



REGIONE BASILICATA



COMUNE DI  
GENZANO DI LUCANIA  
PROVINCIA DI POTENZA



COMUNE DI  
BANZI  
PROVINCIA DI POTENZA



Committente:

**Trisol 23 S.r.l**

Piazza Cinque Giornate, 3 - 20129 Milano - PEC [trisol23srl@legalmail.it](mailto:trisol23srl@legalmail.it)  
Società a socio unico - Coordinamento e controllo di Bluenergy s.r.l.  
Capitale sociale Euro 10.000,00 i.v. - REGISTRO IMPRESE MILANO, REA.  
MI - 2603056 Codice Fiscale e Partita IVA: 11446490960

Titolo del progetto:

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE  
E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
E DELLE OPERE STRETTAMENTE NECESSARIE  
DENOMINATO "SAN PROCOPIO"**

Documento:

**PROGETTO DEFINITIVO**

N° Documento:

**A.2**

Elaborato:

SCALA:

-

Formato:

**A4**

**RELAZIONE GEOLOGICA**

il geologo:


dott. geol. Eugenio Martire

Rev:	Data Revisione	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
00	05/04/2021	PRIMA EMISSIONE	New Dev.	T23	T23

Progettazione:



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

## INDICE

---

PREMESSA.....	2
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....	4
INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE .....	5
CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE .....	7
CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE .....	8
CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE.....	9
INQUADRAMENTO P. A. I.....	13
MODELLO GEOLOGICO .....	14
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	16
SISMICITA' DELL'AREA .....	16
Normativa sismica.....	18
Scenari di pericolosità sismica locale ed effetti di sito.....	21
VERIFICA DI STABILITA' DEL PENDIO.....	25
POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE .....	25
CONCLUSIONI .....	27

## ELABORATI CARTOGRAFICI

---

- ✓ Carta Tecnica Regionale - scala 1:5.000
- ✓ Carta del PAI - scala 1:5.000
- ✓ Report sulle indagini

## **PREMESSA**

---

Su incarico della società New Developments s.r.l. con sede legale in Piazza Europa n° 14, Cosenza (CS) il sottoscritto geologo Eugenio Martire iscritto all'ordine dei Geologi della Calabria a partire dal Gennaio 2013 al n° 1129, ha effettuato uno studio GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO-GEOTECNICO-SISMICO DI BASE, al fine di definire le condizioni di un'area interessata dal **Progetto definitivo impianto fotovoltaico denominato "San Procopio"** nel territorio dei Comuni di Genzano di Lucania (PZ) e Banzi (PZ).

Le finalità che si vogliono raggiungere con il presente studio si esplicano nella definizione geologica/geomorfologica, geotecnica e sismica del sito esaminato. A tal fine è stato predisposto, nell'area in esame, un programma di studi di ampiezza commisurata al contesto delle opere previste in progetto, costituito da:

- esame della cartografia ufficiale, unitamente a ricerche bibliografiche atte al reperimento di notizie (storiche, morfologiche, tettoniche, sismiche, idrologiche, idrogeologiche, ecc.) e dati tecnici riguardanti l'area in oggetto;
- caratterizzazione geologica ed esame delle condizioni geomorfologiche con il rilievo diretto di superficie esteso anche alle aree limitrofe per acquisire i dati necessari alla valutazione delle caratteristiche morfologiche, idrologiche, climatiche ed ambientali più evidenti, relative al territorio in oggetto.

Il modello geologico rilevato, gli studi e le analisi effettuate hanno consentito di definire:

### *Il quadro geologico/geomorfologico:*

L'inquadramento geologico, con riferimento alla bibliografia geologica esistente, alla cartografia acquisita, alle indagini stratigrafiche consultate e a quelle svolte ex-novo per questo studio, consente di definire i caratteri litostratigrafici, l'origine e la natura dei litotipi, lo stato di alterazione e di aggregazione, i caratteri strutturali generali, la descrizione dei lineamenti geomorfologici della zona in generale e infine la descrizione delle forme naturali ed antropiche e degli elementi morfo-strutturali significativi ai fini geomorfologici e sismici.

### *Il quadro geotecnico:*

Il modello geologico/tecnico di riferimento ha altresì consentito di determinare gli spessori e le caratteristiche geotecniche dei terreni, di valutare l'effetto della presenza di falde idriche sotterranee che potrebbero influenzare la stabilità dell'area e dei futuri manufatti e infine di

valutare gli eventuali processi morfologici ed le azioni di dissesto potenziali o in atto nell'area in studio ed in quella circostante.

**Il quadro sismico di riferimento:**

La definizione del quadro sismico locale è connessa alla macrozonazione sismica dell'area attraverso l'individuazione della zona sismica del Comune in cui ricade l'intervento da realizzare, ai sensi dell'O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 e alla caratterizzazione della pericolosità sismica dell'area mediante l'individuazione del parametro  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima del terreno) e dell'intensità macrosismica  $I_{max}$ .

Lo studio è stato condotto secondo i dettami delle seguenti normative tecniche:

- **D.M. 17/01/2018** "Norme Tecniche sulle Costruzioni";
- **D.M. 11/3/88** "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- **D.P.R. 380/2001 parte II capo II** "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica";
- **D.P.R. 380/2001 parte II capo IV** "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- **D.P.R. 5/10/2010, n. 207** "Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n°163 recante "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE";
- **LEGGE regionale 13 agosto 2020, n. 19** "Norme per il governo del territorio";
- **Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)** di seguito denominato Piano Stralcio o Piano o P.A.I., redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000;
- **Direttiva 2007/60/CE** relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni.

Il risultato di tale studio, infine, è focalizzato alla definizione degli eventuali accorgimenti tecnici necessari al mantenimento di un equilibrio idrologico e morfologico accettabile, tali da migliorare o in ogni caso non aggravare, le condizioni di sicurezza del territorio e garantire per il progetto della nuova rete idrica adeguati livelli di sicurezza.

Le aree occupate dall'impianto saranno dislocate all'interno delle particelle di terreno site in agro del territorio comunale di Genzano di Lucania e Banzi (PZ). Esse sviluppano una superficie recintata complessiva di circa 22,84 Ha lordi

## INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

---

Il sito oggetto di studio è ubicato all'interno del territorio Comunale di Genzano di Lucania, in Provincia di Potenza (PZ). Genzano di Lucania vanta una popolazione di circa 5600 abitanti e sorge a 587 m s.l.m. nell'alta Valle del Bradano, nella parte nord-orientale della provincia al confine con la parte nord-orientale della provincia di Matera, con la parte nord-occidentale della provincia di Bari. Genzano, con 207,04 km<sup>2</sup> di territorio, risulta il comune più esteso della provincia di Potenza e il sesto a livello regionale.

Da un punto di vista cartografico, Genzano è rappresentato nella cartografia della Regione Basilicata, con Carta Tecnica Regionale negli elementi n° 452122 "Masseria Sant'Arcangelo" e n° 452161 "Piano Damiani" in scala 1:5.000, nella cartografia geologica Carta geologica dell'Ispra (progetto CARG) foglio 452 denominato "RIONERO IN VULTURE". L'area si articola a quote altimetriche che variano da 385 a 520 m s.l.m. che rappresentano, rispettivamente, i punti più a valle e a monte della recinzione dell'impianto.

Una più precisa individuazione dell'area d'intervento può essere desunta dal corpus cartografico allegato alla presente; tuttavia, in linea generale, il sito è individuabile alle seguenti coordinate geografiche (WGS84): Latitudine - N 40.850274 ° Longitudine - E 15.966687 °



**Fig. 1 - Ubicazione di Genzano di Lucania (PZ) su scala nazionale**

## INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

L'area di studio ricade nel margine centro-occidentale del foglio 188 denominato Gravina in Puglia della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000). Essa è collocata nell'Avanfossa Bradanica, un bacino di sedimentazione di età pliocenica e pleistocenica, compreso tra l'Appennino meridionale ad Ovest e l'Avampaese Apulo (Murge settentrionali) ad Est. E' parte dell'avanfossa appenninica post-messiniana migrata, con diverse fasi deformative, verso Est durante il Pliocene e parte del Pleistocene e con l'inarcamento (peripheral bulge) dell'avampaese apulo. Rappresenta la subduzione litosferica della piattaforma Apula o Adria.

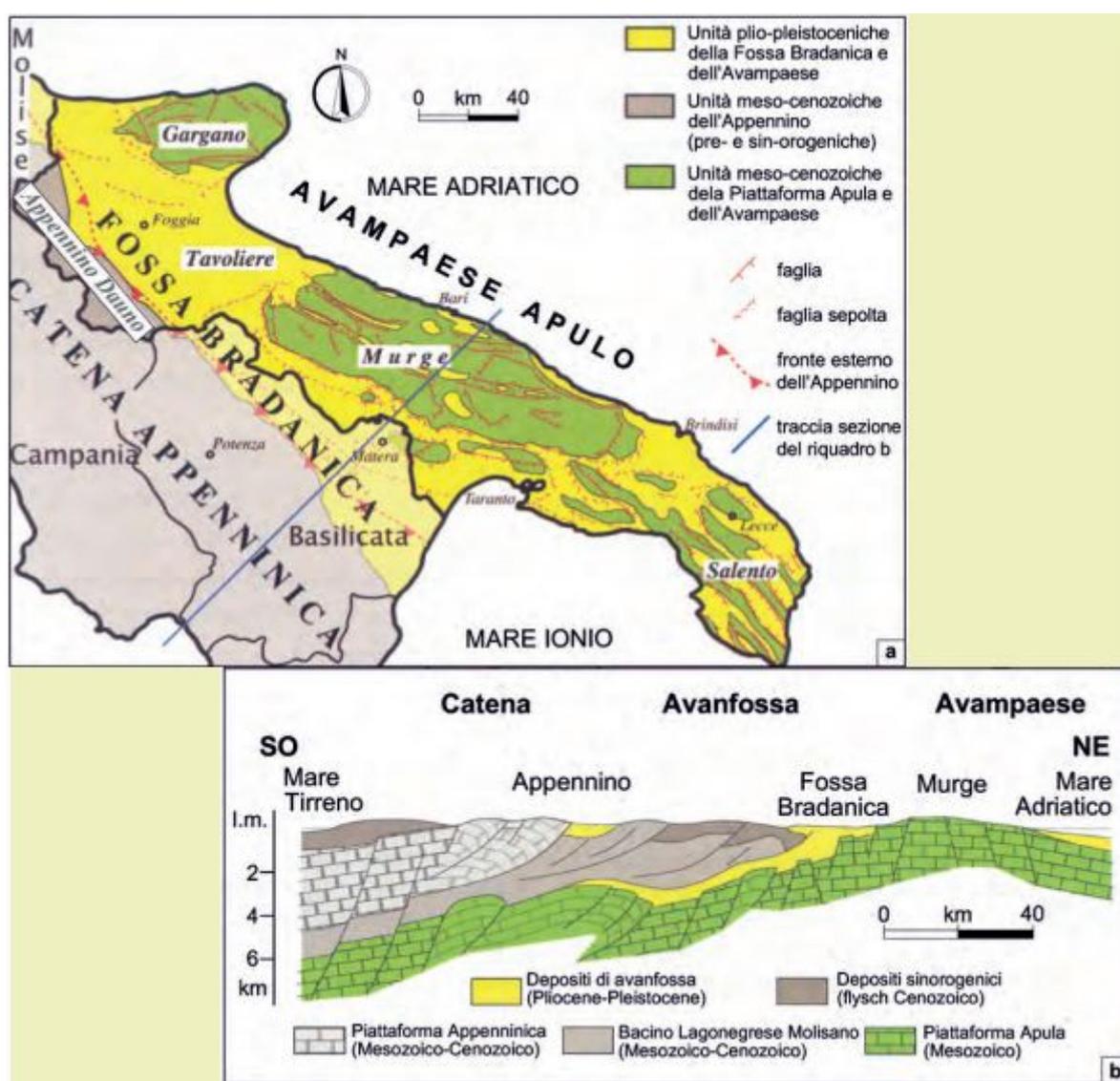


Fig. 2 – a) Carta geologica schematica (mod., da PIERI et alii, 1997); b) sezione geologica dell'Italia meridionale (mod., da SELLA et alii, 1988). –

Dalle Murge in direzione della zona assiale della catena Appenninica sia le sezioni sismiche che i pozzi profondi mostrano una graduale immersione della piattaforma Apula e della sua copertura terrigena pliocenica al di sotto del fronte esterno dei thrusts alloctoni appenninici. In quest'area il bacino, caratterizzato da una successione di colmamento plio-pleistocenica spessa circa 2-3 km, mostra un'evidente restringimento con i due margini affioranti del bacino distanti poco più di 20 km. Il momento principale della storia evolutiva del bacino d'avanfossa bradanica è avvenuto tra la fine del Pliocene ed il Pleistocene inferiore, quando la propagazione verso est del fronte dei thrusts appenninici sepolto veniva impedita dalla rampa tettonica regionale della Piattaforma carbonatica apula, ribassata verso ovest a causa della subduzione litosferica (LAZZARI & PIERI, 2002).

I due domini tettonici, il fronte della catena appenninica e l'avampaese apulo, convergendo all'altezza dell'alto strutturale di Lavello-Banzi ("dorsale mesobradanica") impedirono la propagazione dei thrusts inducendo una drastica riduzione dei tassi di subsidenza del bacino d'avanfossa e l'inizio di una fase di superficializzazione del bacino.

Alla fine dell'Emiliano e all'inizio del Siciliano, il settore settentrionale del bacino d'avanfossa, caratterizzato da una marcata asimmetria trasversale ed assiale, è stato interessato da una sedimentazione di mare basso che, a causa degli abbondanti apporti sedimentari Appenninici inizia il colmamento del bacino con una successione regressiva continua. Nel Siciliano il settore settentrionale del bacino è ormai colmato ed è soggetto a eventi erosionali ed alluvionali. La sedimentazione marina avviene solo nei settori centromeridionali della Fossa Bradanica.

Nel Pliocene inferiore-medio quindi, inizia il riempimento del bacino su un'ampia area subsidente dell'Avampaese apulo. Lo spessore complessivo della successione bradanica supera i 2000 m. La porzione sepolta della successione (infrapliocenico-infrapleistocenica), è principalmente caratterizzata da un complesso torbiditico, mentre la parte affiorante quaternaria è costituita da argille siltose emipelagiche, al di sopra delle quali si ritrovano depositi grossolani di mare basso silicoclastici e più raramente carbonatici, relativi sia alle ultime fasi di riempimento dell'avanfossa sia al successivo sviluppo di depositi marini terrazzati. La parte più interna dell'intera successione di riempimento è caratterizzata dalla presenza del cosiddetto "alloctono", un complesso di terreni caotici di età prepliocenica che si interpone ai depositi di avanfossa sovrapponendosi a quelli torbiditici di età pliocenico-infrapleistocenica.

La porzione superiore affiorante della successione pliopleistocenica, spessa circa 600 m, è costituita da depositi argillosi emipelagici passanti verso l'alto a una serie di depositi grossolani. Relativamente ai depositi affioranti, la storia evolutiva del bacino, è caratterizzata inizialmente da subsidenza parzialmente compensata da sedimentazione emipelagica. Dal Pleistocene inferiore (Emiliano), a cominciare dal settore centrale del bacino (area di Banzi e Genzano), si produce il colmamento a causa del sollevamento tettonico che interessa la regione. Sulle emipelagiti, rappresentate dalle Argille subappennine, si accumulano quindi depositi grossolani di mare basso e/o continentali, corrispondenti allo stadio regressivo della storia evolutiva del bacino. I depositi sabbioso-conglomeratici relativi alle fasi finali di riempimento della Fossa Bradanica si rinvencono in contatto sia transizionale che erosivo sulle Argille subappennine e che alcuni corpi conglomeratici sono intercalati alle successioni sabbiose con facies variabili da marino-transizionali a continentali.

## **CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE**

---

In dettaglio, nel sito esaminato si rinvencono principalmente le seguenti 3 litologie:

- **GVS:** SISTEMA DI PALAZZO SAN GERVASIO - Conglomerati clasto e matrice sostenuti
- **SBC:** FORMAZIONE DI MONTE SAN MARCO- Sabbie da medie a grossolane di colore giallo-ocra
- **ASP:** ARGILLE SUBAPPENNINE - Argille, argille siltose e marnose di colore grigio-azzurro

Più a valle, in prossimità del torrente *Valle Ginestrello* si trovano i depositi alluvionali **bb** (esterni al sito in esame).

Dopo attento sopralluogo e dopo aver esaminato le risultanze delle prove eseguite in situ, si segnala la presenza in affioramento di depositi grossomodo omogenei a partire dal piano campagna fino a diversi metri di profondità e comunque fino alle profondità di interesse in relazione alle opere previste in progetto. Sia le prove DPM30 effettuate che le sismiche di tipo M.A.S.W. evidenziano un graduale miglioramento delle caratteristiche dei terreni a partire dal piano campagna.

Per meglio comprendere gli spessori delle unità geologiche rinvenute sui diversi lotti di terreno esaminati, sono state prodotte n° 2 sezioni Geo-litologiche in scala 1:5.000 in cui si evidenziano gli importanti spessori dei terreni affioranti. Per quanto concerne la caratterizzazione geologica locale per la progettazione delle opere, si può far riferimento a una singola unità geologica,

rappresentata, appunto, da Argille, argille siltose e marnose di colore grigio-azzurro per quanto concerne l'area perimetrale dell'impianto.

In generale, da un punto di vista geologico, l'area della perimetrazione dell'impianto si presenta molto omogenea (Fig. 3); neanche nelle piccole incisioni dei torrenti che solcano l'area si incontrano evidenze di litologie differenti rispetto a quelle affioranti. Le variazioni geologiche si incontrano a monte del perimetro dell'area impianto in quanto si passa dalle Argille (ASP) affioranti alle sabbie medie e grossolane della formazione di Monte San Marco (SBC) e infine ai conglomerati della formazione del sistema di Palazzo San Gervasio (GVS), dopo lo scollinamento della cresta morfologica.



**Fig. 3. Il sito in esame, dal punto di vista Geologico si presenta molto omogeneo**

## **CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE**

---

Geomorfologicamente l'area oggetto di studio si presenta come un leggero versante orientato in direzione N-S. L'intera area si sviluppa da 520 m (punto più a monte) fino a 385 m di altitudine (punto più a valle).

Si tratta di un contesto geomorfologico collinare in cui le uniche variazioni degne di nota sono rappresentate da alcune piccole incisioni (impluvi) che in alcuni casi bordano il sito di interesse e in

altri casi lo attraversano. La pendenza media del versante in esame è inferiore ai 6° e colloca il sito nella categoria topografica T1.

Subito a monte del sito in esame si rileva la presenza di alcune piccole scarpate morfologiche che raccordano il sito con una cresta morfologia che dista solo poche centinaia di metri in direzione Nord.

Dal sopralluogo effettuato e dalla consultazione delle carte tematiche del P.A.I. si rileva la presenza di numerosi movimenti franosi; la maggior parte dei quali circoscritti e caratterizzati da cinematisimo a *colamento lento*. In particolare le frane sono esterne al perimetro della recinzione dell'impianto ad eccezione di una sola che presenta estensione di poche decine di m<sup>2</sup>. Ovviamente si sconsiglia l'installazione di pannelli fotovoltaici nell'area in frana la quale dovrà essere costantemente monitorata.

Dalla consultazione del database del catalogo delle faglie capaci del sistema ITHACA, risulta evidente che l'area di studio è priva di qualsiasi lineazione tettonica classificata.

## **CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE**

---

Il locale sistema idrografico, costituito da torrenti, presenta un andamento di tipo lineare di basso ordine gerarchico; esso si sviluppa, in loco, principalmente sulle formazioni conglomeratico/sabbiose e argillose in affioramento.

Il sito in esame si sviluppa su un tratto del versante in sinistra idrografica del torrente **Valle Ginestrello**; a sua volta il versante in esame è solcato da piccole aste idriche che trovano alimentazione principalmente da ruscellamento delle acque meteoriche.

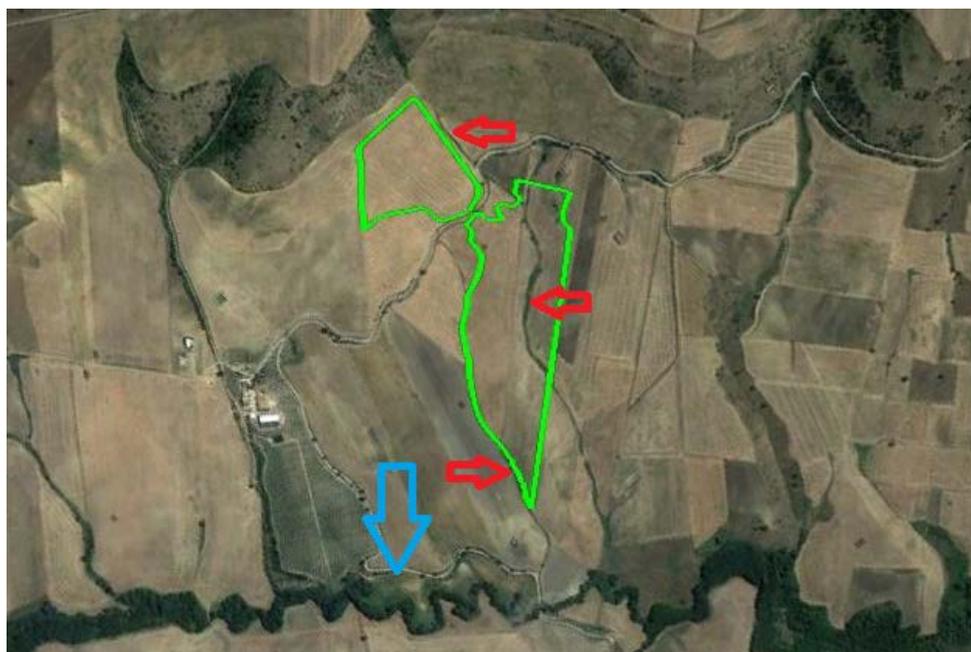


Fig. 4. La freccia azzurra indica il Torrente Valle Ginestrello, le frecce rosse, invece, indicano due piccoli canali che solcano/bordano il versante in esame.

L'incisione di tali reticoli è poco marcata, non si segnalano, infatti, orli di scarpata particolarmente accentuati. Le piccole incisioni lungo il versante sono attraversabili anche a piedi senza particolari difficoltà.

La portata del torrente *Valle Ginestrello* è notevolmente influenzata dagli eventi meteorici; durante i periodi estivi e in particolar modo quelli siccitosi, il torrente si presenta totalmente asciutto; al contrario, durante il periodo invernale/primaverile e a seguito di eventi meteorici presenta portata maggiore e un discreto trasporto di materiale detritico.

I parametri che regolano e condizionano la circolazione delle acque nel sottosuolo sono sostanzialmente: 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 capacità di un mezzo a lasciarsi attraversare dall'acqua. Le rocce permeabili si distinguono essenzialmente in due categorie: rocce permeabili per porosità (permeabilità primaria) e rocce permeabili per fessurazione (permeabilità secondaria). La permeabilità primaria è dovuta alla presenza di vuoti tra i clasti delle rocce sedimentarie ed è regolata da un processo che avviene durante la formazione delle rocce sedimentarie stesse; la porosità secondaria, invece, è dovuta alla fessurazione delle rocce ed è regolata da processi post-genetici delle rocce (sedimentarie e non..). In allegato al presente studio, è stata prodotta la **Carta Idrogeologica** in scala 1:5.000 in cui le varie unità litologiche presenti nell'area sono state classificate in base al loro gradiente di permeabilità e in particolare si riscontrano due unità differenti:

### LITOTIPI A PERMEABILITÀ MEDIO-ALTA

Questa classe è identificabile con le litologie **GVS** (SISTEMA DI PALAZZO SAN GERVASIO) e **SBC** (FORMAZIONE DI MONTE SAN MARCO), caratterizzate da conglomerati e sabbie con matrice generalmente sabbiosa ma a volte anche sabbiosa/argillosa.

Queste formazioni, essendo costituite da sedimenti principalmente grossolani, risultano caratterizzate da una permeabilità primaria per porosità ( $10^{-2} < K < 10^{-4}$  m/sec), con medio alte caratteristiche di trasmissività.

Nell'ambito di questi depositi si distinguono orizzonti molto permeabili, dati dai livelli di ghiaia e sabbia a granulometria grossolana.

L'idrologia si sviluppa attraverso una circolazione idrica per falde abbastanza estese e in profondità con deflusso preferenziale dell'acqua nei litotipi a più alta permeabilità.

### LITOTIPI A PERMEABILITÀ BASSA

Questa classe è identificabile con la litologia **ASP**, caratterizzata dalle argille subappennine. Questa formazione, essendo costituita da depositi principalmente argillosi, risulta caratterizzata da una scarsa permeabilità, con bassissime caratteristiche di trasmissività. La caratteristica principale dell'argilla è che la dimensione dei suoi pori è talmente piccola da non consentire il passaggio dell'acqua che viene praticamente trattenuta per ritenzione; ne deriva una circolazione idrica nulla o comunque trascurabile che favorisce il ruscellamento superficiale.

Dalle indagini effettuate è stata rilevata la presenza della falda freatica; in particolare in corrispondenza della prova DPM\_1 (effettuata a monte) la falda è stata rinvenuta a circa 7 m di profondità dal p.c. mentre in corrispondenza della prova DPM\_2 (effettuata più a valle) la falda freatica è stata rinvenuta a soli 2,3 m di profondità dal p.c.

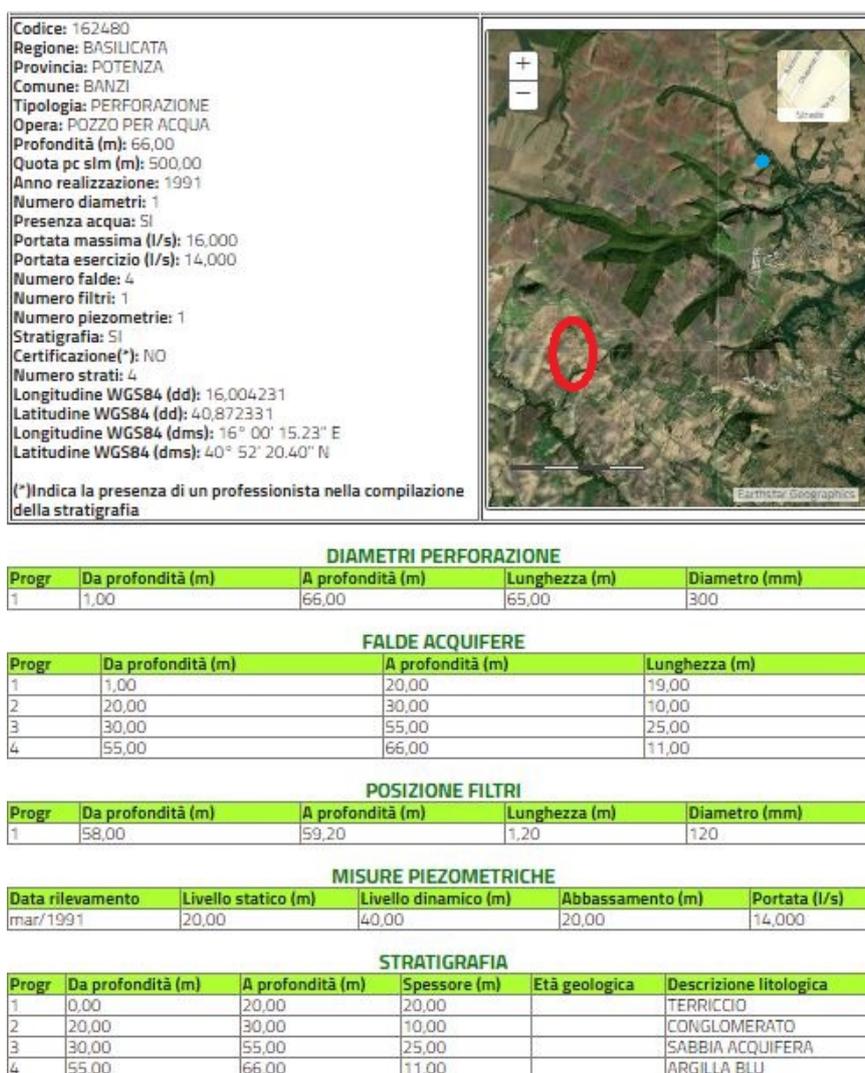
All'interno del sito, durante le operazioni di sopralluogo, è stata rilevata la presenza di acque superficiali. E' facile ipotizzare che a seguito di eventi meteorici e soprattutto nei periodi invernali, i terreni affioranti giungano facilmente a saturazione favorendo il formarsi sul piano campagna di diversi rigagnoli di acque che scorrono in modo piuttosto disordinato verso valle.

La realizzazione di cunette e canali di scolo per la regimazione delle acque superficiali risulta essere, quindi, di fondamentale importanza per la riuscita delle opere di cui in progetto.

Tuttavia oltre alle varie considerazioni che si possono fare, è stato consultato il sito dell'ISPRA [http://sgi2.isprambiente.it/viewersgi2/?resource=wms%3Ahttp%3A//sgi2.isprambiente.it/arcgis/services/servizi/indagini464/MapServer/WMSserver%3Frequest%3DGetCapabilities%26service%3DWMS&title=ITA\\_Indagini\\_sottosuolo464#](http://sgi2.isprambiente.it/viewersgi2/?resource=wms%3Ahttp%3A//sgi2.isprambiente.it/arcgis/services/servizi/indagini464/MapServer/WMSserver%3Frequest%3DGetCapabilities%26service%3DWMS&title=ITA_Indagini_sottosuolo464#) , in cui sono riportati i dati di vari pozzi eseguiti su territorio nazionale.

Dalla consultazione del portale ,non si rileva la presenza di un pozzo nelle immediate vicinanze del sito; il pozzo più prossimo è spostato di circa 3,7 km più a nord ma comunque attendibile per quanto riguarda le informazioni sul livello della falda freatica.

Le caratteristiche del pozzo sopramenzionato, consultabili al seguente link: ([http://sgi2.isprambiente.it/indagini/scheda\\_indagine.aspx?Codice=162480](http://sgi2.isprambiente.it/indagini/scheda_indagine.aspx?Codice=162480) ) evidenziano la presenza di una falda freatica già a partire dai primissimi m di profondità dal piano campagna.



**Fig. 5 - Lo schema in figura rappresenta le caratteristiche principali del pozzo in questione. L'ellisse rosso indica l'ubicazione del sito in esame e il pallino azzurro rappresenta l'ubicazione del pozzo. La distanza tra sito e pozzo è di circa 3700 m lineari con quote altimetriche simili.**

Per quanto riguarda la piovosità, per la provincia di Potenza sono consultabili diversi dati e in particolare, prendendo come riferimento quelli della vicina Stazione pluviometrica di **Irsina** (533 m s.l.m.) abbiamo nel periodo di riferimento 1921-2000 una piovosità media annua di 609,93 mm mentre nel periodo 1991-2000 di appena 504,30 mm, a dimostrazione che negli ultimi decenni si sono registrate precipitazioni mediamente inferiori alla media di lungo periodo assunta come valore atteso di riferimento nell'ipotesi di stazionarietà del fenomeno (Fonte [www.arpab.it](http://www.arpab.it)).

## **INQUADRAMENTO P.A.I.**

---

Il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico P.A.I. redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000, ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio siciliano.

Il P.A.I. ha sostanzialmente tre funzioni:

- La funzione conoscitiva, che comprende lo studio dell'ambiente fisico e del sistema antropico, nonché della ricognizione delle previsioni degli strumenti urbanistici e dei vincoli idrogeologici e paesaggistici;
- La funzione normativa e prescrittiva, destinata alle attività connesse alla tutela del territorio e delle acque fino alla valutazione della pericolosità e del rischio idrogeologico e alla conseguente attività di vincolo in regime sia straordinario che ordinario;
- La funzione programmatica, che fornisce le possibili metodologie d'intervento finalizzate alla mitigazione del rischio, determina l'impegno finanziario occorrente e la distribuzione temporale degli interventi.

Dal sopralluogo effettuato e dalla consultazione delle carte tematiche del P.A.I. si rileva la presenza di numerosi movimenti franosi; la maggior parte dei quali circoscritti e caratterizzati da cinematisma a *colamento lento*. In particolare le frane sono esterne al perimetro della recinzione dell'impianto ad eccezione di una sola che presenta estensione di poche decine di m<sup>2</sup>. Ovviamente

si consiglia l'installazione di pannelli fotovoltaici nell'area in frana la quale dovrà essere costantemente monitorata.

Per meglio comprendere l'ubicazione dei movimenti franosi presenti in loco, è stato prodotto uno stralcio della cartografia P.A.I. dell'area oggetto di studio, in scala 1:5000 e allegato alla presente relazione.

## MODELLO GEOLOGICO

---

Per la definizione del *modello geologico* dell'area, sono state eseguite n° 2 prove sismiche di tipo MASW e n° 2 prove penetrometriche DPM30 all'interno del sito in esame. La figura seguente indica l'ubicazione delle prove effettuate.

Le indagini sono state ubicate all'interno del perimetro dell'area impianto in cui verranno installati i pannelli fotovoltaici. Le aree esterne all'area impianti saranno caratterizzate dal solo passaggio del cavidotto fino alla sottostazione elettrica e di conseguenza escluse dall'indagine geognostica.



**Fig. 6 – Ubicazione prove in situ, su base ortofoto**

In generale, l'intero sito dell'area impianto, è caratterizzato dalle argille subappennine che presentano potenza decimetrica. La prova penetrometrica **DPM\_1**, svolta nella porzione più a monte del sito, si è spinta intorno ai 9 m di profondità indicando anche un graduale miglioramento delle caratteristiche geotecniche con l'aumentare della profondità dal piano campagna. Dall'esame dell'andamento dei colpi della DPM non si segnalano variazioni di litologia (anche se per assolarlo con certezza assoluta sarebbe opportuno effettuare un carotaggio).

Nella parte più a valle del sito in esame, in corrispondenza della prova **DPM\_2**, i parametri geotecnici sembrano migliorare più velocemente man mano che si scende in profondità.

Le prove MASW **M1 e M2** riportano, a partire dal piano campagna, velocità delle onde di taglio Vs inferiori ai 200 m/s a testimonianza della scarsa consistenza dei primi metri di terreno. Le onde Vs aumentano di velocità man mano che si scende in profondità, ma senza toccare mai gli 800 m/s a testimonianza che il substrato geologico non è mai prossimo al piano campagna.

Per maggiori informazioni sulle risultanze delle prove penetrometriche e sismiche di tipo M.a.s.w. effettuate in sito, è consultabile il **Report sulle indagini** allegato alla presente relazione.

Sulla base delle indagini effettuate, dalle consultazioni di carte tematiche e di referti bibliografici sui litotipi affioranti, è stato possibile produrre il seguente **Modello Geologico** del sito in esame (area impianto).

- **ASP** – Argille subappennine (poco consistenti): a partire dal piano campagna fino a circa 2 m di profondità;
- **ASP** – Argille subappennine (mediamente consistenti): a partire da circa 2 m fino a 6/8 m di profondità dal piano campagna;
- **ASP** – Argille subappennine (consistenti): a partire da 6/8 m di profondità con spessore > 30 m.

## CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Il modello geotecnico che qui si propone è un compendio di tutte le prove e le indagini storiche esaminate oltre che delle risultanze di quelle eseguite ex novo in situ. Nella tabella sono riportati i parametri geotecnici che meglio caratterizzano i terreni in loco.

Strato	$\phi$ (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\gamma$
	Picco	Picco	(t/m <sup>3</sup> )
ASP – Argille subappennine (poco consistenti)	23 - 25	0,05 – 0,1	1,55 - 1,65
ASP – Argille subappennine (mediamente consistenti)	25 - 27	0,1 – 0,25	1,70 - 1,90
ASP – Argille subappennine (consistenti)	27 - 29	0,25 – 0,5	1,95 - 2,00

Le unità sabbioso/conglomeratiche del "SISTEMA DI PALAZZO SAN GERVASIO" (GVS) e della "FORMAZIONE DI MONTE SAN MARCO" (SBC) non sono state oggetto di indagini geognostiche in quanto sono semplicemente attraversate dal cavidotto che collega gli impianti fotovoltaici alla sottostazione elettrica ubicata all'interno del territorio comunale di Banzi (PZ).

## SISMICITA' DELL'AREA

La caratterizzazione sismica del sito è un elemento necessario ai fini della modellazione geologica e della progettazione geotecnica degli interventi.

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), ha dato conto dei principali terremoti registrati dalle diverse fonti di carattere storiografico, letterario e naturalistico nella pubblicazione del **DBMI15** - Database Macrosismico Italiano 2015, di cui a seguire si riporta, un estratto degli eventi sismici più significativi per l'area, negli ultimi anni.

### Genzano di Lucania

PlaceID	IT_63029
Coordinate (lat, lon)	40.849, 16.032
Comune (ISTAT 2015)	Genzano di Lucania
Provincia	Potenza
Regione	Basilicata
Numero di eventi riportati	33



**Progetto definitivo impianto fotovoltaico denominato "San Procopio"  
Comune di Genzano di Lucania (PZ) e Banzi (PZ)**

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1694	09	08	11	40		Irpinia-Basilicata	251	10	6.73
6	1851	08	14	13	20		Vulture	103	10	6.52
7-8	1857	12	16	21	15		Basilicata	340	11	7.12
NF	1893	08	10	20	52		Gargano	69	8	5.39
7	1930	07	23	00	08		Irpinia	547	10	6.67
4	1930	11	06	21	56		Alta Murgia	16	5	4.41
4	1931	05	10	10	48	55	Irpinia	43	5-6	4.64
3-4	1948	08	18	21	12	20	Gargano	58	7-8	5.55
4	1956	01	09	00	44		Materano	45	6	4.72
2	1957	05	03	03	29	34	Potentino	36	5	4.09
NF	1957	10	19	06	14		Potentino	16	4	3.70
5-6	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15
7	1963	02	13	12	45		Potentino	31	7	5.19
4	1966	07	06	04	24		Alta Murgia	46	4	4.26
NF	1966	10	04	04	51	51	Potentino	15	5	4.16
F	1971	05	06	03	45	05	Irpinia	68	6	4.83
4	1973	08	08	14	36	26	Appennino campano-lucano	29	5-6	4.75
4-5	1975	06	19	10	11		Gargano	61	6	5.02
5-6	1978	09	24	08	07	44	Materano	121	6	4.75
3	1982	03	21	09	44	0	Golfo di Policastro	125	7-8	5.23
3-4	1983	02	02	08	14	16	Potentino	42	5	4.35
4	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	911	8	5.86
4-5	1987	01	28	05	33	2	Potentino	62	5	4.54
3-4	1988	01	08	13	05	4	Pollino	169	7	4.70
3-4	1989	05	29	11	19	1	Appennino lucano	77	5	4.34
6	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
4	1990	08	28	19	02	5	Potentino	84		4.21
7	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7	5.08
4-5	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6	4.90
3-4	1998	04	07	21	36	0	Valle dell'Ofanto	45	5	4.31
3-4	1998	04	26	05	38	0	Potentino	67	4-5	3.76
3	2002	04	18	20	56	4	Appennino lucano	164	5	4.34
4	2004	09	03	00	04	1	Potentino	156	5	4.41

**Legenda**

<b>Int.</b>	<i>Intensità macrosismica, espressa in scala MCS, Mercalli-Cancani-Sieberg</i>
<b>NMDP</b>	<i>Numero di punti, numero di osservazioni macrosismiche disponibili per il terremoto</i>
<b>Io</b>	<i>Intensità macrosismica epicentrale, espressa in scala MCS, Mercalli-Cancani-Sieberg</i>
<b>Mw</b>	<i>Magnitudo momento</i>



Fig. 7 - Rappresentazione grafica della storia sismica del Comune di Genzano di Lucania - PZ

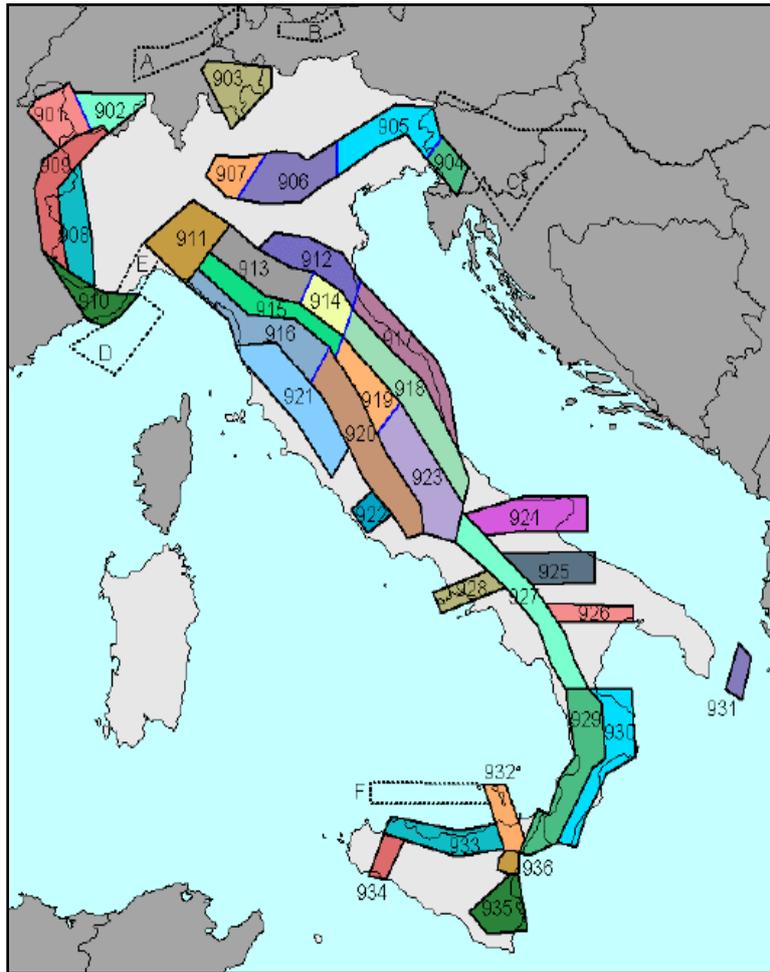
## **NORMATIVA SISMICA**

Per quanto attiene alla caratterizzazione sismica dell'area oggetto d'intervento, si fa riferimento al DM 17/01/2018, che riprende l'O.P.C.M. 3274/2003, che prevede la definizione di una pericolosità sismica di base, espressa in termini di accelerazione massima prevista su substrato di riferimento, su cui è stata creata una mappa di pericolosità sismica di riferimento per l'individuazione delle zone sismiche. L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, ha promosso nel luglio del 2003 la redazione della mappa; in particolare è stata elaborata una nuova zonazione sismogenetica, denominata ZS9 (Meletti et al., 2008), a partire da un sostanziale ripensamento della precedente zonazione ZS4 (Meletti et al., 2000) alla luce delle evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni sul potenziale sismogenetico acquisite negli ultimi anni. La ZS9 è corredata, per ogni Zona Sismogenetica, da un meccanismo focale prevalente e da un valore di profondità media dei terremoti, determinati nella prospettiva di un loro utilizzo con le relazioni di attenuazione.

La zonazione sismogenetica ZS9 è il risultato di modifiche, accorpamenti ed elisioni delle numerose zone sismogenetiche della ZS4 e dell'introduzione di nuove zone.

Riassumendo, nella ZS9 le informazioni sulle sorgenti sismogenetiche s'innestano sul quadro di evoluzione cinematica plio-quaternaria su cui si basava la ZS4. Tuttavia, l'elaborazione della ZS9 si fonda su una base informativa decisamente più ricca e affidabile di quella disponibile all'epoca della prima realizzazione della ZS4.

La zonazione è costituita da 36 zone–sorgente, cui vanno aggiunte 6 zone–sorgente per le quali non è valutata però la pericolosità sismica.



**Fig. 8 - Zonazione Sismogenetica ZS9**

Il territorio di Genzano di Lucania non ricade all'interno della zona 935 della zonazione sismogenetica ZS9.

L'O.P.C.M. 3274/2003 prevede anche una pericolosità dipendente dalle caratteristiche geologiche del sito, espressa secondo il concetto di categoria di suolo di fondazione, che a sua volta si basa sulla concetto di  $V_{s,30}$ , ovvero di velocità equivalente delle onde S nei primi 30 m di spessore. Tale parametro è determinato tramite indagini geofisiche oppure tramite indagini geotecniche che forniscono il valore di  $N_{spt}$ .

In base alle Nuove norme Tecniche per le Costruzioni del 17/01/2018, emesse ai sensi delle leggi 05/11/1971 n. 1086, 02/02/1974 n. 64, così come riunite nel Testo Unico per l'Edilizia di cui al D.P.R. 06/06/2001 n. 380, e all'art. 5 del decreto legge 28/05/2004 n. 136, convertito in legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27/07/2004 n. 186 e ss. mm. ii, si definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle prestazioni loro richieste in

termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso d'incendio, e di durabilità. Esse forniscono, quindi, i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

In particolare, le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La definizione di "pericolosità sismica di base" è espressa in termini di accelerazione orizzontale massima prevista su substrato di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (bedrock, suolo A), nonché in ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione in essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_vR$ , nel periodo di riferimento  $V_R$ .

Ai fini della suddetta normativa, le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_vR$ , a partire dai seguenti valori dei parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;

$F_o$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_c$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

La zona investigata ricade nell'ambito del territorio Comunale di Genzano di Lucania che, in base alla classificazione sismica nazionale (O.P.C.M. 2003), rientra in **zona 2**.

<i>zona sismica</i>	<i>Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [ag/g]</i>	<i>Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ag/g]</i>
<i>1</i>	<i>&gt; 0.25</i>	<i>0.35</i>
 <i>2</i>	<i>0.15 – 0.25</i>	<i>0.25</i>
<i>3</i>	<i>0.05 – 0.15</i>	<i>0.15</i>
<i>4</i>	<i>&lt; 0.05</i>	<i>0.05</i>

**Fig. 9 - Valori di accelerazione orizzontale nelle zone sismiche**

Sulla base della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, il territorio in questione si colloca in un'area in cui si possono verificare valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ), con probabilità di superamento del 10 % in 50 anni, compresi tra 0.15 e 0.25  $ag/g$ .

Si riporta il risultato della consultazione tramite il sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it> della mappa probabilistica della pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa su una griglia regolare a passo  $0.02^\circ$ , relativamente al parametro dello scuotimento rappresentato da  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima del suolo).

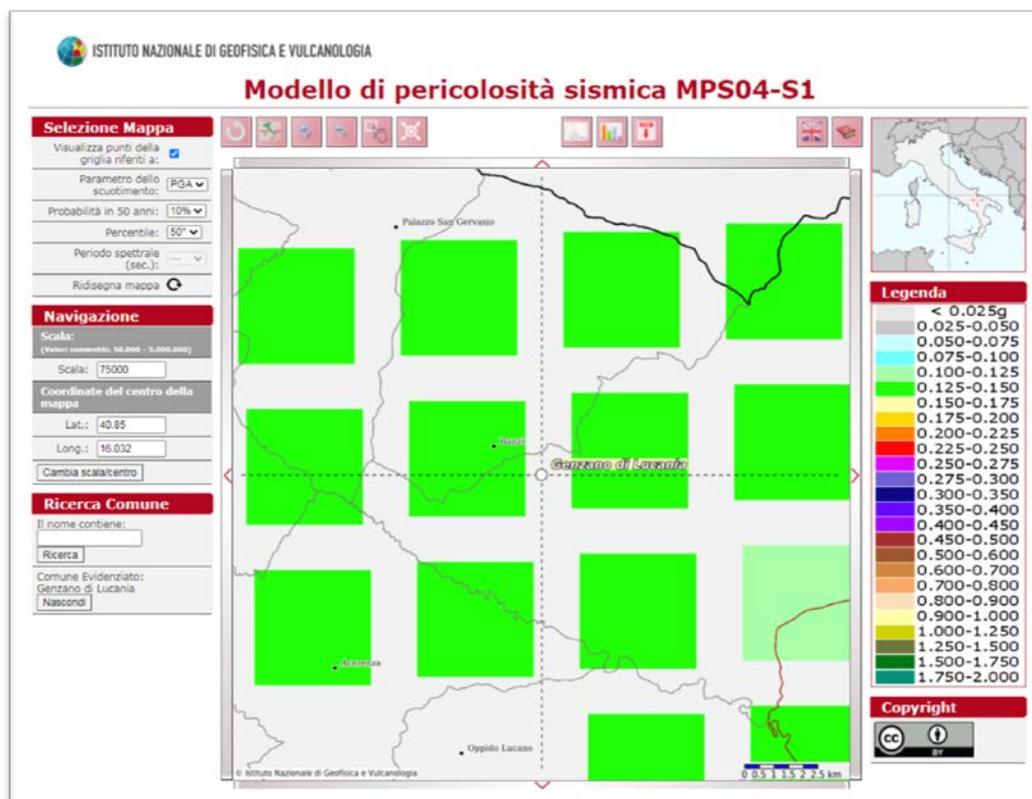


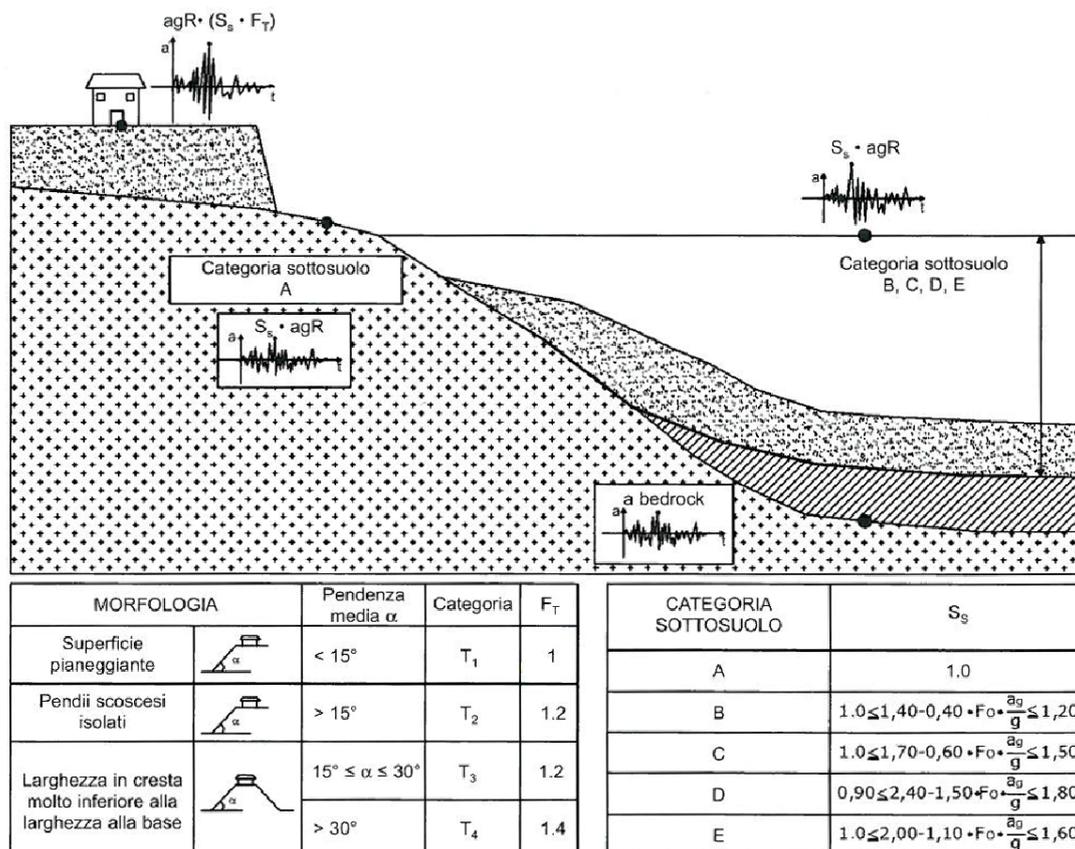
Fig. 10 - Stralcio della mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio di Genzano di Lucania. I punti visualizzati si riferiscono a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ); probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

## **SCENARI DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE ED EFFETTI DI SITO**

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi; in assenza di tali analisi, si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento, attraverso la misura delle Vs. In particolare si valuta:

- **Effetti Stratigrafici** legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno;

- **Effetti Topografici** legati alla configurazione topografica del piano campagna. La modifica delle caratteristiche del moto sismico per effetto della geometria superficiale del terreno va attribuita alla focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta dei rilievi a seguito dei fenomeni di riflessione delle onde sismiche ed all'interazione tra il campo d'onda incidente e quello diffratto. I fenomeni di amplificazione cresta-base aumentano in proporzione al rapporto tra l'altezza del rilievo e la sua larghezza.



**Fig. 11 - Rappresentazione schematica del significato delle accelerazioni, delle classi di categoria di suolo e del fattore topografico (da Microsism - procedure automatiche di microzonazione sismica, Giulio Riga)**

### Effetti stratigrafici

L'amplificazione stratigrafica è attesa su suoli di categoria diversa da A, caratterizzati da  $V_s < 800$  m/s e spessori  $>$  di 3 metri. Qualsiasi tipologia di suolo (roccia o deposito quaternario) che possiede  $V_s > 800$  m/s rientra, invece, nella categoria A ed è considerata bedrock sismico, quindi non in grado di generare amplificazione stratigrafica. Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si individuano le seguenti categorie di sottosuolo:

<i>Categorie</i>	<i>Descrizione</i>
A	<i>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.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>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.</i>
D	<i>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.</i>
E	<i>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.</i>

Il coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s$  può essere calcolato in funzione dei valori di  $F_0$  e  $a_g/g$ , mediante le seguenti espressioni:

Categoria	$S_s$
A	1
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 F_0 a_g/g \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 F_0 a_g/g \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 F_0 a_g/g \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 F_0 a_g/g \leq 1,60$

nelle quali:

$F_0$  = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale; ha valore minimo pari a 2.2.

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima del terreno su sito di riferimento rigido orizzontale;

$g$  = accelerazione di gravità.

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.

In base alle prospezioni sismiche effettuate, e alla profondità del piano di posa delle fondazioni, è scaturito un valore di  $V_{seq}$  di 248.46 (m/s) per la prova M1 e un valore di  $V_{seq}$  di 359.45 (m/s) per la prova M2, pertanto, il terreno interessato può essere classificato come di **Categoria C**.

### Effetti topografici

La focalizzazione (o concentrazione) delle onde sismiche in corrispondenza di creste, cime o cigli di scarpata è il fenomeno che sta alla base della cosiddetta "amplificazione topografica". L'amplificazione topografica è massima in corrispondenza di linee di cresta/cigli di scarpata e poi decresce con modelli complessi allontanandoci da esse.

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

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

a cui corrispondono i seguenti valori del coefficiente topografico:

Categoria	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,00
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,20
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,20
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,40

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Considerando che la zona interessata dal progetto è situata nel territorio comunale di Genzano di Lucania, su un terreno con pendenze medie di  $6^\circ$ , si può concludere, che la categoria topografica di pertinenza è la **T1**: "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ".

## **STABILITA' DEL PENDIO**

---

Ricordando quanto detto nel paragrafo *caratteristiche geomorfologiche* al quale si rimanda esplicitamente, è possibile classificare il sito come di Categoria topografica T1 in quanto le pendenze medie del versante ( $6^\circ$ ) sono sempre inferiori ai  $15^\circ$  per come previsto dalla normativa vigente. I versanti caratterizzati da categoria topografica T1 in genere sono favorevoli alla stabilità; tuttavia, ci sono alcune litologie come ad esempio proprio le argille subappennine che possono innescare dei movimenti gravitativi anche con blande pendenze. Generalmente la presenza di acque superficiali che scorrono in modo disordinato lungo i versanti favoriscono l'innescare di tali fenomeni.

Per la buona riuscita delle opere di cui in progetto e per scongiurare l'innescare di movimenti franosi, risulta di fondamentale importanza una corretta regimazione delle acque superficiali e di ruscellamento, mediante specifiche opere di presidio idraulico (vespai, canalizzazioni ecc) da estendere adeguatamente attorno all'area d'interesse, con il loro recapito fino agli elementi naturali e/o artificiali più vicini e sicuri.

## **POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE**

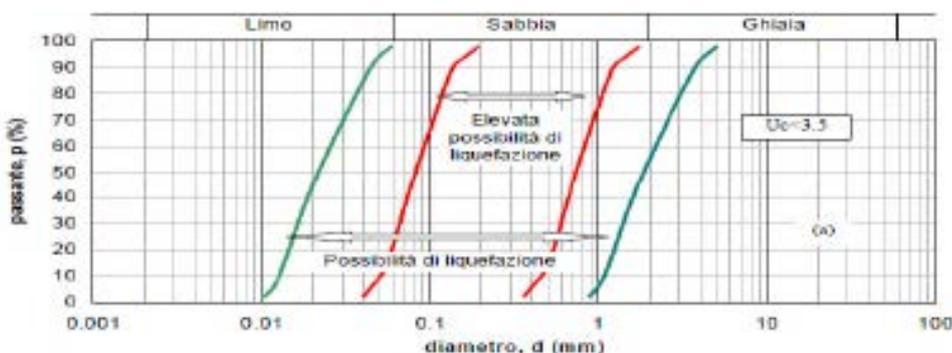
---

Le "Norme tecniche per le costruzioni" del 2018 (D.M. 17.01.2018), al § 7.11.3.4, "stabilità nei confronti della liquefazione", forniscono la seguente definizione nei riguardi di tale possibile manifestazione: "fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate".

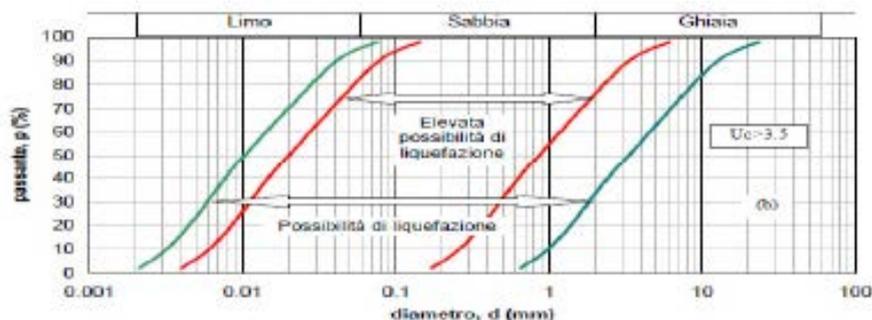
Ciò avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e quindi allorché gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero. In questo contesto, il problema principale che si pone in fase di progettazione è la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità

della superficie, ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine lino-argillosa. In riferimento al § 7.11.3.4.2, "Esclusione della verifica a liquefazione", della sopracitata normativa, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura successiva a nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura b nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .



*a. Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  (da AGI, 2005).*



*b. Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$  (da AGI, 2005).*

Nel caso dell'area in esame non si ritiene possano sussistere le condizioni per il verificarsi del fenomeno di liquefazione per la natura prettamente argillosa dei terreni dell'area impianto; un'eventuale analisi granulometrica avrebbe posto la curva caratteristica dei terreni affioranti esterna alle fasce suscettibili a liquefazione dei grafici di cui sopra.

## CONCLUSIONI

---

Il presente studio geologico è stato redatto, su incarico della società **New Developments s.r.l.**, al fine di definire le condizioni geolitologiche, geomorfologiche, idrologiche, geomeccaniche e sismologiche di un'area interessata dal **Progetto definitivo impianto fotovoltaico denominato "San Procopio"** - Comune di Genzano di Lucania (PZ) e Banzi (PZ).

In considerazione delle finalità di progetto, si possono effettuare le seguenti considerazioni conclusive:

- Dal punto di vista geologico è possibile definire il seguente modello geologico per l'area impianti:
  - **ASP** – Argille subappennine poco consistenti - con spessore di circa 2 m;
  - **ASP** – Argille subappennine mediamente consistenti - con spessore di circa 4/6 m;
  - **ASP** – Argille subappennine consistenti - con spessore > 30 m;
- Dal punto di vista geomorfologico l'area in oggetto si presenta collinare con pendenza media di 6° (Categoria Topografica T1);
- All'interno della cartografia P.A.I. sono presenti diversi piccoli movimenti franosi, tra i quali uno anche all'interno dell'area impianto;
- Dal punto di vista idrogeologico il sistema idrografico, costituito da piccoli canali, presenta un andamento di tipo lineare di bassissimo ordine gerarchico e si sviluppa in loco sulle formazioni argillose, la falda si attesta a pochi metri di profondità dal p.c.;
- Dal punto di vista geotecnico i parametri geotecnici utili ai fini della progettazione degli interventi in oggetto vengono elencati nel capitolo "*caratterizzazione geotecnica*".
- Dal punto di vista sismico, il territorio di Genzano di Lucania, ricade in una zona con accelerazione sismica su substrato di riferimento (bedrock, suolo A) compreso tra 0,150 e 0,250  $a_g/g$ , collocando il territorio comunale in "Zona Sismica 2". Dalle risultanze delle M.A.S.W. effettuate, la categoria del sottosuolo è riconducibile alla Classe C (velocità equivalente compresa tra 180 m/s e 360 m/s).

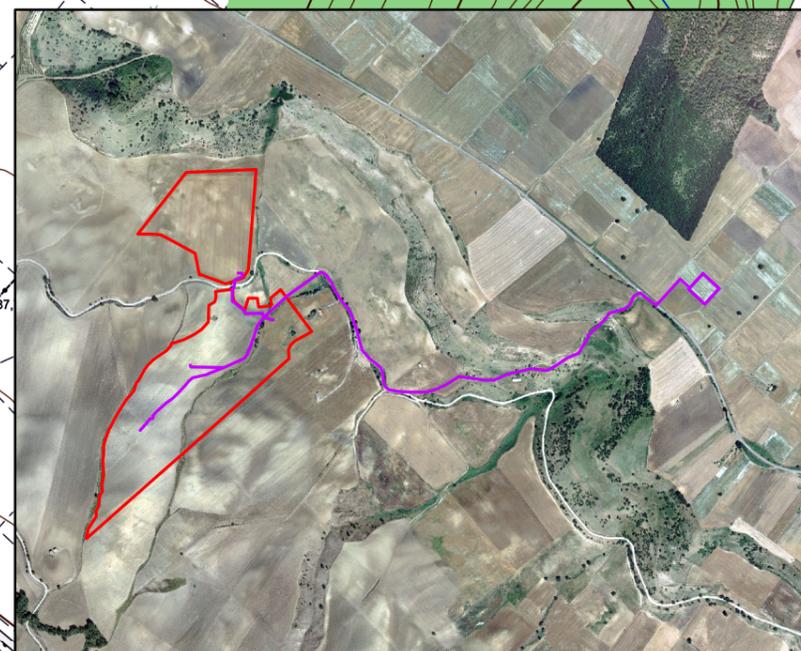
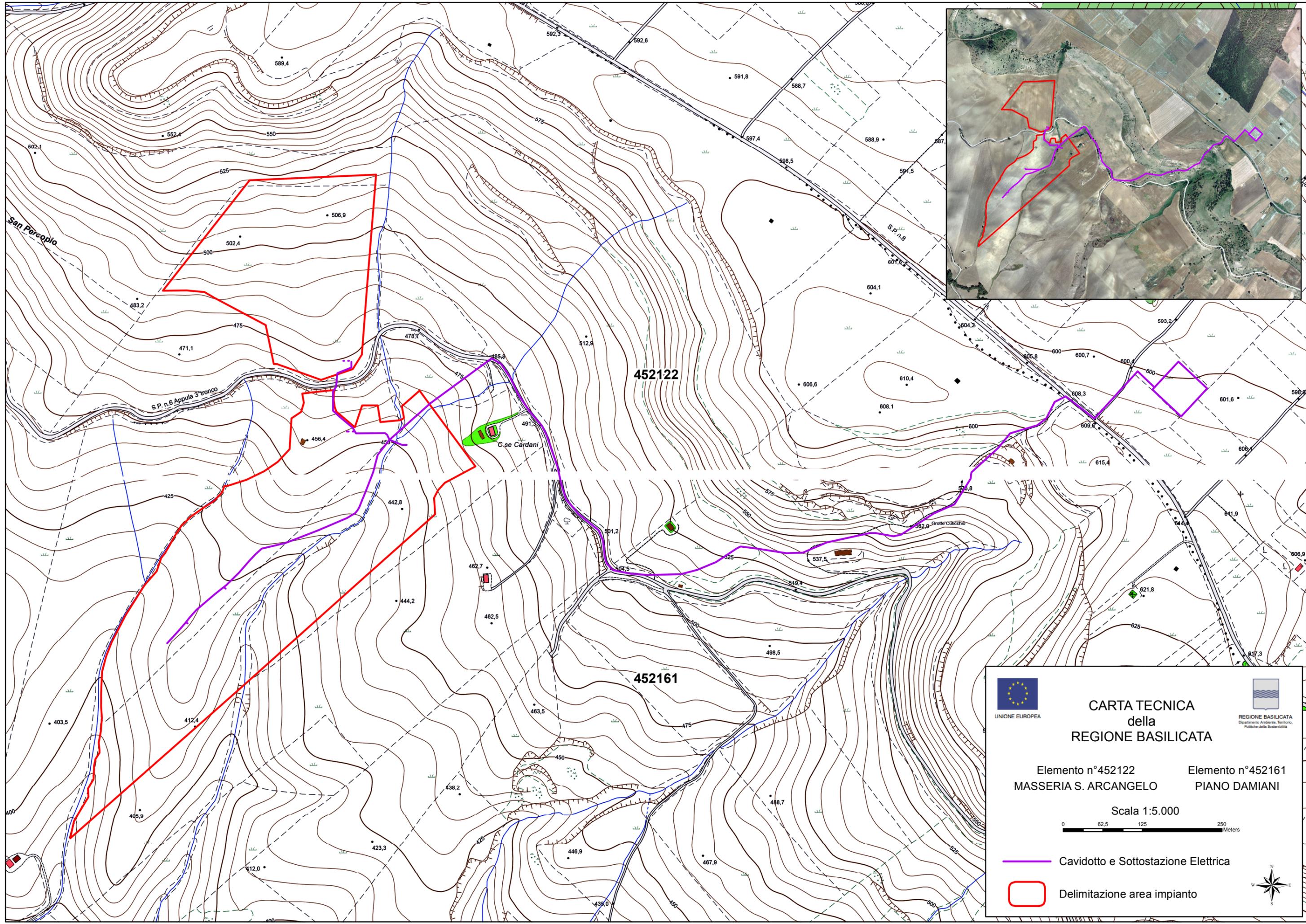
Il rischio per l'area interessata è quello dell'innescò di piccoli movimenti gravitativi superficiali; per scongiurare questo scenario diventa di fondamentale importanza una corretta regimazione delle acque superficiali e di ruscellamento, mediante la realizzazione di specifiche opere di presidio idraulico (vespai, canalizzazioni ecc) da estendere adeguatamente attorno all'area d'interesse, con il loro recapito fino agli elementi naturali e/o artificiali più vicini e sicuri.

Non dovranno, inoltre, essere posizionati pannelli fotovoltaici sull'area della piccola frana presente all'interno del perimetro dell'impianto e la stessa frana dovrà essere costantemente monitorata ai fini della sicurezza sia degli impianti che degli operatori presenti sporadicamente nel sito.

Il geologo  
Dott. Eugenio Martire



## ***ELABORATI CARTOGRAFICI***



 UNIONE EUROPEA

 REGIONE BASILICATA  
Dipartimento Ambiente, Territorio,  
Politiche della Sostenibilità

**CARTA TECNICA  
della  
REGIONE BASILICATA**

Elemento n°452122      Elemento n°452161  
MASSERIA S. ARCANGELO      PIANO DAMIANI

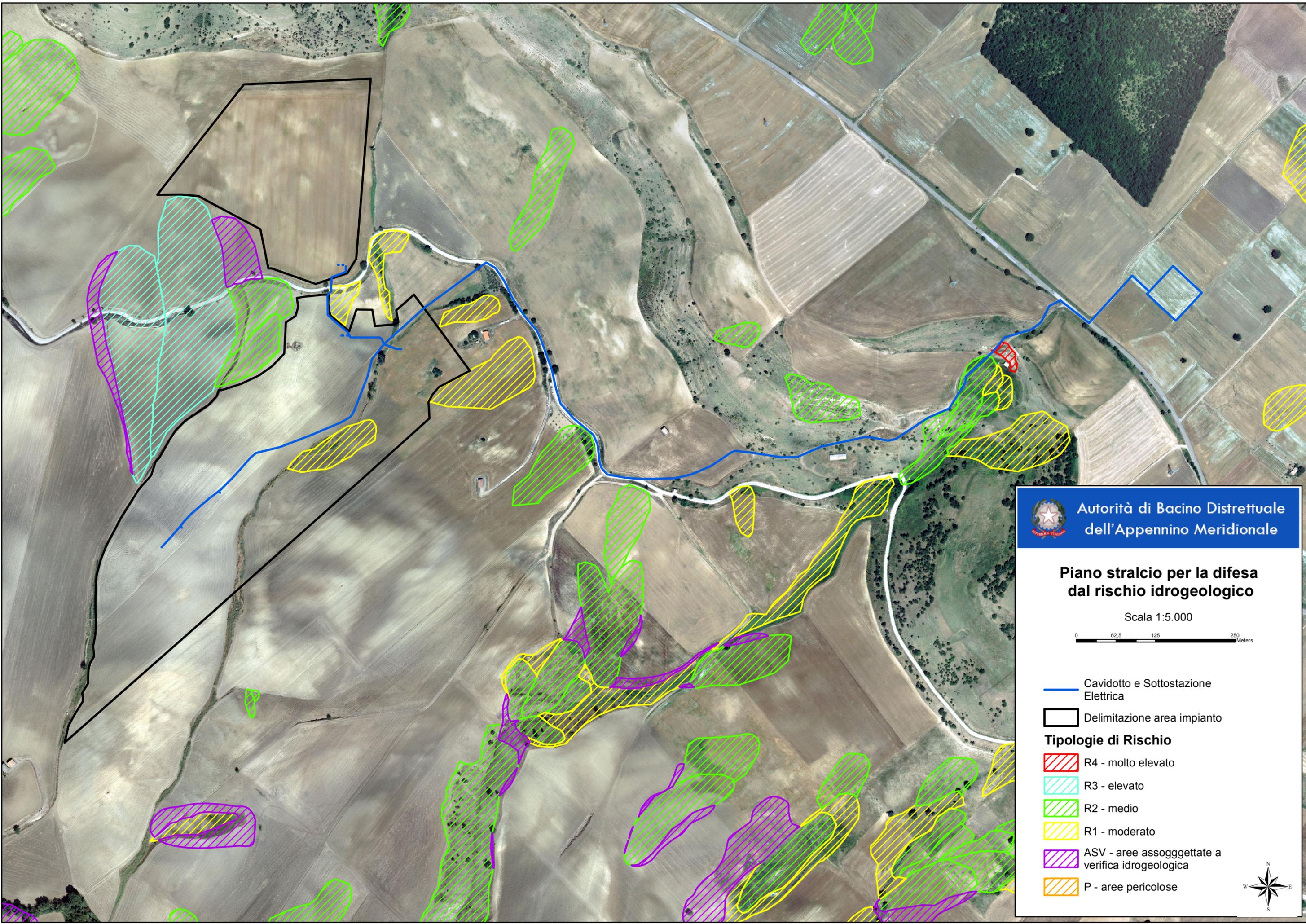
Scala 1:5.000



 Cavidotto e Sottostazione Elettrica

 Delimitazione area impianto





Autorità di Bacino Distrettuale  
dell'Appennino Meridionale

### Piano stralcio per la difesa dal rischio idrogeologico

Scala 1:5.000



-  Cavidotto e Sottostazione Elettrica
-  Delimitazione area impianto
- Tipologie di Rischio**
-  R4 - molto elevato
-  R3 - elevato
-  R2 - medio
-  R1 - moderato
-  ASV - aree assoggettate a verifica idrogeologica
-  P - aree pericolose



# Studio Geologico di **MARTIRE Eugenio**

Via UMBRIA 7

87046 MONTALTO UFFUGO (CS)

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

**Geolo*i*Cal**  
www.geologicalaltervista.org

## OGGETTO

**Progetto definitivo impianto fotovoltaico denominato  
"San Procopio"**

## ELABORATO

**RELAZIONE TECNICA SULLE INDAGINI**

### COMMITTENTE:

NEW DEVELOPMENTS s.r.l.

### LOCALITA' ESECUZIONE INDAGINI:

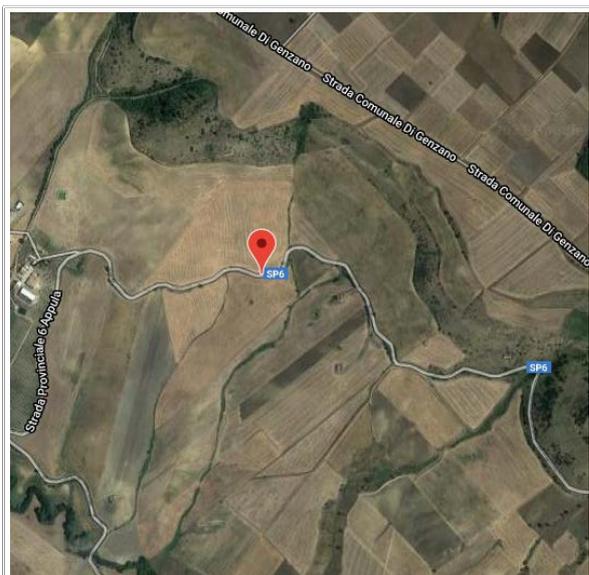
GENZANO DI LUCANIA (PZ)

### DATA ESECUZIONE INDAGINI:

10 APRILE 2021

### IL TECNICO:

Dott. Geol. Eugenio MARTIRE



## INDICE

PREMESSA.....	2
DESCRIZIONE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA .....	2
ELABORAZIONE PROVA PENETROMETRICA DPM_1 (P1).....	9
ELABORAZIONE PROVA PENETROMETRICA DPM_2 (P2).....	14
DESCRIZIONE INDAGINE GEOFISICA MASW .....	19
ELABORAZIONE INDAGINE MASW_1 (M1).....	21
ELABORAZIONE INDAGINE MASW_2 (M2).....	27
REPERTORIO FOTOGRAFICO DELLE INDAGINI.....	33

## Premessa

Su incarico della società **New Developments S.r.l.**, in riferimento al: **Progetto definitivo impianto fotovoltaico denominato "San Procopio"**, il sottoscritto Geologo Eugenio MARTIRE, ha eseguito in data 10/04/2021, una campagna di indagini geognostiche costituita da:

- n° 2 prove penetrometriche dinamiche DPM30;
- n° 2 prospezioni sismiche di tipo MASW.

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

Le prospezioni sismiche 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'inghiottire 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<sub>1</sub>)<sub>60</sub>

(N<sub>1</sub>)<sub>60</sub> 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<sub>s</sub>: Parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).

C<sub>d</sub>: Funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).

C<sub>f</sub>: 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  $s_{N_{spt}}$  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 immorsamento  $d = 1$  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/cm<sup>2</sup>) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con  $N_c=20$  e  $Q_c/N_{spt}=2$ .
- Schmertmann 1975  $C_u$  (Kg/cm<sup>2</sup>) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata  $C_u$  (Kg/cm<sup>2</sup>), 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/cm<sup>2</sup>)-, 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 (P1)

### Coordinate WGS 84

**Latitudine** | 40.851708  
**Longitudine** | 15.966600

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
Prova eseguita in data  
Profondità prova 8.90 mt  
Falda 7.00 mt

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	2	0	0.857	5.72	6.68	0.29	0.33
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	3	0	0.851	8.52	10.02	0.43	0.50
0.50	3	0	0.849	8.50	10.02	0.43	0.50
0.60	3	0	0.847	8.49	10.02	0.42	0.50
0.70	3	0	0.845	8.47	10.02	0.42	0.50
0.80	3	0	0.843	8.45	10.02	0.42	0.50
0.90	4	0	0.842	10.67	12.68	0.53	0.63
1.00	3	0	0.840	7.98	9.51	0.40	0.48
1.10	4	0	0.838	10.62	12.68	0.53	0.63
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	5	0	0.833	13.20	15.85	0.66	0.79
1.50	5	0	0.831	13.17	15.85	0.66	0.79
1.60	5	0	0.830	13.14	15.85	0.66	0.79
1.70	5	0	0.828	13.12	15.85	0.66	0.79
1.80	9	0	0.826	23.57	28.52	1.18	1.43
1.90	9	0	0.825	22.38	27.14	1.12	1.36
2.00	9	0	0.823	22.34	27.14	1.12	1.36
2.10	8	0	0.822	19.82	24.12	0.99	1.21
2.20	9	0	0.820	22.25	27.14	1.11	1.36
2.30	11	0	0.819	27.15	33.17	1.36	1.66
2.40	11	0	0.817	27.10	33.17	1.36	1.66
2.50	11	0	0.816	27.05	33.17	1.35	1.66
2.60	9	0	0.814	22.10	27.14	1.10	1.36
2.70	8	0	0.813	19.61	24.12	0.98	1.21
2.80	11	0	0.811	26.91	33.17	1.35	1.66
2.90	10	0	0.810	23.29	28.75	1.16	1.44
3.00	9	0	0.809	20.93	25.88	1.05	1.29
3.10	9	0	0.807	20.89	25.88	1.04	1.29
3.20	10	0	0.806	23.18	28.75	1.16	1.44
3.30	10	0	0.805	23.14	28.75	1.16	1.44
3.40	12	0	0.803	27.72	34.50	1.39	1.73

*Progetto definitivo impianto fotovoltaico denominato "San Procopio"  
nel territorio dei Comuni di GENZANO DI LUCANIA (PZ) e BANZI (PZ)*

3.50	12	0	0.802	27.68	34.50	1.38	1.73
3.60	13	0	0.751	28.07	37.38	1.40	1.87
3.70	13	0	0.750	28.02	37.38	1.40	1.87
3.80	13	0	0.748	27.98	37.38	1.40	1.87
3.90	13	0	0.747	26.69	35.73	1.33	1.79
4.00	13	0	0.746	26.65	35.73	1.33	1.79
4.10	14	0	0.745	28.66	38.47	1.43	1.92
4.20	15	0	0.744	30.66	41.22	1.53	2.06
4.30	14	0	0.743	28.57	38.47	1.43	1.92
4.40	13	0	0.741	26.49	35.73	1.32	1.79
4.50	14	0	0.740	28.48	38.47	1.42	1.92
4.60	14	0	0.739	28.44	38.47	1.42	1.92
4.70	13	0	0.738	26.37	35.73	1.32	1.79
4.80	12	0	0.787	25.96	32.98	1.30	1.65
4.90	12	0	0.786	24.82	31.58	1.24	1.58
5.00	12	0	0.785	24.79	31.58	1.24	1.58
5.10	12	0	0.784	24.76	31.58	1.24	1.58
5.20	11	0	0.783	22.67	28.95	1.13	1.45
5.30	12	0	0.782	24.70	31.58	1.23	1.58
5.40	13	0	0.731	25.01	34.21	1.25	1.71
5.50	14	0	0.730	26.90	36.84	1.34	1.84
5.60	15	0	0.729	28.78	39.47	1.44	1.97
5.70	16	0	0.728	30.66	42.11	1.53	2.11
5.80	15	0	0.727	28.71	39.47	1.44	1.97
5.90	21	0	0.676	35.86	53.02	1.79	2.65
6.00	20	0	0.725	36.63	50.49	1.83	2.52
6.10	18	0	0.725	32.93	45.44	1.65	2.27
6.20	14	0	0.724	25.58	35.34	1.28	1.77
6.30	14	0	0.723	25.55	35.34	1.28	1.77
6.40	14	0	0.722	25.52	35.34	1.28	1.77
6.50	21	0	0.671	35.58	53.02	1.78	2.65
6.60	15	0	0.720	27.28	37.87	1.36	1.89
6.70	15	0	0.720	27.25	37.87	1.36	1.89
6.80	11	0	0.769	21.35	27.77	1.07	1.39
6.90	15	0	0.718	26.12	36.39	1.31	1.82
7.00	16	0	0.717	27.84	38.81	1.39	1.94
7.10	18	0	0.716	31.28	43.67	1.56	2.18
7.20	17	0	0.716	29.51	41.24	1.48	2.06
7.30	17	0	0.715	29.48	41.24	1.47	2.06
7.40	15	0	0.714	25.99	36.39	1.30	1.82
7.50	15	0	0.713	25.96	36.39	1.30	1.82
7.60	14	0	0.713	24.21	33.96	1.21	1.70
7.70	14	0	0.712	24.18	33.96	1.21	1.70
7.80	14	0	0.711	24.16	33.96	1.21	1.70
7.90	14	0	0.711	23.23	32.68	1.16	1.63
8.00	14	0	0.710	23.20	32.68	1.16	1.63
8.10	14	0	0.709	23.18	32.68	1.16	1.63
8.20	14	0	0.709	23.16	32.68	1.16	1.63
8.30	24	0	0.658	36.86	56.03	1.84	2.80
8.40	28	0	0.657	42.96	65.37	2.15	3.27
8.50	29	0	0.657	44.46	67.70	2.22	3.39
8.60	33	0	0.606	46.69	77.04	2.33	3.85
8.70	34	0	0.605	48.05	79.38	2.40	3.97
8.80	34	0	0.605	48.00	79.38	2.40	3.97
8.90	52	0	0.554	64.83	117.00	3.24	5.85

**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	2.86	1.70	Shioi - Fukui (1982)	0.07
[2] - STRATO 2	10.03	8.20	Shioi - Fukui (1982)	0.25
[3] - STRATO 3	23.08	8.90	Shioi - Fukui (1982)	0.58

Coesione drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	C' (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	2.86	1.70	Sorensen & Okkels (2013)	0.01
[2] - STRATO 2	10.03	8.20	Sorensen & Okkels (2013)	0.02
[3] - STRATO 3	23.08	8.90	Sorensen & Okkels (2013)	0.06

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	2.86	1.70	Meyerhof ed altri	1.62
[2] - STRATO 2	10.03	8.20	Meyerhof ed altri	1.97
[3] - STRATO 3	23.08	8.90	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	2.86	1.70	Meyerhof ed altri	1.86
[2] - STRATO 2	10.03	8.20	Meyerhof ed altri	2.17
[3] - STRATO 3	23.08	8.90	Meyerhof ed altri	2.17

**TERRENI INCOERENTI**

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - STRATO 1	2.86	1.70	2.86	Gibbs & Holtz 1957	14.33
[2] - STRATO 2	10.03	8.20	10.03	Gibbs & Holtz 1957	25.84
[3] - STRATO 3	23.08	8.90	23.08	Gibbs & Holtz 1957	35.25

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - STRATO 1	2.86	1.70	2.86	Meyerhof (1965)	25.28
[2] - STRATO 2	10.03	8.20	10.03	Meyerhof (1965)	28.81
[3] - STRATO 3	23.08	8.90	23.08	Meyerhof (1965)	33.66

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	2.86	1.70	2.86	Bowles (1982) Sabbia Media	61.29
[2] - STRATO 2	10.03	8.20	10.03	Bowles (1982) Sabbia Media	125.15
[3] - STRATO 3	23.08	8.90	23.08	Bowles (1982) Sabbia Media	190.40

**Modulo Edometrico**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	2.86	1.70	2.86	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	33.34
[2] - STRATO 2	10.03	8.20	10.03	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	48.07
[3] - STRATO 3	23.08	8.90	23.08	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	74.87

**Classificazione AGI**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - STRATO 1	2.86	1.70	2.86	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - STRATO 2	10.03	8.20	10.03	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - STRATO 3	23.08	8.90	23.08	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	2.86	1.70	2.86	(A.G.I.)	0.35
[2] - STRATO 2	10.03	8.20	10.03	(A.G.I.)	0.33
[3] - STRATO 3	23.08	8.90	23.08	(A.G.I.)	0.31

**Modulo di reazione Ko**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - STRATO 1	2.86	1.70	2.86	Navfac 1971-1982	0.48
[2] - STRATO 2	10.03	8.20	10.03	Navfac 1971-1982	2.11
[3] - STRATO 3	23.08	8.90	23.08	Navfac 1971-1982	4.57

**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	2.86	1.70	2.86	Robertson 1983	5.72
[2] - STRATO 2	10.03	8.20	10.03	Robertson 1983	20.06
[3] - STRATO 3	23.08	8.90	23.08	Robertson 1983	46.16

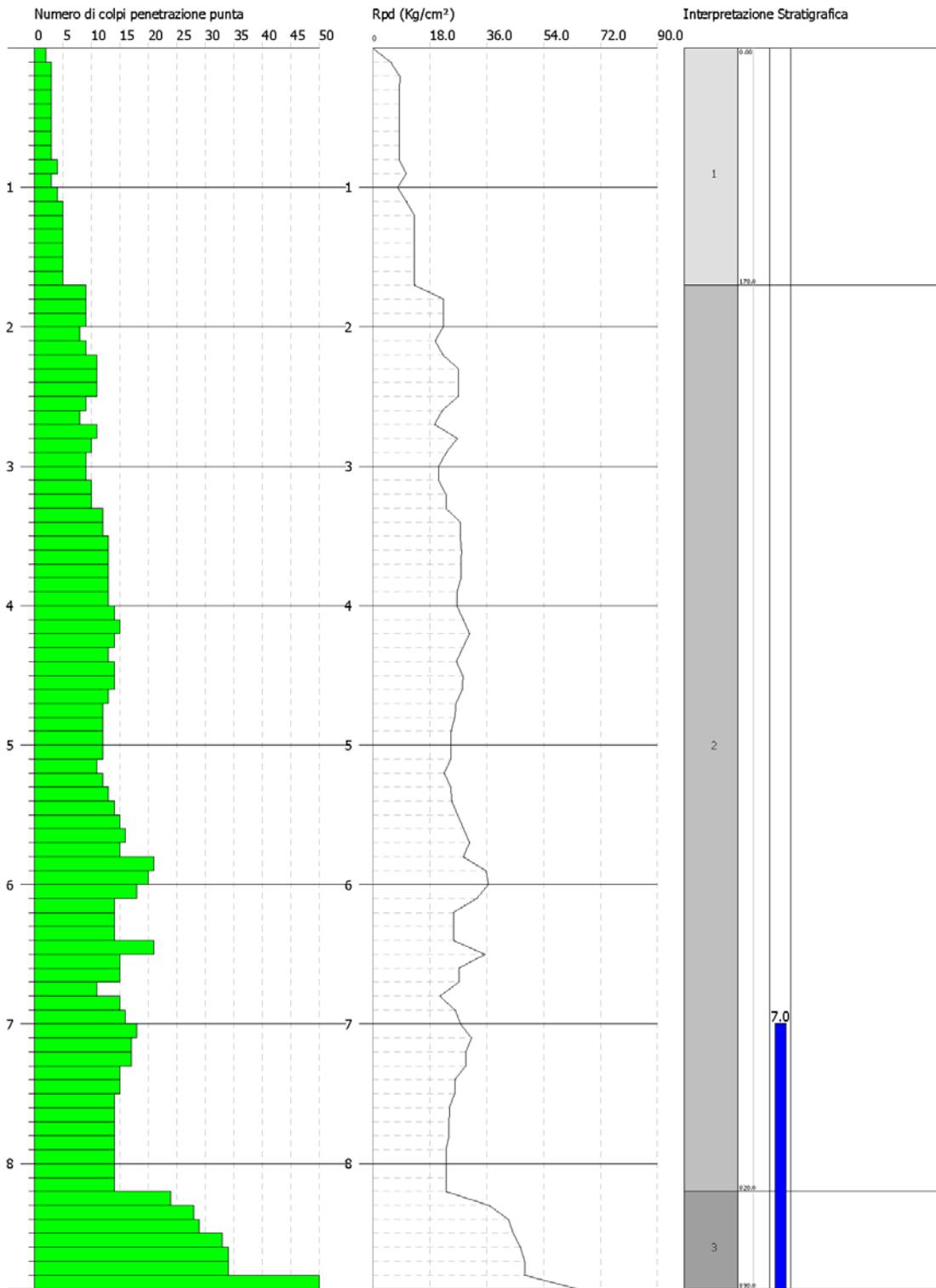
**Progetto definitivo impianto fotovoltaico denominato "San Procopio"  
nel territorio dei Comuni di GENZANO DI LUCANIA (PZ) e BANZI (PZ)**

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

Committente:  
Cantiere: BASILICATA  
Località: GENZANO DI LUCANIA

Data: 11/02/2008

Scala 1:38



## Elaborazione Prova Penetrometrica DPM\_2 (P2)

### Coordinate WGS 84

<b>Latitudine</b>	40.849414
<b>Longitudine</b>	15.966561

Strumento utilizzato...	DPM (DL030 10) (Medium)
Prova eseguita in data	
Profondità prova	6.40 mt
Falda	2.30 mt

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	4	0	0.855	11.42	13.36	0.57	0.67
0.30	4	0	0.853	11.39	13.36	0.57	0.67
0.40	5	0	0.851	14.21	16.70	0.71	0.83
0.50	5	0	0.849	14.17	16.70	0.71	0.83
0.60	7	0	0.847	19.80	23.38	0.99	1.17
0.70	8	0	0.845	22.58	26.72	1.13	1.34
0.80	8	0	0.843	22.53	26.72	1.13	1.34
0.90	9	0	0.842	24.00	28.52	1.20	1.43
1.00	8	0	0.840	21.29	25.35	1.06	1.27
1.10	9	0	0.838	23.90	28.52	1.20	1.43
1.20	8	0	0.836	21.20	25.35	1.06	1.27
1.30	9	0	0.835	23.80	28.52	1.19	1.43
1.40	10	0	0.833	26.39	31.69	1.32	1.58
1.50	10	0	0.831	26.34	31.69	1.32	1.58
1.60	9	0	0.830	23.66	28.52	1.18	1.43
1.70	11	0	0.828	28.86	34.86	1.44	1.74
1.80	8	0	0.826	20.95	25.35	1.05	1.27
1.90	11	0	0.825	27.35	33.17	1.37	1.66
2.00	18	0	0.773	41.96	54.27	2.10	2.71
2.10	20	0	0.772	46.53	60.30	2.33	3.02
2.20	23	0	0.720	49.94	69.35	2.50	3.47
2.30	20	0	0.769	46.35	60.30	2.32	3.02
2.40	17	0	0.767	39.32	51.26	1.97	2.56
2.50	18	0	0.766	41.55	54.27	2.08	2.71
2.60	16	0	0.764	36.87	48.24	1.84	2.41
2.70	14	0	0.763	32.20	42.21	1.61	2.11
2.80	15	0	0.761	34.44	45.23	1.72	2.26
2.90	16	0	0.760	34.97	46.01	1.75	2.30
3.00	19	0	0.759	41.45	54.63	2.07	2.73
3.10	22	0	0.707	44.74	63.26	2.24	3.16
3.20	22	0	0.706	44.66	63.26	2.23	3.16
3.30	22	0	0.705	44.58	63.26	2.23	3.16
3.40	20	0	0.753	43.33	57.51	2.17	2.88
3.50	18	0	0.752	38.93	51.76	1.95	2.59
3.60	19	0	0.751	41.02	54.63	2.05	2.73
3.70	18	0	0.750	38.80	51.76	1.94	2.59
3.80	23	0	0.698	46.19	66.13	2.31	3.31
3.90	22	0	0.697	42.15	60.46	2.11	3.02

4.00	19	0	0.746	38.95	52.21	1.95	2.61
4.10	17	0	0.745	34.80	46.72	1.74	2.34
4.20	20	0	0.744	40.87	54.96	2.04	2.75
4.30	21	0	0.693	39.97	57.71	2.00	2.89
4.40	21	0	0.691	39.90	57.71	2.00	2.89
4.50	19	0	0.740	38.66	52.21	1.93	2.61
4.60	18	0	0.739	36.57	49.47	1.83	2.47
4.70	20	0	0.738	40.57	54.96	2.03	2.75
4.80	19	0	0.737	38.49	52.21	1.92	2.61
4.90	21	0	0.686	37.91	55.26	1.90	2.76
5.00	21	0	0.685	37.86	55.26	1.89	2.76
5.10	19	0	0.734	36.70	50.00	1.84	2.50
5.20	18	0	0.733	34.72	47.37	1.74	2.37
5.30	20	0	0.732	38.53	52.63	1.93	2.63
5.40	21	0	0.681	37.64	55.26	1.88	2.76
5.50	20	0	0.730	38.43	52.63	1.92	2.63
5.60	20	0	0.729	38.38	52.63	1.92	2.63
5.70	19	0	0.728	36.41	50.00	1.82	2.50
5.80	18	0	0.727	34.45	47.37	1.72	2.37
5.90	18	0	0.726	33.01	45.44	1.65	2.27
6.00	23	0	0.675	39.22	58.06	1.96	2.90
6.10	21	0	0.675	35.76	53.02	1.79	2.65
6.20	28	0	0.674	47.62	70.69	2.38	3.53
6.30	33	0	0.623	51.89	83.31	2.59	4.17
6.40	55	0	0.572	79.42	138.85	3.97	6.94

#### 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	5.84	1.90	Shioi - Fukui (1982)	0.15
[2] - STRATO 2	14.76	6.10	Shioi - Fukui (1982)	0.37
[3] - STRATO 3	29.43	6.40	Shioi - Fukui (1982)	0.74

Coesione drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	C' (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	5.84	1.90	Sorensen & Okkels (2013)	0.01
[2] - STRATO 2	14.76	6.10	Sorensen & Okkels (2013)	0.04
[3] - STRATO 3	29.43	6.40	Sorensen & Okkels (2013)	0.07

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	5.84	1.90	Meyerhof ed altri	1.80
[2] - STRATO 2	14.76	6.10	Meyerhof ed altri	2.06
[3] - STRATO 3	29.43	6.40	Meyerhof ed altri	2.15

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	5.84	1.90	Meyerhof ed altri	1.89
[2] - STRATO 2	14.76	6.10	Meyerhof ed altri	2.27
[3] - STRATO 3	29.43	6.40	Meyerhof ed altri	2.35

**TERRENI INCOERENT I**

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - STRATO 1	5.84	1.90	5.84	Gibbs & Holtz 1957	26.44
[2] - STRATO 2	14.76	6.10	14.76	Gibbs & Holtz 1957	35.38
[3] - STRATO 3	29.43	6.40	29.43	Gibbs & Holtz 1957	44.75

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - STRATO 1	5.84	1.90	5.84	Meyerhof (1965)	26.82
[2] - STRATO 2	14.76	6.10	14.76	Meyerhof (1965)	30.81
[3] - STRATO 3	29.43	6.40	29.43	Meyerhof (1965)	35.28

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	5.84	1.90	5.84	Bowles (1982) Sabbia Media	61.29
[2] - STRATO 2	14.76	6.10	14.76	Bowles (1982) Sabbia Media	148.80
[3] - STRATO 3	29.43	6.40	29.43	Bowles (1982) Sabbia Media	222.15

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	5.84	1.90	5.84	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	39.46
[2] - STRATO 2	14.76	6.10	14.76	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	57.78
[3] - STRATO 3	29.43	6.40	29.43	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	87.91

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - STRATO 1	5.84	1.90	5.84	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[2] - STRATO 2	14.76	6.10	14.76	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - STRATO 3	29.43	6.40	29.43	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	5.84	1.90	5.84	(A.G.I.)	0.34
[2] - STRATO 2	14.76	6.10	14.76	(A.G.I.)	0.33
[3] - STRATO 3	29.43	6.40	29.43	(A.G.I.)	0.3

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - STRATO 1	5.84	1.90	5.84	Navfac 1971-1982	1.18
[2] - STRATO 2	14.76	6.10	14.76	Navfac 1971-1982	3.08
[3] - STRATO 3	29.43	6.40	29.43	Navfac 1971-1982	5.53

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	5.84	1.90	5.84	Robertson 1983	11.68
[2] - STRATO 2	14.76	6.10	14.76	Robertson 1983	29.52
[3] - STRATO 3	29.43	6.40	29.43	Robertson 1983	58.86

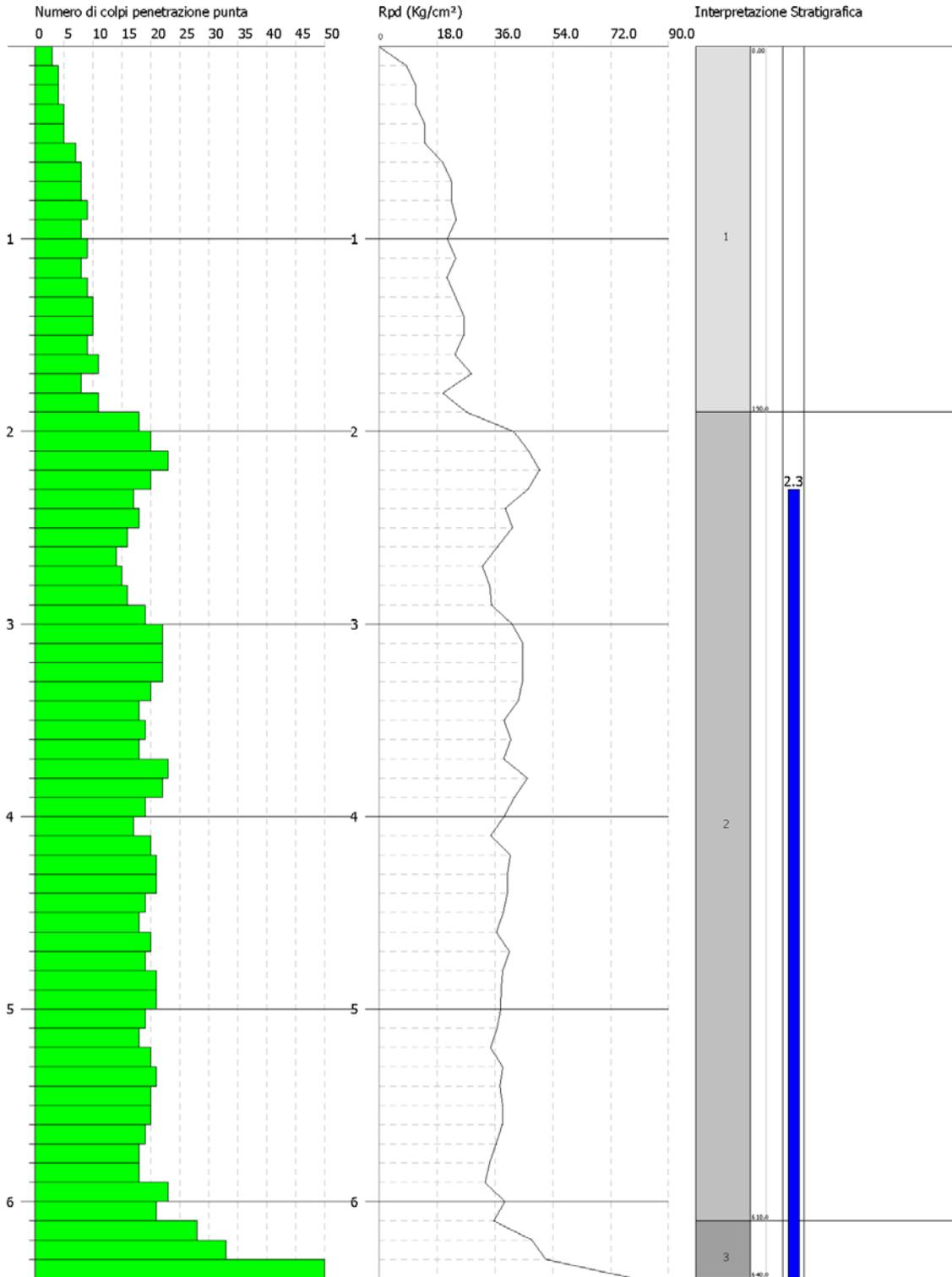
**Progetto definitivo impianto fotovoltaico denominato "San Procopio"  
nel territorio dei Comuni di GENZANO DI LUCANIA (PZ) e BANZI (PZ)**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2  
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente:  
Cantiere: BASILICATA  
Località: GENZANO DI LUCANIA

Data: 11/02/2008

Scala 1:28



## 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 (M1)

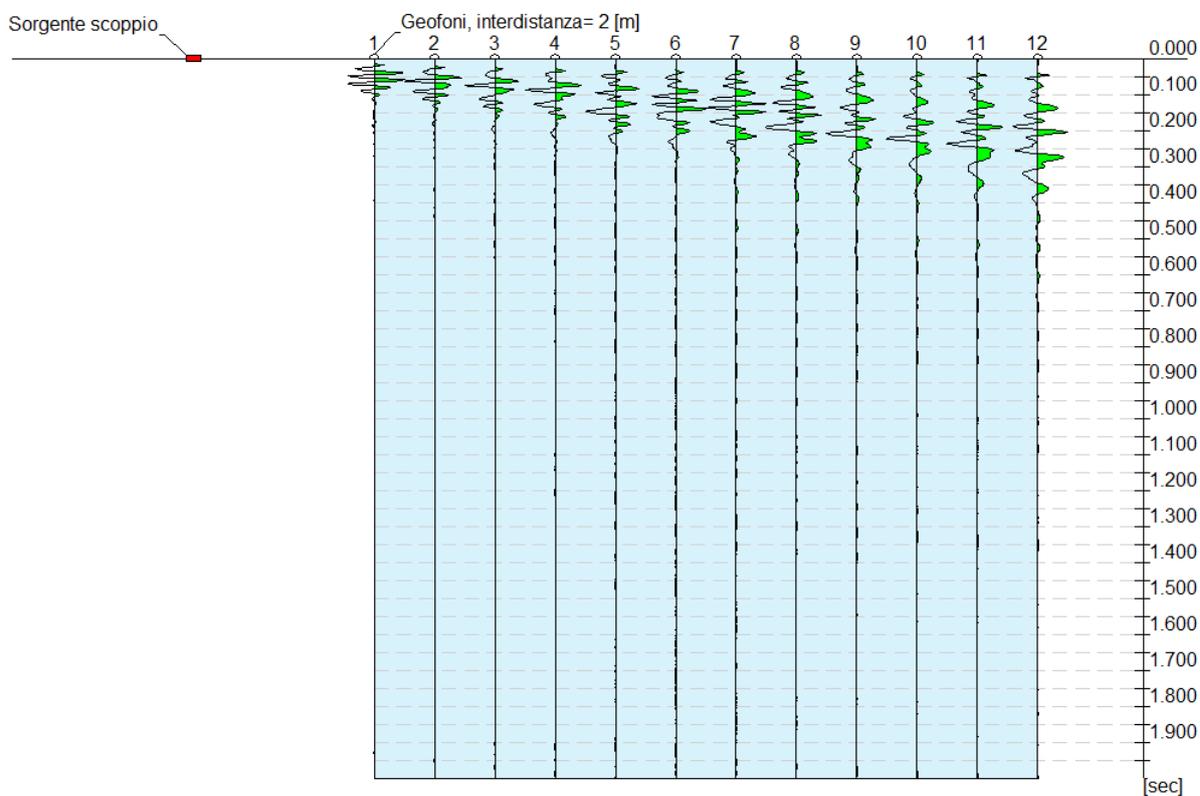
### Dati generali

#### Coordinate WGS 84

**Latitudine** | 40.850819  
**Longitudine** | 15.966678

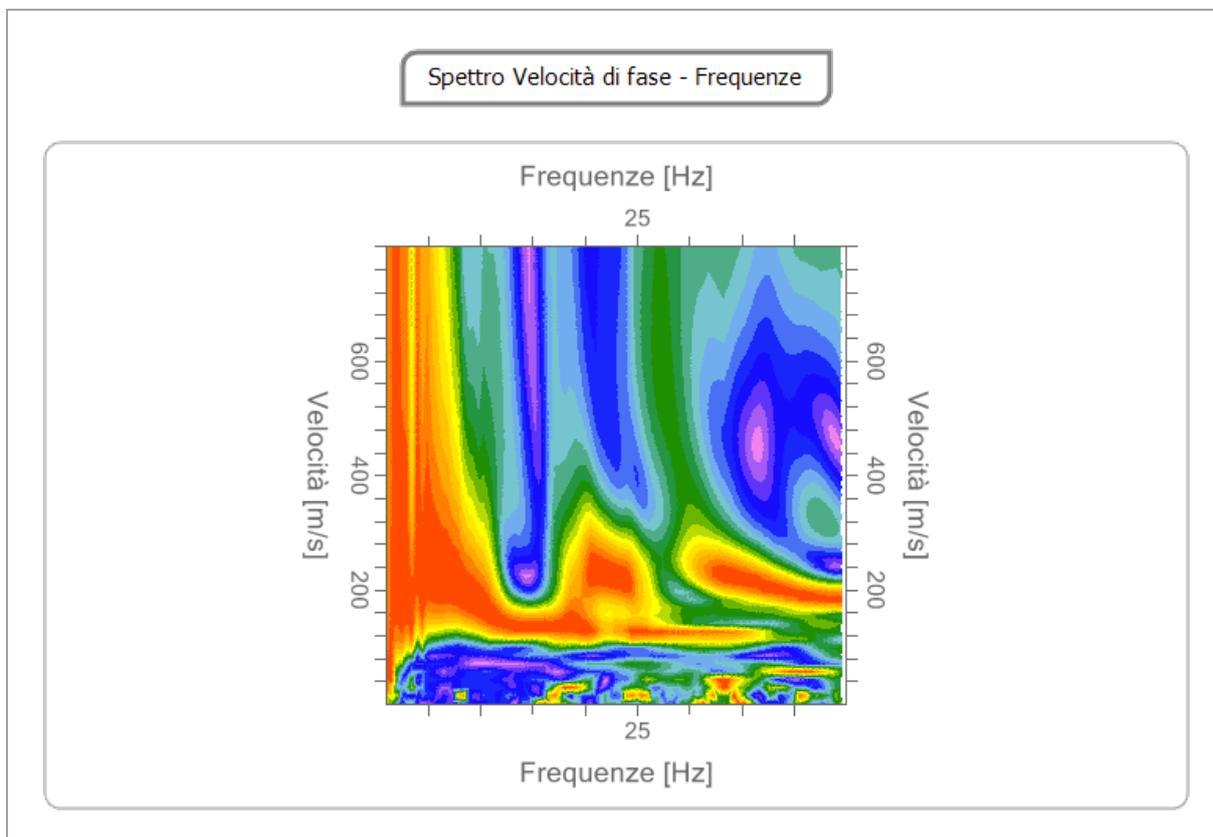
Profilo sismico MASW	
N° canali di registrazione	12
Distanza intergeofonica	2 m
Numero di scoppi	1
Durata	2000 msec
Campionamento	2 msec
Sistema di energizzazione	Massa battente

### Interpretazione



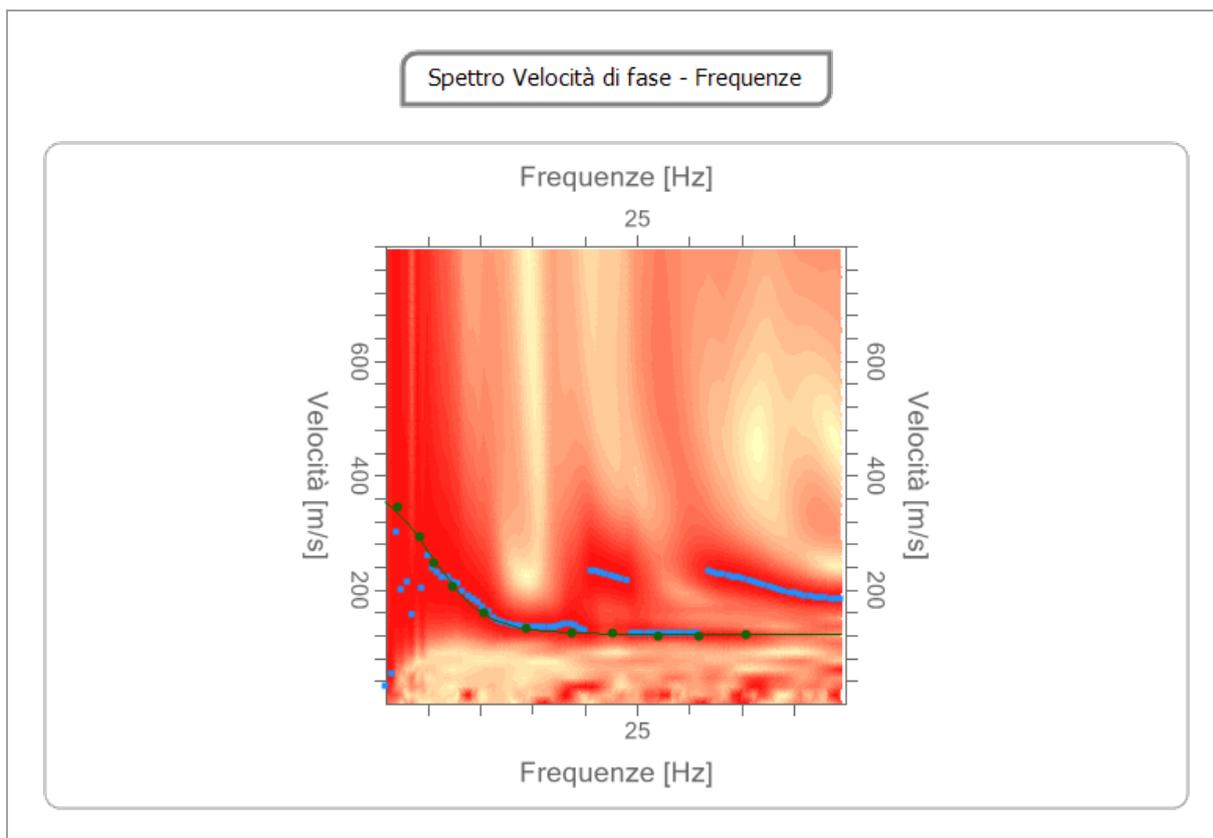
### Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	45
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	2.1	343.4	0
2	4.2	293.7	0
3	5.7	246.8	0
4	7.4	205.9	0
5	10.3	159.0	0
6	14.5	132.7	0
7	18.8	123.9	0
8	22.7	123.9	0
9	27.0	118.1	0
10	31.0	118.1	0
11	35.5	121.0	0



**Inversione**

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	4.65	4.65	241.3	129.0
2	11.73	7.09	405.8	216.9
3	22.05	10.32	633.3	338.5
4	26.67	4.62	643.1	343.8
5	35.00	8.33	766.2	409.6

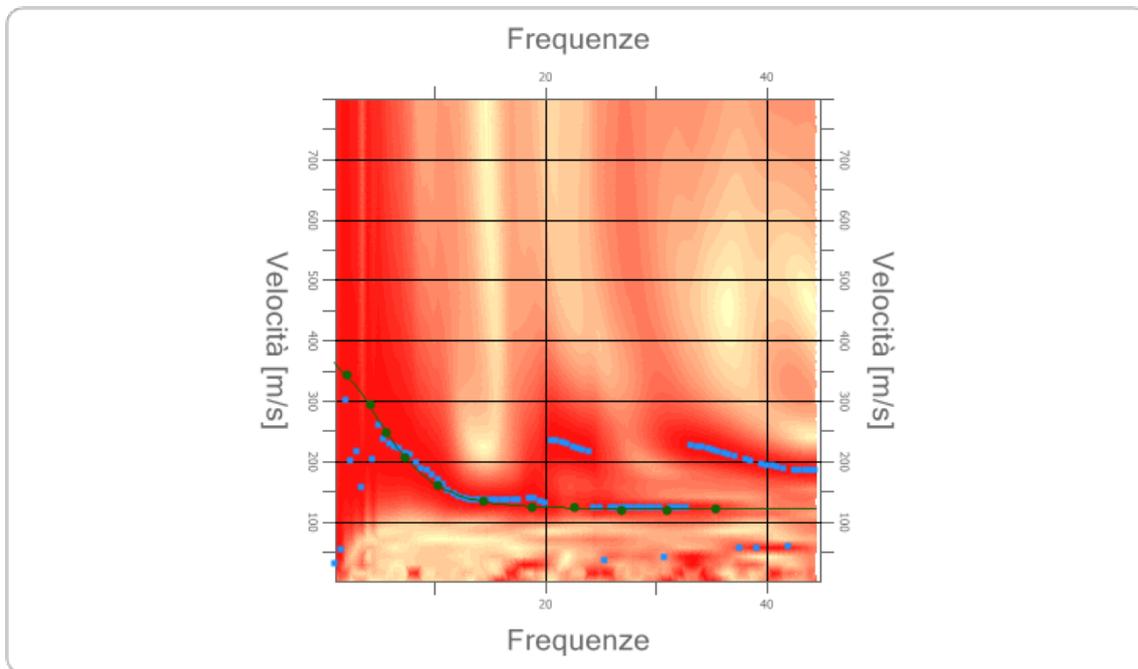
Percentuale di errore

0.011 %

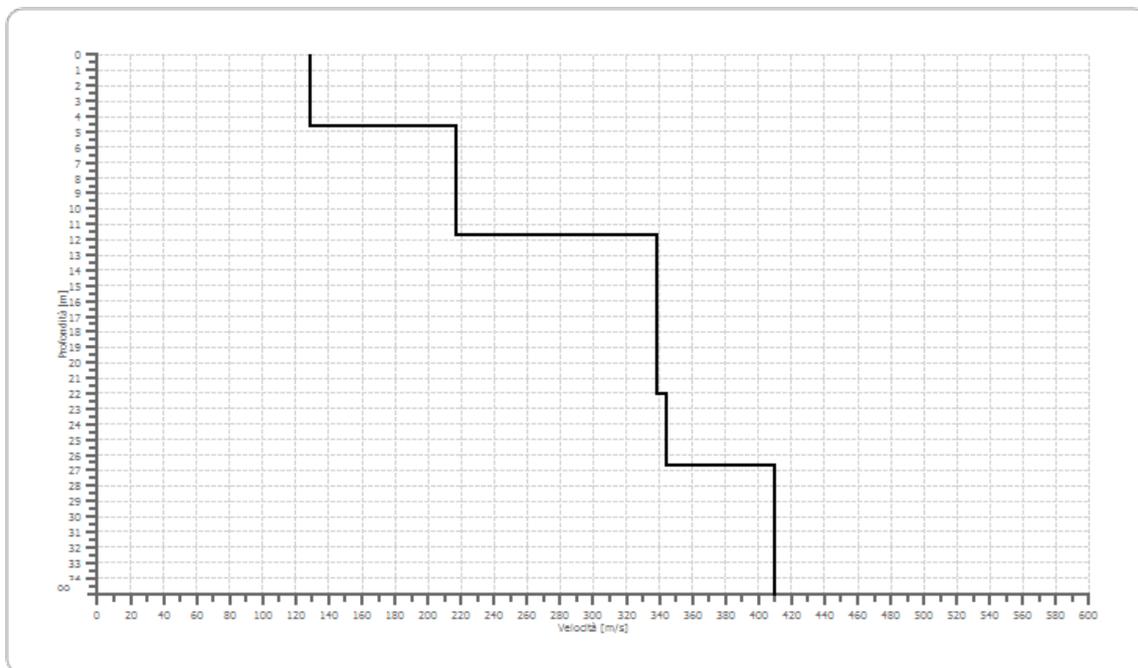
Fattore di disadattamento della soluzione

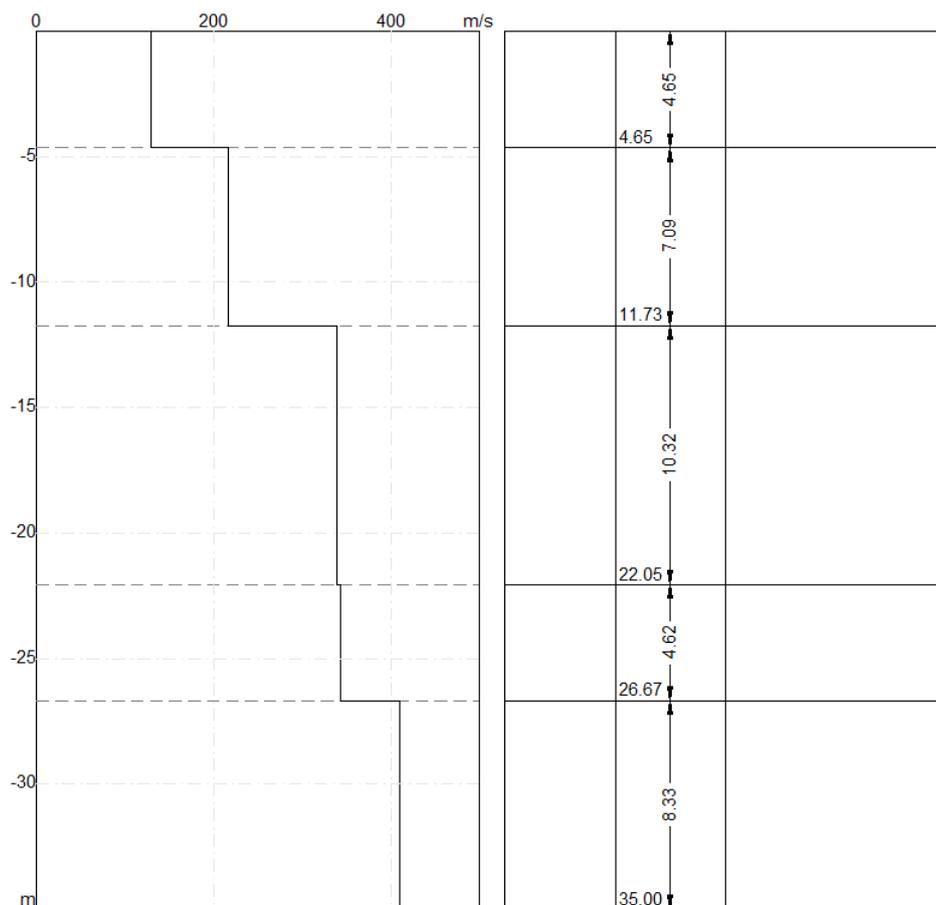
0.012

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>	248.46
<b>Categoria del suolo</b>	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.

## Elaborazione Indagine MASW\_2 (M2)

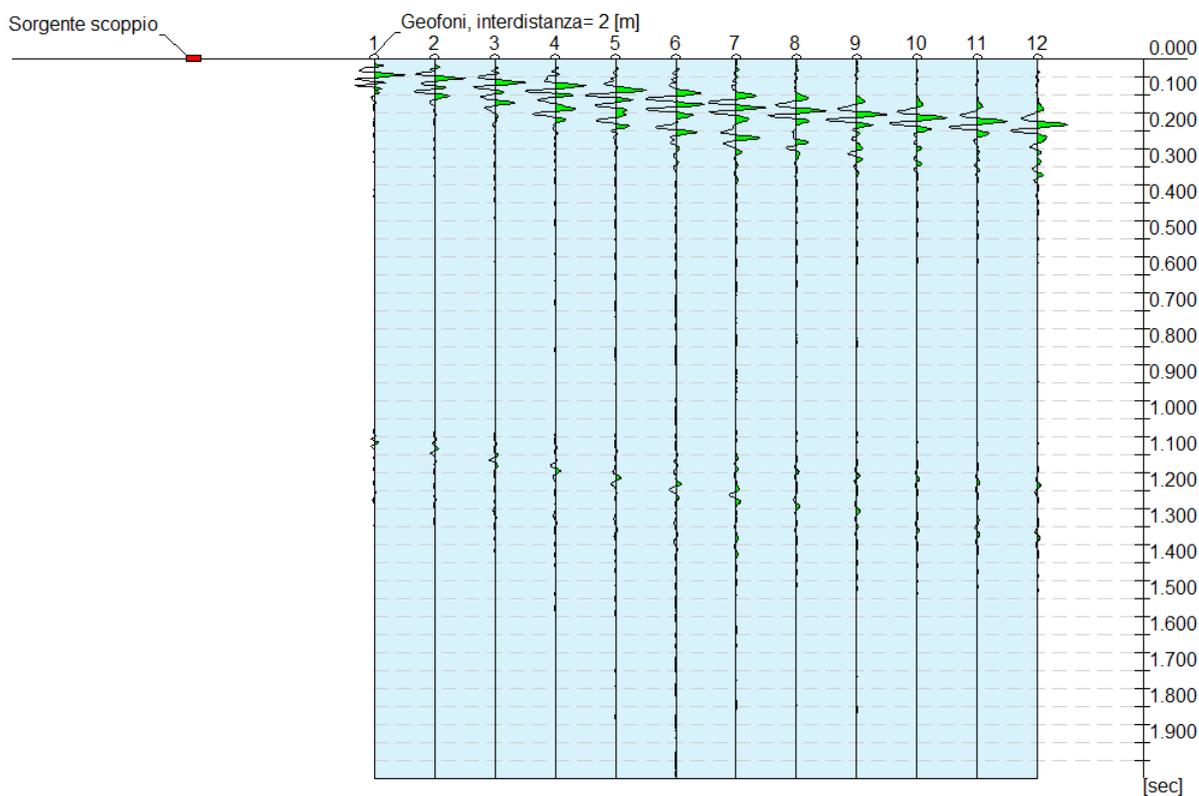
### Dati generali

#### Coordinate WGS 84

Latitudine | 40.848222  
Longitudine | 15.966578

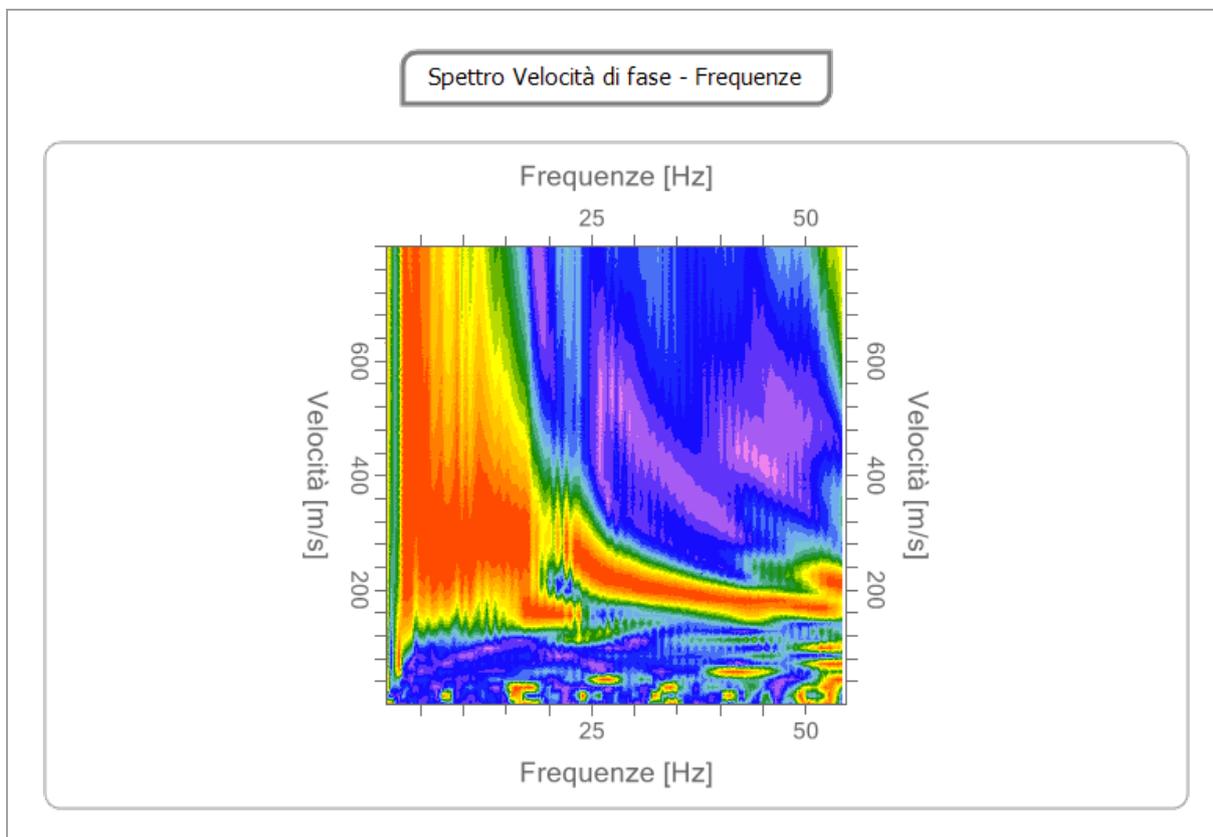
Profilo sismico MASW	
N° canali di registrazione	12
Distanza intergeofonica	2 m
Numero di scoppi	1
Durata	2000 msec
Campionamento	2 msec
Sistema di energizzazione	Massa battente

### Interpretazione



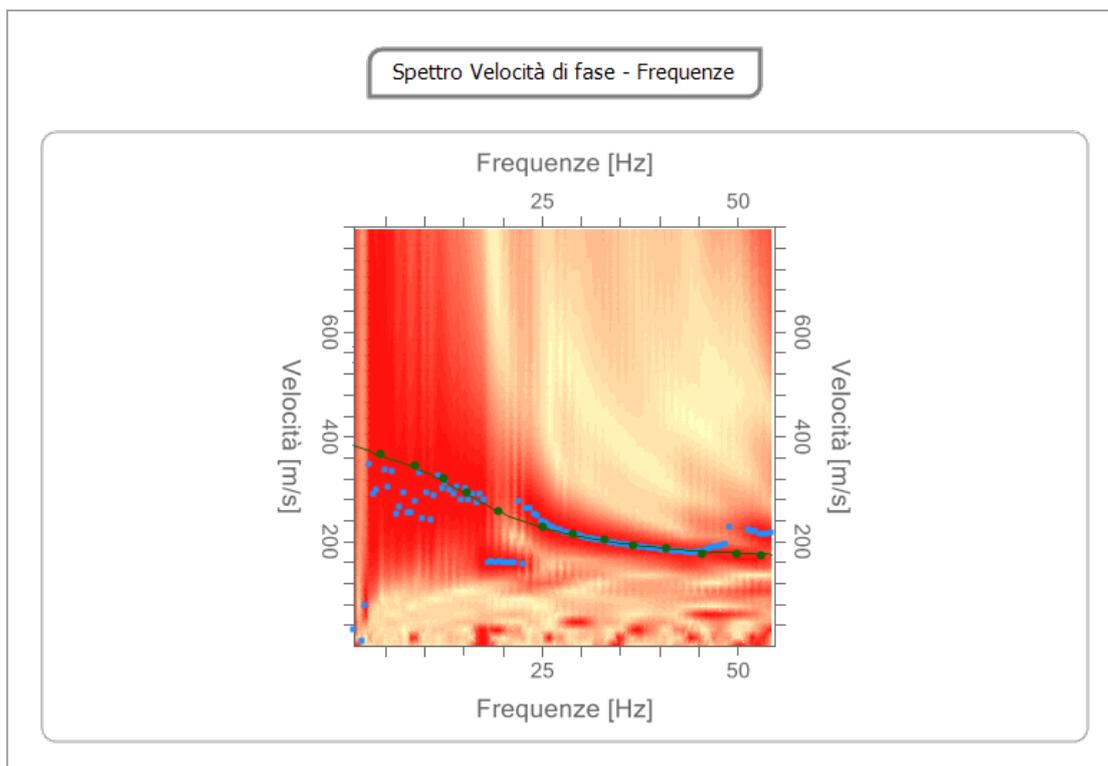
### Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	55
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	4.3	366.8	0
2	8.8	343.4	0
3	12.4	320.0	0
4	15.3	293.7	0
5	19.4	258.6	0
6	25.1	226.4	0
7	29.0	214.7	0
8	33.0	202.9	0
9	36.7	191.2	0
10	40.8	185.4	0
11	45.5	176.6	0
12	49.8	176.6	0
13	52.9	173.7	0



**Inversione**

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	2.01	2.01	332.6	177.8
2	4.23	2.22	484.8	259.1
3	6.33	2.10	572.8	306.2
4	7.71	1.39	671.9	359.1
5	8.96	1.25	713.1	381.2
6	35.00	26.04	793.4	424.1

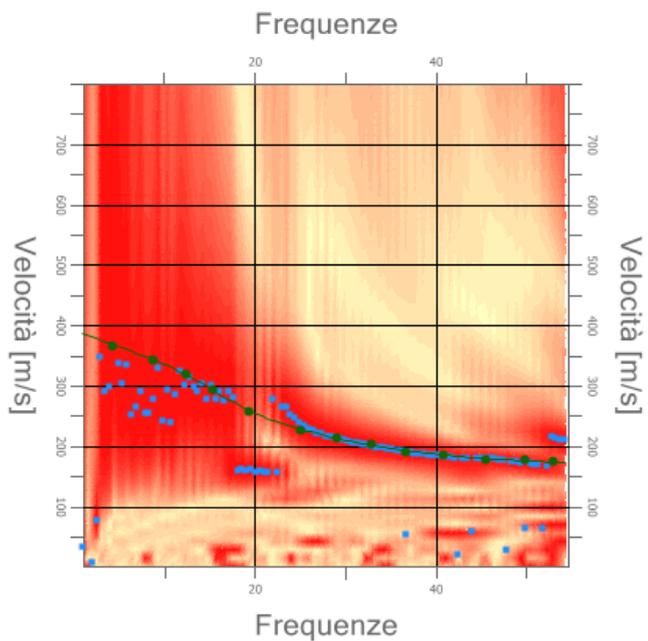
Percentuale di errore

0.003 %

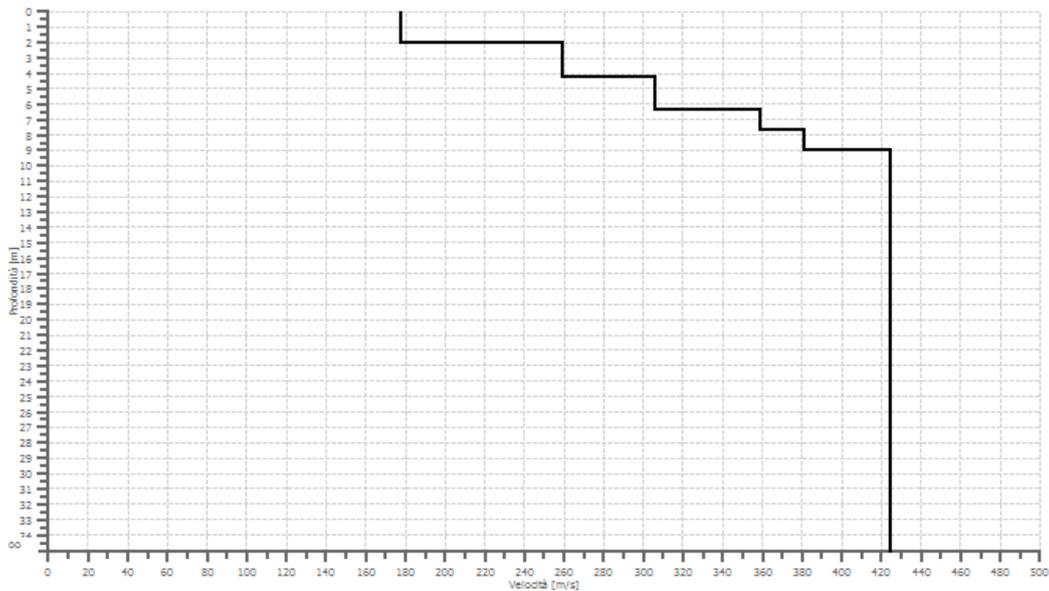
Fattore di disadattamento della soluzione

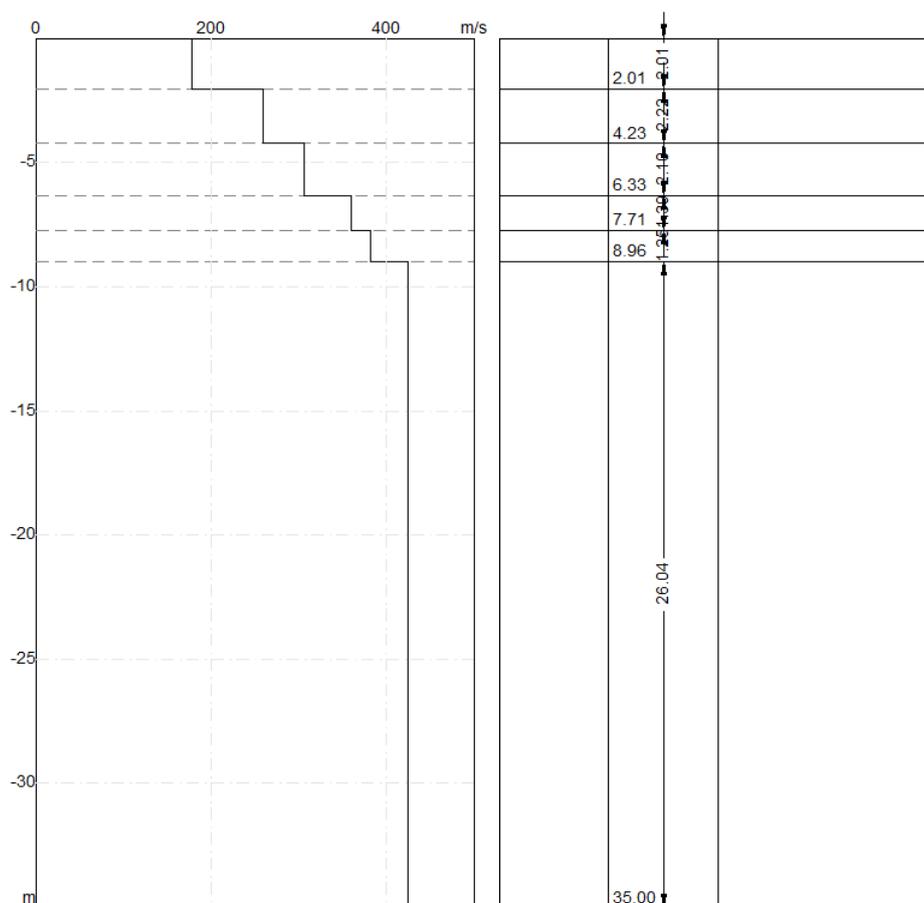
0.006

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>	359.45
<b>Categoria del suolo</b>	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.

**Repertorio fotografico ed ubicazione delle indagini**



**Foto prova DPM\_1 (P1)**



**Foto prova DPM\_2 (P2)**



**Foto prova Masw\_1 (M1)**



**Foto prova Masw\_2 (M2)**

Montalto Uffugo (CS), 13-04-2021

**Il tecnico**  
*Eugenio Montalto*