



REGIONE BASILICATA  
PROVINCIA DI MATERA  
COMUNE DI GROTTOLE



## PROGETTO DEFINITIVO

Realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 19,830 MWp in agro di Grottole (MT) all'interno dell'area SIN VALBASENTO, integrato da un sistema di accumulo da 20 MW e delle relative opere di connessione

Titolo elaborato

**A.2. Relazione geologica**

Codice elaborato

COMMESSA	FASE	ELABORATO	REV.
F0442	A	R03	A

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

Scala

—

DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
Ottobre 2021	Prima emissione	GIACOMINO	MLO	GDS

Proponente

**BLUSOLAR GROTTOLE 1 s.r.l.**  
Via Caravaggio 125,  
65125 Pescara (PE)

Progettazione

**F4 Ingegneria srl**  
Via Di Giura - Centro direzionale, 85100 Potenza  
Tel: +39 0971 1944797 - Fax: +39 0971 55452  
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it  
Il Direttore Tecnico  
(ing. Giovanni Di SANTO)

  
**Geol. Dott. Maurizio Giacomino**  
Via del Ginepro, 23 - 75100 Matera  
Tel. 3409134882 - E-mail: mauriziogiacomino@gmail.com



# 1. Premessa

Su incarico conferitomi dalla Società F4 Ingegneria SrL, è stata condotta una Campagna di Indagini Geognostica, al fine di accertare le condizioni geologiche, morfologiche, idrogeologiche, sismiche e geotecniche dei terreni presenti a sud dell'abitato di Grottole (MT), dove si intende realizzare un parco fotovoltaico di 19,830 MWp con annesse piste, strade interne ed esterne.

L'esame delle caratteristiche sopra descritte, permette di esprimere una serie di considerazioni sui terreni di sedime interessati dalla costruzione degli aerogeneratori in modo da valutare il loro comportamento in relazione con le strutture di fondazione e alle condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dei terreni di sedime.

L'acquisizione dei dati tiene conto della vigente normativa tecnica, quale: il D.M. 11.03.1988, la L.R. n.38 del 06/08/1997, la L.R. 9/2011 sulla caratterizzazione sismica dei terreni e il D.M. 17 gennaio 2018 (Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni), inoltre, rispetta le norme dell'Autorità di Bacino della Basilicata riguardanti le Aree a Rischio Idrogeologico.

L'area di interesse del parco fotovoltaico in progetto ricade nella valle del Fiume Basento, ed interessa la parte destra dell'ampia valle fino a raggiungere i terrazzi fluviali di quota bassa che bordano la stessa valle.

L'indagine geognostica completa è consistita in rilievi geologici e geomorfologici di superficie, in indagini geognostiche in sito eseguite e consultate e nella verifica della pericolosità geologica, geomorfologica ed idrogeologica dell'area.

I parametri fisico meccanici dei terreni interessati dalle strutture in progetto sono stati ottenuti dalle indagini dirette ed indirette eseguite nell'area come da indagini geognostiche sopra menzionate, quali:

- n. 6 Standard Penetration Test (SPT) con Penetrometro Medio;
- n. 2 stendimenti sismici a rifrazione con tecnica MASW;
- n. 2 stendimenti sismici a rifrazione eseguiti in Onde P e Sh;

L'ubicazione di tutte le indagini eseguite è riportata nell'Allegato A12a7 "Planimetria ubicazione indagini Geologiche", mentre, l'intero lavoro si compone dei seguenti elaborati descrittivi e cartografici:

- A.2 - Relazione Geologica
- A.2.1 – Prove Penetrometriche e Stendimenti Sismici a rifrazione
- A.2.b – Interazione del Parco fotovoltaico con il Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrog. Scala 1:2.000
- A.12.7 - Carta ubicazione indagini Geognostiche Scala 1:2.000
- A.12.a.8 - Carta Geolitologica Scala 1:2.000
- A.12.a.9 – Carta Geomorfologica Scala 1:2.000
- A.12.a.10 - Carta Idrogeologica Scala 1:2.000
- A.12.a.11.1 – Profili Geologici Scala 1:1.000
- A.12.11.2 – Carta della Microzonazione Sismica Scala 1:2.000
- A.12.11.3 – Carta Di Sintesi finale della Criticità e Pericolosità Geologica e Geomorfologica Scala 1:2.000

## 2. Piano Stralcio Difesa Rischio Idrogeologico.

Il Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico, redatto ed adottato dall’Autorità di Bacino della Basilicata, riporta nel territorio del Comune di Grottole molte aree a Rischio Idrogeologico determinate dalla presenza di movimenti franosi lungo le sponde argillose sabbiose della valle del Basento e da aree a vincolo Idrogeologico per inondazione determinate dalla perimetrazione di fasce fluviali di rispetto determinate da piene con tempi di ritorno  $T= 30$  anni.  $T= 200$  anni e  $T= 500$  anni.

Dall’esame della Carta del Rischio, si evince che le zone interessate dall’ubicazione degli inseguitori solari non ricadono in zone vincolate per Rischio Idrogeologico, né in aree pericolose per la presenza di movimenti franosi.

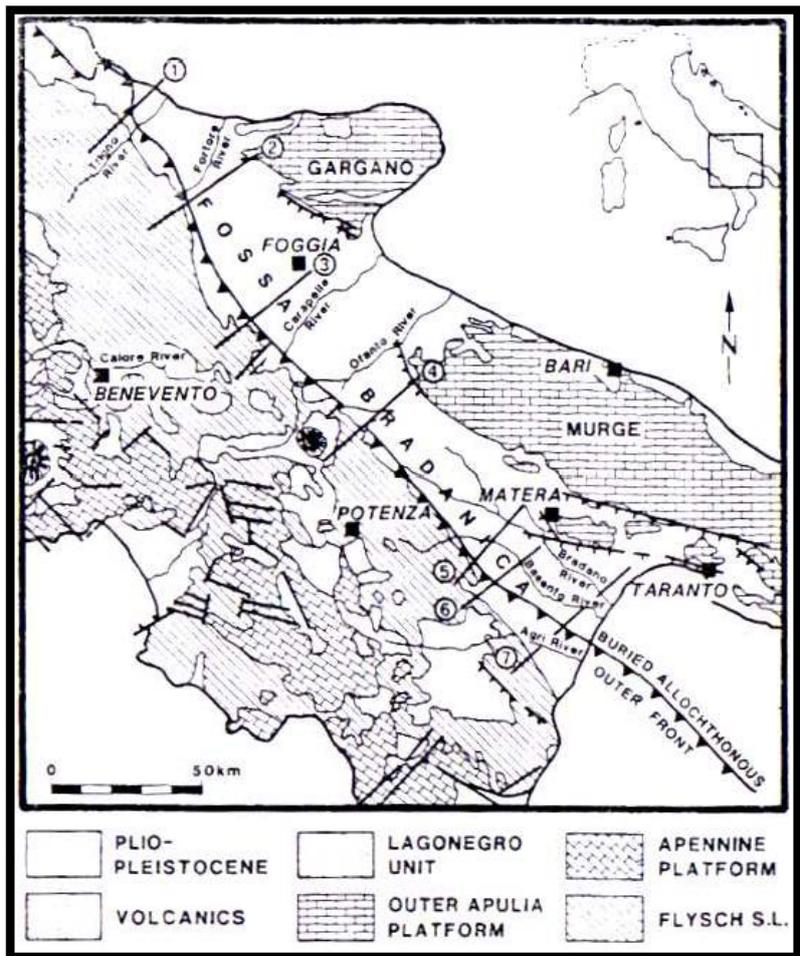
Nell’allegato A.2.b – Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico sono riportate le aree a Rischio Idrogeologico sia da instabilità di versante che da rischio inondazione e per la verifica della loro interazione con il progetto in essere, nella stessa tavola è riportata l’ingombro dell’intero Parco Fotovoltaico comprese le piste esterne e il percorso del cavidotto fino alla Cabina Primaria.

### 3. Inquadramento Geologico Regionale

La configurazione geologica della Basilicata è il risultato di imponenti deformazioni tettoniche che hanno determinato accavallamenti e traslazioni di masse rocciose e terrigene, anche di notevoli proporzioni, da Ovest verso Est, verso l’Avanpaese Apulo.

L’azione di tali forze orogeniche riflette l’attuale assetto geologico strutturale rilevabile in superficie e, ad esse, sono da imputare la complessità dei rapporti geometrici tra le diverse unità litostratigrafiche.

A grande scala la regione può essere inquadrata, dal punto di vista geologico strutturale,



nell’ambito del sistema orogenico appenninico, riconoscibile nel settore dell’Italia meridionale che si estende dal margine tirrenico a quello adriatico.

I tre domini del sistema orogenico sono: la Catena rappresentata dall’Appennino Campano-Lucano, l’Avanfossa rappresentata dall’Avanfossa Adriatica e l’Avampaese rappresentata dalla regione Apulo-Garganica

Fig. A - Unità strutturali principali del settore dell’Italia meridionale che si estende dal Tirreno all’Adriatico

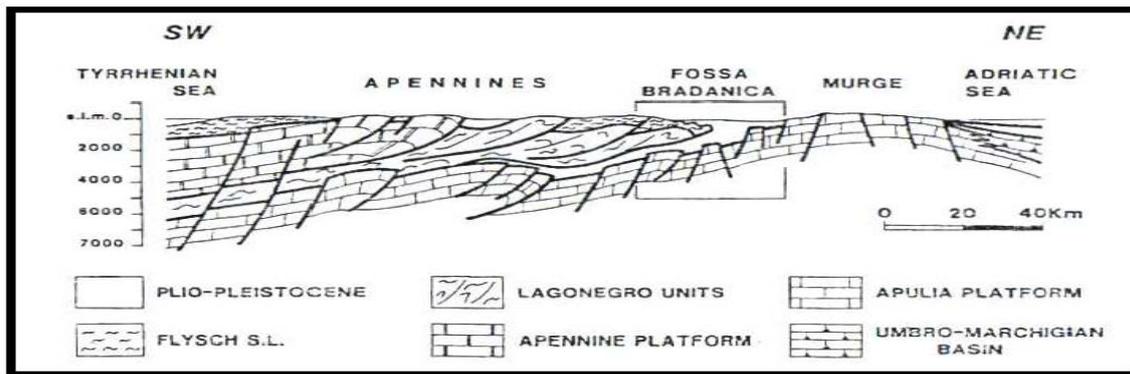


Fig. B - Sezione verticale del sistema Catena-Avanfossa-Avampaese dell'Appennino Meridionale

Le caratteristiche geologiche, morfologiche e tettoniche attuali della regione, possono essere quindi interpretate come il risultato complessivo degli sconvolgimenti tettonici, che a più riprese, ma soprattutto nella fase miocenica/pleistocenica dell'orogenesi appenninica, hanno interessato le unità geologiche preesistenti, e della continua evoluzione paleogeografia che i tre domini del sistema orogenico appenninico, risultanti da tali sconvolgimenti, hanno subito nel tempo.

I modelli evolutivi proposti dai diversi autori, si presentano diversi tra loro nel fornire una spiegazione delle diverse fasi della genesi appenninica, è comunque ormai comunemente accettato che il sistema orogenico appenninico si sia formato a partire dall'Oligocene Superiore-Miocene inferiore, dal progressivo accavallamento da ovest verso est, dovuto a compressione, di unità stratigrafico-strutturali mesozoico-paleogeniche e di unità sinorogeniche di Avanfossa.

I terreni affioranti nelle aree racchiuse nello stralcio del Foglio n.188 "Gravina in Puglia" della Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000 sono attribuibili al ciclo deposizionale plio-pleistocenico noto in letteratura come Ciclo di sedimentazione dell'Avanfossa Bradanica, serie trasgressiva e regressiva sui Calcari Cretacei di Altamura e sul Flysch della Catena Appenninica.

L'Avanfossa Bradanica è un elemento strutturale situato tra le Murge e gli Appennini; più precisamente per Avanfossa Bradanica s'intende il tratto di Avanfossa plio-quadernaria a sud del Fiume Ofanto mentre quello a nord è denominato Avanfossa Periadriatica.

I lati della serie di sedimentazione murgiana e appenninico differiscono solo per i termini di apertura: sul primo troviamo le Calcareniti di Gravina in discordanza angolare sui calcari cretacei di Altamura, con una notevole corrispondenza tra litologia e morfologia; sul secondo vi sono il Sabbione di Garaguso e i Conglomerati e Arenarie di Oppido Lucano, due formazioni del tutto analoghe, anche se in letteratura sono riportate con nomi differenti. Poiché il territorio di Banzi ricade nella zona sud-occidentale del foglio n.188, zona più prossima all'appennino, allora il termine di apertura della serie sedimentaria della fossa Bradanica è costituito dai Conglomerati e Arenarie di Oppido Lucano.

La formazione dei **Conglomerati e Arenarie di Oppido Lucano** è costituita essenzialmente da conglomerati poligenici che presentano caratteri di deposito litorale-neritico (di spiaggia), sono pre-

senti difatti strutture come clinostratificazioni e stratificazione incrociata, nonché macrofauna tipica di tale ambiente. Data la presenza di Pectinidi, Ostreidi e Lamellibranchi la datazione è fatta risalire alla parte più alta del Pliocene. Questi depositi poggiano in trasgressione sui terreni in facies di flysch della catena appenninica e passano in alto in continuità alle Argille Subappennine.

Le **Argille Subappennine** costituiscono la gran parte del riempimento dell'Avanfossa Bradanica, esse sono di colore grigio-azzurre, costituite da quasi tutti i minerali argillosi, ricche in microfossili, con rapporto bentos/plancton elevato indicativo di un ambiente di sedimentazione di piattaforma continentale, dove giungevano abbondanti apporti clastici molto fini. L'età è riferibile al Pleistocene Inferiore.

In continuità di sedimentazioni con le Argille Subappennine troviamo le **Sabbie di Monte Marano** formazione clastica sabbiosa silicatico-calcareo calcareo-silicatica con strutture sedimentarie come lamine incrociate bioturbazioni, lenti di ghiaia indicative di ambiente marino-litorale. Le scarse faune permettono di datarla Pleistocene inferiore. Il passaggio da argille a sabbie indica l'evoluzione da ambiente di piattaforma a nefritico-litorale.

Le Sabbie di Monte Marano passano poi gradualmente al **Conglomerato d'Irsina** che presenta anch'esso le caratteristiche di deposito litorale nefritico per gran parte del suo spessore e continentale nella parte più alta. La parte marina è stata evidenziata grazie alla presenza nelle lenti sabbiose di faune marine, oltre che dalla stratificazione incrociata, mentre quella continentale dalla colorazione della matrice che da gialla passa a rossastra (ossidi di ferro). L'origine appenninica del conglomerato è messa in evidenza dal fatto che esso è poligenico. Alcuni dei ciottoli sono addirittura policiclici, di fatto il grado di arrotondamento e alterazione varia. Vi sono elementi pliocenici derivanti da conglomerati del Miocene i quali in alcuni casi derivano a loro volta da conglomerati cretacei. Anche il Conglomerato d'Irsina, per la sua posizione stratigrafica, è databile al Pleistocene inferiore, in esso infatti mancano i minerali vulcanici presenti invece nei depositi marini terrazzati del Pleistocene medio. Datazioni assolute del monte Vulture hanno dato risultati di 7/800.000 anni fa, proprio al passaggio tra Pleistocene inferiore e medio.

### 3.1 GEOLOGIA DELL'AREA OGGETTO DI STUDIO.

Nell'area oggetto di studio e nelle zone limitrofe, come riportato nella Carta Geologica in scala 1:2.000 (All. A.12.a.8), affiorano, dal basso verso l'alto in ordine stratigrafico i seguenti litotipi:

- ❖ Argille Subappennine (Argille di gravina o argille grigio-azzurre): Argille più o meno siltose o sabbiose di colore grigio-azzurro con fossili marini. Fanno seguito in concordanza di sedimenta-

zione e a luoghi in eteropia di facies alle Calcareniti di Gravina sul lato murgiano e con i Conglomerati e Arenarie di Oppido Lucano sul lato appenninico.

- ❖ Sabbie di Monte Marano: Sabbia limosa debolmente argillosa di colore giallastro a luoghi rossastra a granulometria medio fine, intercalati ad essa ci sono: livelli sparsi di arenaria con spessori da centimetraci a decimetrici di colore dal grigiastro al giallastro; lenti ciottolose e conglomeratiche con spessori da decimetrici a metrici, i cui ciottoli si presentano di medie e grandi dimensioni, eterogenei, da sub-arrotondati ad appiattiti; livelli limoso-sabbiosi e infine, frequenti straterelli di calcare polverulento e concrezioni calcaree che si presentano nel complesso nodulari.
- ❖ Conglomerato marino moderatamente litificato con ciottoli eterogenei, di medie dimensioni da appiattiti a sub-arrotondati immersi in matrice sabbioso-limosa di colore giallo marroncino. I ciottoli appiattiti si presentano iso-orientati evidenziando una stratificazione inclinata con immersione SE SSE. All'interno sono presenti lenti di arenaria sub-orizzontali, con spessori decimetrici e lenti di sabbia debolmente limose con spessori da decimetrici a metrici e che localmente superano i 2 metri. Tali sedimenti possiamo riferirli alla Formazione Geologica nota in letteratura come **Conglomerato d'Irsina**. Alla base della formazione conglomeratica nella zona, soprattutto ad est di Grottole, affiorano della sabbie fini quarzoso-micacee di colore bruno o rossastra con lenti conglomeratiche (**Sabbie della Statureo**)
- ❖ **Deposito continentali** presenti nell'ampia valle del Fiume Basento e lungo le sponde della stessa sono composti da: depositi fluvio-lacustri, e depositi fluviali terrazzati:
  - 1) I depositi fluviali terrazzati sono depositi sabbioso ghiaiosi a matrice limoso-sabbiosa distinti in n. 3 ordini, quali: **Quota bassa, quota media e quota alta**:
  - 2) Depositi alluvionali recenti composti da sabbie e ciottoli incisi dagli alvei attuali.
  - 3) Depositi alluvionali attuali composti da sabbie limose ghiaiose.

## 4. Tettonica

I sollevamenti tettonici che hanno interessato l'Avanfossa Bradanica sono iniziati alla fine del Pleistocene inferiore e proseguiti fino ai giorni nostri; gli elementi che permettono di determinarlo sono due: il primo è che il Conglomerato d'Irsina si è depositato nel Pleistocene inferiore (assenza in esso dei prodotti vulcanici del Vulture, 700000 anni fa), quindi la sedimentazione nella gran parte dell'Avanfossa Bradanica si è conclusa proprio allora; il secondo elemento è la presenza di una serie di faglie inverse associate anche a pieghe che pongono a contatto terreni della catena Appenninica con quelli della Fossa Bradanica. Si tratta di faglie compressive che hanno generato un piccolo raccorciamento associato ad un sollevamento; queste faglie sono un indizio dell'ultima fase compressiva avutasi al margine esterno della catena appenninica. Sono comunque faglie che non interessano mai i depositi marini terrazzati del litorale ionico, permettendo la datazione delle stesse al Pleistocene inferiore.

Tra i vari sollevamenti che hanno interessato l'Avanfossa Bradanica quello della zona di Palazzo S.G. assume un'importanza particolare, in quanto ha determinato l'interruzione del corso dell'attuale torrente Basentello provocando la formazione di un lago (Lago di "Venosa-Matinelle"), poi prosciugatosi per cattura da parte del Torrente Olivento.

I Fiumi mediani come il Bradano e il Basento, sempre interessanti dalla spinta del fronte appenninico, hanno cambiato il loro corso e hanno catturato vari torrenti del lato murgiano, provocando la creazione di ampie valli che in corrispondenza dei terreni argilloso, sabbiosi e conglomeratici della Fossa Bradanica assumono un fondo molto ampio e di forma piatta-

## 5. Geomorfologia

L'area oggetto di studio comprende la parte in sinistra idrografica a della valle del Fiume Basento all'altezza di località "Sant'Elia" nel territorio del Comune di Grottole", dove la valle presenta un fondo piatto molto ampio dove affiorano terreni sabbioso e ciottolosi dei depositi alluvionali recenti ed attuali.

La parte più a nord del parco fotovoltaico in progetto sarà ubicata sul Deposito terrazzato fluviale di quota bassa, dove l'inizio del versante determina la presenza di pendenza più elevate rispetto a quelle della valle stessa del Fiume Basento.

Come evidenziato nell'elaborato A.12.a.9 "Carta Geomorfologica" nell'area di sedime del parco fotovoltaico in progetto non sono presenti strutture morfologiche particolari o strutture geomorfologiche di interesse che possono interessare la stabilità dei terreni.

Il percorso del cavidotto interessa zone di pericolosità geomorfologica a Rischio Idrogeologico, ma esso sarà realizzato lungo la strada provinciale che collega la Basentana con il Comune di Grottole e quella che collega il comune di Grottole con la valle del Fiume Bradano dove è ubicata la Cabina Primaria.

## 6. Idrogeologia ed idrologia.

Le acque di precipitazione che raggiungono il suolo sono ripartite in aliquota di scorrimento superficiale, e d'infiltrazione nel sottosuolo, secondo il grado di permeabilità dei terreni affioranti.

Nel caso specifico della zona del Parco Eolico in progetto le caratteristiche granulometriche e litologiche degli strati superficiali permettono l'infiltrazione di acqua di precipitazione meteorica favorendo una circolazione di acqua nel sottosuolo, consentendo in tal modo l'accumulo di acqua di falda.

Dai rilievi di superficie e dai dati di bibliografia è emerso che la falda acquifera che interessa la valle del Fiume Basento di stretto interesse, si trova ad una profondità variabile dai bordi della valle fino al collettore principale. Essa è trattenuta alla base dalla formazione argillosa impermeabile, e varia in relazione alla piovosità stagionale, infatti nei terreni alluvionali recenti si trova ad una profondità media di 5/6 m e scorre in direzione perpendicolare al collettore principale.

La profondità è variabile in relazione alla stagionalità ed anche all'intensa utilizzo, infatti la valle è intensamente coltivata e ogni azienda sfrutta la risorsa idrica con uno o più pozzi per irrigazione.

Nell'elaborato A.12.a.10 – Carta Idrogeologica sono evidenziati i terreni a vario grado di permeabilità,

L'idrologia superficiale dell'area di stretto interesse è rappresentata da fossi poco profondi che scendendo dalle collinette piatte circostanti, incidono circa perpendicolarmente la valle fino a raggiungere il Fiume Basento, spesso la perpendicolarità è dovuta alla regimentazione realizzata dall'uomo per lo sfruttamento delle terre.

Di seguito si riportano i dati di uno studio della piovosità della Regione Basilicata eseguito dal dott. Stelluti e pubblicato nel settembre 2009 dall'ALSIA (Agenzia Lucana di Sviluppo e di Innovazione in Agricoltura) nel quale mensilmente si riportano i dati della piovosità raccolti nell'arco di tempo trascorso tra il 1971 e 2001.

Le precipitazioni medie mensili superano ovunque i 62 mm durante il trimestre novembre – gennaio (periodo più piovoso), mentre nel corso del trimestre giugno – agosto si scende fino a quantità di 27 mm.

Tabella 1: Elenco delle stazioni pluviometriche prese in considerazione e relative quote e coordinate geografiche.

Codice	Stazione	Quota (m)	Longitudine			Latitudine		
1	Agromonte C.C.	500	16°	4'	24"	40°	4'	0"
2	Aliano	497	16°	15'	24"	40°	17'	1"
3	Armento	640	16°	5'	24"	40°	17'	1"
4	Bernalda	127	16°	42'	24"	40°	24'	1"
5	Calciano	450	16°	13'	24"	40°	35'	0"
6	Calvello	700	15°	52'	24"	40°	28'	0"
7	Calvera	605	16°	10'	1"	40°	8'	1"
8	Cancellara	620	15°	56'	24"	40°	44'	0"
9	Carbone	685	16°	6'	24"	40°	7'	1"
10	Castelsaraceno	950	16°	0'	24"	40°	9'	1"
11	Castronuovo S. Andrea	660	16°	12'	31"	40°	11'	0"
12	Cersosimo	563	16°	22'	24"	40°	2'	1"
13	Cogliandrino	700	15°	57'	24"	40°	6'	0"
14	Cognato	557	16°	9'	24"	40°	34'	0"
15	Corleto Perticara	746	16°	2'	8"	40°	23'	0"
16	Ferrandina	496	16°	28'	8"	40°	29'	0"
17	FrancaVilla in Sinni	421	16°	12'	8"	40°	5'	0"
18	Gorgoglione	800	16°	9'	8"	40°	24'	1"
19	Grancia	747	15°	57'	24"	40°	37'	0"
20	Grassano	577	16°	18'	24"	40°	38'	0"
21	Grottole	481	16°	24'	24"	40°	36'	0"
22	Grumento Nova	585	15°	55'	15"	40°	17'	0"
23	Irsina	533	16°	15'	38"	40°	44'	1"
24	Lagonegro	666	15°	47'	24"	40°	7'	0"
25	Laurenzana	850	15°	58'	8"	40°	28'	0"
26	Lauria Inferiore	630	15°	51'	24"	40°	2'	1"
27	Malabocca C.C.	175	16°	30'	8"	40°	19'	0"
28	Maratea	300	15°	44'	24"	39°	59'	0"
29	Marsico Nuovo	850	15°	45'	6"	40°	25'	0"
30	Marsicovetere	1039	15°	49'	8"	40°	22'	0"
31	Matera	450	16°	35'	43"	40°	39'	1"
32	Melfi	531	15°	39'	0"	41°	0'	0"
33	Metaponto	3	16°	49'	8"	40°	22'	0"
34	Mezzana di Lucania	918	16°	11'	24"	39°	58'	0"
35	Miglionico	466	16°	30'	8"	40°	34'	0"
36	Missanello	566	16°	11'	24"	40°	16'	1"
37	Moliterno	879	15°	52'	8"	40°	14'	0"
38	Montalbano Jonico	292	16°	34'	8"	40°	16'	1"
39	Montemurro	710	15°	59'	8"	40°	17'	1"
40	Montescaglioso	364	16°	40'	8"	40°	34'	0"
41	Noepoli	676	16°	21'	24"	40°	5'	1"
42	Nova Siri	300	16°	33'	24"	40°	8'	1"
43	Nova Siri Scalo	2	16°	39'	24"	40°	7'	1"
44	Palazzo San Gervasio	483	16°	0'	24"	40°	55'	1"
45	Pisticci	364	16°	34'	24"	40°	23'	0"
46	Poggiorsini	461	16°	16'	24"	40°	54'	1"
47	Pollicoro	31	16°	42'	24"	40°	13'	0"
48	Potenza	811	15°	48'	6"	40°	38'	0"
49	Rivello	450	15°	45'	8"	40°	5'	0"
50	Roccanova	654	16°	13'	24"	40°	13'	0"
51	Salandra	598	16°	19'	8"	40°	30'	1"
52	San Basilio	67	16°	42'	8"	40°	19'	0"
53	San Giorgio Lucano	416	16°	24'	24"	40°	7'	0"
54	San Martino d'Agri	661	16°	4'	24"	40°	14'	0"
55	San Mauro Forte	565	16°	16'	24"	40°	29'	0"
56	San Severino Lucano	884	16°	9'	24"	40°	0'	1"
57	Sciffra	780	15°	47'	19"	40°	34'	0"
58	Senise	330	16°	18'	24"	40°	8'	1"
59	Stigliano	908	16°	14'	51"	40°	24'	1"
60	Teana	800	16°	9'	8"	40°	7'	1"
61	Terranova di Pollino	930	16°	18'	8"	39°	59'	0"
62	Tolve	568	16°	2'	24"	40°	42'	0"
63	Torre Accio	140	16°	40'	29"	40°	24'	0"
64	Tramutola	654	15°	45'	53"	40°	1'	0"
65	Trecchina	500	15°	48'	24"	40°	0'	1"
66	Tursi	348	16°	29'	24"	40°	15'	0"
67	Valsinni	250	16°	27'	24"	40°	9'	1"
68	Viggiano	1023	15°	53'	8"	40°	20'	0"



Figura 1: Ubicazione delle stazioni pluviometriche.

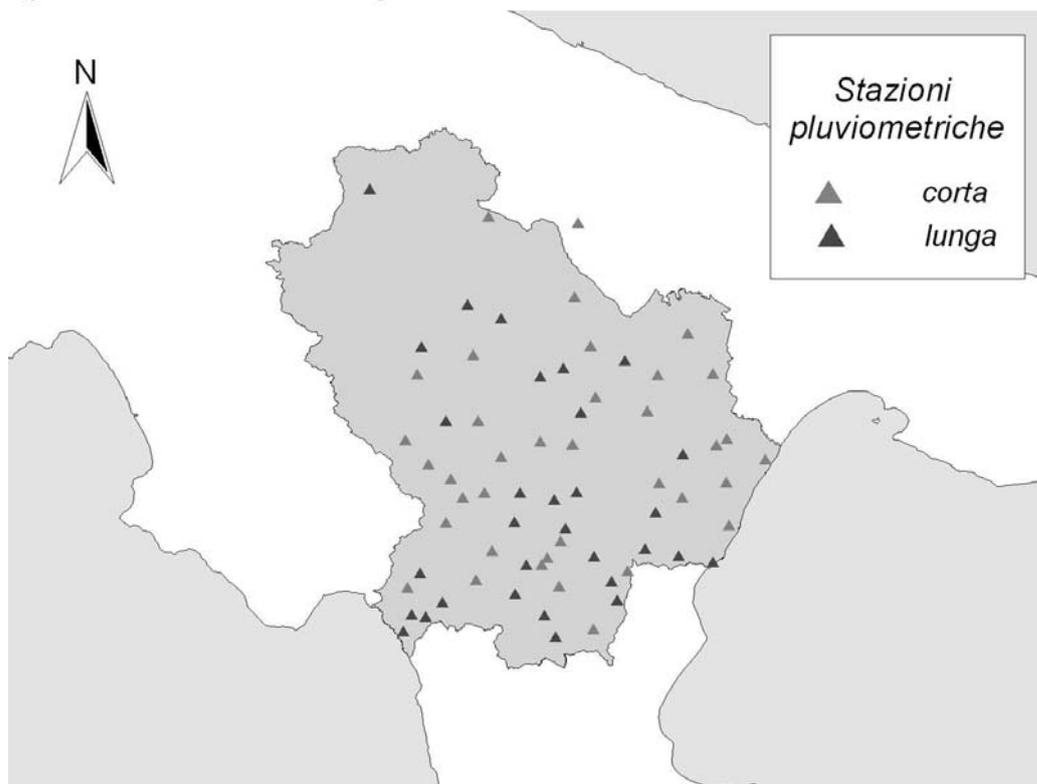


Figura 3: Ubicazione delle stazioni pluviometriche con serie storiche "lunghe" e "corte".

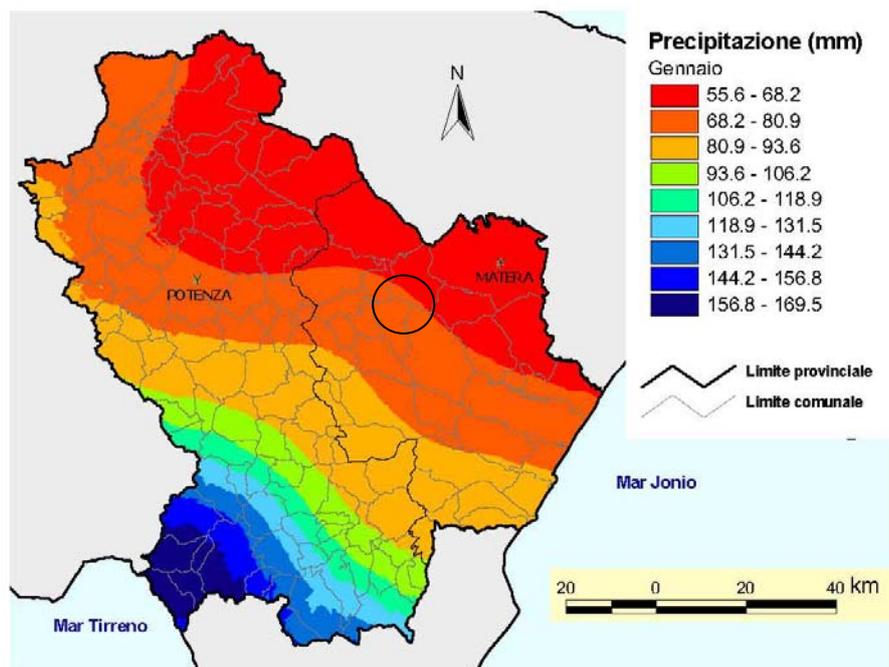


Figura 5: Mappa spaziale delle precipitazioni di gennaio ottenuta con la tecnica del cokriging co-locato.

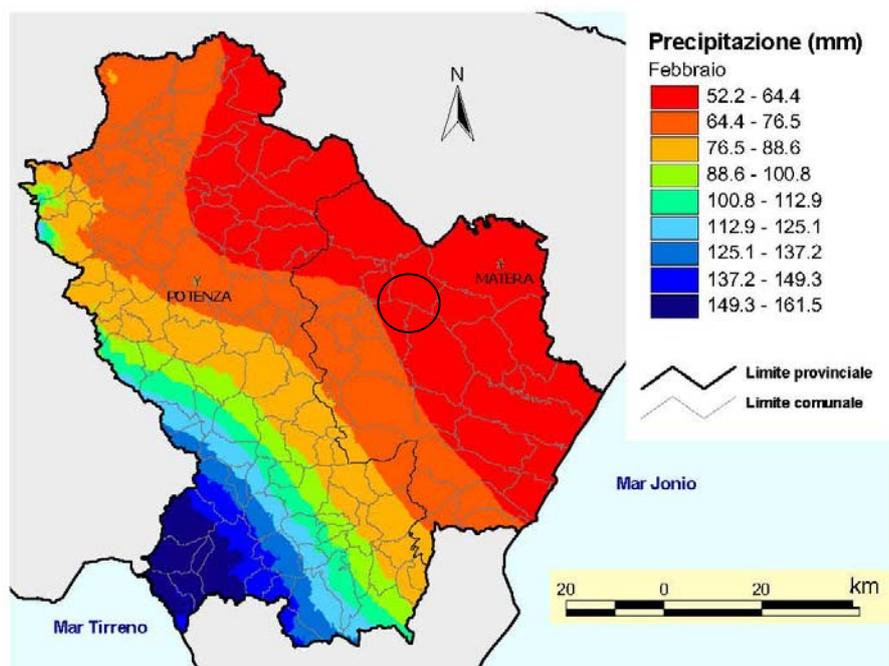


Figura 6: Mappa spaziale delle precipitazioni di febbraio ottenuta con la tecnica del cokriging co-locato.

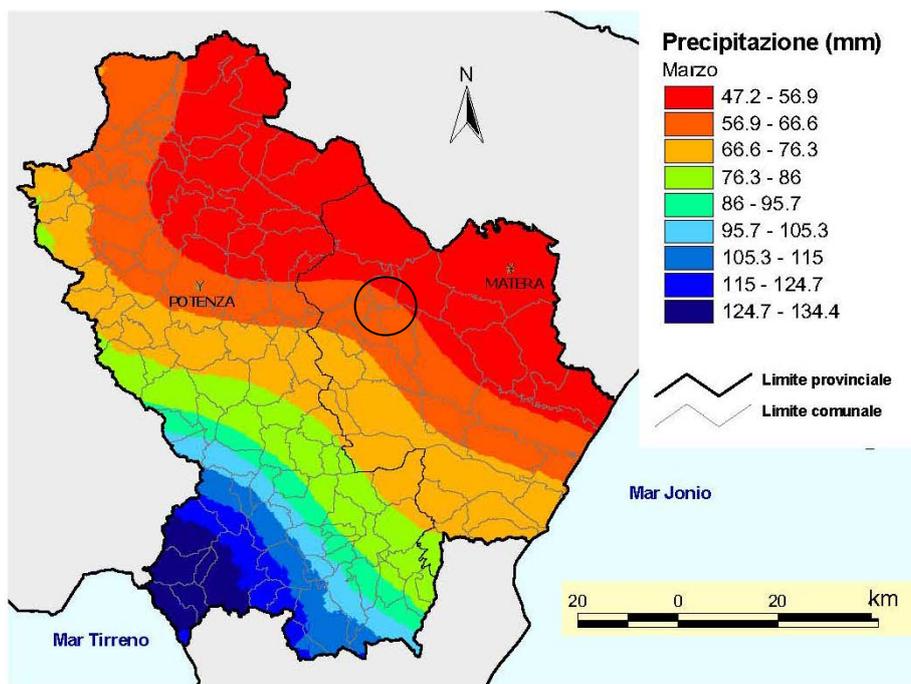


Figura 7: Mappa spaziale delle precipitazioni di marzo ottenuta con la tecnica del cokriging co-locato.

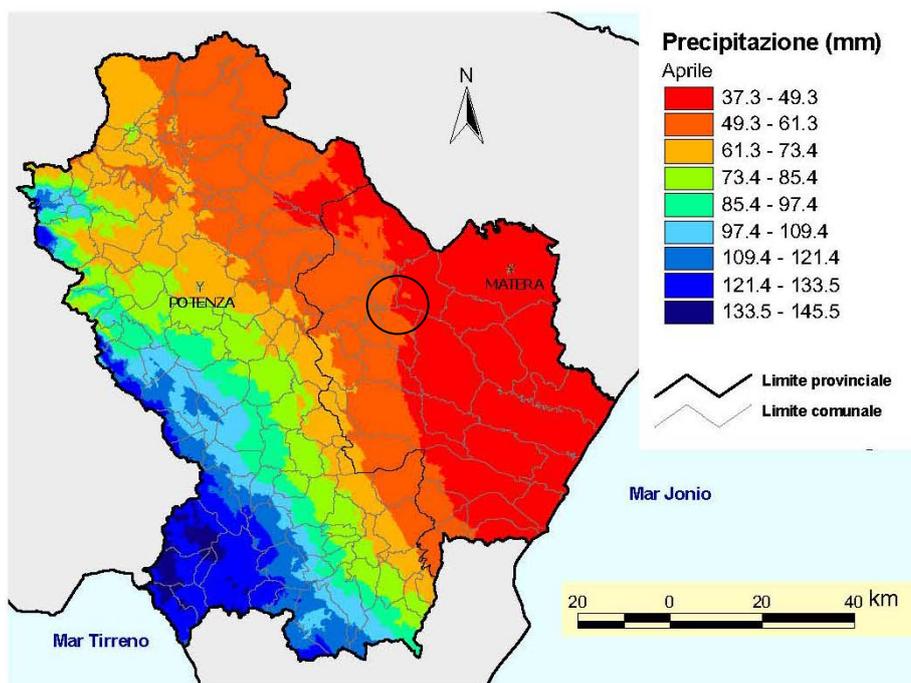


Figura 8: Mappa spaziale delle precipitazioni di aprile ottenuta con la tecnica del cokriging co-locato.

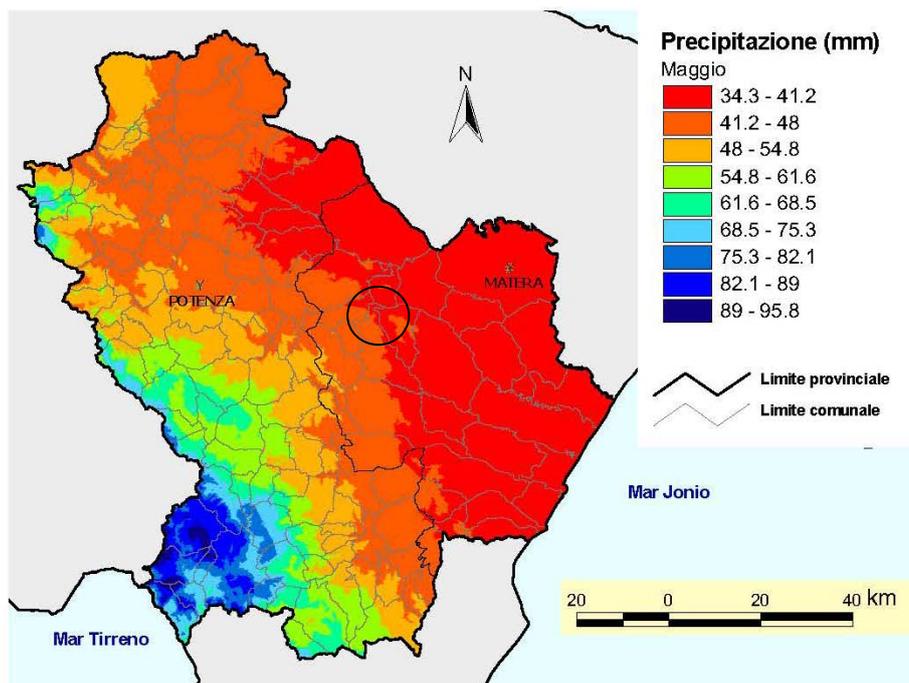


Figura 9: Mappa spaziale delle precipitazioni di maggio ottenuta con la tecnica del cokriging co-localato.

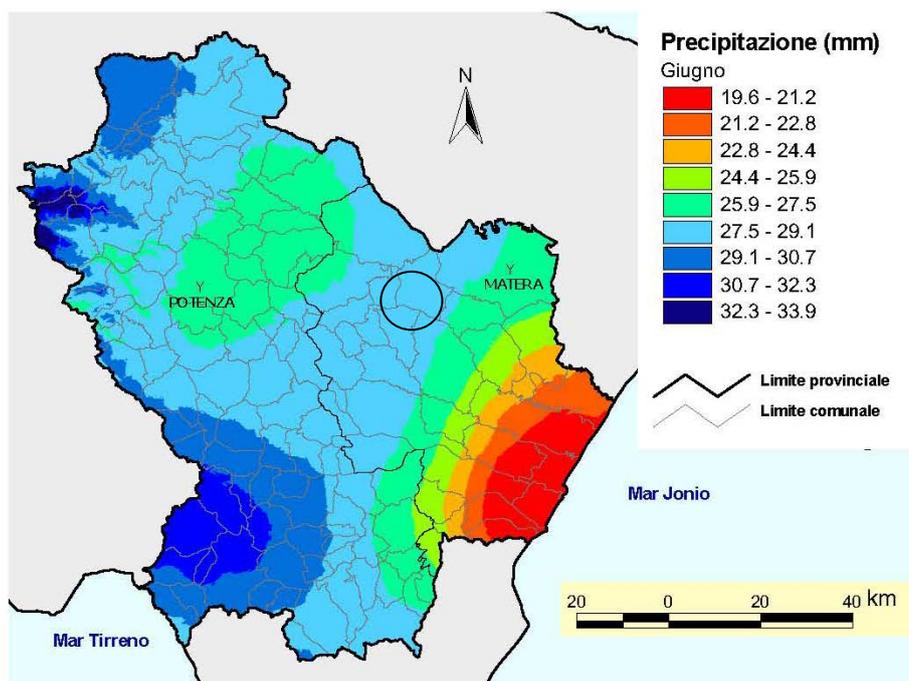


Figura 10: Mappa spaziale delle precipitazioni di giugno ottenuta con la tecnica del cokriging co-localato.

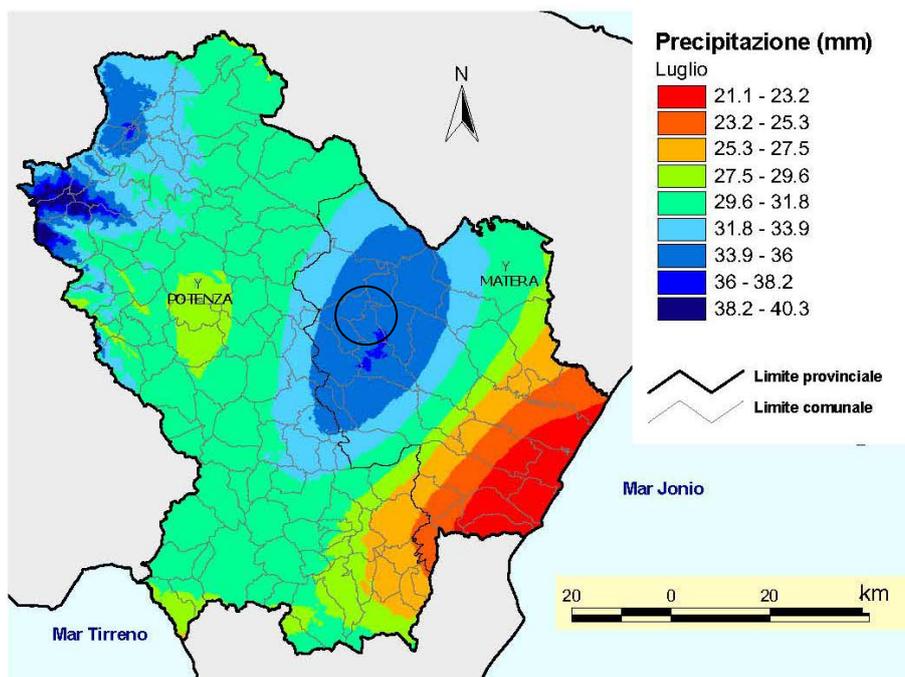


Figura 11: Mappa spaziale delle precipitazioni di luglio ottenuta con la tecnica del cokriging co-locato.

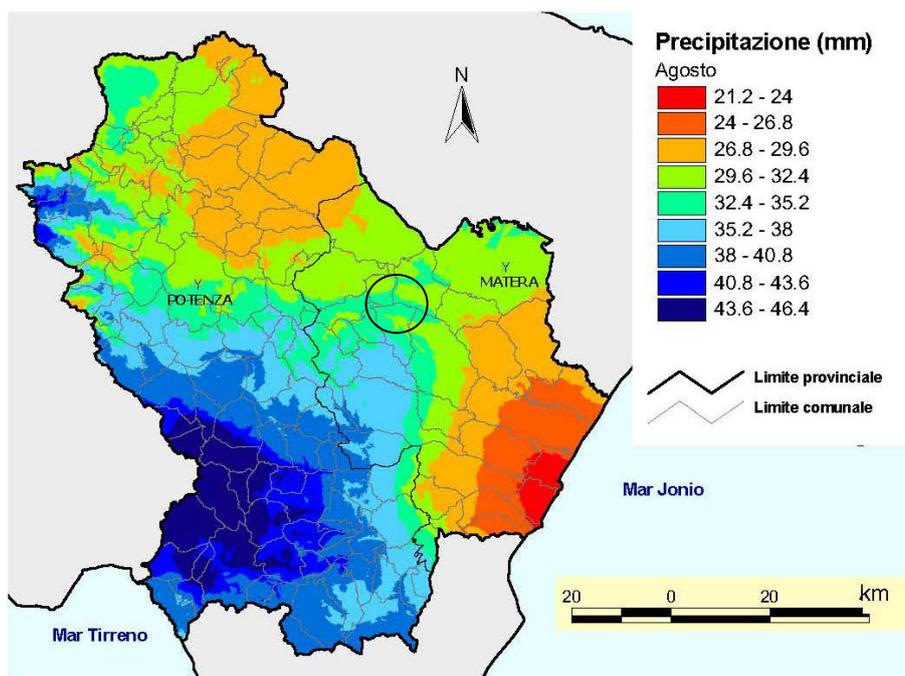


Figura 12: Mappa spaziale delle precipitazioni di agosto ottenuta con la tecnica del cokriging co-locato.

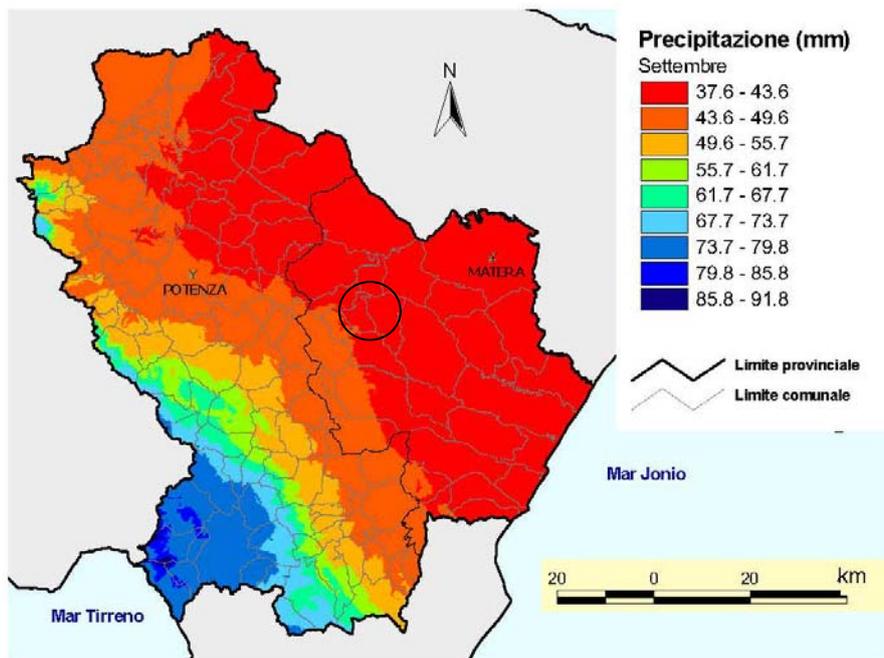


Figura 13: Mappa spaziale delle precipitazioni di settembre ottenuta con la tecnica del cokriging co-locato.

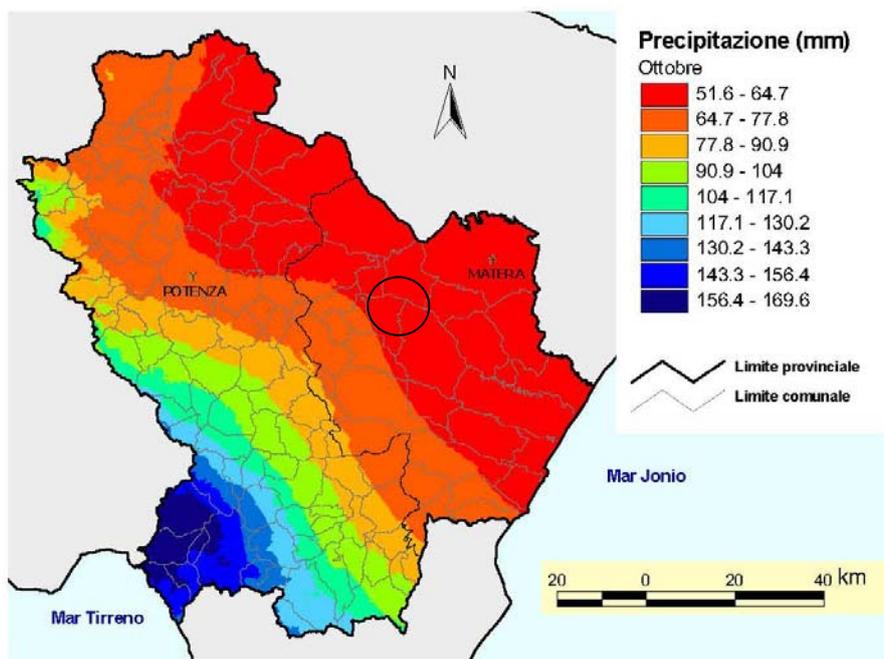


Figura 14: Mappa spaziale delle precipitazioni di ottobre ottenuta con la tecnica del cokriging co-locato.

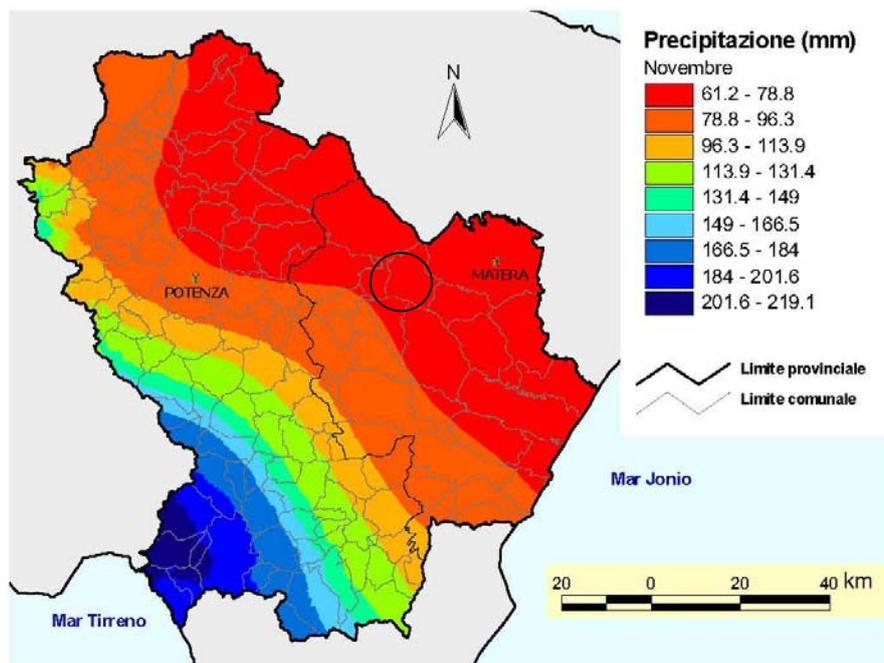


Figura 15: Mappa spaziale delle precipitazioni di novembre ottenuta con la tecnica del cokriging co-locato.

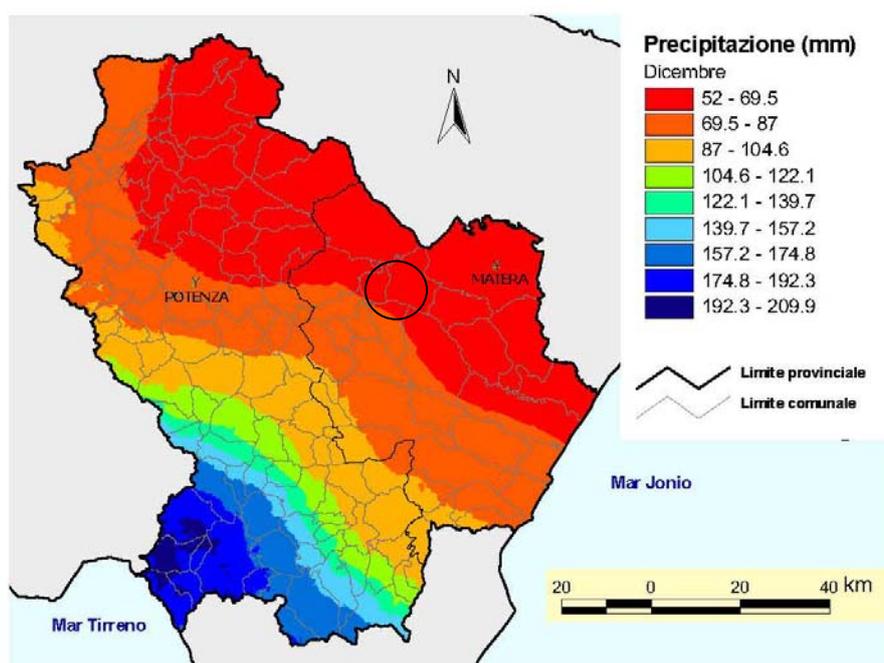


Figura 16: Mappa spaziale delle precipitazioni di dicembre ottenuta con la tecnica del cokriging co-locato.

## 7. Campagna di Indagini Geognostiche

La campagna di indagini geognostiche è stata strutturata in relazione alla natura dei litotipi affioranti ed ha visto l'esecuzione di prove geotecniche indirette che hanno interessato l'area di sedime dei pannelli solari in progetto.

L'allegato A.12.a.7 "Planimetria ubicazione indagini Geognostiche" riporta in scala 1:2.000 l'intero progetto del Parco Fotovoltaico dove sono indicate l'ubicazione di tutte le indagini eseguite e l'ubicazione del percorso del cavidotto fino a raggiungere la cabina primaria.

Di seguito si riportano la descrizione delle indagini eseguite con tutti gli elaborati grafici e descrittivi, consistite in:

- n. 6 Standard Penetration Test (SPT) con Penetrometro Medio;
- n. 2 stendimenti sismici a rifrazione eseguiti con tecnica MASW ubicati.
- n. 2 stendimenti sismici a rifrazione eseguiti in Onde P e Sh e;

### 7.1 SISMICA A RIFRAZIONE

L'indagine sismica eseguita nei terreni di sedime del parco fotovoltaico in progetto ubicato a sud dell'abitato del Comune di Grottole e precisamente nell'ampia valle del Fiume Bradano e consistita in:

- n. 2 Prospezioni Sismiche a Rifrazione in onde P per la ricostruzione del modello sismostratigrafico e la determinazione delle principali grandezze elasto-meccaniche dei terreni investigati;
- n. 2 Prospezioni Sismiche MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) in onde di Rayleigh per la caratterizzazione sismica e la definizione della categoria di sottosuolo come da normativa in materia antisismica vigente.

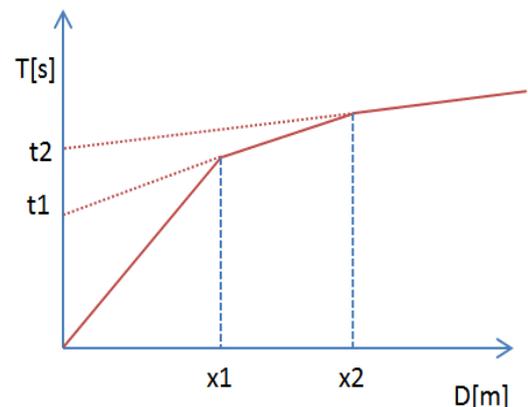
Il presente studio, volto a definire le caratteristiche litologico-stratigrafiche e sismiche del sito, è stato condotto in osservanza della normativa tecnica vigente in materia e in particolare: DM 17 Gennaio 2018 (Aggiornamento delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"), Circolare 21 Gennaio 2019 n° 7 (Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"), Circolare 2 Febbraio 2009 n° 617, prescrizioni AGI 1997, OPCM 3274/03 e

successive modifiche (DGR 153/04, OPCM 3519/06) nonché tenendo in debito conto le “Linee Guida per Indagini Geofisiche” redatte a cura dell’Associazione Società di Geofisica Italiana.

Per la ricostruzione del modello geologico-stratigrafico del sito e la parametrizzazione geomeccanica del volume significativo di terreno relativo all’intervento si è fatto riferimento alle informazioni fornite dall’esecuzione n° 2 prospezioni sismiche a rifrazione in onde P e n° 2 prospezioni sismiche MASW le cui posizioni sono riportate in allegato alla Tavola A.12.a.7 “Carta Ubicazione Indagini Geognostiche”. Le prove sono state realizzate nell’area di impianto dei pannelli fotovoltaici in progetto e, in accordo con la committenza, in maniera tale da investigare il terreno di sedime cercando un giusto compromesso tra la profondità massima di investigazione e gli spazi fisici a disposizione.

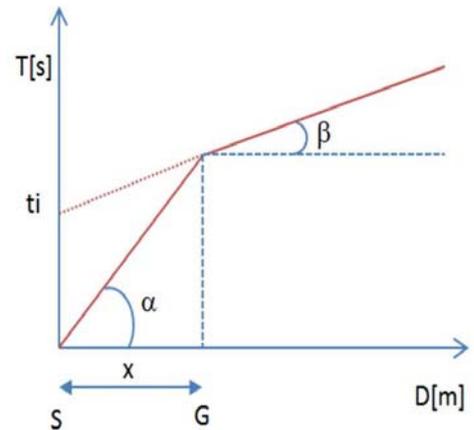
### 7.1.1 Indagini Geognostiche Indirette: Prospezioni Sismiche a Rifrazione (Onde P)

Le indagini di sismica a rifrazione (P e/o S), consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un’onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). Altro scopo è quello di tarare e vincolare l’altro metodo di indagine (MASW) per tutto lo spessore investigato dall’indagine sismica, contribuendo a diminuire l’incertezza sulla determinazione delle velocità delle onde sismiche  $V_s$ . La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione tradizionale e quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all’aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti. Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d’onda  $\lambda$ , comunque, con deboli curvature, i fronti d’onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L’analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell. Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore. La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde  $\lambda$ , equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L’angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza  $\theta_i$  mentre quello formato tra il raggio



rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione  $\vartheta_r$ . La formula matematica è:  $v_2 \sin\vartheta_i = v_1 \sin\vartheta_r$ . Dove  $v_1$  e  $v_2$  sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità. Per  $v_1 > v_2$  si ha che  $\vartheta_i > \vartheta_r$  e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per  $v_1 < v_2$  si ha che  $\vartheta_i < \vartheta_r$  ed esiste un angolo limite d'incidenza per cui  $\vartheta_r = 90^\circ$  ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'angolo limite è definito come:  $\vartheta_i \arcsin(v_1/v_2)$ .

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo  $T$  dato dalla relazione:  $T = x_i/V_1$ , dove  $x_i$  è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione. L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità  $V_1$  del primo mezzo come:  $V_1 = 1/\tan\alpha$ . I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette. La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati punti di ginocchio e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo  $t_i$  che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione. Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi. Infine, dalla conoscenza dei tempi  $t_i$  è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:



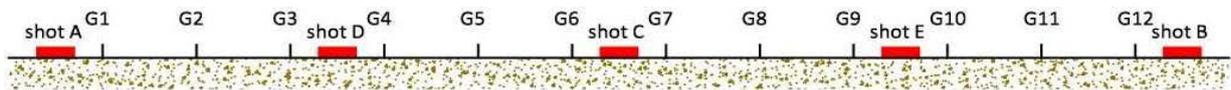
$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left( t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

### Acquisizione ed Interpretazione dei Dati

Le indagini sono state condotte utilizzando la seguente strumentazione:

- Sismografo con 24 canali, della ditta “PASI Srl” modello GEA24 con acquisizione computerizzata dei dati mediante laptop;
- Sorgente di energizzazione costituita da un maglio del peso di 10 Kg battente verticalmente su piastra rettangolare in alluminio posta direttamente sul piano campagna per la generazione prevalentemente di onde P e secondariamente di onde SV;
- n. 12 geofoni verticali del tipo elettromagnetico a bobina mobile a massa sospesa, con frequenza di acquisizione pari a 4,5 Hz.

La distanza intergeofonica è stata posta pari a 4 mt per tutti gli stendimenti realizzati, denominati di seguito rispettivamente ST01, ST02, ST03 e ST04, con punti di battuta A e B poste a 5 mt rispettivamente dal 1° e dal 12° geofono, in posizione esterna allo stendimento, la battuta C posta al centro dello stendimento (fra il 6° e il 7° geofono), mentre le altre due battute intermedie D ed E poste rispettivamente tra 3° e 4° geofono e tra il 9° e il 10° geofono come riportato in Figura 1:



*Figura 1*-Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione

In fase di acquisizione dei sismogrammi è stato applicato un filtro passa alto, con frequenza di taglio pari a 10 Hz, per una migliore ricezione dei segnali. L’elaborazione dei dati è stata eseguita secondo la procedura descritta schematicamente di seguito:

- Inserimento delle geometrie mediante il software EasyRefract (distanze fra geofoni e posizioni dei punti di scoppio);
- Applicazione di un filtro “low-pass” per la lettura ottimale dei primi arrivi eliminando le frequenze di disturbo;
- Picking dei primi arrivi;
- Definizione delle dromocrone;
- Calcolo dromocrone traslate;
- Definizione del modello sismo-stratigrafico.

Bisogna precisare che, l’elaborazione dei dati di sismica a rifrazione rappresentano l’andamento dei sismostrati lungo la sezione corrispondente al profilo in superficie, ed il modello sismostratigrafico che ne deriva rappresenta l’interpretazione degli stessi sismostrati in funzione della geologia del sito, ottenuto correlando le velocità medie di ciascun sismostrato con i dati geologici noti e le loro velocità sismiche caratteristiche. Ai fini della corretta interpretazione dei risultati dell’indagine sismica è importante puntualizzare che:

- a) I sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità;
- b) La risoluzione del metodo è funzione della profondità d’indagine e la risoluzione diminuisce con la profondità: considerato uno strato di spessore  $h$  ubicato a profondità  $z$  dal piano campagna, in generale non è possibile individuare sismostrati in cui  $h < 0,25 * z$ ;

- c) Nelle indagini superficiali, le onde di taglio, meno veloci, arrivano in un tempo successivo, per cui il segnale registrato sarà la risultante delle onde S con le onde P e quindi la lettura dei tempi di arrivo delle onde S può risultare meno precisa della lettura dei tempi di arrivo delle onde P;
- d) I terreni esaminati possono ricoprire un ampio campo delle velocità sismiche, in relazione alla presenza di materiale di riporto, di terreno vegetale e di acqua di falda nonché ai vari gradi di stratificazione, carsificazione e di fratturazione dell'ammasso roccioso.

Di seguito sono stati riportati, in Tabella 1, i valori di velocità delle onde sismiche di compressione P tipici di alcuni litotipi ricorrenti.

Litotipo	V <sub>p</sub> (m/sec)	Litotipo	V <sub>p</sub> (m/sec)
Areato superficiale	300-800	Calcare cristallino	5700-6400
Argille	1100-2900	Piroclastiti coerenti (tufo)	750-2450
Sabbia asciutta	200-1000	Piroclastiti incoerenti (pozzolana)	350-1000
Sabbie umida	600-1800	Arenaria	1400-4500
Terreni alluvionali sciolti	400-2100	Granito, Monzonite, Granodiorite, Gabbro, Diabase, Basalto	4000-6000
Acqua	1400-1500	Anidride	3500-5500
Calcare fratturato	700-4200	Gesso	1800-4000
Calcare compatto	2800-6400	Gneiss e scisti	3500-7500

*Tabella 1*-Valori di velocità tipiche delle onde di compressione P (da “Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo” di Carrara-Rapolla-Roberti, “Il manuale del geologo” di Cassadio-Elmi)

### **Stendimento Sismico ST01**

Lo stendimento è stato realizzato su di un'area destinata a seminativo agricolo, senza variazioni altimetriche significative, per una estensione totale della linea sismica pari a 44 mt. Per l'interpretazione litostratigrafica dell'indagine di sismica a rifrazione si faccia riferimento alle “Sezioni Stratigrafiche Interpretative-Onde P” allegata di seguito.

Dai valori di velocità di propagazione delle onde P, è stato possibile ricavare la sismo-struttura del sottosuolo investigato, identificando tre sismostrati, ciascuno caratterizzato da un determinato valore medio di velocità delle onde di compressione. Assimilando tali valori di velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area, in prima analisi, è stato ricostruito il seguente assetto litostratigrafico, evidenziando come i relativi spessori subiscono delle leggere variazioni lungo la sezione sismica:

1. **Sismostrato A:** terreno vegetale e deposito di natura sabbioso-ciottolosa debolmente limosa, poco consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 455 m/sec per una profondità media di circa -2,60 mt da pc;
2. **Sismostrato B:** deposito di natura sabbiosa limo-ciottolosa, moderatamente consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 880 m/sec per una profondità media di circa -11,50 mt da pc;
3. **Sismostrato C:** deposito di natura limoso-argilloso, ben consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 1693 m/sec sino a fine indagine ( $\approx$ -14 mt da pc).



### **Stendimento Sismico ST02**

Lo stendimento è stato realizzato su di un'area destinata a seminativo agricolo, senza variazioni altimetriche significative, per una estensione totale della linea sismica pari a 44 mt. Per l'interpretazione litostratigrafica dell'indagine di sismica a rifrazione si faccia riferimento alle "Sezioni Stratigrafiche Interpretative-Onde P" allegate di seguito.

Dai valori di velocità di propagazione delle onde P, è stato possibile ricavare la sismostruttura del sottosuolo investigato, identificando tre sismostrati, ciascuno caratterizzato da un determinato valore medio di velocità delle onde di compressione. Assimilando tali valori di velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area, in prima analisi, è stato ricostruito il seguente assetto litostratigrafico, evidenziando come i relativi spessori subiscono delle leggere variazioni lungo la sezione sismica:

1. **Sismostrato A:** terreno vegetale e deposito di natura sabbioso-ciottolosa debolmente limosa, poco consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 336 m/sec per una profondità media di circa -2,10 mt da pc;
2. **Sismostrato B:** deposito di natura sabbiosa limo-ciottolosa, moderatamente consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 750 m/sec per una profondità media di circa -9,70 mt da pc;
3. **Sismostrato C:** deposito di natura limoso-argillosa, ben consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 1528 m/sec sino a fine indagine ( $\approx$ -14 mt da pc).



### 7.1.2 Caratterizzazione Elasto-Meccanica dei terreni di Fondazione

In base alle indicazioni ricavate dalle prove geofisiche, si riportano le tabelle riassuntive delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per i siti d'interesse come risultato dalle indagini svolte. I valori delle Vs sono stati ricavati in modo indiretto dalle prove sismiche MASW. Le determinazioni dei moduli elastici (dinamici), eseguite mediante tali metodologie sismiche, sono riferibili a volumi significativi di terreno in condizioni relativamente indisturbate a differenza delle prove geotecniche di laboratorio che, pur raggiungendo un elevato grado di sofisticazione ed affidabilità, soffrono della limitazione di essere puntuali, cioè relative ad un modesto volume di roccia e/o terreno. I moduli elastici sismici ottenuti, possono essere correlati ai normali moduli statici attraverso un fattore di riduzione (ad es. Rzhnevsky et alii, 1971,  $E_{din} = 8,3 * E_{stat} + 0,97$ ) semplicemente evidenziando che si riferiscono, in virtù delle energie movimentate dall'indagine e del conseguente basso livello di deformazione raggiunto, ad un modulo statico tangente iniziale.

#### Stendimento ST01

Sismostrato Profondità media (mt da pc)	V <sub>p</sub> (m/sec)	V <sub>s</sub> (m/sec)	γ (gr/cm <sup>3</sup> )	μ	E <sub>y</sub> (MPa)	G <sub>0</sub> (MPa)	M <sub>0</sub> (MPa)	λ (MPa)
A (0,00÷2,60)	455	185	1,63	0,40	156	56	263	226
B (2,60÷11,50)	880	374	1,85	0,38	719	259	1088	915
C (11,50÷14,00≈)	1693	411	2,09	0,46	1037	353	5520	5284

Sismostrato Profondità media (mt da pc)	R (tonn/m <sup>2</sup> s)	E <sub>d</sub> (MPa)
A (0,00÷2,60)	301	373
B (2,60÷11,50)	691	1395
C (11,50÷14,00≈)	858	5163

Tabella 2-Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST01

#### Stendimento ST02

Sismostrato Profondità media (mt da pc)	V <sub>p</sub> (m/sec)	V <sub>s</sub> (m/sec)	γ (gr/cm <sup>3</sup> )	μ	E <sub>y</sub> (MPa)	G <sub>0</sub> (MPa)	M <sub>0</sub> (MPa)	λ (MPa)
A (0,00÷2,10)	336	185	1,54	0,28	135	53	104	68
B (2,10÷9,70)	750	254	1,79	0,43	331	115	853	776
C (9,70÷14,00≈)	1528	349	2,05	0,47	735	250	4453	4287
Sismostrato Profondità media (mt da pc)	R (tonn/m <sup>2</sup> s)		E <sub>d</sub> (MPa)					
A (0,00÷2,10)	284		203					
B (2,10÷9,70)	454		1014					
C (9,70÷14,00≈)	715		4205					

Tabella 3-Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST02

Con:

V<sub>p</sub>= velocità media onde di compressione;

V<sub>s</sub>= velocità media onde di taglio;

γ= Peso unità di volume naturale;

μ= coefficiente di Poisson;

E<sub>y</sub>= modulo di Young;

G<sub>0</sub>= modulo di taglio.

M<sub>0</sub>= modulo di compressibilità volumetrica;

E<sub>d</sub>= modulo edometrico;

λ= coefficiente di Lamé;

R= rigidità sismica;

E<sub>d</sub>= modulo edometrico;

### 7.1.3 Indagini Geognostiche Indirette: Prospezioni Sismiche MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio VS, sulla base della misura

delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del terreno. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono di tipo dispersive (fenomeno della dispersione geometrica), cioè onde con diverse frequenze si propagano con diverse velocità di fase (o di gruppo) apparente (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) ovvero la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile alla specificità che le onde ad alta frequenza hanno di propagarsi negli strati più superficiali, fornendo quindi informazioni sulla parte più alta del terreno, mentre le onde a bassa frequenza, propagandosi negli strati più profondi, restituiscono indicazioni sulla parte più bassa del terreno. Il metodo MASW è di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del terreno (energizzazione con mazza battente parallelamente all'array) e misurate da un array lineare di geofoni. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5÷10 Hz e 70÷100 Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del terreno, generalmente compreso nei primi 30÷50 mt, in funzione della rigidità del terreno e della caratteristica della sorgente.

#### **Acquisizione ed Interpretazione dei Dati**

Per il caso in esame, è stato utilizzato un sismografo a 24 canali, della ditta PASI Srl modello GEA24 con acquisizione computerizzata dei dati e una sorgente ad impatto verticale per la generazione di onde Rayleigh rilevate da 12 geofoni aventi frequenza pari a 4,5 Hz con una spaziatura di 4 mt per tutti gli stendimenti, denominati di seguito rispettivamente MASW01, MASW02, MASW03 e MASW04, considerando le stesse linee utilizzate per le acquisizioni delle indagini di sismica a rifrazione. Sono stati effettuati, per ogni singola indagine, n. 4 battute per l'acquisizione dei sismogrammi utilizzando degli offset minimi rispettivamente a -5 mt e -10 mt dal 1° geofono e +5 mt e +10 mt dal 12° geofono. L'intervallo di campionamento è stato pari a 1 ms (millisecondo) con un tempo di registrazione di 2 secondi. Lo schema organizzativo della prova è riportata in Figura 2, mentre per l'ubicazione dei profili sismici si faccia riferimento in allegato alla Tavola A. 1 "Ubicazione Indagini in Situ". La procedura adottata per ricostruire la distribuzione delle onde di taglio nel terreno (VS) può essere così descritta:

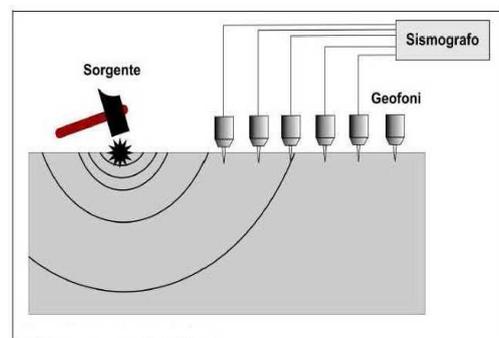


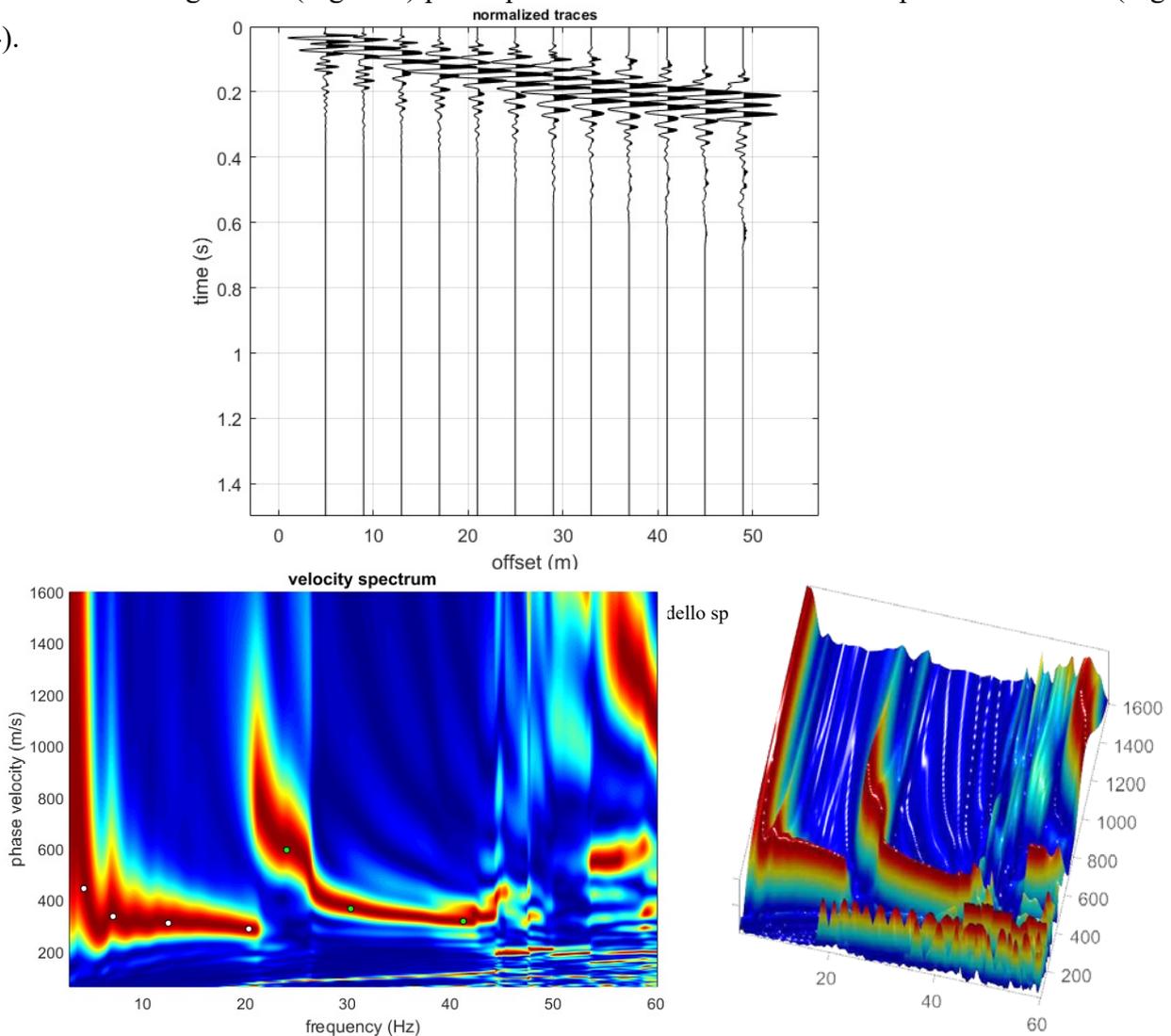
Figura 2-Schema realizzativo indagine MASW (Onde

1. Acquisizione dei sismogrammi contenenti le onde di superficie (onde di Rayleigh con componente verticale) per un intervallo di tempo sufficiente e un'adeguata frequenza di campionamento;
2. Processing dei sismogrammi acquisiti individuando le onde di superficie utili alla costruzione dello spettro di velocità ed individuazione delle curve di dispersione;
3. Inversione dei dati usando un modello di terreno che permetta di ricavare un profilo monodimensionale della velocità delle onde S ed ulteriori parametri in funzione della profondità compatibile con il contesto geologico in esame. Tale inversione avviene attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici che rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche global search methods o soft computing).

Per il trattamento e l'analisi dei dati acquisiti in situ si è utilizzato il software "WinMASW 3C" release 7.1 della EliaSoft Srl.

#### **Stendimento Sismico MASW01**

Considerando le n. 4 acquisizioni realizzate per la prova, si è scelto di trattare quella che presentava un rapporto segnale/rumore superiore, di conseguenza, per la determinazione del profilo verticale della velocità media delle onde S, si è selezionato il set di dati relativamente allo shot effettuato a +5 mt dal 12° geofono (Figura 3) per il quale è stato desunto il relativo spettro di velocità (Figura 4).



**Figura 4**-Spettro di velocità (visualizzazione 2D e 3D). In evidenza l'andamento del modo fondamentale (pallini bianchi) e del primo modo superiore (pallini verdi)

L'analisi dello spettro "frequenza-velocità di fase" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio VS in funzione della profondità (Figura 5). Si precisa infine che, il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità derivata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione (circa 22,00 mt da inizio stendimento sismico). Di seguito si riporta lo spettro di velocità sul quale è stata riportata la curva di dispersione "piccata" (picking pallini fucsia), la curva di dispersione del "modello migliore" (pallini blu) e del "modello medio" (croci verdi), Figura 7, rispetto a tutti i modelli testati durante il processo di inversione, Figura 6. Viene riportato, inoltre, il grafico inerente il "misft evolution" (disaccordo) e cioè la quantificazione di quanto si discosti un modello testato rispetto al dato osservato, Figura 8.

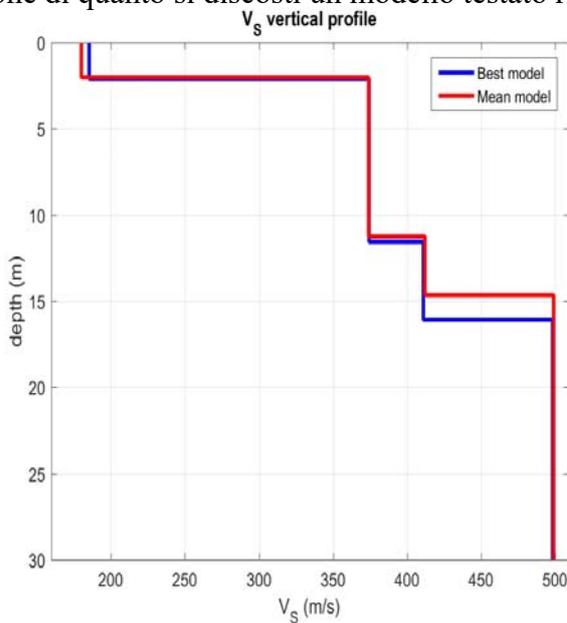


Figura 5-Profilo  $V_{S, equ} = 357$  m/sec calcolato a partire dal piano campagna

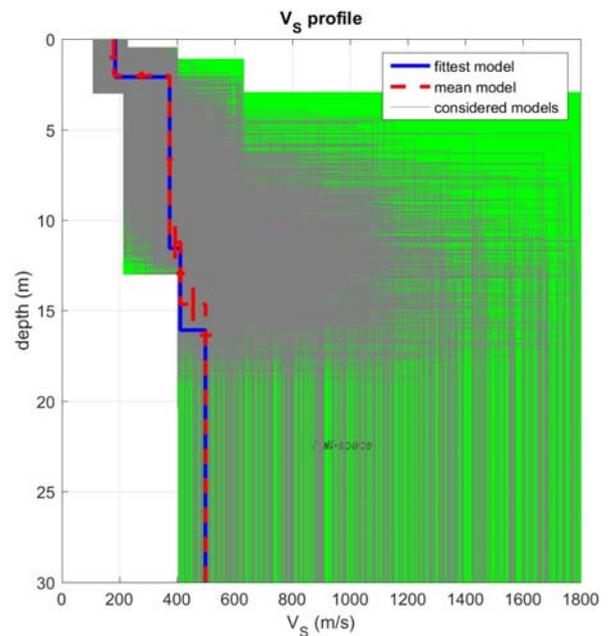


Figura 6-Modelli testati durante il processo di inversione

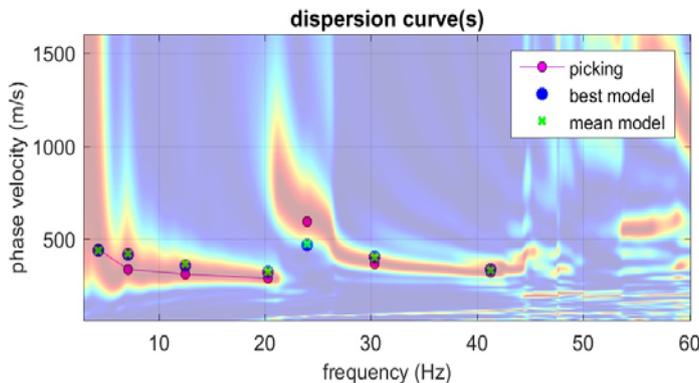


Figura 7-Curva di dispersione osservata (picking pallini fucsia) e curve di dispersione relative "best model" (pallini blu) e "mean model" (croci verdi)

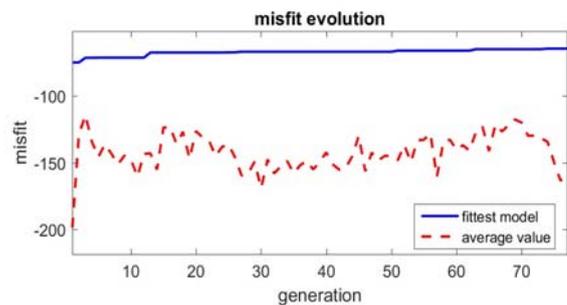
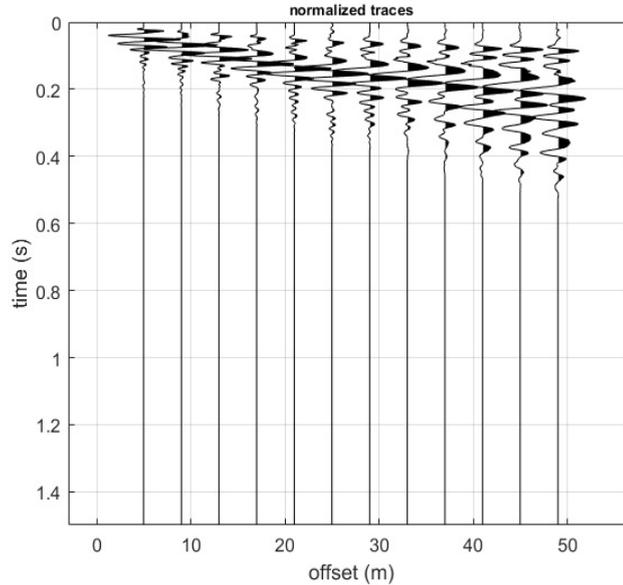


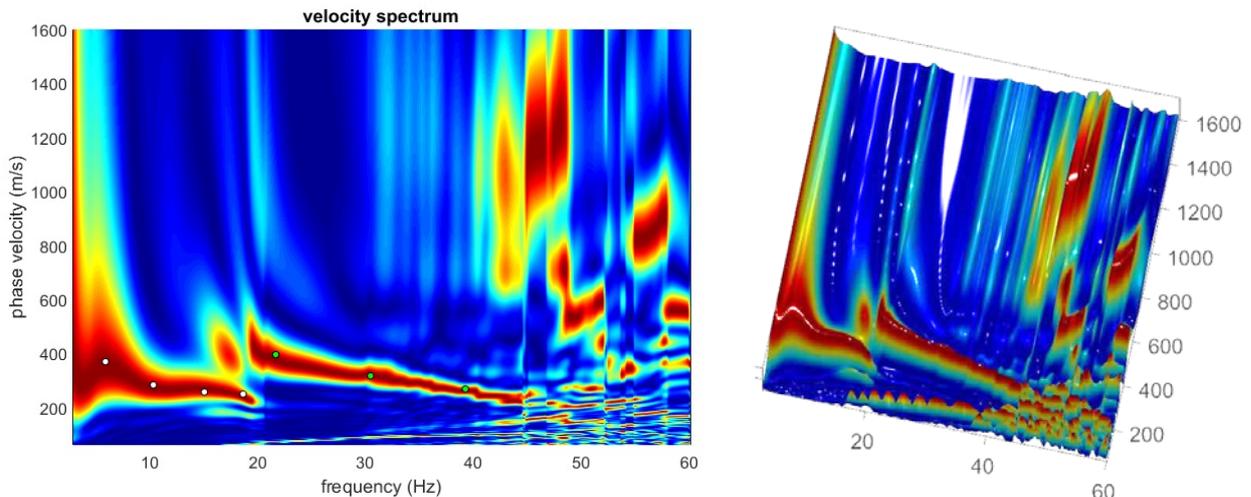
Figura 8-Evoluzione del misfit (disaccordo) al progredire dei modelli testati durante il processo di inversione

### **Stendimento Sismico MASW02**

Considerando le n. 4 acquisizioni realizzate per la prova, si è scelto di trattare quella che presentava un rapporto segnale/rumore superiore, di conseguenza, per la determinazione del profilo verticale della velocità media delle onde S, si è selezionato il set di dati relativamente allo shot effettuato a -5 mt dal 1° geofono (Figura 9) per il quale è stato desunto il relativo spettro di velocità (Figura 10).



**Figura 9**-Tracce acquisite in situ ed utilizzate per la costruzione dello spettro di velo-



**Figura 10**-Spettro di velocità (visualizzazione 2D e 3D). In evidenza l'andamento del modo fondamentale (pallini bianchi) e del primo modo superiore (pallini verdi)

L'analisi dello spettro "frequenza-velocità di fase" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio VS in funzione della profondità (Figura 11). Si precisa infine che, il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità derivata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione (circa 22,00 mt da inizio stendimento sismico). Di seguito si riporta lo spettro di velocità sul quale è stata riportata la curva di dispersione "piccata" (picking pallini fucsia), la curva di dispersione del "modello migliore" (pallini blu) e del "modello medio" (croci verdi), Figura 13, rispetto a tutti i modelli testati durante

il processo di inversione, Figura 12. Viene riportato, inoltre, il grafico inerente il “misfit evolution” (disaccordo) e cioè la quantificazione di quanto si discosti un modello testato rispetto al dato osservato, Figura 14.

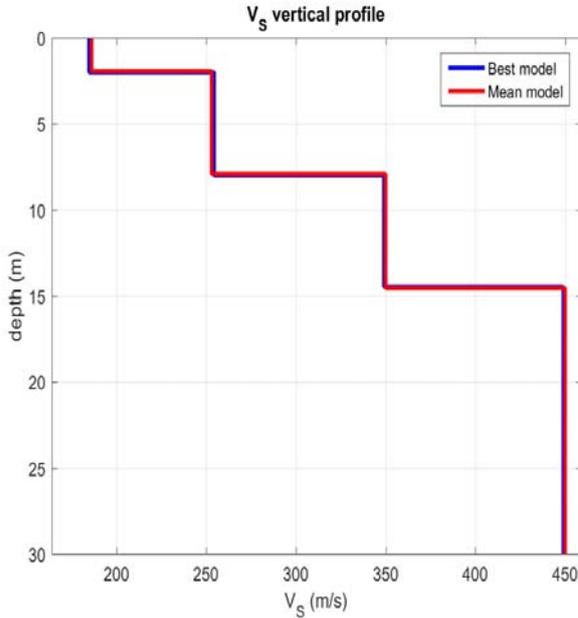


Figura 11-Profilo  $V_{S, equ} = 343$  m/sec calcolato a partire dal piano campagna

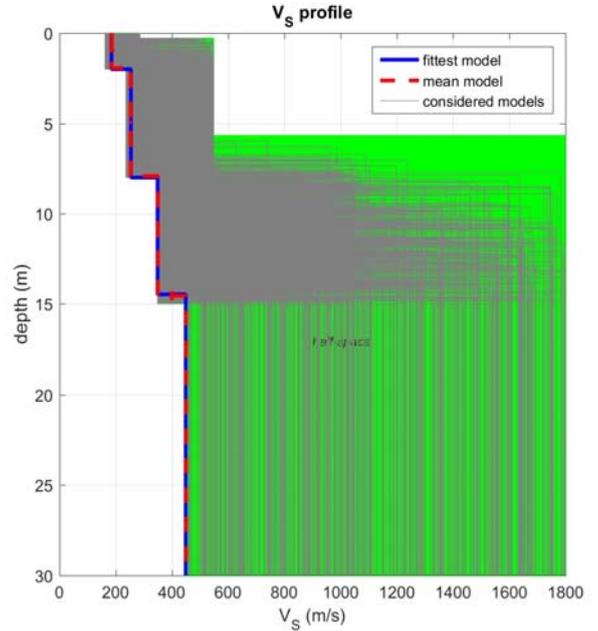


Figura 12-Modelli testati durante il processo di inversione

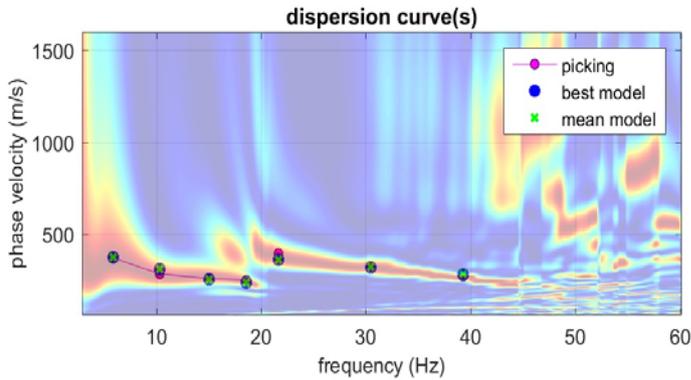


Figura 13-Curva di dispersione osservata (picking pallini fucsia) e curve di dispersione relative “best model” (pallini blu) e “mean model” (croci verdi)

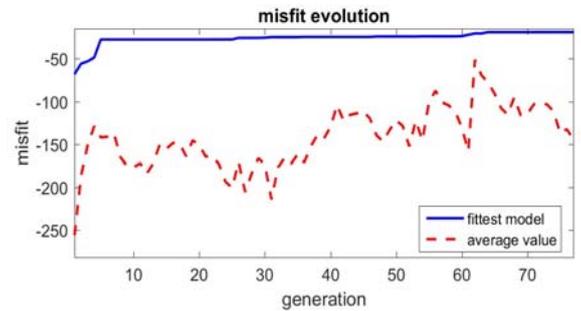


Figura 14-Evoluzione del misfit (disaccordo) al progredire dei modelli testati durante il processo di inversione

#### 7.1.4 Classificazione del Sottosuolo di Fondazione

Sulla base delle risultanze delle indagini MASW condotte nelle aree oggetto di studio, il sottosuolo di fondazione è stato classificato ai sensi delle normative che attualmente regolano il settore (Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recepita dalla Regione Basilicata con DGR n° 2000/2003, e dalle modifiche allo stesso portate dal Consiglio dei ministri con Ordinanza n° 3431 del 03/05/2005, DM 17/01/2018). Si rammenta che le “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” individuano n. 5 categorie di sottosuolo e precisamente:

<b>Categoria A</b>	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>Categoria B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s
<b>Categoria C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s
<b>Categoria D</b>	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 m/s e 180 m/s
<b>Categoria E</b>	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 30m

Le indagini MASW hanno consentito la stima dei valori delle velocità delle onde sismiche di taglio e, da queste, il calcolo della VS equivalente risultante, applicando la seguente formula:

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

Con:

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

Per lo stendimento MASW01, il valore equivalente di VS calcolato pari a **357** m/sec, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo C**: depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Per lo stendimento MASW02, il valore equivalente di VS calcolato pari a **343** m/sec, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo C**: depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

## 7.2 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT

### 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	Si	Angolo di apertura punta	60°	

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

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

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

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

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

### Penetrometri in uso in Italia

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 $N_{spt}$

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  $N_{spt}$  ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con  $N_{spt}$ . 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  $Q_{spt}$  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 $R_{pd}$

Formula Olandesi

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

$R_{pd}$  = 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.

### **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 di Dynamic Probing, 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.

### **Pressione ammissibile**

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

## **Correlazioni geotecniche terreni incoerenti**

### **Liquefazione:**

- Permette di calcolare utilizzando dati  $N_{spt}$  il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi). Attraverso la relazione di SHI-MING (1982), applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se  $N_{spt}$  dello strato considerato risulta inferiore a  $N_{spt}$  critico calcolato con l'elaborazione di SHI-MING.

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

- $N_{spt}$  corretto =  $15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$  -  $N_{spt}$  è il valore medio nello strato. La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

### **Angolo di Attrito:**

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof.  $< 5$  mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof.  $< 5$  mt. per terreni sopra falda e  $< 8$  mt. per terreni in falda (tensioni  $< 8-10$  t/mq)

- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- 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° ).
- 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 NATIONAL 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)  $\sigma > 15$  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<sub>y</sub>):**

- 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
- Buisman-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:**

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa  $\gamma = 2,65$  t/mc e per peso di volume secco variabile da 1,33 (N<sub>spt</sub> = 0) a 1,99 (N<sub>spt</sub> = 95)

#### **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  $\sigma$  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 Vs (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 (Ko)**

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

### **Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Qc)**

- Robertson 1983 Qc

## **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). Cu 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 Cu (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 Cu (Kg/cm<sup>2</sup>) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (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 (Qc)**

- Robertson 1983 Qc

### **Modulo Edometrico-Confinato (Mo)**

- 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 - $M_o$  (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 (EY)**

- 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 Gamma**

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

### **Peso di volume saturo**

- Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa  $G=2,70$  (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 ( $N_{spt}=0$ ) a 0,545 ( $N_{spt}=28$ )

**PROVA ...Pen1**

Strumento utilizzato...

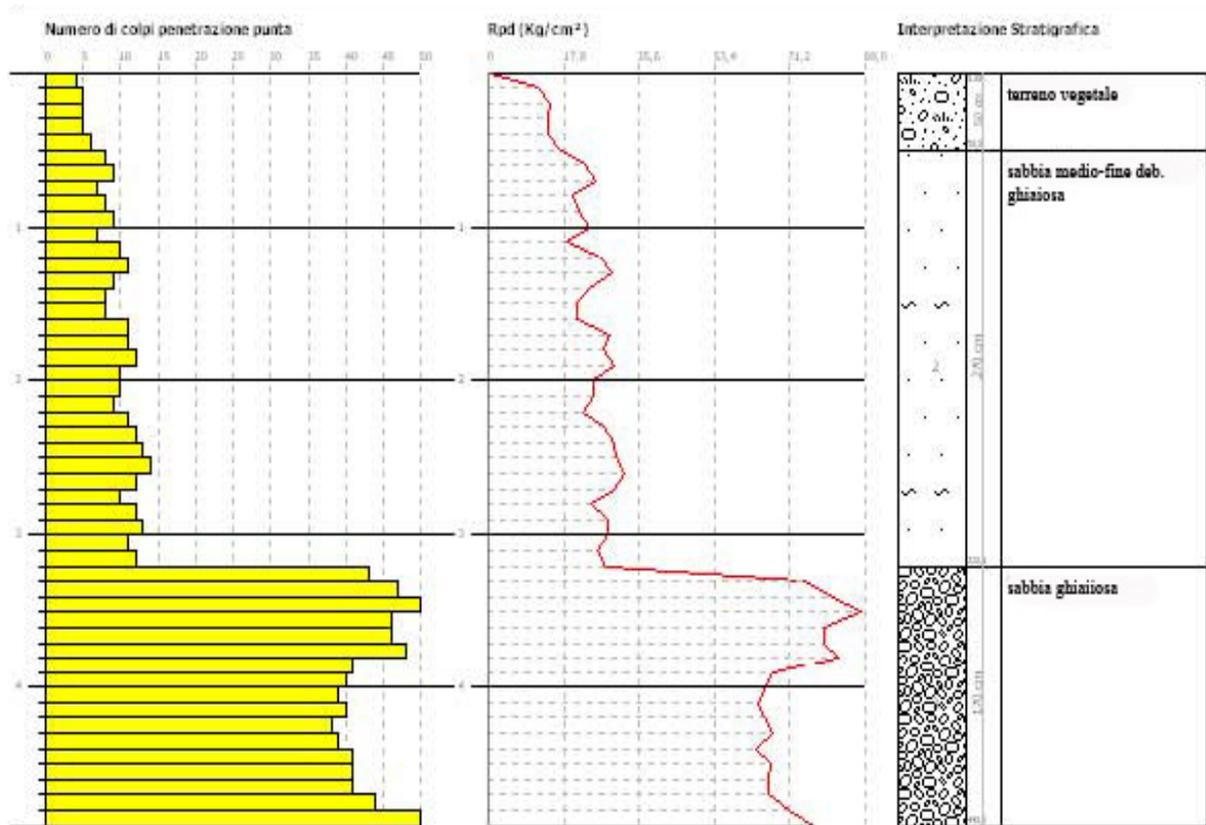
DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data: 08/04/2022

Profondità prova 4,90 mt

Falda non rilevata

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	4	0	0,857	11,44	13,36	0,57	0,67
0,20	5	0	0,855	14,27	16,70	0,71	0,83
0,30	5	0	0,853	14,24	16,70	0,71	0,83
0,40	5	0	0,851	14,21	16,70	0,71	0,83
0,50	6	0	0,849	17,01	20,04	0,85	1,00
0,60	8	0	0,847	22,63	26,72	1,13	1,34
0,70	9	0	0,845	25,40	30,06	1,27	1,50
0,80	7	0	0,843	19,71	23,38	0,99	1,17
0,90	8	0	0,842	21,33	25,35	1,07	1,27
1,00	9	0	0,840	23,95	28,52	1,20	1,43
1,10	7	0	0,838	18,59	22,18	0,93	1,11
1,20	10	0	0,836	26,50	31,69	1,33	1,58
1,30	11	0	0,835	29,09	34,86	1,45	1,74
1,40	9	0	0,833	23,75	28,52	1,19	1,43
1,50	8	0	0,831	21,07	25,35	1,05	1,27
1,60	8	0	0,830	21,03	25,35	1,05	1,27
1,70	11	0	0,828	28,86	34,86	1,44	1,74
1,80	11	0	0,826	28,81	34,86	1,44	1,74
1,90	12	0	0,825	29,84	36,18	1,49	1,81
2,00	10	0	0,823	24,82	30,15	1,24	1,51
2,10	10	0	0,822	24,77	30,15	1,24	1,51
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	12	0	0,817	29,57	36,18	1,48	1,81
2,50	13	0	0,766	30,01	39,20	1,50	1,96
2,60	14	0	0,764	32,26	42,21	1,61	2,11
2,70	12	0	0,813	29,41	36,18	1,47	1,81
2,80	10	0	0,811	24,46	30,15	1,22	1,51
2,90	12	0	0,810	27,95	34,50	1,40	1,73
3,00	13	0	0,759	28,36	37,38	1,42	1,87
3,10	11	0	0,807	25,54	31,63	1,28	1,58
3,20	12	0	0,806	27,81	34,50	1,39	1,73
3,30	43	0	0,605	74,77	123,64	3,74	6,18
3,40	47	0	0,603	81,55	135,14	4,08	6,76
3,50	51	0	0,602	88,30	146,65	4,41	7,33
3,60	46	0	0,601	79,48	132,27	3,97	6,61
3,70	46	0	0,600	79,31	132,27	3,97	6,61
3,80	48	0	0,598	82,59	138,02	4,13	6,90
3,90	41	0	0,597	67,29	112,67	3,36	5,63
4,00	40	0	0,596	65,52	109,92	3,28	5,50
4,10	39	0	0,595	63,75	107,18	3,19	5,36
4,20	40	0	0,594	65,26	109,92	3,26	5,50
4,30	38	0	0,643	67,10	104,43	3,36	5,22
4,40	39	0	0,591	63,39	107,18	3,17	5,36
4,50	41	0	0,590	66,51	112,67	3,33	5,63
4,60	41	0	0,589	66,39	112,67	3,32	5,63
4,70	41	0	0,588	66,27	112,67	3,31	5,63
4,80	44	0	0,587	70,99	120,92	3,55	6,05
4,90	50	0	0,586	77,11	131,58	3,86	6,58



### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Pen1 - TERRENI INCOERENTI

#### Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	3,8	0,50	3,8	Gibbs & Holtz 1957	21,12
Strato 2	7,81	3,20	7,81	Gibbs & Holtz 1957	29,77
Strato 3	32,91	4,90	32,91	Gibbs & Holtz 1957	55,16

#### Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	3,8	0,50	3,8	Sowers (1961)	25,6
Strato 2	7,81	3,20	7,81	Sowers (1961)	30,19
Strato 3	32,91	4,90	32,91	Sowers (1961)	37,21

#### Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	3,8	0,50	3,8	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 2	7,81	3,20	7,81	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 3	32,91	4,90	32,91	Bowles (1982) Sabbia Media	239,55

#### Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	3,8	0,50	3,8	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	35,27
Strato 2	7,81	3,20	7,81	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	43,51
Strato 3	32,91	4,90	32,91	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	95,06

#### Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	3,8	0,50	3,8	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
Strato 2	7,81	3,20	7,81	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 3	32,91	4,90	32,91	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

#### Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	3,8	0,50	3,8	Meyerhof ed altri	1,69
Strato 2	7,81	3,20	7,81	Meyerhof ed altri	1,85
Strato 3	32,91	4,90	32,91	Meyerhof ed altri	2,16

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	3,8	0,50	3,8	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,88
Strato 2	7,81	3,20	7,81	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,98
Strato 3	32,91	4,90	32,91	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	3,8	0,50	3,8	(A.G.I.)	0,35
Strato 2	7,81	3,20	7,81	(A.G.I.)	0,34
Strato 3	32,91	4,90	32,91	(A.G.I.)	0,29

**Modulo di deformazione a taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	3,8	0,50	3,8	Ohsaki (Sabbie pulite)	227,99
Strato 2	7,81	3,20	7,81	Ohsaki (Sabbie pulite)	448,75
Strato 3	32,91	4,90	32,91	Ohsaki (Sabbie pulite)	1734,61

**Velocità onde**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	3,8	0,50	3,8	Ohta & Goto (1978) Limi	65,952
Strato 2	7,81	3,20	7,81	Ohta & Goto (1978) Limi	109,929
Strato 3	32,91	4,90	32,91	Ohta & Goto (1978) Limi	164,005

**Modulo di reazione Ko**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	3,8	0,50	3,8	Navfac 1971-1982	0,70
Strato 2	7,81	3,20	7,81	Navfac 1971-1982	1,63
Strato 3	32,91	4,90	32,91	Navfac 1971-1982	6,00

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	3,8	0,50	3,8	Robertson 1983	7,60
Strato 2	7,81	3,20	7,81	Robertson 1983	15,62
Strato 3	32,91	4,90	32,91	Robertson 1983	65,82

**PROVA ...Pen2**

Strumento utilizzato...

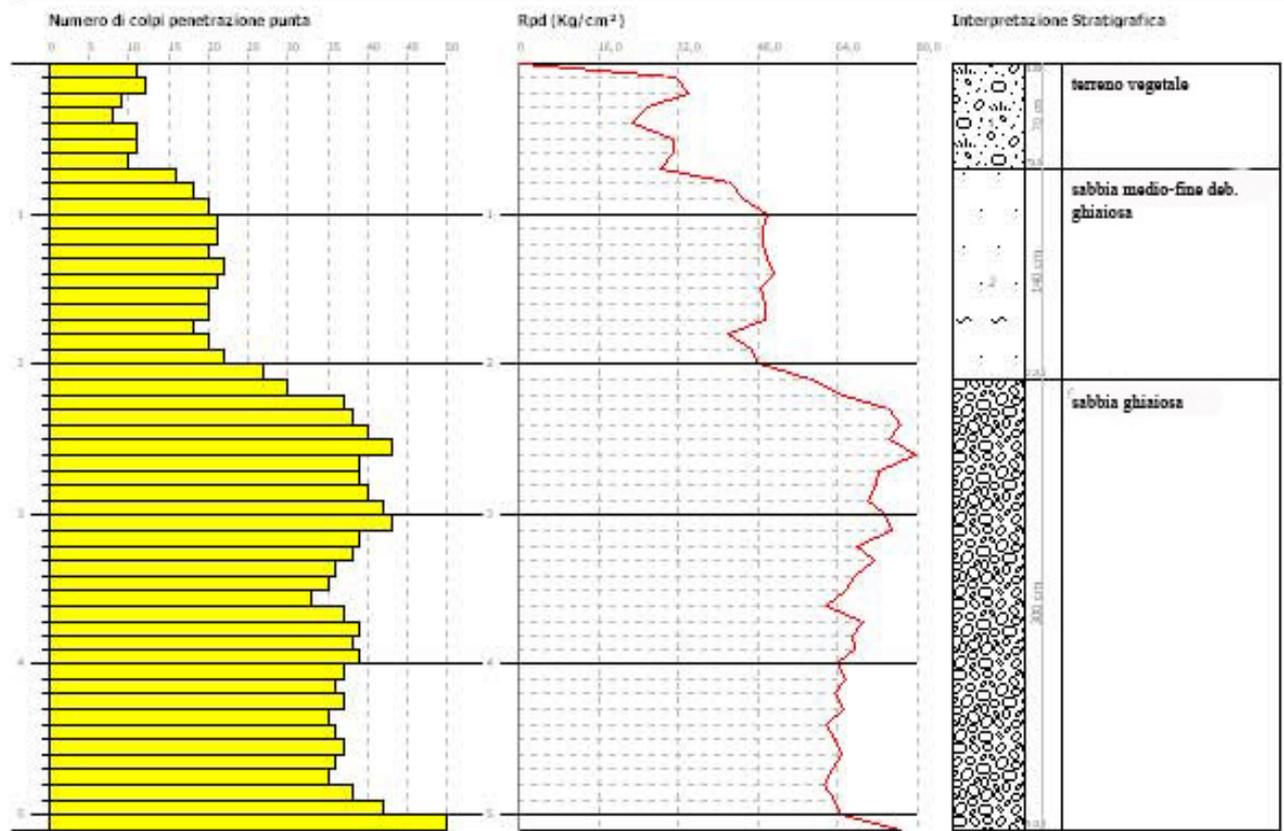
DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data: 08/04/2022

Profondità prova 5,10 mt

Falda non rilevata

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	11	0	0,857	31,47	36,73	1,57	1,84
0,20	12	0	0,855	34,25	40,07	1,71	2,00
0,30	9	0	0,853	25,63	30,06	1,28	1,50
0,40	8	0	0,851	22,73	26,72	1,14	1,34
0,50	11	0	0,849	31,18	36,73	1,56	1,84
0,60	11	0	0,847	31,11	36,73	1,56	1,84
0,70	10	0	0,845	28,22	33,40	1,41	1,67
0,80	16	0	0,793	42,39	53,43	2,12	2,67
0,90	18	0	0,792	45,15	57,04	2,26	2,85
1,00	20	0	0,790	50,05	63,38	2,50	3,17
1,10	21	0	0,738	49,11	66,55	2,46	3,33
1,20	21	0	0,736	49,00	66,55	2,45	3,33
1,30	20	0	0,785	49,73	63,38	2,49	3,17
1,40	22	0	0,733	51,09	69,72	2,55	3,49
1,50	21	0	0,731	48,66	66,55	2,43	3,33
1,60	20	0	0,780	49,41	63,38	2,47	3,17
1,70	20	0	0,778	49,31	63,38	2,47	3,17
1,80	18	0	0,776	44,28	57,04	2,21	2,85
1,90	20	0	0,775	46,72	60,30	2,34	3,02
2,00	22	0	0,723	47,97	66,33	2,40	3,32
2,10	27	0	0,722	58,75	81,41	2,94	4,07
2,20	30	0	0,720	65,14	90,45	3,26	4,52
2,30	37	0	0,669	74,59	111,56	3,73	5,58
2,40	38	0	0,667	76,44	114,57	3,82	5,73
2,50	40	0	0,616	74,25	120,60	3,71	6,03
2,60	43	0	0,614	79,64	129,65	3,98	6,48
2,70	39	0	0,613	72,06	117,59	3,60	5,88
2,80	39	0	0,611	71,90	117,59	3,59	5,88
2,90	40	0	0,610	70,16	115,02	3,51	5,75
3,00	42	0	0,609	73,51	120,77	3,68	6,04
3,10	43	0	0,607	75,09	123,64	3,75	6,18
3,20	39	0	0,606	67,96	112,14	3,40	5,61
3,30	38	0	0,655	71,54	109,27	3,58	5,46
3,40	36	0	0,653	67,64	103,51	3,38	5,18
3,50	35	0	0,652	65,63	100,64	3,28	5,03
3,60	33	0	0,651	61,76	94,89	3,09	4,74
3,70	37	0	0,650	69,11	106,39	3,46	5,32
3,80	39	0	0,598	67,11	112,14	3,36	5,61
3,90	38	0	0,647	67,59	104,43	3,38	5,22
4,00	39	0	0,596	63,88	107,18	3,19	5,36
4,10	37	0	0,645	65,57	101,68	3,28	5,08
4,20	36	0	0,644	63,68	98,93	3,18	4,95
4,30	37	0	0,643	65,33	101,68	3,27	5,08
4,40	35	0	0,641	61,70	96,18	3,08	4,81
4,50	36	0	0,640	63,35	98,93	3,17	4,95
4,60	37	0	0,639	65,00	101,68	3,25	5,08
4,70	36	0	0,638	63,13	98,93	3,16	4,95
4,80	35	0	0,637	61,28	96,18	3,06	4,81
4,90	38	0	0,636	63,61	100,00	3,18	5,00
5,00	42	0	0,585	64,66	110,53	3,23	5,53
5,10	50	0	0,584	76,84	131,58	3,84	6,58



### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Pen2 TERRENI INCOERENTI

#### Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	7,83	0,70	7,83	Gibbs & Holtz 1957	34,75
Strato 2	15,55	2,10	15,55	Gibbs & Holtz 1957	45,66
Strato 3	29,02	5,10	29,02	Gibbs & Holtz 1957	52,05

#### Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	7,83	0,70	7,83	Sowers (1961)	26,02
Strato 2	15,55	2,10	15,55	Sowers (1961)	32,35
Strato 3	29,02	5,10	29,02	Sowers (1961)	36,13

#### Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	7,83	0,70	7,83	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 2	15,55	2,10	15,55	Bowles (1982) Sabbia Media	152,75
Strato 3	29,02	5,10	29,02	Bowles (1982) Sabbia Media	220,10

#### Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	7,83	0,70	7,83	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	43,55
Strato 2	15,55	2,10	15,55	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	59,40
Strato 3	29,02	5,10	29,02	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	87,07

#### Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	7,83	0,70	7,83	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 2	15,55	2,10	15,55	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 3	29,02	5,10	29,02	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	7,83	0,70	7,83	Meyerhof ed altri	1,75
Strato 2	15,55	2,10	15,55	Meyerhof ed altri	1,89
Strato 3	29,02	5,10	29,02	Meyerhof ed altri	2,13

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	7,83	0,70	7,83	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,90
Strato 2	15,55	2,10	15,55	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,95
Strato 3	29,02	5,10	29,02	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	7,83	0,70	7,83	(A.G.I.)	0,34
Strato 2	15,55	2,10	15,55	(A.G.I.)	0,32
Strato 3	29,02	5,10	29,02	(A.G.I.)	0,3

**Modulo di deformazione a taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	7,83	0,70	7,83	Ohsaki (Sabbie pulite)	449,83
Strato 2	15,55	2,10	15,55	Ohsaki (Sabbie pulite)	857,31
Strato 3	29,02	5,10	29,02	Ohsaki (Sabbie pulite)	1541,16

**Velocità onde**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	7,83	0,70	7,83	Ohta & Goto (1978) Limi	79,753
Strato 2	15,55	2,10	15,55	Ohta & Goto (1978) Limi	117,353
Strato 3	29,02	5,10	29,02	Ohta & Goto (1978) Limi	156,868

**Modulo di reazione Ko**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	7,83	0,70	7,83	Navfac 1971-1982	1,63
Strato 2	15,55	2,10	15,55	Navfac 1971-1982	3,23
Strato 3	29,02	5,10	29,02	Navfac 1971-1982	5,47

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	7,83	0,70	7,83	Robertson 1983	15,66
Strato 2	15,55	2,10	15,55	Robertson 1983	31,10
Strato 3	29,02	5,10	29,02	Robertson 1983	58,04

**PROVA ...Pen3**

Strumento utilizzato...

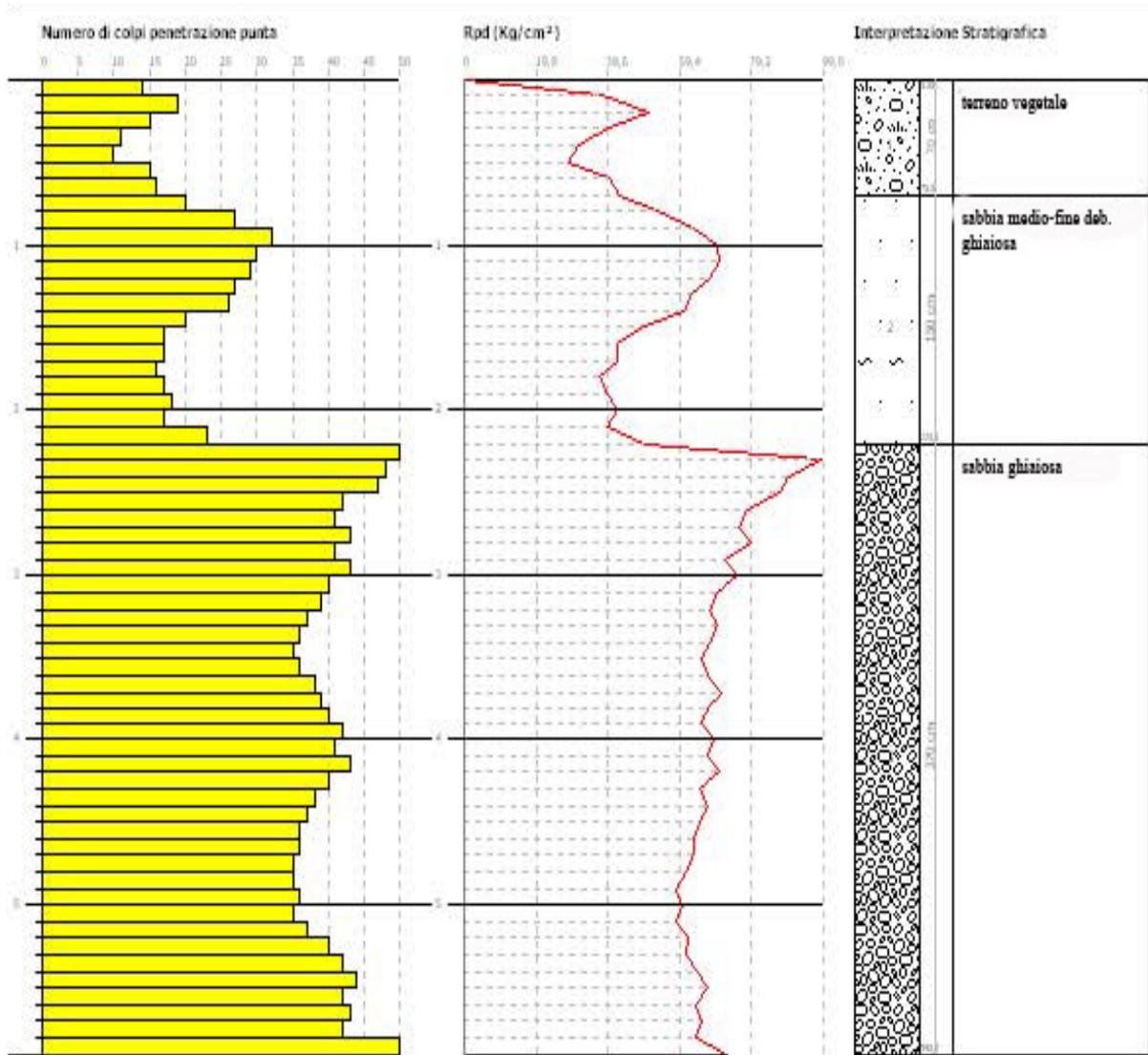
DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data:08/04/2022

Profondità prova 5,90mt

Falda non rilevata

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	14	0	0,807	37,71	46,75	1,89	2,34
0,20	19	0	0,805	51,05	63,45	2,55	3,17
0,30	15	0	0,803	40,21	50,09	2,01	2,50
0,40	11	0	0,851	31,25	36,73	1,56	1,84
0,50	10	0	0,849	28,35	33,40	1,42	1,67
0,60	15	0	0,797	39,92	50,09	2,00	2,50
0,70	16	0	0,795	42,49	53,43	2,12	2,67
0,80	20	0	0,793	52,99	66,79	2,65	3,34
0,90	27	0	0,742	63,45	85,56	3,17	4,28
1,00	32	0	0,690	69,95	101,41	3,50	5,07
1,10	30	0	0,738	70,16	95,07	3,51	4,75
1,20	29	0	0,736	67,66	91,90	3,38	4,60
1,30	27	0	0,735	62,85	85,56	3,14	4,28
1,40	26	0	0,733	60,38	82,39	3,02	4,12
1,50	20	0	0,781	49,51	63,38	2,48	3,17
1,60	17	0	0,780	42,00	53,87	2,10	2,69
1,70	17	0	0,778	41,91	53,87	2,10	2,69
1,80	16	0	0,776	39,36	50,70	1,97	2,54
1,90	17	0	0,775	39,71	51,26	1,99	2,56
2,00	18	0	0,773	41,96	54,27	2,10	2,71
2,10	17	0	0,772	39,55	51,26	1,98	2,56
2,20	23	0	0,720	49,94	69,35	2,50	3,47
2,30	53	0	0,619	98,86	159,80	4,94	7,99
2,40	48	0	0,617	89,32	144,72	4,47	7,24
2,50	47	0	0,616	87,25	141,71	4,36	7,09
2,60	42	0	0,614	77,78	126,63	3,89	6,33
2,70	41	0	0,613	75,76	123,62	3,79	6,18
2,80	43	0	0,611	79,27	129,65	3,96	6,48
2,90	41	0	0,610	71,92	117,89	3,60	5,89
3,00	43	0	0,609	75,26	123,64	3,76	6,18
3,10	40	0	0,607	69,85	115,02	3,49	5,75
3,20	39	0	0,606	67,96	112,14	3,40	5,61
3,30	37	0	0,655	69,65	106,39	3,48	5,32
3,40	36	0	0,653	67,64	103,51	3,38	5,18
3,50	35	0	0,652	65,63	100,64	3,28	5,03
3,60	36	0	0,651	67,37	103,51	3,37	5,18
3,70	38	0	0,650	70,98	109,27	3,55	5,46
3,80	39	0	0,598	67,11	112,14	3,36	5,61
3,90	40	0	0,597	65,65	109,92	3,28	5,50
4,00	42	0	0,596	68,79	115,42	3,44	5,77
4,10	41	0	0,595	67,02	112,67	3,35	5,63
4,20	43	0	0,594	70,16	118,17	3,51	5,91
4,30	40	0	0,593	65,14	109,92	3,26	5,50
4,40	38	0	0,641	66,98	104,43	3,35	5,22
4,50	37	0	0,640	65,11	101,68	3,26	5,08
4,60	36	0	0,639	63,24	98,93	3,16	4,95
4,70	36	0	0,638	63,13	98,93	3,16	4,95
4,80	35	0	0,637	61,28	96,18	3,06	4,81
4,90	35	0	0,636	58,58	92,11	2,93	4,61
5,00	36	0	0,635	60,16	94,74	3,01	4,74
5,10	35	0	0,634	58,40	92,11	2,92	4,61
5,20	37	0	0,633	61,63	97,37	3,08	4,87
5,30	40	0	0,582	61,26	105,26	3,06	5,26
5,40	42	0	0,581	64,22	110,53	3,21	5,53
5,50	44	0	0,580	67,17	115,79	3,36	5,79
5,60	42	0	0,579	64,01	110,53	3,20	5,53
5,70	43	0	0,578	65,43	113,16	3,27	5,66
5,80	42	0	0,577	63,80	110,53	3,19	5,53
5,90	50	0	0,576	72,75	126,23	3,64	6,31



**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Pen3 - TERRENI INCOERENTI**

**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	10,87	0,70	10,87	Gibbs & Holtz 1957	41,81
Strato 2	17,05	2,20	17,05	Gibbs & Holtz 1957	47,39
Strato 3	30,68	5,90	30,68	Gibbs & Holtz 1957	58,97

**Angolo di resistenza al taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	10,87	0,70	10,87	Sowers (1961)	26,04
Strato 2	17,05	2,20	17,05	Sowers (1961)	32,77
Strato 3	30,68	5,90	30,68	Sowers (1961)	36,59

**Modulo di Young**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	10,87	0,70	10,87	Bowles (1982) Sabbia Media	129,35
Strato 2	17,05	2,20	17,05	Bowles (1982) Sabbia Media	160,25
Strato 3	30,68	5,90	30,68	Bowles (1982) Sabbia Media	228,40

**Modulo Edometrico**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	10,87	0,70	10,87	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	49,79
Strato 2	17,05	2,20	17,05	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	62,49
Strato 3	30,68	5,90	30,68	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	90,48

#### Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	10,87	0,70	10,87	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 2	17,05	2,20	17,05	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 3	30,68	5,90	30,68	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

#### Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	10,87	0,70	10,87	Meyerhof ed altri	1,76
Strato 2	17,05	2,20	17,05	Meyerhof ed altri	1,93
Strato 3	30,68	5,90	30,68	Meyerhof ed altri	2,14

#### Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	10,87	0,70	10,87	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,92
Strato 2	17,05	2,20	17,05	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,96
Strato 3	30,68	5,90	30,68	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

#### Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	10,87	0,70	10,87	(A.G.I.)	0,33
Strato 2	17,05	2,20	17,05	(A.G.I.)	0,32
Strato 3	30,68	5,90	30,68	(A.G.I.)	0,29

#### Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	10,87	0,70	10,87	Ohsaki (Sabbie pulite)	612,31
Strato 2	17,05	2,20	17,05	Ohsaki (Sabbie pulite)	934,83
Strato 3	30,68	5,90	30,68	Ohsaki (Sabbie pulite)	1623,89

#### Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	10,87	0,70	10,87	Ohta & Goto (1978) Limi	84,41
Strato 2	17,05	2,20	17,05	Ohta & Goto (1978) Limi	120,048
Strato 3	30,68	5,90	30,68	Ohta & Goto (1978) Limi	162,027

#### Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	10,87	0,70	10,87	Navfac 1971-1982	2,29
Strato 2	17,05	2,20	17,05	Navfac 1971-1982	3,52
Strato 3	30,68	5,90	30,68	Navfac 1971-1982	5,70

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	10,87	0,70	10,87	Robertson 1983	21,74
Strato 2	17,05	2,20	17,05	Robertson 1983	34,10
Strato 3	30,68	5,90	30,68	Robertson 1983	61,36

**PROVA ...Pen4**

Strumento utilizzato...

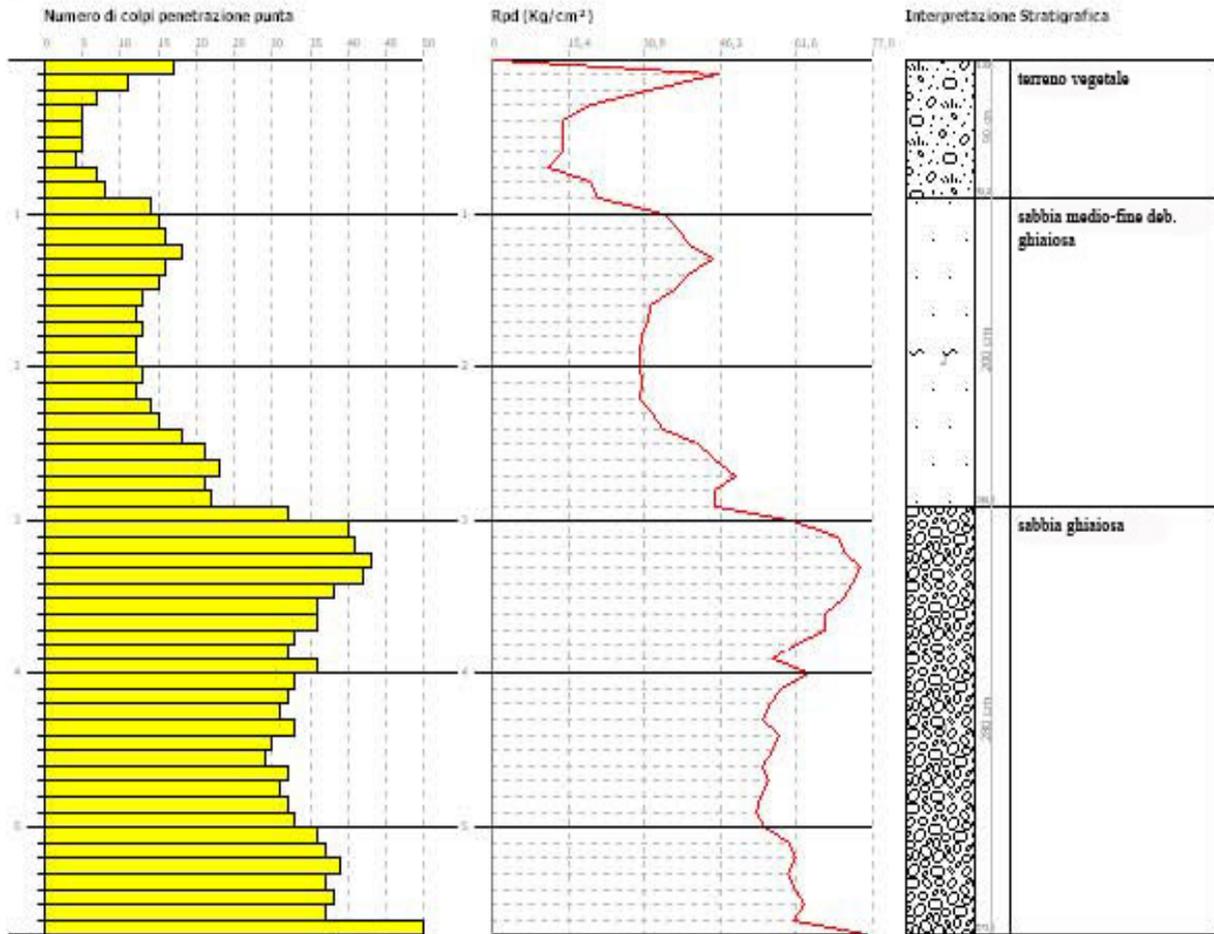
DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data: 08/04/2022

Profondità prova 5,70 mt

Falda non rilevata

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	17	0	0,807	45,79	56,77	2,29	2,84
0,20	11	0	0,855	31,39	36,73	1,57	1,84
0,30	7	0	0,853	19,93	23,38	1,00	1,17
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	5	0	0,847	14,14	16,70	0,71	0,83
0,70	4	0	0,845	11,29	13,36	0,56	0,67
0,80	7	0	0,843	19,71	23,38	0,99	1,17
0,90	8	0	0,842	21,33	25,35	1,07	1,27
1,00	14	0	0,790	35,04	44,37	1,75	2,22
1,10	15	0	0,788	37,46	47,54	1,87	2,38
1,20	16	0	0,786	39,87	50,70	1,99	2,54
1,30	18	0	0,785	44,75	57,04	2,24	2,85
1,40	16	0	0,783	39,69	50,70	1,98	2,54
1,50	15	0	0,781	37,13	47,54	1,86	2,38
1,60	13	0	0,780	32,12	41,20	1,61	2,06
1,70	12	0	0,828	31,48	38,03	1,57	1,90
1,80	13	0	0,776	31,98	41,20	1,60	2,06
1,90	12	0	0,825	29,84	36,18	1,49	1,81
2,00	12	0	0,823	29,78	36,18	1,49	1,81
2,10	13	0	0,772	30,25	39,20	1,51	1,96
2,20	12	0	0,820	29,67	36,18	1,48	1,81
2,30	14	0	0,769	32,44	42,21	1,62	2,11
2,40	15	0	0,767	34,69	45,23	1,73	2,26
2,50	18	0	0,766	41,55	54,27	2,08	2,71
2,60	21	0	0,714	45,22	63,32	2,26	3,17
2,70	23	0	0,713	49,43	69,35	2,47	3,47
2,80	21	0	0,711	45,04	63,32	2,25	3,17
2,90	22	0	0,710	44,92	63,26	2,25	3,16
3,00	32	0	0,659	60,61	92,01	3,03	4,60
3,10	40	0	0,607	69,85	115,02	3,49	5,75
3,20	41	0	0,606	71,44	117,89	3,57	5,89
3,30	43	0	0,605	74,77	123,64	3,74	6,18
3,40	42	0	0,603	72,87	120,77	3,64	6,04
3,50	38	0	0,652	71,25	109,27	3,56	5,46
3,60	36	0	0,651	67,37	103,51	3,37	5,18
3,70	36	0	0,650	67,25	103,51	3,36	5,18
3,80	33	0	0,648	61,53	94,89	3,08	4,74
3,90	32	0	0,647	56,91	87,94	2,85	4,40
4,00	36	0	0,646	63,91	98,93	3,20	4,95
4,10	33	0	0,645	58,48	90,69	2,92	4,53
4,20	32	0	0,644	56,61	87,94	2,83	4,40
4,30	31	0	0,643	54,74	85,19	2,74	4,26
4,40	33	0	0,641	58,17	90,69	2,91	4,53
4,50	30	0	0,690	56,91	82,44	2,85	4,12
4,60	29	0	0,689	54,93	79,69	2,75	3,98
4,70	32	0	0,638	56,12	87,94	2,81	4,40
4,80	31	0	0,637	54,28	85,19	2,71	4,26
4,90	32	0	0,636	53,56	84,21	2,68	4,21
5,00	33	0	0,635	55,15	86,84	2,76	4,34
5,10	36	0	0,634	60,06	94,74	3,00	4,74
5,20	37	0	0,633	61,63	97,37	3,08	4,87
5,30	39	0	0,582	59,73	102,63	2,99	5,13
5,40	37	0	0,631	61,44	97,37	3,07	4,87
5,50	38	0	0,630	63,01	100,00	3,15	5,00
5,60	37	0	0,629	61,26	97,37	3,06	4,87
5,70	50	0	0,578	76,08	131,58	3,80	6,58



### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Pen4 - TERRENI INCOERENTI

#### Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	5,84	0,90	5,84	Gibbs & Holtz 1957	28,5
Strato 2	11,99	2,90	11,99	Gibbs & Holtz 1957	38,28
Strato 3	27,15	5,70	27,15	Gibbs & Holtz 1957	48,9

#### Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	5,84	0,90	5,84	Sowers (1961)	25,64
Strato 2	11,99	2,90	11,99	Sowers (1961)	31,36
Strato 3	27,15	5,70	27,15	Sowers (1961)	35,6

#### Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	5,84	0,90	5,84	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 2	11,99	2,90	11,99	Bowles (1982) Sabbia Media	134,95
Strato 3	27,15	5,70	27,15	Bowles (1982) Sabbia Media	210,75

#### Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	5,84	0,90	5,84	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	39,46
Strato 2	11,99	2,90	11,99	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	52,09
Strato 3	27,15	5,70	27,15	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	83,23

#### Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	5,84	0,90	5,84	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 2	11,99	2,90	11,99	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 3	27,15	5,70	27,15	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	5,84	0,90	5,84	Meyerhof ed altri	1,7
Strato 2	11,99	2,90	11,99	Meyerhof ed altri	1,89
Strato 3	27,15	5,70	27,15	Meyerhof ed altri	2,10

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	5,84	0,90	5,84	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,9
Strato 2	11,99	2,90	11,99	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,05
Strato 3	27,15	5,70	27,15	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	5,84	0,90	5,84	(A.G.I.)	0,34
Strato 2	11,99	2,90	11,99	(A.G.I.)	0,33
Strato 3	27,15	5,70	27,15	(A.G.I.)	0,3

**Modulo di deformazione a taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	5,84	0,90	5,84	Ohsaki (Sabbie pulite)	341,46
Strato 2	11,99	2,90	11,99	Ohsaki (Sabbie pulite)	671,43
Strato 3	27,15	5,70	27,15	Ohsaki (Sabbie pulite)	1447,63

**Velocità onde**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	5,84	0,90	5,84	Ohta & Goto (1978) Limi	79,576
Strato 2	11,99	2,90	11,99	Ohta & Goto (1978) Limi	119,003
Strato 3	27,15	5,70	27,15	Ohta & Goto (1978) Limi	160,481

**Modulo di reazione Ko**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	5,84	0,90	5,84	Navfac 1971-1982	1,18
Strato 2	11,99	2,90	11,99	Navfac 1971-1982	2,52
Strato 3	27,15	5,70	27,15	Navfac 1971-1982	5,20

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	5,84	0,90	5,84	Robertson 1983	11,68
Strato 2	11,99	2,90	11,99	Robertson 1983	23,98
Strato 3	27,15	5,70	27,15	Robertson 1983	54,30

**PROVA ...Pen5**

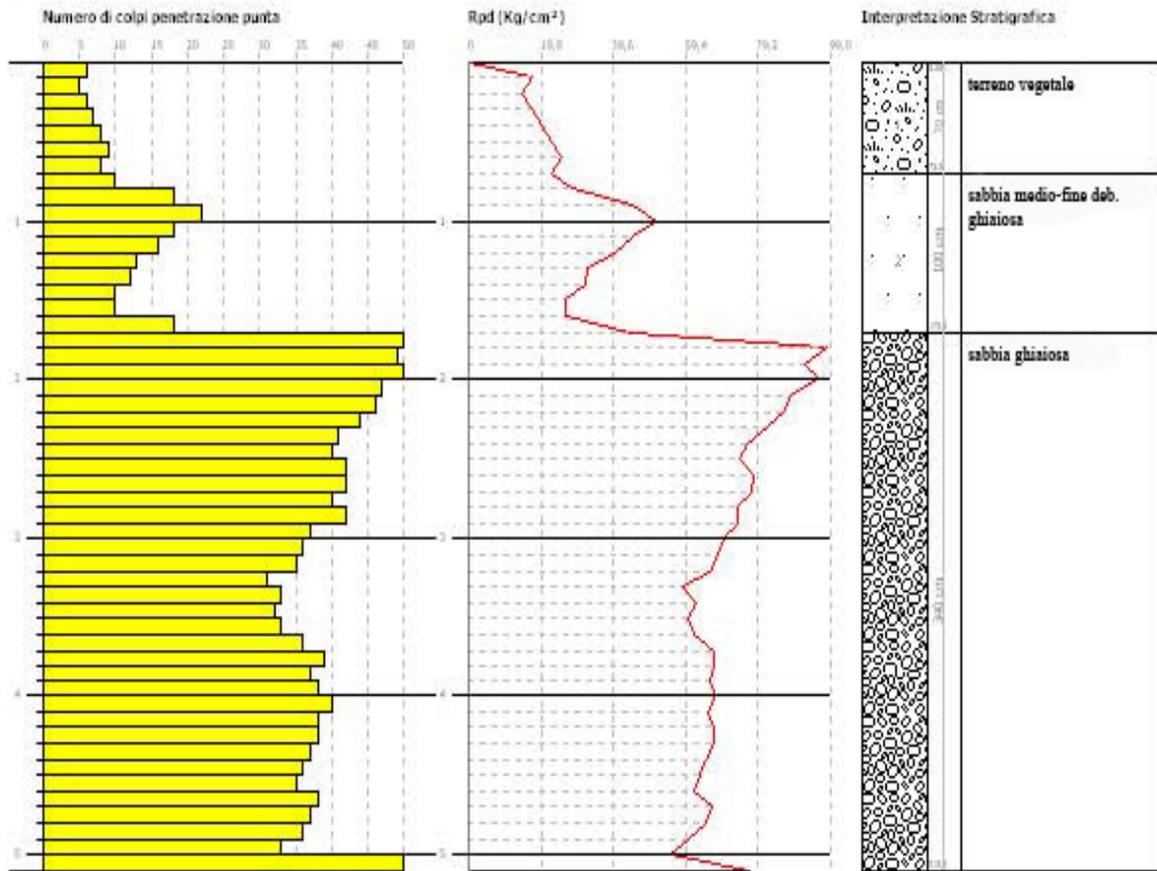
Strumento utilizzato...

DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data: 08/04/2022

Profondità prova 5,10 mt Falda non rilevata

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	6	0	0,857	17,16	20,04	0,86	1,00
0,20	5	0	0,855	14,27	16,70	0,71	0,83
0,30	6	0	0,853	17,09	20,04	0,85	1,00
0,40	7	0	0,851	19,89	23,38	0,99	1,17
0,50	8	0	0,849	22,68	26,72	1,13	1,34
0,60	9	0	0,847	25,46	30,06	1,27	1,50
0,70	8	0	0,845	22,58	26,72	1,13	1,34
0,80	10	0	0,843	28,16	33,40	1,41	1,67
0,90	18	0	0,792	45,15	57,04	2,26	2,85
1,00	22	0	0,740	51,57	69,72	2,58	3,49
1,10	18	0	0,788	44,95	57,04	2,25	2,85
1,20	16	0	0,786	39,87	50,70	1,99	2,54
1,30	13	0	0,785	32,32	41,20	1,62	2,06
1,40	12	0	0,833	31,67	38,03	1,58	1,90
1,50	10	0	0,831	26,34	31,69	1,32	1,58
1,60	10	0	0,830	26,29	31,69	1,31	1,58
1,70	18	0	0,778	44,37	57,04	2,22	2,85
1,80	52	0	0,626	103,21	164,79	5,16	8,24
1,90	49	0	0,625	92,30	147,74	4,61	7,39
2,00	51	0	0,623	95,83	153,77	4,79	7,69
2,10	47	0	0,622	88,09	141,71	4,40	7,09
2,20	46	0	0,620	86,01	138,69	4,30	6,93
2,30	44	0	0,619	82,07	132,66	4,10	6,63
2,40	41	0	0,617	76,29	123,62	3,81	6,18
2,50	40	0	0,616	74,25	120,60	3,71	6,03
2,60	42	0	0,614	77,78	126,63	3,89	6,33
2,70	42	0	0,613	77,60	126,63	3,88	6,33
2,80	40	0	0,611	73,74	120,60	3,69	6,03
2,90	42	0	0,610	73,67	120,77	3,68	6,04
3,00	37	0	0,659	70,08	106,39	3,50	5,32
3,10	36	0	0,657	68,04	103,51	3,40	5,18
3,20	35	0	0,656	66,02	100,64	3,30	5,03
3,30	31	0	0,655	58,36	89,14	2,92	4,46
3,40	33	0	0,653	62,00	94,89	3,10	4,74
3,50	32	0	0,652	60,00	92,01	3,00	4,60
3,60	33	0	0,651	61,76	94,89	3,09	4,74
3,70	36	0	0,650	67,25	103,51	3,36	5,18
3,80	39	0	0,598	67,11	112,14	3,36	5,61
3,90	37	0	0,647	65,81	101,68	3,29	5,08
4,00	38	0	0,646	67,46	104,43	3,37	5,22
4,10	40	0	0,595	65,39	109,92	3,27	5,50
4,20	38	0	0,644	67,22	104,43	3,36	5,22
4,30	38	0	0,643	67,10	104,43	3,36	5,22
4,40	37	0	0,641	65,22	101,68	3,26	5,08
4,50	36	0	0,640	63,35	98,93	3,17	4,95
4,60	35	0	0,639	61,48	96,18	3,07	4,81
4,70	38	0	0,638	66,64	104,43	3,33	5,22
4,80	37	0	0,637	64,78	101,68	3,24	5,08
4,90	36	0	0,636	60,26	94,74	3,01	4,74
5,00	33	0	0,635	55,15	86,84	2,76	4,34
5,10	50	0	0,584	76,84	131,58	3,84	6,58



### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Pen5 - TERRENI INCOERENTI

#### Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	5,33	0,70	5,33	Gibbs & Holtz 1957	27,07
Strato 2	11,19	1,70	11,19	Gibbs & Holtz 1957	39,29
Strato 3	30,01	5,10	30,01	Gibbs & Holtz 1957	61,32

#### Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	5,33	0,70	5,33	Sowers (1961)	26,49
Strato 2	11,19	1,70	11,19	Sowers (1961)	31,13
Strato 3	30,01	5,10	30,01	Sowers (1961)	36,4

#### Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	5,33	0,70	5,33	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 2	11,19	1,70	11,19	Bowles (1982) Sabbia Media	130,95
Strato 3	30,01	5,10	30,01	Bowles (1982) Sabbia Media	225,05

#### Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	5,33	0,70	5,33	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	38,41
Strato 2	11,19	1,70	11,19	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	50,45
Strato 3	30,01	5,10	30,01	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	89,11

#### Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	5,33	0,70	5,33	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 2	11,19	1,70	11,19	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 3	30,01	5,10	30,01	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

#### Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	5,33	0,70	5,33	Meyerhof ed altri	1,7
Strato 2	11,19	1,70	11,19	Meyerhof ed altri	1,8
Strato 3	30,01	5,10	30,01	Meyerhof ed altri	2,14

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	5,33	0,70	5,33	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,89
Strato 2	11,19	1,70	11,19	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,99
Strato 3	30,01	5,10	30,01	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	5,33	0,70	5,33	(A.G.I.)	0,34
Strato 2	11,19	1,70	11,19	(A.G.I.)	0,33
Strato 3	30,01	5,10	30,01	(A.G.I.)	0,29

**Modulo di deformazione a taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	5,33	0,70	5,33	Ohsaki (Sabbie pulite)	313,36
Strato 2	11,19	1,70	11,19	Ohsaki (Sabbie pulite)	629,24
Strato 3	30,01	5,10	30,01	Ohsaki (Sabbie pulite)	1590,54

**Velocità onde**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	5,33	0,70	5,33	Ohta & Goto (1978) Limi	74,619
Strato 2	11,19	1,70	11,19	Ohta & Goto (1978) Limi	107,61
Strato 3	30,01	5,10	30,01	Ohta & Goto (1978) Limi	156,05

**Modulo di reazione Ko**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	5,33	0,70	5,33	Navfac 1971-1982	1,06
Strato 2	11,19	1,70	11,19	Navfac 1971-1982	2,35
Strato 3	30,01	5,10	30,01	Navfac 1971-1982	5,61

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	5,33	0,70	5,33	Robertson 1983	10,66
Strato 2	11,19	1,70	11,19	Robertson 1983	22,38
Strato 3	30,01	5,10	30,01	Robertson 1983	60,02

**PROVA ...Pen6**

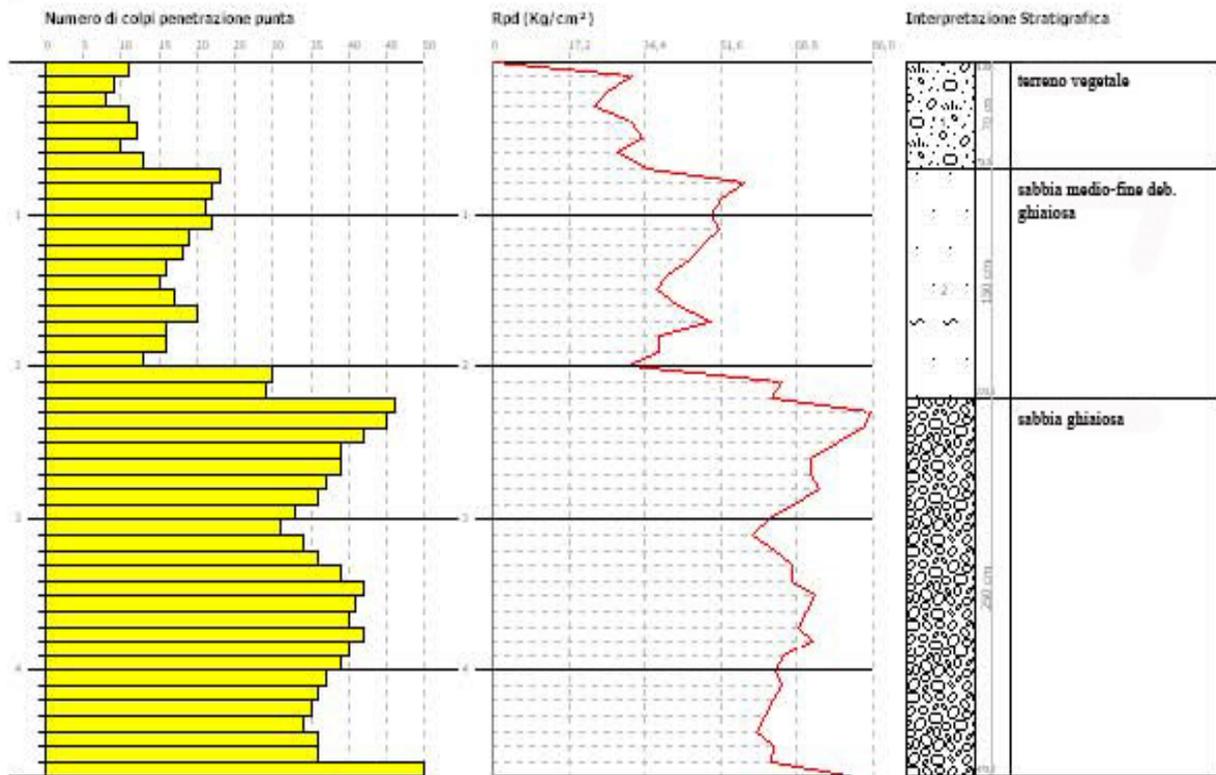
Strumento utilizzato...

DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data: 08/04/2022

Profondità prova 4,70 mt Falda non rilevata

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	11	0	0,857	31,47	36,73	1,57	1,84
0,20	9	0	0,855	25,69	30,06	1,28	1,50
0,30	8	0	0,853	22,78	26,72	1,14	1,34
0,40	11	0	0,851	31,25	36,73	1,56	1,84
0,50	12	0	0,849	34,02	40,07	1,70	2,00
0,60	10	0	0,847	28,29	33,40	1,41	1,67
0,70	13	0	0,795	34,52	43,41	1,73	2,17
0,80	23	0	0,743	57,09	76,81	2,85	3,84
0,90	22	0	0,742	51,70	69,72	2,58	3,49
1,00	21	0	0,740	49,23	66,55	2,46	3,33
1,10	22	0	0,738	51,45	69,72	2,57	3,49
1,20	19	0	0,786	47,34	60,21	2,37	3,01
1,30	18	0	0,785	44,75	57,04	2,24	2,85
1,40	16	0	0,783	39,69	50,70	1,98	2,54
1,50	15	0	0,781	37,13	47,54	1,86	2,38
1,60	17	0	0,780	42,00	53,87	2,10	2,69
1,70	20	0	0,778	49,31	63,38	2,47	3,17
1,80	16	0	0,776	39,36	50,70	1,97	2,54
1,90	16	0	0,775	37,37	48,24	1,87	2,41
2,00	13	0	0,773	30,31	39,20	1,52	1,96
2,10	30	0	0,722	65,27	90,45	3,26	4,52
2,20	29	0	0,720	62,97	87,44	3,15	4,37
2,30	46	0	0,619	85,80	138,69	4,29	6,93
2,40	45	0	0,617	83,73	135,68	4,19	6,78
2,50	42	0	0,616	77,97	126,63	3,90	6,33
2,60	39	0	0,614	72,23	117,59	3,61	5,88
2,70	39	0	0,613	72,06	117,59	3,60	5,88
2,80	37	0	0,661	73,79	111,56	3,69	5,58
2,90	36	0	0,660	68,32	103,51	3,42	5,18
3,00	33	0	0,659	62,50	94,89	3,13	4,74
3,10	31	0	0,657	58,59	89,14	2,93	4,46
3,20	34	0	0,656	64,13	97,76	3,21	4,89
3,30	36	0	0,655	67,77	103,51	3,39	5,18
3,40	39	0	0,603	67,67	112,14	3,38	5,61
3,50	42	0	0,602	72,72	120,77	3,64	6,04
3,60	41	0	0,601	70,84	117,89	3,54	5,89
3,70	40	0	0,600	68,97	115,02	3,45	5,75
3,80	42	0	0,598	72,27	120,77	3,61	6,04
3,90	40	0	0,597	65,65	109,92	3,28	5,50
4,00	39	0	0,596	63,88	107,18	3,19	5,36
4,10	37	0	0,645	65,57	101,68	3,28	5,08
4,20	36	0	0,644	63,68	98,93	3,18	4,95
4,30	35	0	0,643	61,80	96,18	3,09	4,81
4,40	34	0	0,641	59,93	93,44	3,00	4,67
4,50	36	0	0,640	63,35	98,93	3,17	4,95
4,60	36	0	0,639	63,24	98,93	3,16	4,95
4,70	50	0	0,588	80,82	137,40	4,04	6,87



### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Pen6 -TERRENI INCOERENTI

#### Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	8,04	0,70	8,04	Gibbs & Holtz 1957	35,3
Strato 2	15,07	2,20	15,07	Gibbs & Holtz 1957	44,72
Strato 3	29,37	4,70	29,37	Gibbs & Holtz 1957	52,95

#### Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	8,04	0,70	8,04	Sowers (1961)	26,5
Strato 2	15,07	2,20	15,07	Sowers (1961)	32,22
Strato 3	29,37	4,70	29,37	Sowers (1961)	36,22

#### Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	8,04	0,70	8,04	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 2	15,07	2,20	15,07	Bowles (1982) Sabbia Media	150,35
Strato 3	29,37	4,70	29,37	Bowles (1982) Sabbia Media	221,85

#### Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	8,04	0,70	8,04	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	43,98
Strato 2	15,07	2,20	15,07	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	58,42
Strato 3	29,37	4,70	29,37	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	87,79

#### Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	8,04	0,70	8,04	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 2	15,07	2,20	15,07	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 3	29,37	4,70	29,37	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	8,04	0,70	8,04	Meyerhof ed altri	1,76
Strato 2	15,07	2,20	15,07	Meyerhof ed altri	1,88
Strato 3	29,37	4,70	29,37	Meyerhof ed altri	2,13

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	8,04	0,70	8,04	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,91
Strato 2	15,07	2,20	15,07	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,95
Strato 3	29,37	4,70	29,37	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	8,04	0,70	8,04	(A.G.I.)	0,34
Strato 2	15,07	2,20	15,07	(A.G.I.)	0,32
Strato 3	29,37	4,70	29,37	(A.G.I.)	0,3

**Modulo di deformazione a taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	8,04	0,70	8,04	Ohsaki (Sabbie pulite)	461,16
Strato 2	15,07	2,20	15,07	Ohsaki (Sabbie pulite)	832,41
Strato 3	29,37	4,70	29,37	Ohsaki (Sabbie pulite)	1558,63

**Velocità onde**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	8,04	0,70	8,04	Ohta & Goto (1978) Limi	80,119
Strato 2	15,07	2,20	15,07	Ohta & Goto (1978) Limi	117,511
Strato 3	29,37	4,70	29,37	Ohta & Goto (1978) Limi	155,908

**Modulo di reazione Ko**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	8,04	0,70	8,04	Navfac 1971-1982	1,68
Strato 2	15,07	2,20	15,07	Navfac 1971-1982	3,14
Strato 3	29,37	4,70	29,37	Navfac 1971-1982	5,52

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	8,04	0,70	8,04	Robertson 1983	16,08
Strato 2	15,07	2,20	15,07	Robertson 1983	30,14
Strato 3	29,37	4,70	29,37	Robertson 1983	58,74

## 8. Considerazioni sulla Sismicità dell'aera

La normativa regionale indicata nella L. R. n. 9 del 07/06/2011, dispone che l'abitato di Grottole sia classificato Zona Sismica "2c" con un PGA (Peak Ground Acceleration) pari a **0.200** e una magnitudo attesa a distanza di **50 km** pari a **6.7**.

Il suolo di fondazione essere associato, in base ai dati delle indagine sismiche eseguite nella campagna geognostica, alla categoria di suolo "C"

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

Per tali terreni i parametri sismici con un coefficiente topografico T1, sono:

### PARAMETRI SISMICI

Categoria sottosuolo: C

Periodo di riferimento: 50 anni

#### Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr:30 [anni]

ag: 0,042 g

Fo: 2,445

Tc\*: 0,291 [s]

#### Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 475 [anni]

ag: 0,161 g

Fo: 2,480

Tc\*: 0,338 [s]

### COEFFICIENTI SISMICI

#### SLO:

Ss: 1,500

Cc: 1.580

St: 1,000

Kh: 0,011

Kv: 0,006

Amax: 0.661

Beta: 0,180

#### SLD:

Ss: 1,500

Cc: 1,540

St: 1,000

Kh: 0,015

Kv: 0,008

Amax: 0.837

Beta: 0,180

Categoria topografica: T1

Coefficiente cu: 1

#### Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 50 [anni]

ag: 0,057 g

Fo: 2,492

Tc\*: 0,311[s]

#### Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %

Tr: 975 [anni]

g: 0,208 g

Fo: 2,489

Tc\*: 0,342 [s]

#### SLV:

Ss: 1,460

Cc: 1,500

St: 1,000

Kh: 0,057

Kv: 0,028

Amax: 2.310

Beta: 0,240

#### SLC:

Ss: 1,390

Cc: 1,500

St: 1,000

Kh: 0,090

Kv: 0,045

Amax: 2.833

Beta: 0,310

### 8.1 MICROZONAZIONE SISMICA DELL'AREA OGGETTO DI STUDIO

Nella progettazione di nuove opere o di interventi su opere esistenti, gli studi di Microzonazione Sismica evidenziano la presenza di fenomeni di possibile amplificazione dello scuotimento sismico legati alle caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche dell'area e di fenomeni di instabilità e deformazione permanente attivati dal sisma.

Gli studi di Microzonazione Sismica, quindi, possono offrire elementi conoscitivi utili per la progettazione di opere, con differente incisività in funzione del livello di approfondimento e delle caratteristiche delle opere stesse, indirizzando alla scelta delle indagini di dettaglio.

Nel presente studio è stato eseguito un approfondimento di I° livello mappando l'intera zona circostante l'area di sedime del parco fotovoltaico in progetto in zone a suscettibilità sismica differenti.

Come riportato nell'allegato A.12.a.11.2 "Carta della Microzonazione Sismica" l'area di sedime del parco in progetto è divisa in n. 3 zone sismiche differenti: due classificate **Zone Stabili (b) a suscettibili di amplificazioni locali**, mentre una è stata classificata **Zona suscettibili di instabilità (a) in cui gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del terreno** come l'instabilità di versante.

Tutti gli aerogeneratori in progetto ricadono sui terreni alluvionali recenti della valle del Fiume Basento. Tali terreni sono stati classificati in Zona Stabile suscettibile di amplificazione locale (Mz-b-1) poiché il pacchetto di sedimenti molto spesso, con un bedrock sismico non presente nei primi 30 mt di profondità, potrebbe amplificare la risposta sismica locale dei terreni anche se perfettamente pianeggianti e privi di caratteri amplificativi vari come instabilità superficiali e profonde, cedimenti differenziali, liquefazioni o presenze di faghi attive e capaci.

## 9. Considerazioni sui terreni di fondazione del Parco Fotovoltaico in progetto

Il parco fotovoltaico in progetto composto da n. 4 aree contigue che saranno disposte principalmente sui terreni sabbioso ghiaiosi dei depositi alluvionali recenti della valle del Fiume Basento e solo in parte, quello disposte più a nord, sui terreni sabbioso limosi ghiaiosi dei depositi terrazzati fluviali di quota basse del Fiume Basento.

Essi sono tutti ubicati in aree pianeggianti la cui continuità è interrotta da fossi poco profondi che scorrono verso l'alveo del Fiume Basento.

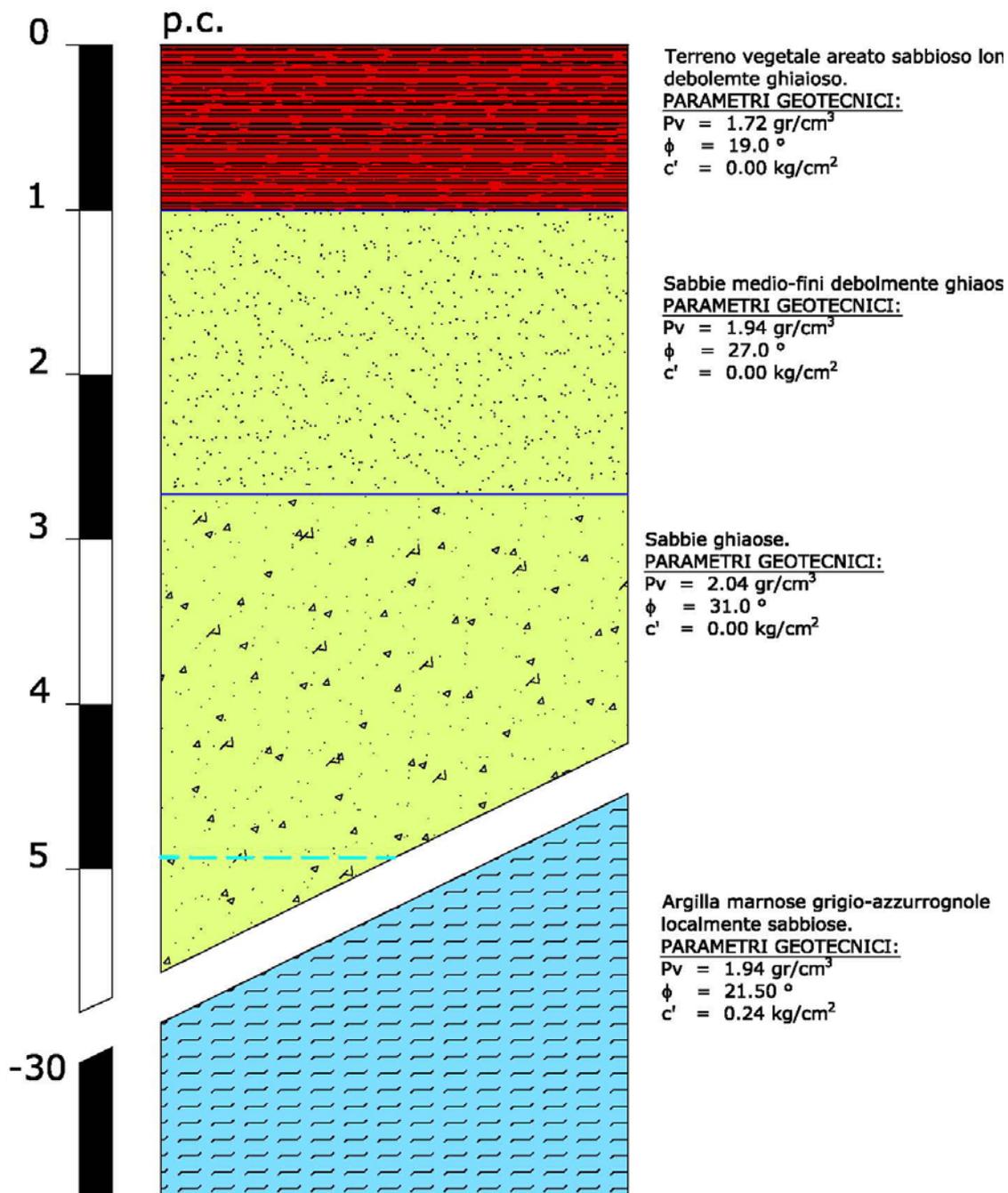
I terreni presenti in questa piana sono terreni con discrete caratteristiche geotecniche, privi di instabilità sia profonda che superficiale o areale.

In generale sono terreni sabbiosi e ghiaiosi più o meno limosi, in cui vi è presenza di acqua di falda, poiché la stessa è attestata ad una profondità media di 5/6 mt.

Dall'interpretazione dei dati delle indagini eseguite, emerge che i primi metri dei terreni di sedime sono composti dai seguente litotipi i quali hanno caratteristiche sismiche e meccaniche differenti. Più in profondità tali sedimenti poggiano sulle argille grigio azzurre la cui profondità è variabile in relazione alla posizione rispetto all'asse del Fiume Basento.

Di seguito si riporta uno schema geotecnico dei terreni di fondazione solo per i primi metri di profondità.

**SCHEMA GEOTECNICO DEI TERRENI DI SEDIME  
DELL'INPIANTO FOTOVOLTAICO IN PROGETTO**



### 9.1 PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO

#### - Valori medi ( $V_m$ ) dli terreno vegetale areato

- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| <input type="checkbox"/> Peso di volume naturale   | $P_v = 1,72 \text{ gr/m}^3$ |
| <input type="checkbox"/> Coesione                  | $c = 0.00 \text{ kg/cm}^2$  |
| <input type="checkbox"/> Angolo di attrito interno | $\phi = 19.0^\circ$         |

#### - Valori medi ( $V_m$ ) dei terreni di sedimentazione continentale composti da sabbie medio fini appartenenti ai depositi alluvionali recenti

- |  |                              |
|--|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Peso di volume naturale   | $P_v = 1,940 \text{ gr/m}^3$ |
| <input type="checkbox"/> Coesione                  | $c = 0.00 \text{ kg/cm}^2$   |
| <input type="checkbox"/> Angolo di attrito interno | $\phi = 27.0^\circ$          |

#### - Valori medi ( $V_m$ ) dei terreni di sedimentazione continentale composti da sabbie ghiaiose appartenenti ai depositi alluvionali recenti

- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| <input type="checkbox"/> Peso di volume naturale   | $P_v = 2.04 \text{ gr/m}^3$ |
| <input type="checkbox"/> Coesione                  | $c = 0.00 \text{ kg/cm}^2$  |
| <input type="checkbox"/> Angolo di attrito interno | $\phi = 31.0^\circ$         |

#### - Valori medi ( $V_m$ ) dei terreni di sedimentazione marina composti dalle argille grigio-azzurre

- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| <input type="checkbox"/> Peso di volume naturale   | $P_v = 1.94 \text{ gr/m}^3$ |
| <input type="checkbox"/> Coesione                  | $c = 0.24 \text{ kg/cm}^2$  |
| <input type="checkbox"/> Angolo di attrito interno | $\phi = 21.5^\circ$         |

Il D.M. 17 Gennaio 2018 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” prevede per la definizione del grado di sicurezza di una struttura relativamente alla possibilità di rottura del terreno di fondazione, un approccio di semiprobabilistico, o di I livello, adottando il concetto di stato limite ultimo (SLU). Pertanto dai valori medi ( $V_m$ ) dei parametri del terreno si passa a valori caratteristici  $V_k$ , come richiesto dalle verifiche allo SLU e allo SLE.

### 9.2 PARAMETRI CARATTERISTICI

In prima approssimazione i valori caratteristici di  $c'$  e  $\phi'$  sono determinabili con le seguenti relazioni:

- |     |  |
|-----|--|
| (1) | $\phi'_k = \phi'_m (1+X \cdot V_\phi)$ |
| (2) | $c'_k = c'_m (1+X \cdot V_c)$          |
| (3) | $C_{uk} = C_{um} (1+X \cdot V_{Cu})$   |

Secondo le NTC 2018 il valore caratteristico può essere valutato con un approccio di tipo Bayesiano anche nelle condizioni in cui non sia presente nessun valore di prove disponibile. In questo caso il valore caratteristico  $X_k$  del parametro ricercato, secondo Cherubini e Orr (1999) è ottenuto dalla seguente relazione

$$X_k = X_m \cdot (1 - CV/2)$$

con

$$X_m = (a + 4b + c)/6$$

$$CV = (c - a) / (a + 4b + c)$$

dove :

a = valore minimo stimato

b = valore più probabile

c = valore massimo stimato

### 9.3 PARAMETRI DI PROGETTO

I valori dei parametri di progetto  $\phi'$  e  $c'$  si ottengono in relazione alla Combinazione Azioni/Resistenze dividendo i valori caratteristici per un coefficiente riduttivo parziale secondo quanto indicato nella Tabella 6.2.II delle NTC.

In pratica, in problemi connessi al raggiungimento dello stato limite ultimo SLU del terreno, Combinazione 2 Approccio 1 (A2+M2+R2), i valori di progetto  $V_d$  di pertinenza geotecnica (M2) si ottengono come indicato nella tabella:

**Tabella 6.2.II** – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

L'utilizzo dei parametri di progetto  $V_d$  avviene esclusivamente nell' Approccio 1 Combinazione 2 (A2-M2-R2) relativa al raggiungimento dello Stato Limite Ultimo (SLU).

## 10. Analisi di stabilità di versante

L'intero parco fotovoltaico è ubicato in zone pianeggianti o leggermente inclinate lontani da versanti la cui pendenza necessita di essere investigata tramite l'esecuzione di verifiche di stabilità di versante.

Pertanto, per le caratteristiche morfologiche delle aree interessate dell'ubicazione degli aerogeneratori e delle strade di progetto non è necessario eseguire delle verifiche specifiche.

## 11. Considerazioni conclusive

I lavori in progetto prevedono la costruzione di un parco fotovoltaico di 19.830 MWp diviso in n. 2 aree contigue, una molto grande e una piccola separate dalla, separate dalla strada comunale e entrambe disposte sulla piana alluvionale del torrente Basento in cui affiorano terreni di sedimentazione continentale composti da sabbie ghiaiose debolmente limose di natura alluvionale sovrapposte alla argille subappennine che compongono il substrato della zona.

La verifica delle fondazione deve necessariamente tenere conto dei fattori inerenti la stabilità dell'opera; composizione geotecnica dell'area di sedime; portanza del terreno; geologia della zona direttamente interessata e quella delle zone circostanti; stato di addensamento; compressibilità del terreno; permeabilità; falda acquifera; distribuzione nel terreno delle tensioni indotte; spessore dello strato reagente; zonazione sismica; consolidazione; condizioni orografiche e geomorfologiche; stabilità del versante; assetto intrafissurale del terreno di sedime.

L'ubicazione del parco fotovoltaico in progetto, evidenzia l'ottima disposizione dello stesso in relazione alla litologia dei terreni affioranti e alla geomorfologia delle zone interessate, infatti, esse ricadono tutte su terreni con discrete caratteristiche geotecniche e poste ad una distanza di sicurezza dall'alveo del Torrente Basento e da alcune aree vincolate dall'autorità di bacino della Basilicata.

Dal punto di vista sismico, i terreni del sito indagato appartengono alla categoria "C" e dalle verifiche effettuate non vi è la presenza del badrock sismico nei primi 30.0 mt di profondità.

Tutte le caratteristiche geologiche individuate nel presente lavoro hanno evidenziato che, come indicato nell'elaborato A12.a11.3 "Carta di Sintesi Finale della Criticità e Pericolosità geologica e Geomorfologica" l'area di sedime del parco fotovoltaico in progetto compreso la pista perimetrale esterna ricade in una zona non critico sia puntualmente che diffusamente "Ia", cioè in un'area pianeggiante non esondabile.

Il cavidotto, invece, sarà realizzato lungo la strada comunale che dalla contrada Sant'Elia, dove saranno ubicati i pannelli fotovoltaici, porta alla Strada Provinciale che collega Salandra a Grottole e successivamente lungo la sede stradale della stessa provinciale fino al Comune di Grottole e poi lungo la sede stradale che da Grottole porta prima alla diga di San Giuliano e poi verso la vecchia >Strada Provinciale Madonna D'Irsi dove raggiungerà la cabina primaria.

Nel primo tratto esso non intercetta alcuna area a Rischio Idrogeologico sia per frana che per inondazione, ma nel secondo e nel terzo tratto esso incontra molte aree a vario grado di Rischio Idrogeologico, ma, lungo tali tratti esso non abbandona mai la sede stradale.

In conclusione, dalle risultanze ottenute riportate nella presente relazione, sulla base degli elementi a disposizione derivanti dai dati fisici e meccanici ottenuti nella campagna di indagine eseguita, dai rilievi geologici e geomorfologici di superficie, considerando altresì le discrete qualità portanti del terreno, si evince che l'area in esame, da un punto di vista geologico-tecnico è idonea come terreno di fondazione e, pertanto, si formula parere positivo per la realizzazione del parco fotovoltaico in progetto.

Matera 14 aprile 2022

Il Geologo  
Dott. Maurizio Giacomino

## INDICE

1. Premessa .....	1
2. Piano Stralcio Difesa Rischio Idrogeologico. ....	3
3. Inquadramento Geologico Regionale .....	4
3.1 GEOLOGIA DELL'AREA OGGETTO DI STUDIO.....	6
4. Tettonica .....	8
5. Geomorfologia.....	9
6. Idrogeologia ed idrologia. ....	10
7. Campagna di Indagini Geognostiche .....	19
7.1 SISMICA A RIFRAZIONE.....	19
7.1.1 Indagini Geognostiche Indirette: Prospezioni Sismiche a Rifrazione (Onde P) .....	20
7.1.3 Indagini Geognostiche Indirette: Prospezioni Sismiche MASW .....	27
7.1.4 Classificazione del Sottosuolo di Fondazione.....	32
7.2 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT.....	34
8. Considerazioni sulla Sismicità dell'area .....	57
8.1 MICROZONAZIONE SISMICA DELL'AREA OGGETTO DI STUDIO .....	58
9. Considerazioni sui terreni di fondazione del Parco Fotovoltaico in progetto.....	59
9.1 PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO.....	61
9.2 Parametri caratteristici .....	61
9.3 Parametri di progetto .....	62
10. Analisi di stabilità di versante .....	63
11. Considerazioni conclusive.....	64