann (1974)	52.38
[3] - STRATO 3	24.77	6.00	24.77	Begemann (1974)	78.34

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - STRATO 1	2.47	0.40	2.47	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - STRATO 2	12.13	3.50	12.13	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - STRATO 3	24.77	6.00	24.77	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - STRATO 1	2.47	0.40	2.47	(A.G.I.)	0.35
[2] - STRATO 2	12.13	3.50	12.13	(A.G.I.)	0.33
[3] - STRATO 3	24.77	6.00	24.77	(A.G.I.)	0.31

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - STRATO 1	2.47	0.40	2.47	Navfac 1971-1982	0.38
[2] - STRATO 2	12.13	3.50	12.13	Navfac 1971-1982	2.55
[3] - STRATO 3	24.77	6.00	24.77	Navfac 1971-1982	4.84

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

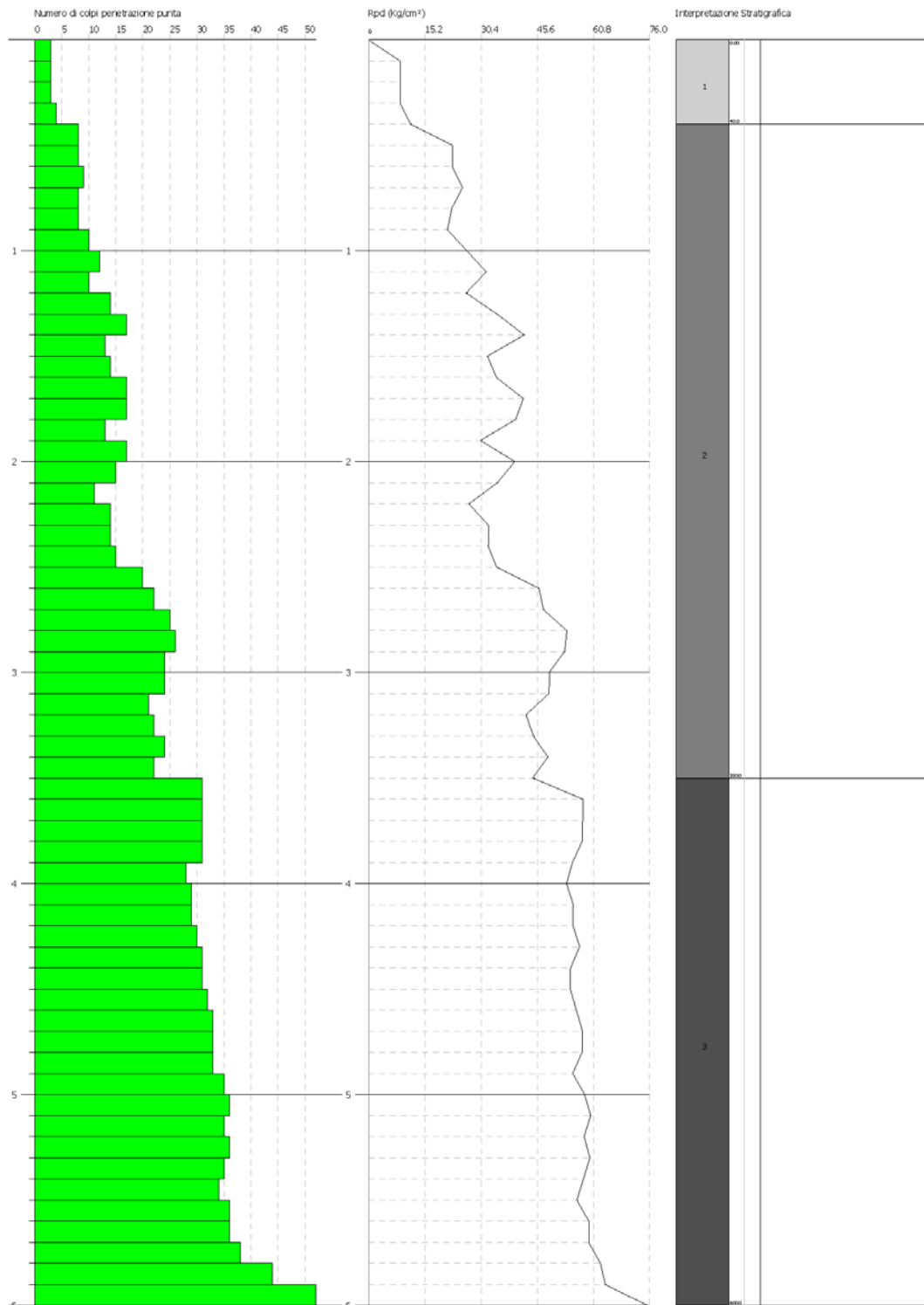
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	2.47	0.40	2.47	Robertson 1983	4.94
[2] - STRATO 2	12.13	3.50	12.13	Robertson 1983	24.26
[3] - STRATO 3	24.77	6.00	24.77	Robertson 1983	49.54

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N° 2  
Strumento utilizzato... DPM (DUO30 10) (Medium)

Committente: New Developments srls  
Cantiere:  
Località: GENZANO DI LUCANIA (PZ)

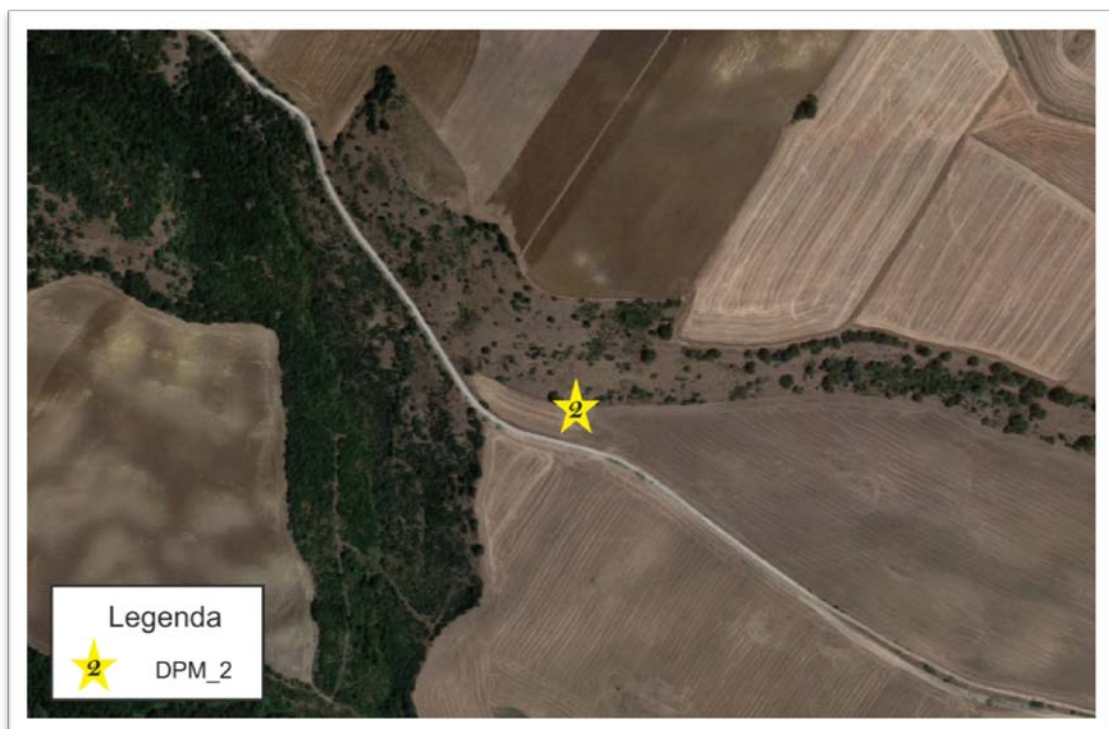
Data: 12/02/2019

Scala 1:25





**Prova Penetrometrica n\_2 - COORDINATE (WGS84) 40.875382, 16.080409**



**Ubicazione indagini (DPM\_2) su Ortofoto - COORDINATE (WGS84) 40.875382, 16.080409**

## Elaborazione Prova Penetrometrica DPM\_3

### Coordinate WGS 84

**Latitudine** | 40.874721  
**Longitudine** | 16.102996

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
Prova eseguita in data 12/02/19  
Profondità prova 8.70 mt  
Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	1	0	0.857	2.86	3.34	0.14	0.17
0.20	1	0	0.855	2.85	3.34	0.14	0.17
0.30	1	0	0.853	2.85	3.34	0.14	0.17
0.40	1	0	0.851	2.84	3.34	0.14	0.17
0.50	5	0	0.849	14.17	16.70	0.71	0.83
0.60	6	0	0.847	16.97	20.04	0.85	1.00
0.70	7	0	0.845	19.76	23.38	0.99	1.17
0.80	6	0	0.843	16.90	20.04	0.84	1.00
0.90	7	0	0.842	18.67	22.18	0.93	1.11
1.00	8	0	0.840	21.29	25.35	1.06	1.27
1.10	8	0	0.838	21.25	25.35	1.06	1.27
1.20	8	0	0.836	21.20	25.35	1.06	1.27
1.30	7	0	0.835	18.51	22.18	0.93	1.11
1.40	6	0	0.833	15.84	19.01	0.79	0.95
1.50	6	0	0.831	15.80	19.01	0.79	0.95
1.60	4	0	0.830	10.52	12.68	0.53	0.63
1.70	4	0	0.828	10.49	12.68	0.52	0.63
1.80	3	0	0.826	7.86	9.51	0.39	0.48
1.90	6	0	0.825	14.92	18.09	0.75	0.90
2.00	6	0	0.823	14.89	18.09	0.74	0.90
2.10	7	0	0.822	17.34	21.11	0.87	1.06
2.20	7	0	0.820	17.31	21.11	0.87	1.06
2.30	5	0	0.819	12.34	15.08	0.62	0.75
2.40	6	0	0.817	14.78	18.09	0.74	0.90
2.50	7	0	0.816	17.22	21.11	0.86	1.06
2.60	5	0	0.814	12.28	15.08	0.61	0.75
2.70	5	0	0.813	12.25	15.08	0.61	0.75
2.80	4	0	0.811	9.79	12.06	0.49	0.60
2.90	4	0	0.810	9.32	11.50	0.47	0.58
3.00	6	0	0.809	13.95	17.25	0.70	0.86
3.10	8	0	0.807	18.57	23.00	0.93	1.15
3.20	8	0	0.806	18.54	23.00	0.93	1.15
3.30	9	0	0.805	20.82	25.88	1.04	1.29
3.40	7	0	0.803	16.17	20.13	0.81	1.01
3.50	9	0	0.802	20.76	25.88	1.04	1.29
3.60	8	0	0.801	18.42	23.00	0.92	1.15
3.70	8	0	0.800	18.39	23.00	0.92	1.15
3.80	8	0	0.798	18.37	23.00	0.92	1.15
3.90	9	0	0.797	19.72	24.73	0.99	1.24
4.00	9	0	0.796	19.69	24.73	0.98	1.24

4.10	12	0	0.795	26.21	32.98	1.31	1.65
4.20	12	0	0.794	26.17	32.98	1.31	1.65
4.30	12	0	0.793	26.14	32.98	1.31	1.65
4.40	12	0	0.791	26.10	32.98	1.30	1.65
4.50	18	0	0.740	36.62	49.47	1.83	2.47
4.60	17	0	0.739	34.54	46.72	1.73	2.34
4.70	16	0	0.738	32.46	43.97	1.62	2.20
4.80	15	0	0.737	30.38	41.22	1.52	2.06
4.90	17	0	0.736	32.93	44.74	1.65	2.24
5.00	15	0	0.735	29.01	39.47	1.45	1.97
5.10	14	0	0.734	27.04	36.84	1.35	1.84
5.20	16	0	0.733	30.86	42.11	1.54	2.11
5.30	13	0	0.732	25.04	34.21	1.25	1.71
5.40	16	0	0.731	30.78	42.11	1.54	2.11
5.50	17	0	0.730	32.66	44.74	1.63	2.24
5.60	16	0	0.729	30.70	42.11	1.54	2.11
5.70	16	0	0.728	30.66	42.11	1.53	2.11
5.80	14	0	0.727	26.79	36.84	1.34	1.84
5.90	15	0	0.726	27.51	37.87	1.38	1.89
6.00	17	0	0.725	31.14	42.92	1.56	2.15
6.10	16	0	0.725	29.27	40.39	1.46	2.02
6.20	16	0	0.724	29.23	40.39	1.46	2.02
6.30	17	0	0.723	31.02	42.92	1.55	2.15
6.40	16	0	0.722	29.16	40.39	1.46	2.02
6.50	17	0	0.721	30.95	42.92	1.55	2.15
6.60	24	0	0.670	40.62	60.59	2.03	3.03
6.70	29	0	0.670	49.02	73.21	2.45	3.66
6.80	25	0	0.669	42.21	63.11	2.11	3.16
6.90	24	0	0.668	38.89	58.22	1.94	2.91
7.00	24	0	0.667	38.84	58.22	1.94	2.91
7.10	22	0	0.666	35.57	53.37	1.78	2.67
7.20	24	0	0.666	38.75	58.22	1.94	2.91
7.30	25	0	0.665	40.32	60.65	2.02	3.03
7.40	27	0	0.664	43.50	65.50	2.18	3.27
7.50	27	0	0.663	43.45	65.50	2.17	3.27
7.60	27	0	0.663	43.41	65.50	2.17	3.27
7.70	26	0	0.662	41.75	63.07	2.09	3.15
7.80	28	0	0.661	44.92	67.92	2.25	3.40
7.90	28	0	0.661	43.18	65.37	2.16	3.27
8.00	29	0	0.660	44.68	67.70	2.23	3.39
8.10	31	0	0.609	44.09	72.37	2.20	3.62
8.20	32	0	0.609	45.46	74.71	2.27	3.74
8.30	32	0	0.608	45.42	74.71	2.27	3.74
8.40	35	0	0.607	49.62	81.71	2.48	4.09
8.50	35	0	0.607	49.57	81.71	2.48	4.09
8.60	48	0	0.556	62.30	112.06	3.12	5.60
8.70	53	0	0.555	68.72	123.74	3.44	6.19

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0.4	1	3.34	Incoerente - coesivo	0	1.46	1.84	0.03	0.76	0.76	STRATO 1
4.4	7.1	21.13	Incoerente - coesivo	0	1.78	1.88	0.41	0.76	5.4	STRATO 2
8.7	21.66	53.8	Incoerente - coesivo	0	2.08	2.29	0.92	0.76	16.48	STRATO 3

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

#### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	0.76	0.40	Shioi - Fukui (1982)	0.04
[2] - STRATO 2	5.4	4.40	Shioi - Fukui (1982)	0.27
[3] - STRATO 3	16.48	8.70	Shioi - Fukui (1982)	0.82

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	0.76	0.40	Meyerhof ed altri	1.46
[2] - STRATO 2	5.4	4.40	Meyerhof ed altri	1.78
[3] - STRATO 3	16.48	8.70	Meyerhof ed altri	2.08

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	0.76	0.40	Meyerhof ed altri	1.84
[2] - STRATO 2	5.4	4.40	Meyerhof ed altri	1.88
[3] - STRATO 3	16.48	8.70	Meyerhof ed altri	2.29

#### TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - STRATO 1	0.76	0.40	0.76	Skempton (1986)	8.62
[2] - STRATO 2	5.4	4.40	5.4	Skempton (1986)	21.89
[3] - STRATO 3	16.48	8.70	15.74	Skempton (1986)	44.34

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - STRATO 1	0.76	0.40	0.76	Meyerhof (1965)	24.13
[2] - STRATO 2	5.4	4.40	5.4	Meyerhof (1965)	26.6
[3] - STRATO 3	16.48	8.70	15.74	Meyerhof (1965)	31.19

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	0.76	0.40	0.76	Schmertmann (1978) Limi	2.96
[2] - STRATO 2	5.4	4.40	5.4	Schmertmann (1978) Limi	32.18
[3] - STRATO 3	16.48	8.70	15.74	Schmertmann (1978) Limi	97.30

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	0.76	0.40	0.76	Begemann (1974)	29.03
[2] - STRATO 2	5.4	4.40	5.4	Begemann (1974)	38.56
[3] - STRATO 3	16.48	8.70	15.74	Begemann (1974)	59.79

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - STRATO 1	0.76	0.40	0.76	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - STRATO 2	5.4	4.40	5.4	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[3] - STRATO 3	16.48	8.70	15.74	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - STRATO 1	0.76	0.40	0.76	(A.G.I.)	0.35
[2] - STRATO 2	5.4	4.40	5.4	(A.G.I.)	0.34
[3] - STRATO 3	16.48	8.70	15.74	(A.G.I.)	0.32

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - STRATO 1	0.76	0.40	0.76	Navfac 1971-1982	-0.04
[2] - STRATO 2	5.4	4.40	5.4	Navfac 1971-1982	1.08
[3] - STRATO 3	16.48	8.70	15.74	Navfac 1971-1982	3.27

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	0.76	0.40	0.76	Robertson 1983	1.52
[2] - STRATO 2	5.4	4.40	5.4	Robertson 1983	10.80
[3] - STRATO 3	16.48	8.70	15.74	Robertson 1983	31.48

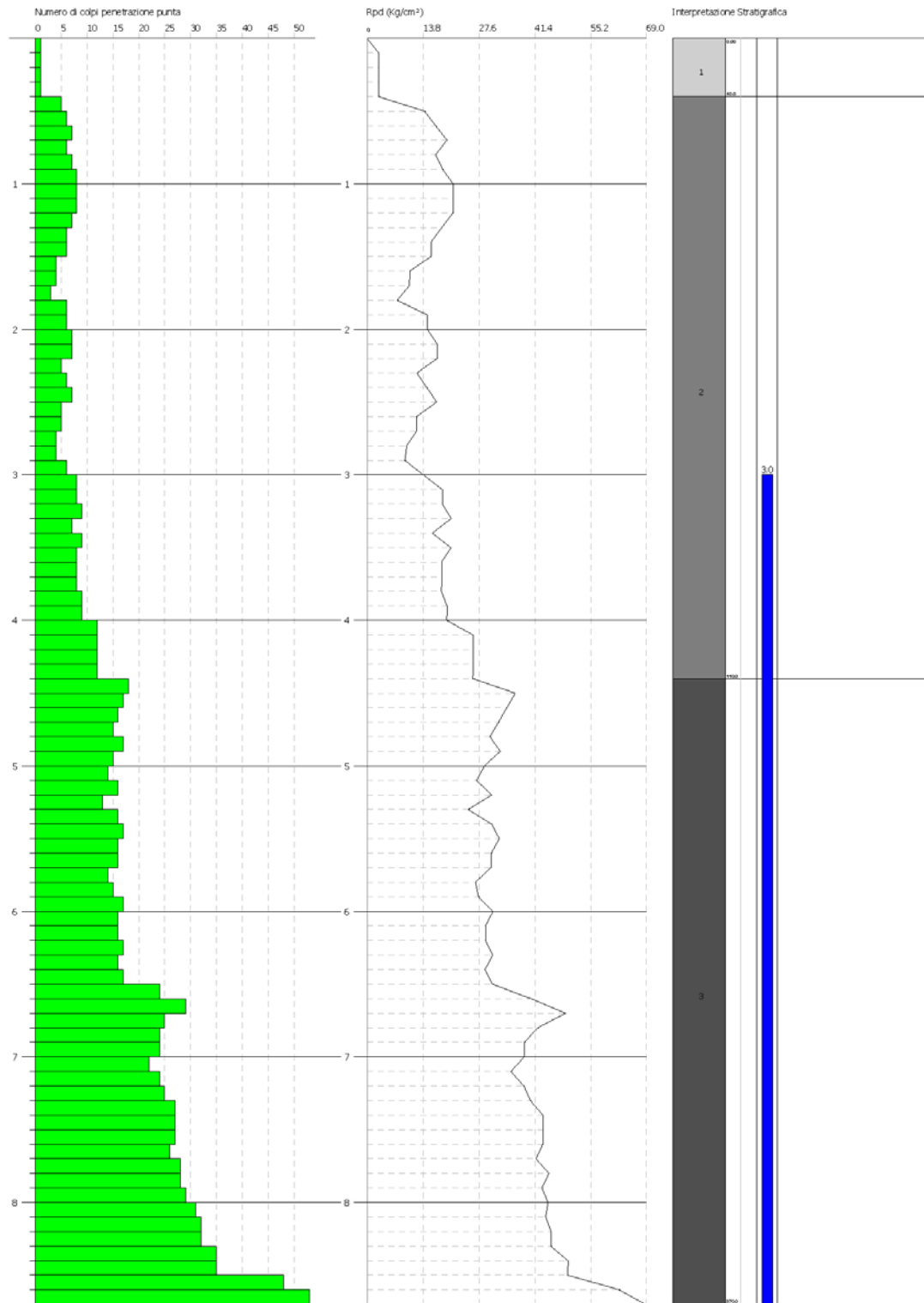


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N. 3  
 Strumento utilizzato... DFM (D.L.030 10) (Medium)

Committente: New Developments srls  
 Cantiere:  
 Località: GENZANO DI LUCANIA (PZ)

Data: 12/02/2019

Scala 1:36





**Prova Penetrometrica n\_3 - COORDINATE (WGS84) 40.874721, 16.102996**



**Ubicazione indagini (DPM\_3) su Ortofoto - COORDINATE (WGS84) 40.874721, 16.102996**

## Descrizione indagine geofisica MASW

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

### Moto del segnale sismico

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

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

### Onde di Rayleigh – "R"

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

### Analisi del segnale con tecnica MASW

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

### Modellizzazione

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

$$v = \lambda \times \nu$$

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

### Modi di vibrazione

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

### **Profondità di indagine**

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

### **Caratteristiche delle apparecchiature**

Per l'esecuzione dell'indagine di sismica, è stato impiegato il seguente sistema di acquisizione:

- Sismografo multicanale Doremi-Sara a 16 bit, rete differenziale RS232 half-duplex multipoint;
- Cavo modulare con 12 canali, 12 geofoni verticali da 4,5Hz, geofono start geospace da 10 Hz;
- Energizzatore costituito da massa battente di 6 Kg e da piastra in polimero;
- Prolunghe e materiale d'uso;
- Misure eseguite da un Geologo "Prospettore Geofisico", coadiuvato da un "Aiuto Prospettore";
- Durante i rilievi si è provveduto a controllare costantemente la qualità dei dati.

L'interpretazione dei dati è stata effettuata analiticamente e con calcolo automatico mediante software Easy MASW distribuito della Geostru Software, attraverso una procedura così descritta:

- ✓ Importazione delle tracce
- ✓ Analisi spettrale
- ✓ Inversione e sviluppo del profilo sismo-stratigrafico
- ✓ Calcolo  $V_{S_{eq}}$  e categoria del sottosuolo

## Elaborazione Indagine MASW\_1

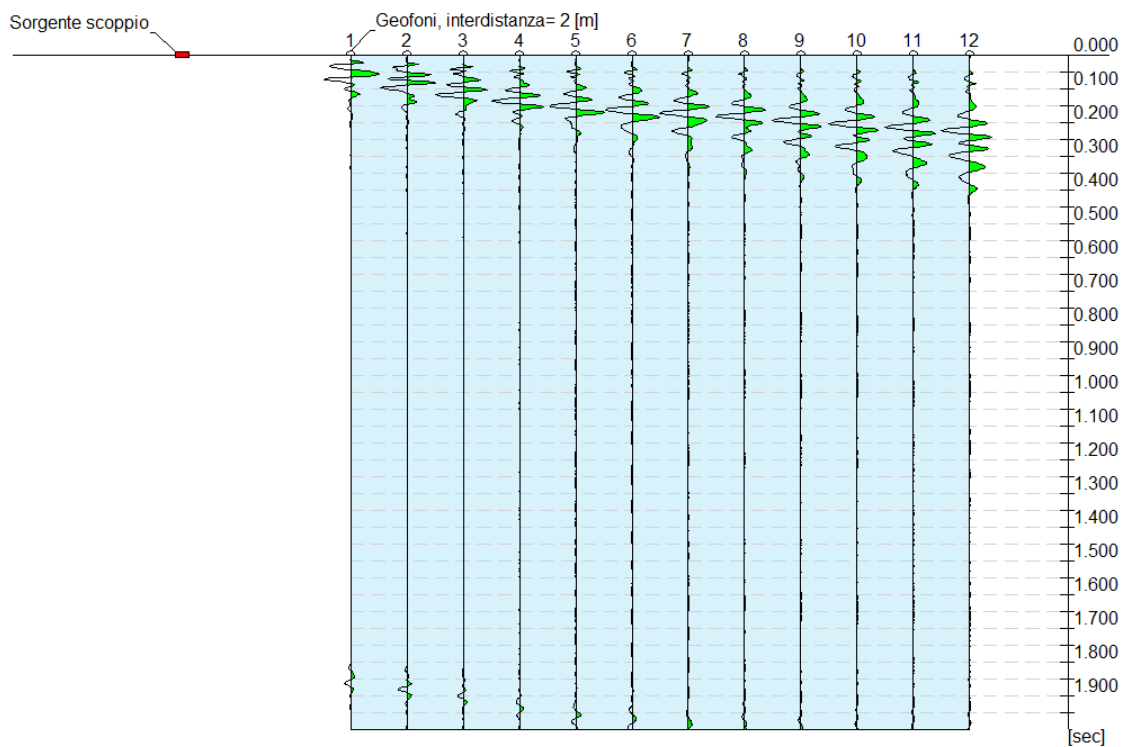
### Dati generali

#### Coordinate WGS 84

Latitudine | 40.859505  
Longitudine | 16.091023

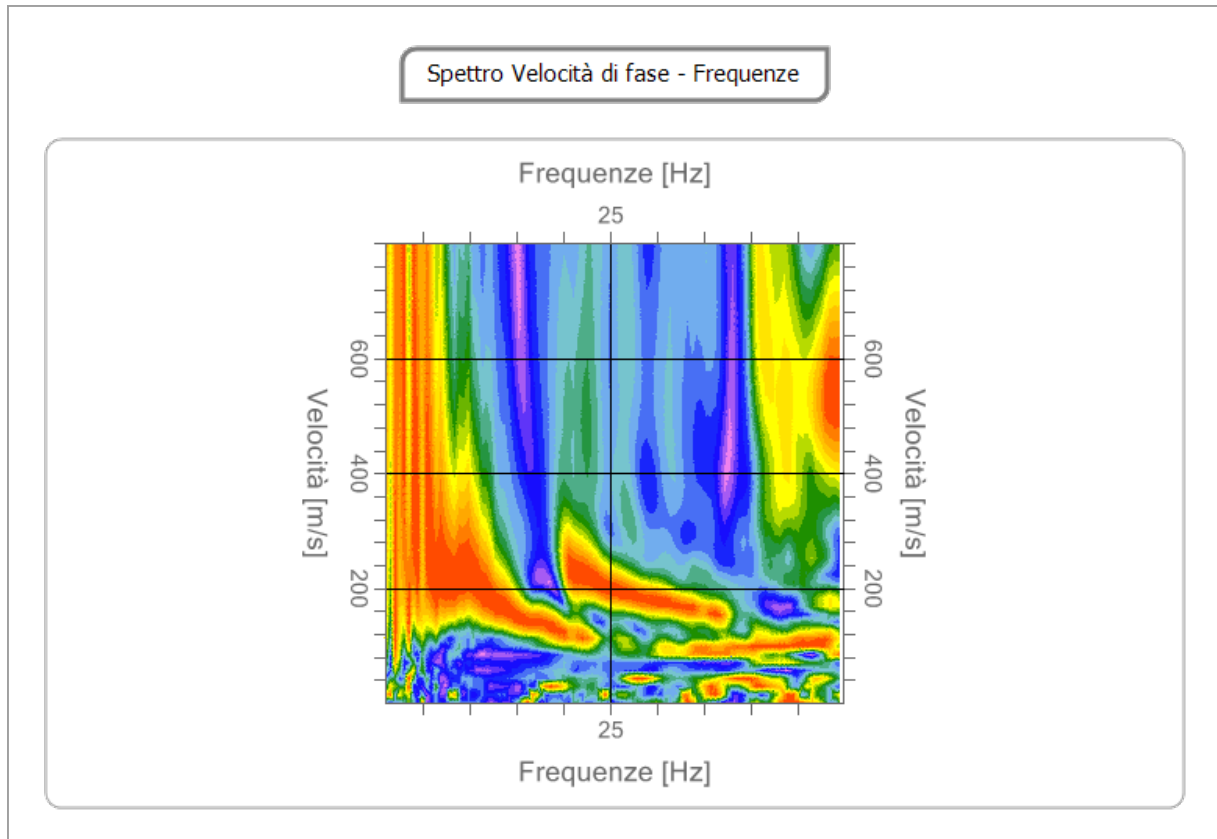
Profilo sismico MASW	
N° canali di registrazione	12
Distanza intergeofonica	2 m
Numero di scoppi	1
Durata	2000 msec
Campionamento	2 msec
Sistema di energizzazione	Massa battente

### Interpretazione



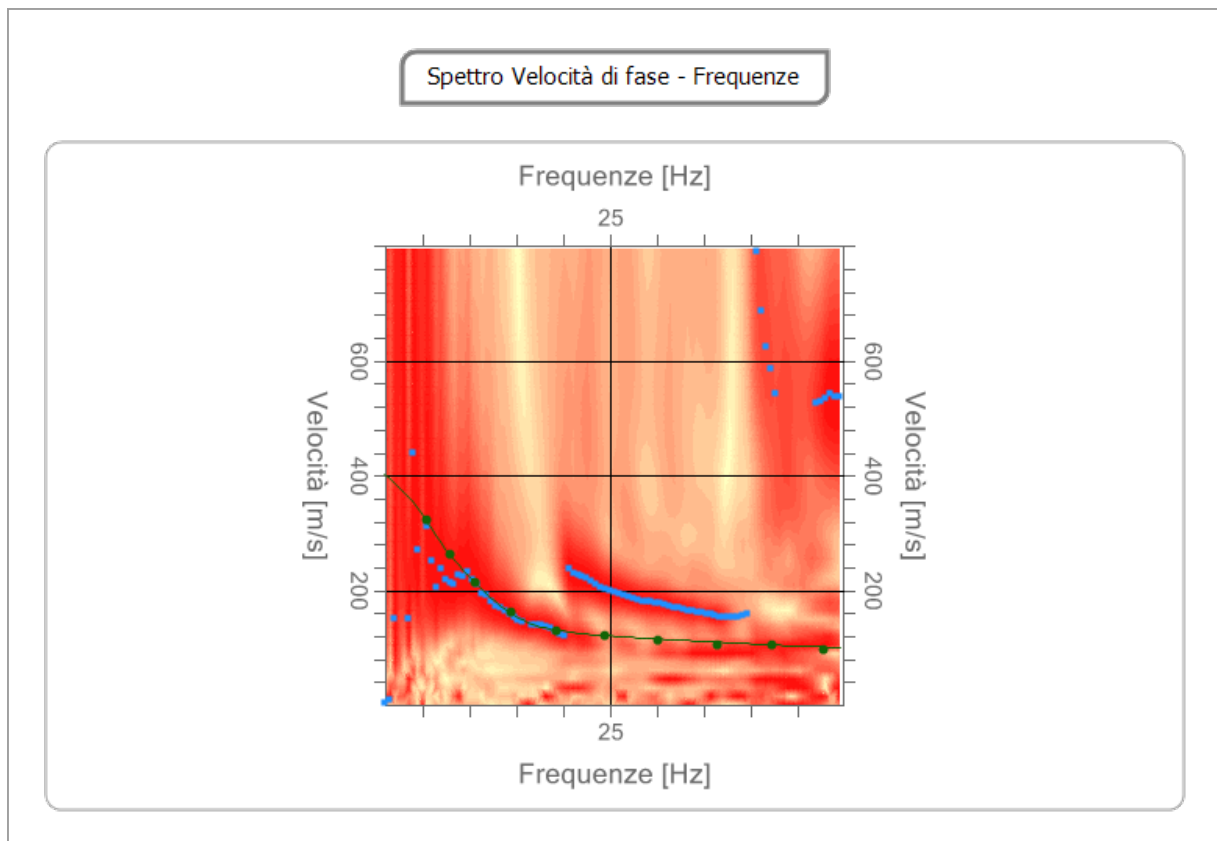
### Analisi spettrale

<b>Frequenza minima di elaborazione [Hz]</b>	1
<b>Frequenza massima di elaborazione [Hz]</b>	50
<b>Velocità minima di elaborazione [m/sec]</b>	1
<b>Velocità massima di elaborazione [m/sec]</b>	800
<b>Intervallo velocità [m/sec]</b>	1



### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	5.5	322.9	0
2	7.9	261.5	0
3	10.6	214.7	0
4	14.4	162.0	0
5	19.2	129.8	0
6	24.3	121.0	0
7	30.0	112.2	0
8	36.5	103.4	0
9	42.2	103.4	0
10	47.7	97.6	0



### Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.19	1.19	187.0	100.0
2	4.02	2.83	267.9	143.2
3	9.08	5.06	490.1	262.0
4	16.73	7.64	660.2	352.9
5	23.84	7.11	754.2	403.2
6	35.00	11.16	849.7	454.2

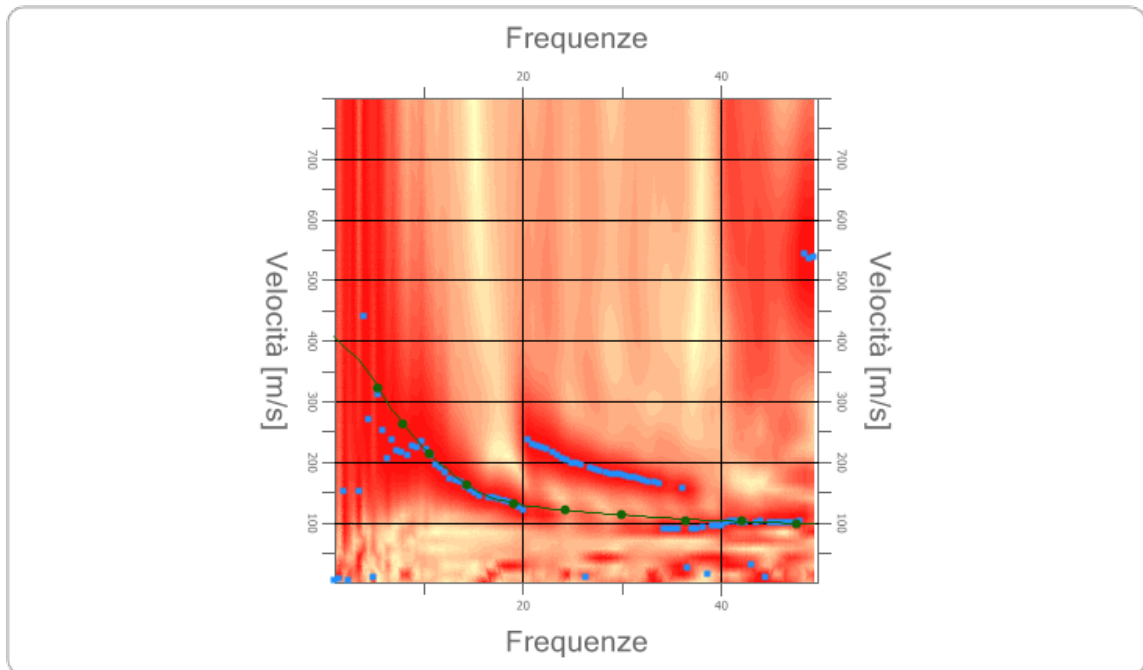
Percentuale di errore

0.004 %

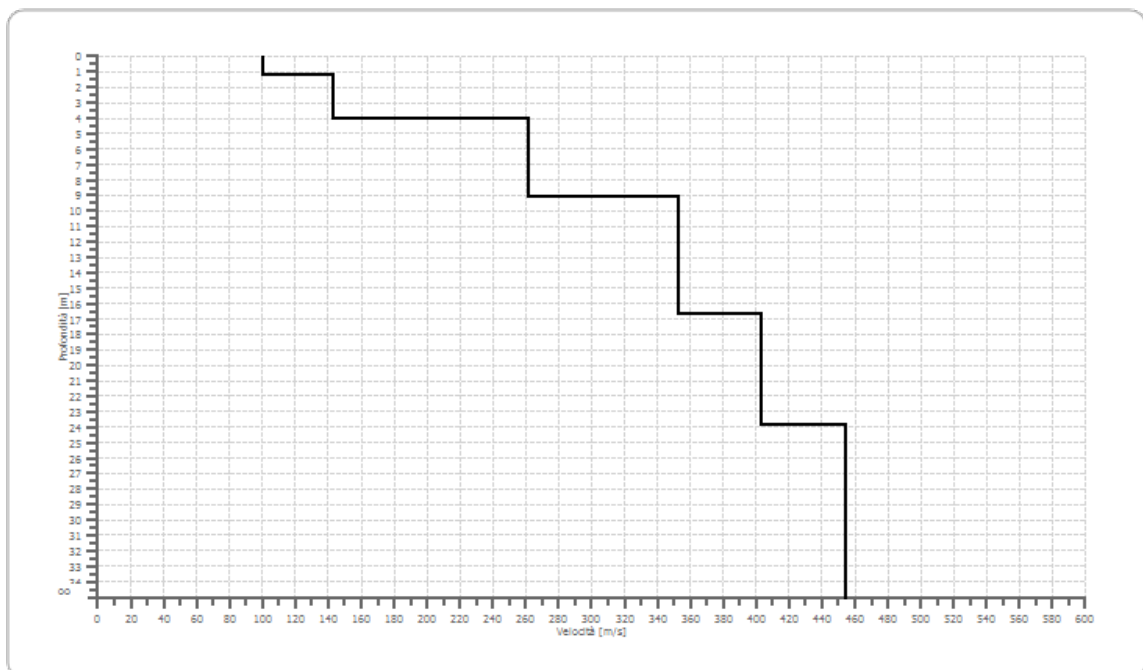
Fattore di disadattamento della soluzione

0.011

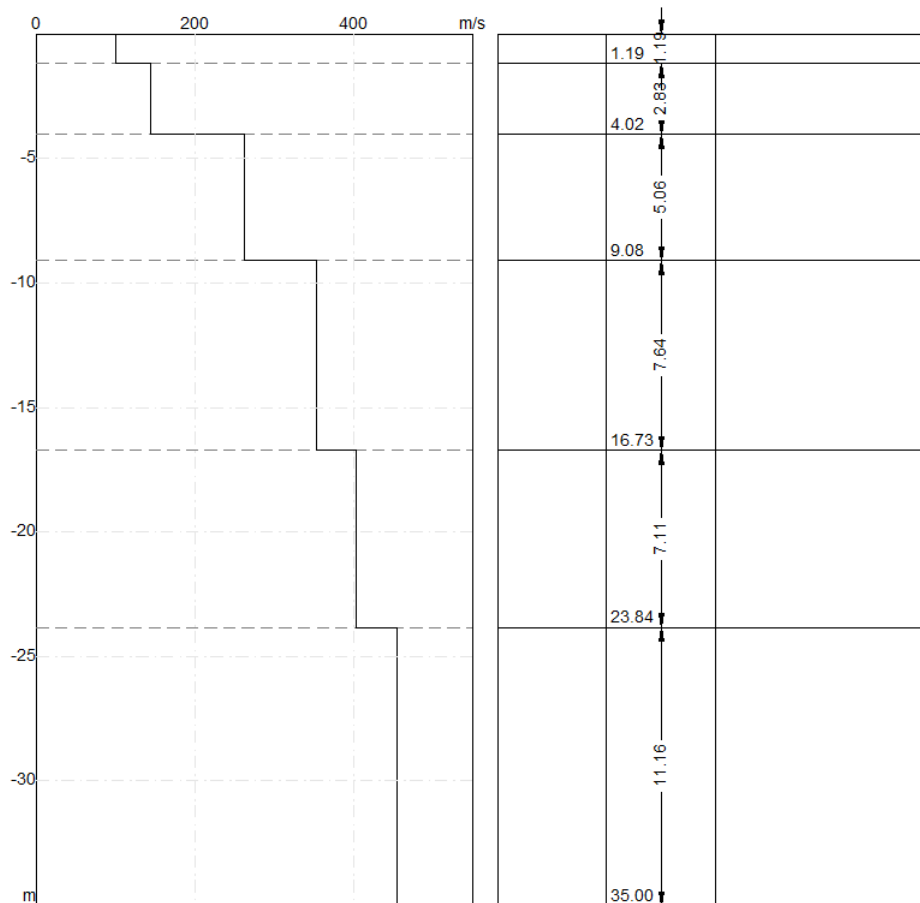
Inversione



Profilo di velocità







### Risultati e Caratterizzazione del sottosuolo

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:

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

Dove:

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

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b><math>V_{S,eq}</math> [m/sec] (H=30.00 m)</b>	288.86
<b>Categoria del suolo</b>	C

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.50
<b><math>V_{S,eq}</math> [m/sec] (H=30.00 m)</b>	300.13
<b>Categoria del suolo</b>	C

Profondità piano di posa [m] | 1.00  
 Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m) | 312.32  
 Categoria del suolo | C

Profondità piano di posa [m] | 1.50  
 Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m) | 322.24  
 Categoria del suolo | C

Profondità piano di posa [m] | 2.00  
 Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m) | 300.73  
 Categoria del suolo | C

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



Stendimento sismico di tipo MASW n\_1 - COORDINATE (WGS84) 40.859505, 16.091023



Ubicazione indagini (MASW\_1) su Ortofoto - COORDINATE (WGS84) 40.859505, 16.091023

## Elaborazione Indagine MASW\_2

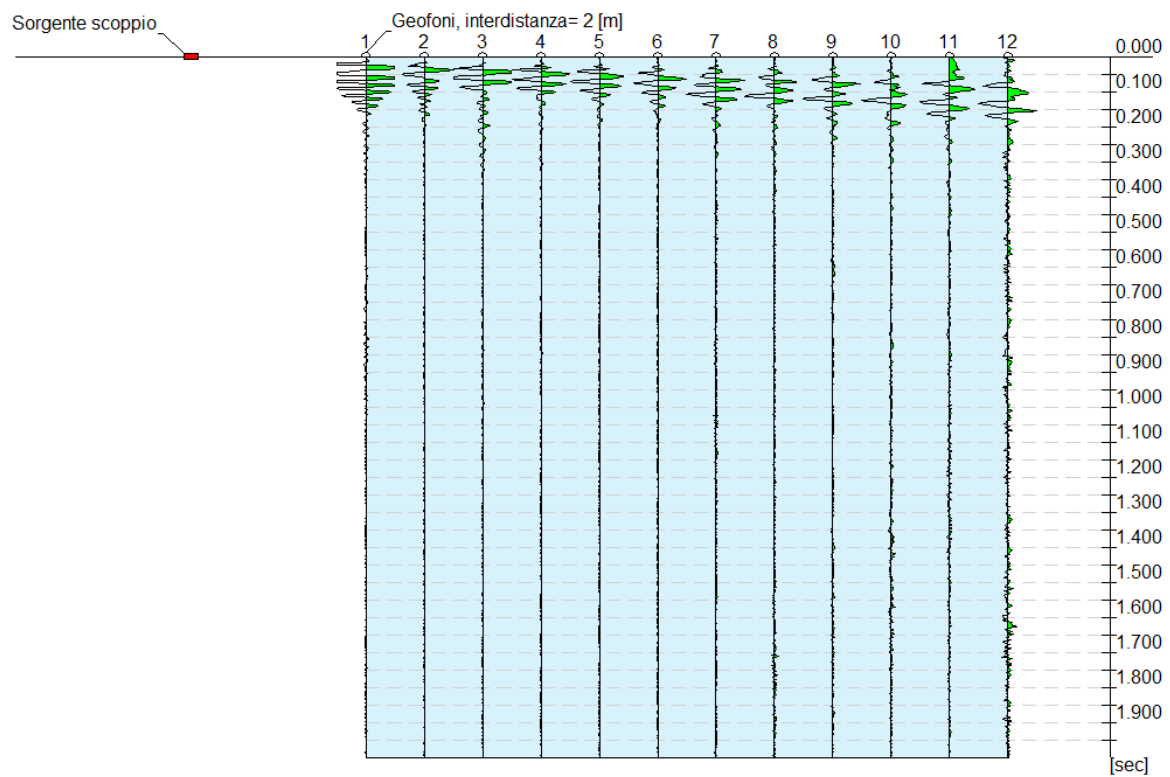
### Dati generali

#### Coordinate WGS 84

Latitudine | 40.877608  
Longitudine | 16.081026

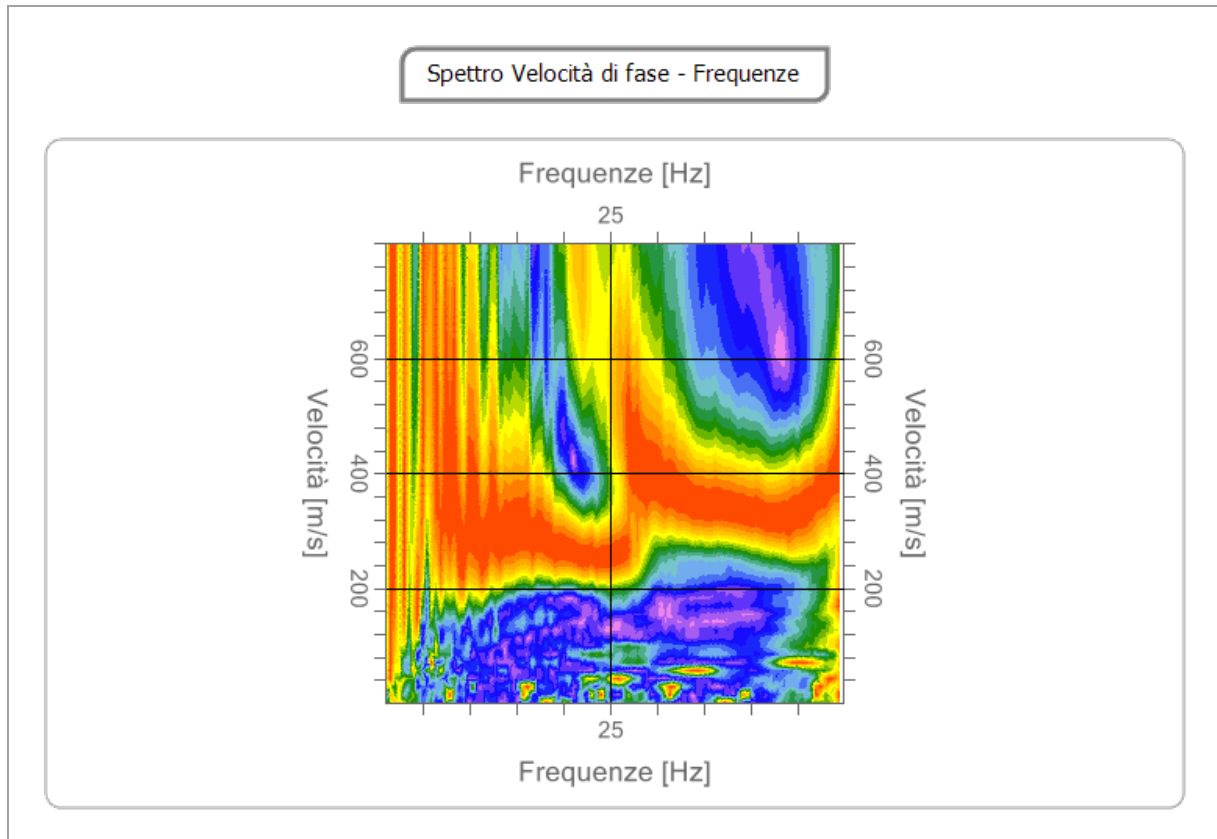
Profilo sismico MASW	
N° canali di registrazione	12
Distanza intergeofonica	2 m
Numero di scoppi	1
Durata	2000 msec
Campionamento	2 msec
Sistema di energizzazione	Massa battente

### Interpretazione



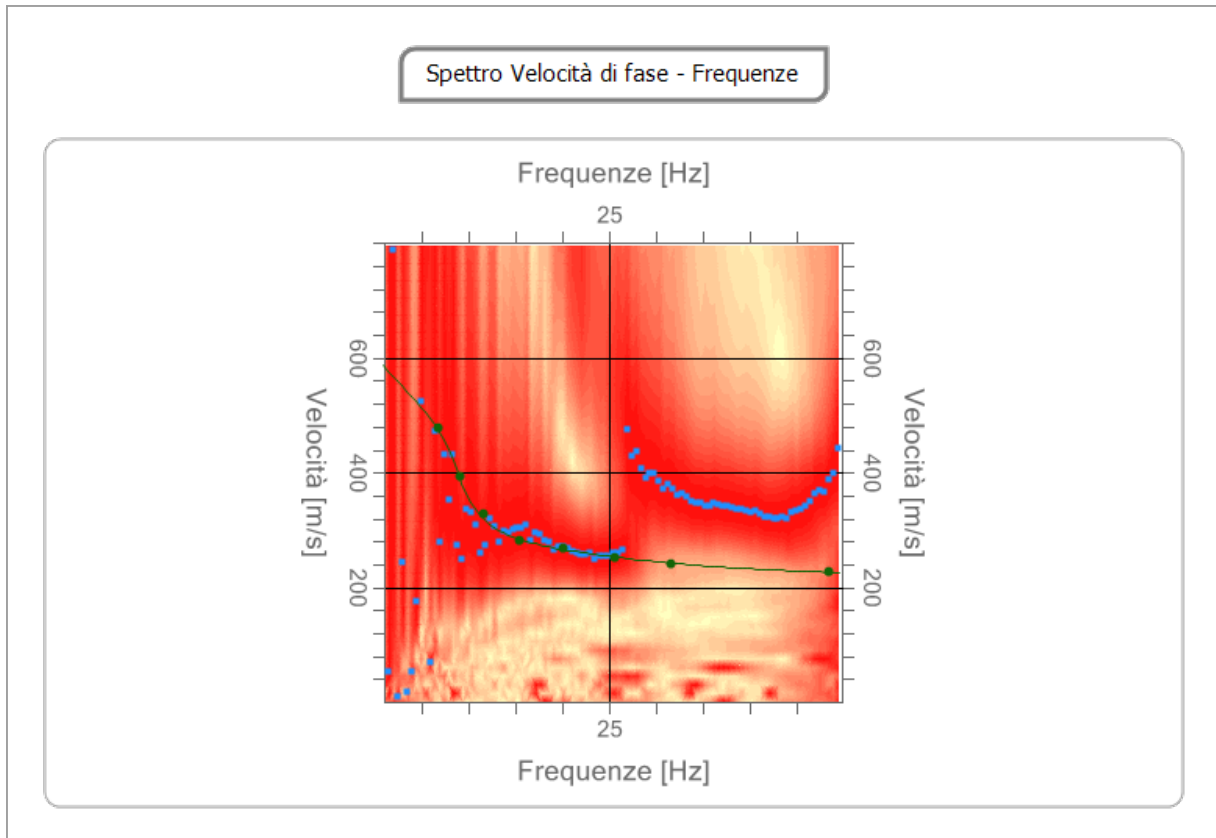
### Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	50
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	6.7	478.1	0
2	9.0	393.2	0
3	11.5	328.8	0
4	15.4	282.0	0
5	20.1	267.3	0
6	25.6	252.7	0
7	31.7	241.0	0
8	48.4	226.4	0



### Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.02	1.02	373.0	199.4
2	4.06	3.04	487.0	260.3
3	11.69	7.62	599.5	320.5
4	18.32	6.64	852.1	455.5
5	35.00	16.68	1216.4	650.2

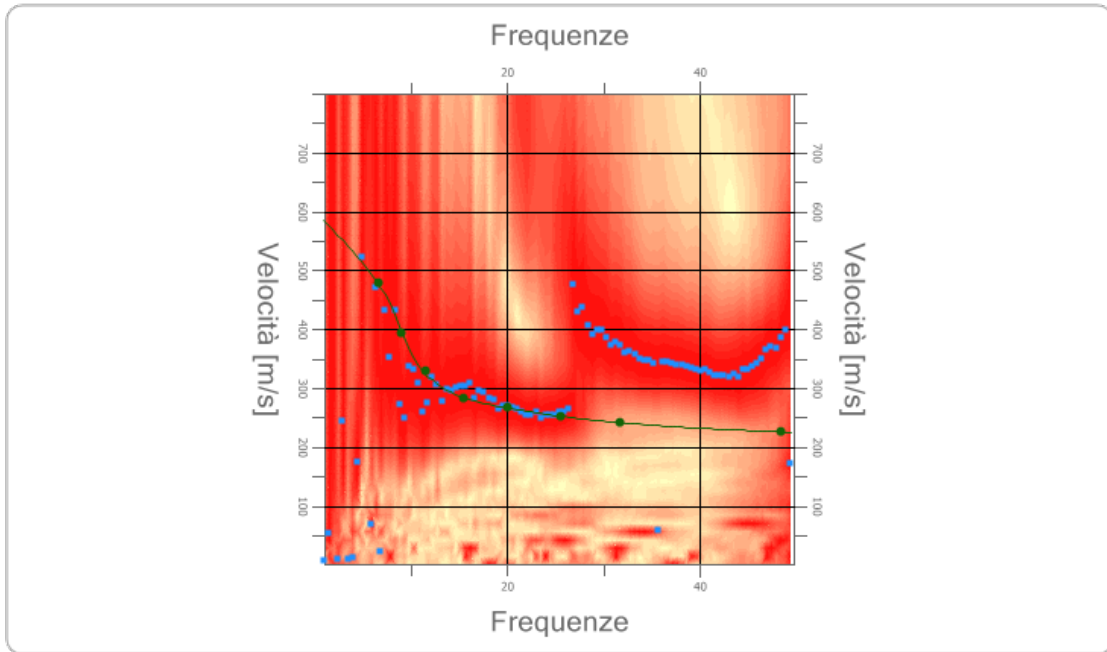
Percentuale di errore

0.005 %

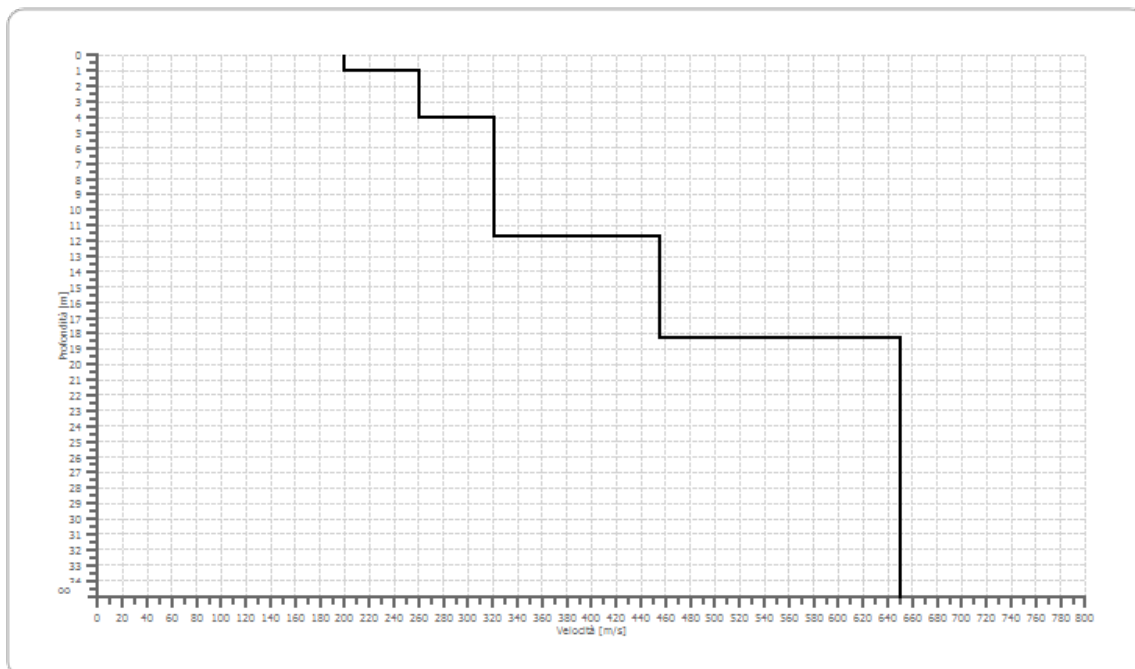
Fattore di disadattamento della soluzione

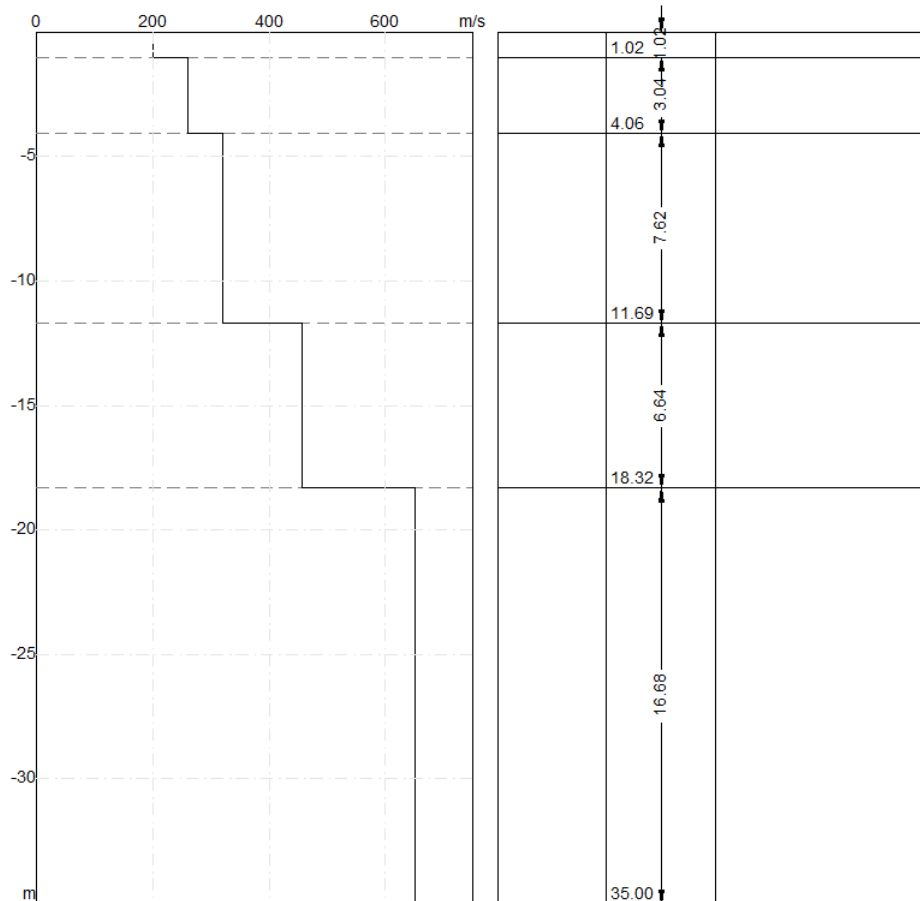
0.007

Inversione



Profilo di velocità





### Risultati e Caratterizzazione del sottosuolo

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:

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

Dove:

$h_i$  spessore dell' $i$ -esimo strato;

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

$N$  numero di strati;

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

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b><math>V_{s,eq}</math> [m/sec] (H=30.00 m)</b>	410.31
<b>Categoria del suolo</b>	B

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.50
<b><math>V_{s,eq}</math> [m/sec] (H=30.00 m)</b>	420.79
<b>Categoria del suolo</b>	B



**Profondità piano di posa [m]** | 1.00  
**Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)** | 430.79  
**Categoria del suolo** | B

**Profondità piano di posa [m]** | 1.50  
**Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)** | 438.16  
**Categoria del suolo** | B

**Profondità piano di posa [m]** | 2.00  
**Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)** | 445.66  
**Categoria del suolo** | B

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



Stendimento sismico di tipo MASW n\_2 - COORDINATE (WGS84) 40.877608, 16.081026



Ubicazione indagini (MASW\_2) su Ortofoto - COORDINATE (WGS84) 40.877608, 16.081026

## Elaborazione Indagine MASW\_3

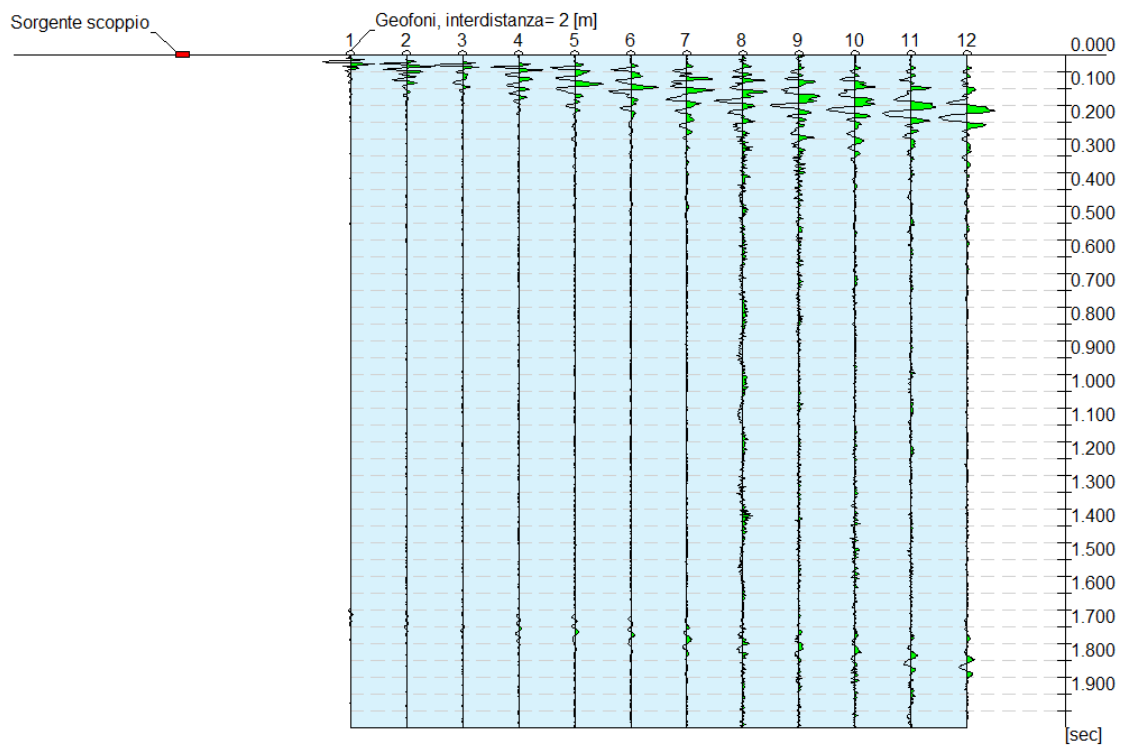
### Dati generali

#### Coordinate WGS 84

Latitudine | 40.869581  
Longitudine | 16.116171

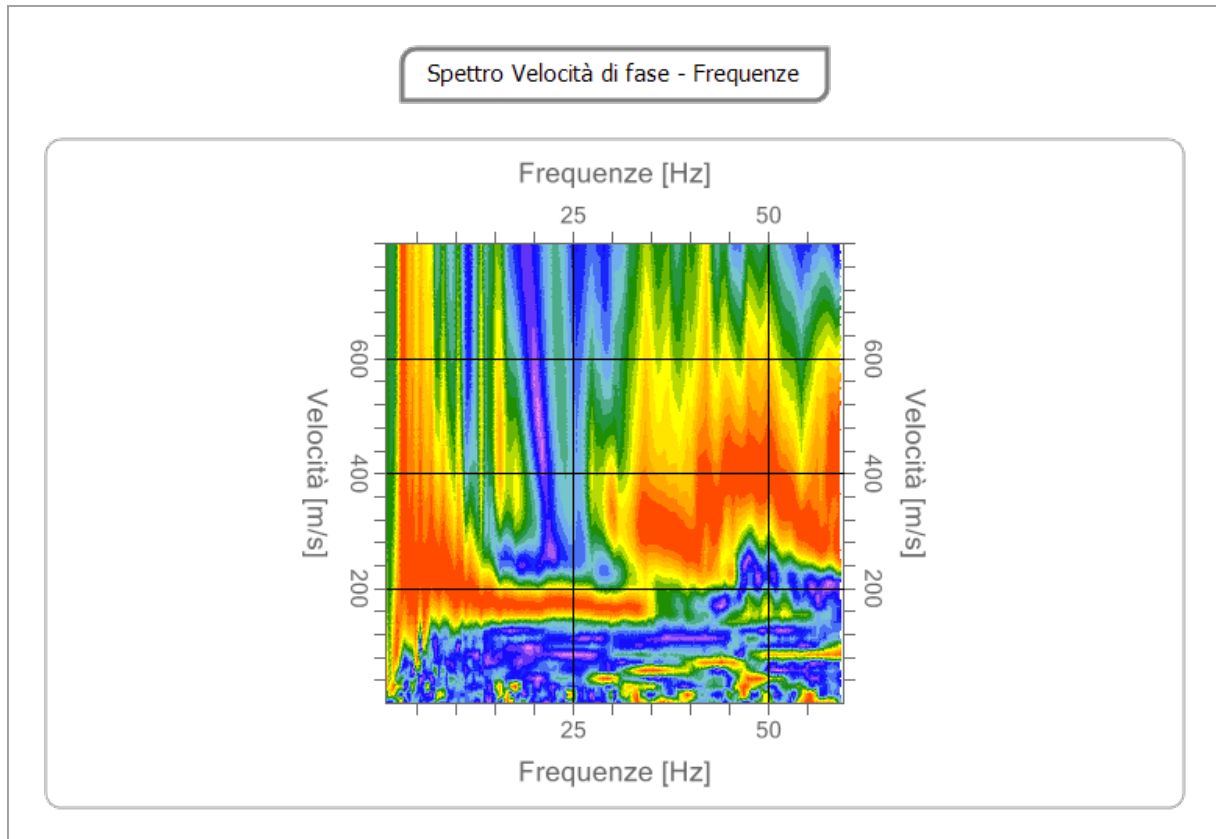
Profilo sismico MASW	
N° canali di registrazione	12
Distanza intergeofonica	2 m
Numero di scoppi	1
Durata	2000 msec
Campionamento	2 msec
Sistema di energizzazione	Massa battente

### Interpretazione



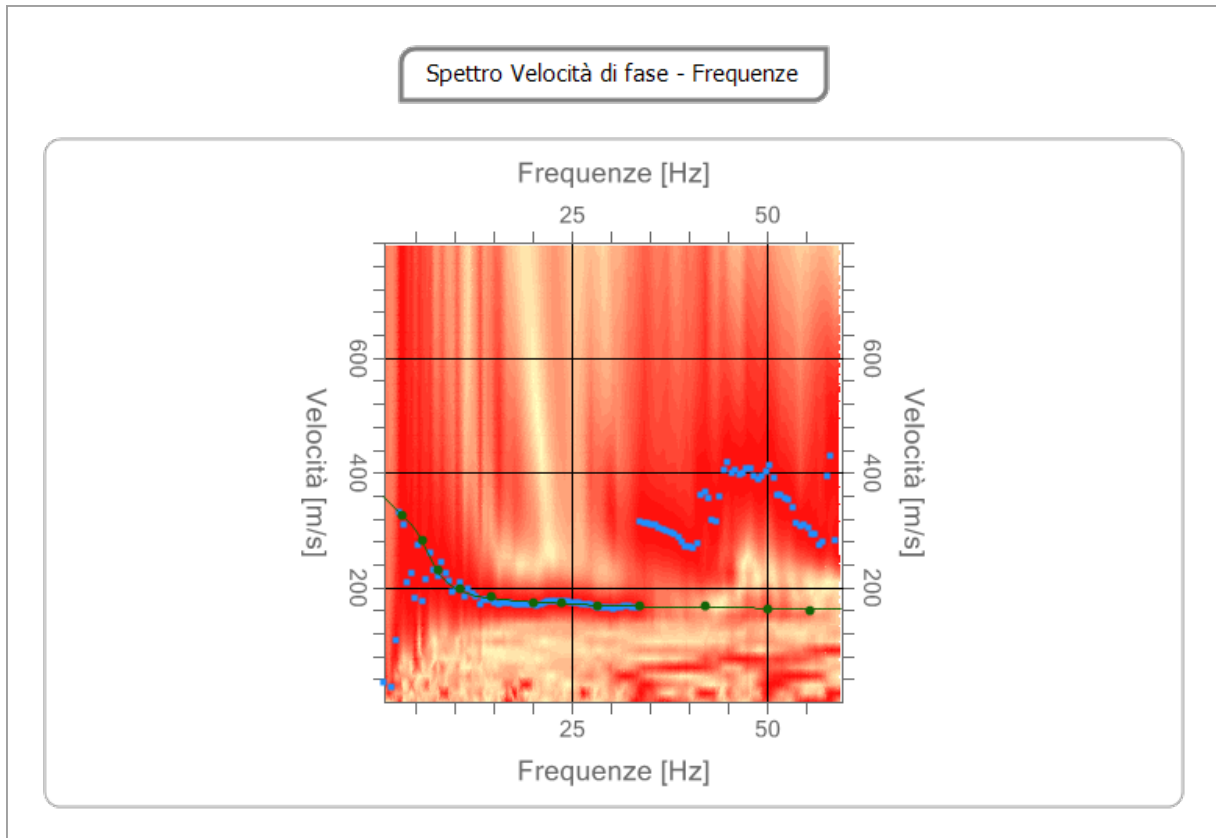
### Analisi spettrale

<b>Frequenza minima di elaborazione [Hz]</b>	1
<b>Frequenza massima di elaborazione [Hz]</b>	60
<b>Velocità minima di elaborazione [m/sec]</b>	1
<b>Velocità massima di elaborazione [m/sec]</b>	800
<b>Intervallo velocità [m/sec]</b>	1



### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	3.4	325.9	0
2	5.9	282.0	0
3	7.8	229.3	0
4	10.6	197.1	0
5	14.7	182.5	0
6	20.0	173.7	0
7	23.7	173.7	0
8	28.4	167.8	0
9	33.7	167.8	0
10	42.1	167.8	0
11	50.2	162.0	0
12	55.5	159.0	0

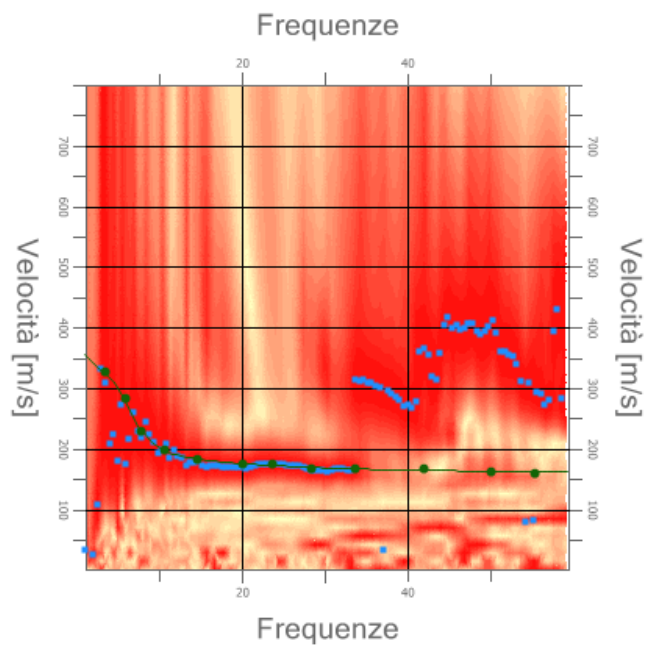


### Inversione

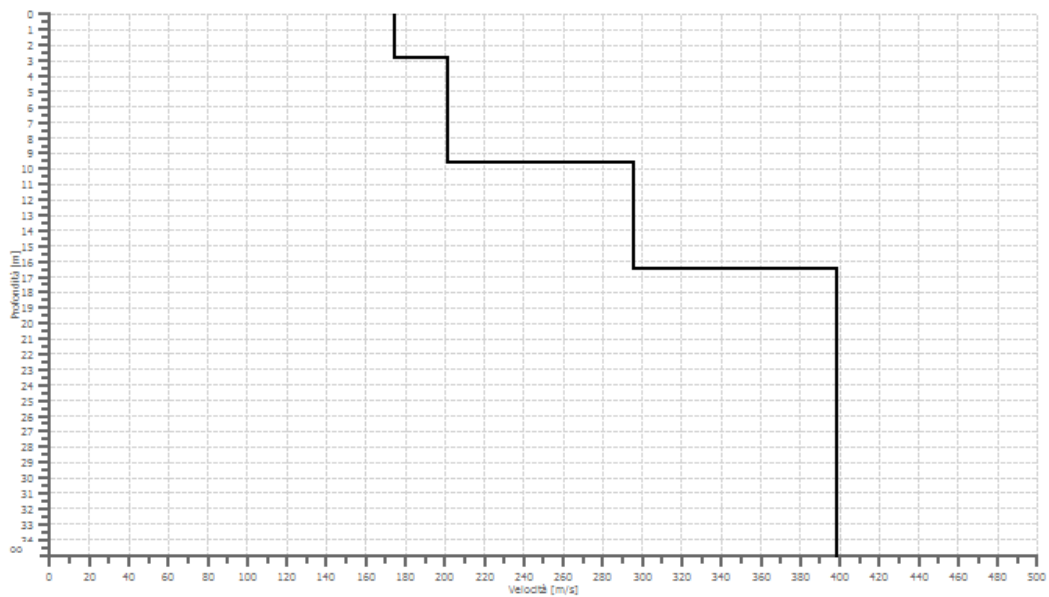
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	2.80	2.80	325.9	174.2
2	9.64	6.83	376.7	201.4
3	16.54	6.90	552.1	295.1
4	35.00	18.46	745.7	398.6

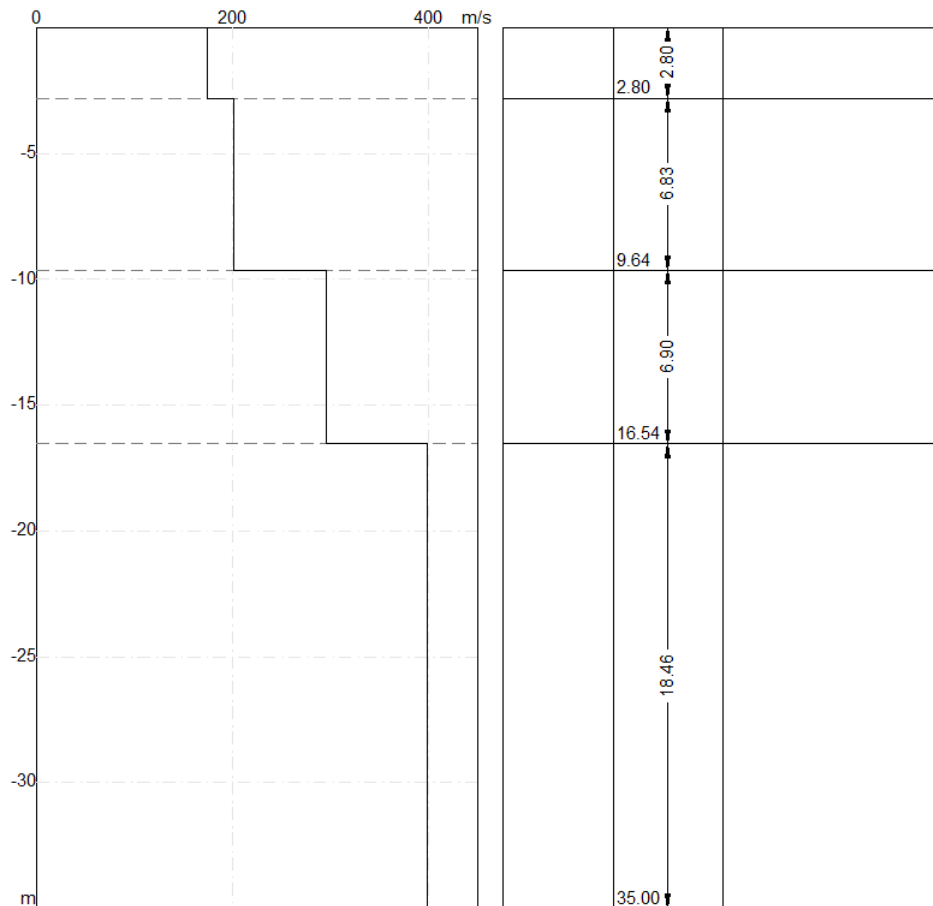
Percentuale di errore 0.009 %  
Fattore di disadattamento della soluzione 0.011

Inversione



Profilo di velocità





### Risultati e Caratterizzazione del sottosuolo

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:

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

Dove:

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

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b><math>V_{S,eq}</math> [m/sec] (H=30.00 m)</b>	279.89
<b>Categoria del suolo</b>	C

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.50
<b><math>V_{S,eq}</math> [m/sec] (H=30.00 m)</b>	284.18
<b>Categoria del suolo</b>	C

**Profondità piano di posa [m]** | 1.00  
**Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)** | 288.59  
**Categoria del suolo** | C

**Profondità piano di posa [m]** | 1.50  
**Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)** | 293.15  
**Categoria del suolo** | C

**Profondità piano di posa [m]** | 2.00  
**Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)** | 297.85  
**Categoria del suolo** | C

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



Stendimento sismico di tipo MASW n\_3 - COORDINATE (WGS84) 40.869581, 16.116171





Ubicazione indagini (MASW\_3) su Ortofoto - COORDINATE (WGS84) 40.869581, 16.116171

Montalto Uffugo, 11-02-2019

**Il tecnico**

*Eugen Montalto*