



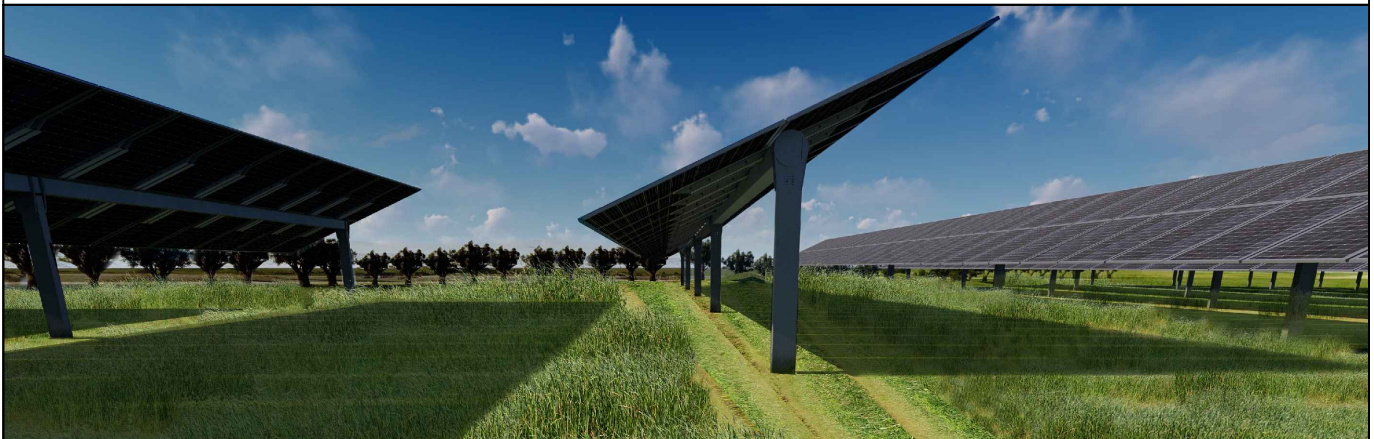
REGIONE MOLISE  
 PROVINCIA DI CAMPOBASSO  
 COMUNE DI MONTENERO DI BISACCIA



PROGETTO DELL' IMPIANTO SOLARE AGRIFOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE  
 DA REALIZZARE NEL COMUNE DI MONTENERO DI BISACCIA (CB) IN LOCALITÀ GRUGNALE  
 FOGLIO 29 P.LLE 36, 159, FOGLIO 30 P.LLE 51, 54, 59, 60, FOGLIO 32 P.LLE 13, 38, 109, 111, 114, 110,  
 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 E FOGLIO 33 P.LLE 8, 9, 10, 11, 47, 50.  
 POTENZA DEL GENERATORE PARI A 31.914,68 kWp  
 DENOMINATO "MONTENERO DI BISACCIA"

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA



livello prog.	Cod.	tipo doc.	N° elaborato	N° foglio	Tot. fogli	NOME FILE	DATA	SCALA
PD	202100524	R	A12.2			MDB2022_A12.2	05/09/2022	-

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO

PROPONENTE:

ASTEROPE SOL S.R.L.  
 Via Mercato 3, 20121 Milano (MI)



TIMBRO ENTE

PROGETTAZIONE:

HORIZONFIRM

PROFESSIONISTA INCARICATO:  
 Dott.ssa Geologa Giovanna Amedei

FIRMA DIGITALE



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

## **INDICE**

<b>1- Premessa e Inquadramento Normativo</b>	<b>Pag. 2</b>
<b>2- Inquadramento Area d'intervento</b>	<b>Pag. 6</b>
<b>2.1 -Ubicazione area d'intervento</b>	<b>Pag. 6</b>
<b>3 – Lineamenti Geologici e Geomorfologici</b>	<b>Pag. 8</b>
<b>3.1 – Geolitologia</b>	<b>Pag. 8</b>
<b>3.2 - Geomorfologia</b>	<b>Pag.12</b>
<b>4 – Pianificazione ed esecuzione delle indagini</b>	<b>Pag. 16</b>
<b>4.1 – Metodologia di Indagini adottate</b>	<b>Pag. 16</b>
<b>4.2 – Modello Geologico</b>	<b>Pag. 19</b>
<b>4.3 – Modello Geotecnico</b>	<b>Pag. 20</b>
<b>4.4 – Modello Geofisico</b>	<b>Pag. 22</b>
<b>5 – Pericolosità e Rischio Sismico</b>	<b>Pag. 24</b>
<b>5.1 – Cenni di sismicità storica</b>	<b>Pag. 24</b>
<b>5.2 – Rischio Sismico</b>	<b>Pag. 27</b>
<b>5.3 – Pericolosità Sismica</b>	<b>Pag. 28</b>
<b>5.4 – Pericolosità Sismica di Base – Mappa</b>	<b>Pag. 33</b>
<b>5.5 – Pericolosità Sismica locale</b>	<b>Pag. 33</b>
<b>6 – Conclusioni</b>	<b>Pag. 35</b>

## **APPENDICE**

**Risultati MASW**

**Allegato n. 1**

**Calcoli Portanza Palo**

**Allegato n. 2**



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

## **1 – PREMESSA**

### **E INQUADRAMENTO NORMATIVO**

Su incarico della **Asterope Sol s.r.l.** con sede in Milano – 20121- alla Via Mercato n. 3, la scrivente, *Dott.ssa Giovanna Amedei*, Geologa, iscritta all'O.R.G. della Puglia al n. 438 e con studio professionale in Rodi Garganico, alla Via Pietro Nenni n. 4, ha eseguito gli studi e redatto la presente relazione volta a descrivere le caratteristiche geotecniche delle litologie affioranti nelle aree interessate dal “*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale - Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*”

È stata così programmata una campagna di studi nel rispetto del DM. 17.01.2018 - *Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni»*, che ha previsto uno schema di lavoro come di seguito riportato:

- Inquadramento geologico dell'area, per la definizione delle caratteristiche geologiche, tettonico/strutturali generali, geomor-



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

fologiche e idrogeologiche generali - [pericolosità geologica del territorio];

➤ Rilevamento geologico di dettaglio, di un'area sufficientemente ampia, entro la quale ricade l'intervento in oggetto, per la definizione geologica, geomorfologica, idrogeologica locali, con particolare riferimento alla caratterizzazione della natura e del tipo di strutture sedimentarie dei corpi geologici presenti - [controllo litologico di dettaglio];

➤ Indagini geognostiche in sito, per la definizione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione interessati dalle opere in progetto - [accertamento litotecnico].

➤ Analisi delle indagini geognostiche, con l'interpretazione delle indagini di campagna e la valutazione delle proprietà elastiche e meccaniche dei terreni investigati [definizione portanza del terreno di fondazione].

Durante la fase preliminare di studio è stata effettuata una ricerca bibliografica alla quale è seguita un esame fotointerpretativo e un successivo rilievo di superficie per verificare lo stato dei luoghi e l'idoneità delle indagini geognostiche in questo caso già eseguite.

La campagna di indagini già eseguita e riscontrabile nella relazione geologica è consistita in:



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

➤ n. 2 indagini sismiche di analisi spettrale delle onde superficiali con tecnica sismica e Multichannel Analysis Surface Waves (MASW);

➤ n. 2 Prove Penetrometriche Statiche CPT

Le considerazioni tecniche conclusive sono state ponderate in funzione della conoscenza geologica della zona e dell'attendibilità dei dati ottenuti, operando con un giusto grado di cautela nella definizione delle principali caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni, avvalendosi anche di studi pregressi realizzati nello stesso ambito di riferimento

Dal punto di vista Legislativo, invece, si sono tenute in debito conto le indicazioni programmatiche e tecniche, oltre che le norme, contenute nei seguenti provvedimenti:

***Decreto Ministeriale 14.01.2008 (G.U. 4 febbraio 2009 n. 29 – Suppl. Ord.)  
“Norme tecniche per le costruzioni”***

***Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Istruzioni per l'applicazione delle  
“Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008, Circolare  
2 febbraio 2009;***

***Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Pericolosità sismica e Criteri generali  
per la classificazione sismica del territorio nazionale, Allegato al voto n. 36 del  
27.07.2007***

***Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009,***



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

***n. 617 (G.U. del 26 febbraio 2009, n. 47);***

***“Istruzioni per l’applicazione delle Norme Tecniche delle Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008”. Eurocodice 7 –“ Progettazione geotecnica” –ENV 1997 –1;***

***D.G.R. 2 marzo 2004, n. 153 -L.R. 20/00 -O.P.C.M. 3274/03 –Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e delle tipologie di edifici ed opere strategici e rilevanti -Approvazione del programma temporale e delle indicazioni per le verifiche tecniche da effettuarsi sugli stessi***





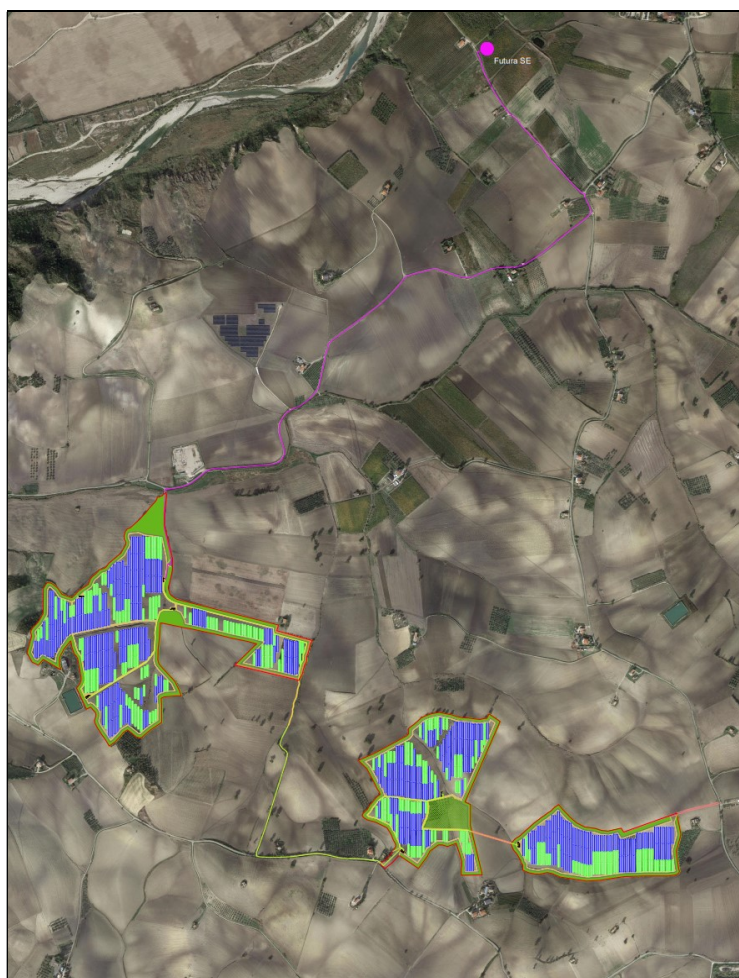
*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

## **2- INQUADRAMENTO GEOGRAFICO**

### ***2.1: Ubicazione Area d'intervento***

L'area di intervento si ubica in agro di Montenero di Bisaccia, località Grugnale, a nord – ovest rispetto al centro abitato, nella fascia di pendio che digrada in direzione nord verso il litorale adriatico, come si evince nello stralcio ortofoto riportato (Fig.1)



***Fig. 1: Ubicazione area d'intervento su foto aerea***



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

Dal punto di vista catastale l'area interessata direttamente dall'impianto è individuabile al NCT del comune secondo il prospetto allegato:

<b>Comune</b>	<b>Foglio di Mappa</b>	<b>P.lle</b>
<b>Montenero di Bisaccia</b>	29	36, 159
<b>Montenero di Bisaccia</b>	30	51, 54, 59, 60
<b>Montenero di Bisaccia</b>	32	13,38, 109, 111, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136
<b>Montenero di Bisaccia</b>	33	8, 9, 10, 11, 47, 50

Dal punto di vista cartografico, l'area oggetto dell'indagine, si colloca sulla CTR alla scala 1:5.000 Elemento n. 381011





*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

### **3- CARATTERIZZAZIONE DEI LITOTIPI LOCALI**

#### **E ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO**

##### ***3.1 - Geolitologia***

Il quadro geologico del territorio è caratterizzato da una successione plio-pleistocenica che ingloba complessi alloctoni appenninici e complessi autoctoni propri della fascia sedimentaria del bacino adriatico. L'orogenesi appenninica con il sollevamento della catena centro-meridionale e la concomitante subsidenza del bacino molisano hanno determinato un richiamo gravitativo dei terreni alloctoni con vergenza NE, a partire dal Pliocene medio.

Nella zona adriatica faglie dirette distensive, con orientamento per lo più appenninico, hanno dato origine ad una fossa nella quale la situazione geologica attuale è rappresentata da una successione litologica a carattere regressivo di argille, argille limose, limi argillosi, limi sabbiosi, sabbie limose, sabbie e conglomerati del Pliocene medio-superiore e Pleistocene.

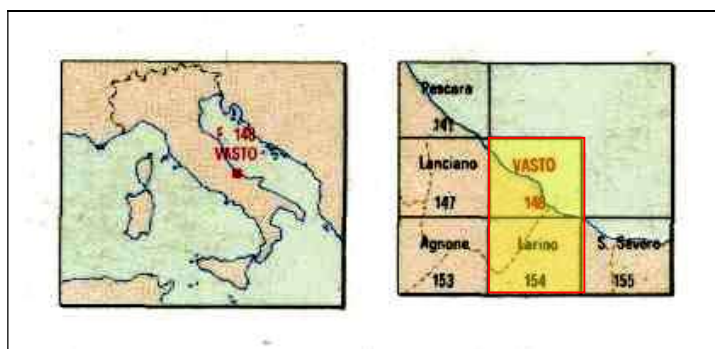
La situazione geologica del territorio di studio è caratterizzata da una successione regressiva di terreni pelitici e granulari, dalle argille e limi, alle sabbie e conglomerati.

Dal punto di vista geologico l'area d'intervento è inquadrabile in parte del Foglio n. 148 – Vasto – e in parte nel Foglio n. 154 – Larino - della Carta Geologica d'Italia a Scala 1:100.000 – Fig. 2



Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”

---



**Fig. 2:** Ubicazione Foglio Geologico – Scala 1:100.000

Nell'ambito del rilevamento geologico dell'area si sono seguite le descrizioni litologiche riportate nelle note illustrative dei fogli geologici a Scala 1:100.000

Sulla scorta delle informazioni ricavate in campagna i terreni direttamente interessati dall'impianto fotovoltaico sono attribuibili (Fig. 3) alla **Formazione delle Argille a diverso contenuto siltoso ( $Q_n^c$ )**: tratta-si di argille e argille più o meno marnose, variamente siltose, general-mente micacee, a luoghi con frustoli carboniosi, di colore prevalente-mente grigio scuro. Nella parte alta nella formazione è possibile il rinve-nimento di orizzonti sabbiosi e rare lenti di conglomerato; a tratti si ri-trovano anche abbondante tritume conchigliare o orizzonti ricchissimi di piccoli lamellibranchi. Sono presenti, inoltre, fossili di macrofauna e o-stracodi tra i quali è particolarmente frequente la *Leptocythere multipun-ctata*.



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

Tali sedimenti presentano immersione generale verso E (e subordinatamente verso NNE e SE) con inclinazioni intorno ai 5°. Lo spessore è variabile poiché si passa da un massimo di 80 m a quasi a zero in prossimità delle zone in cui si ha il passaggio diretto con i sedimenti sabbiosi. In base al contenuto in fossili la formazione è riferibile al Calabriano.

Tali argille seguono in continuità stratigrafica e senza apprezzabili variazioni litologiche quelle attribuibili al Pliocene (P<sub>a</sub>). I rapporti stratigrafici tra le diverse formazioni sono riportate alla Fig. 4.



***Fig. 3: Stralcio Carta Geologica Area d'intervento  
Con Legenda***



Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”

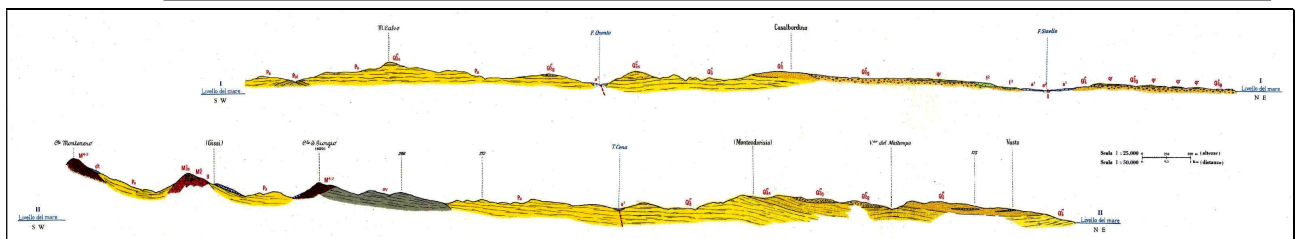
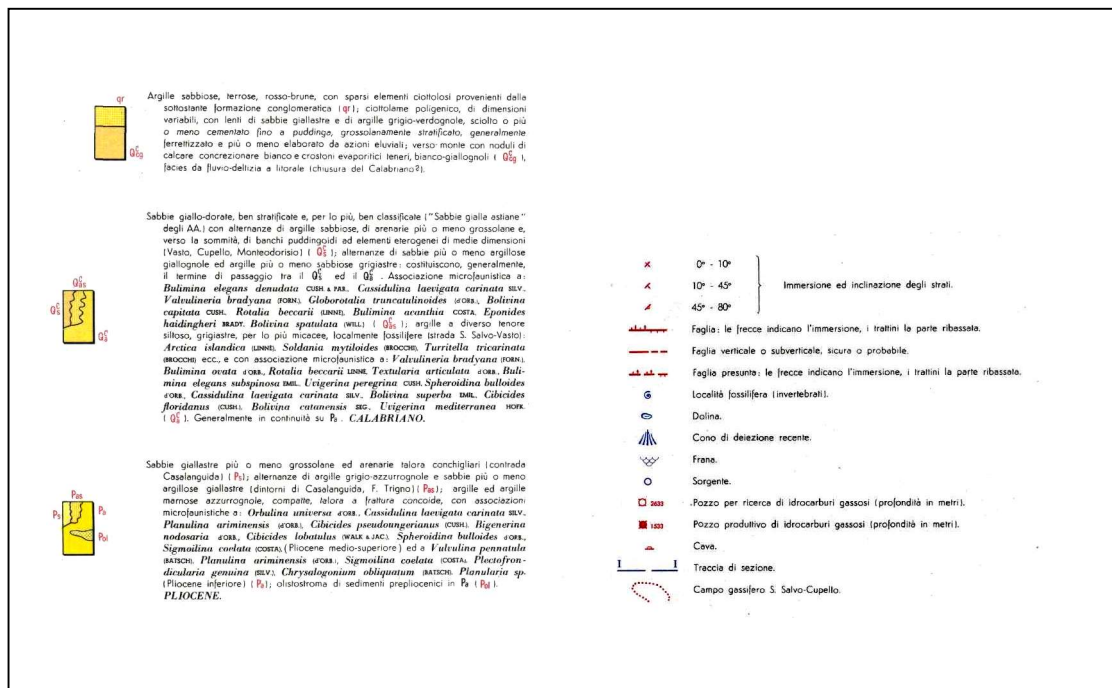


Fig. 4: Rapporti Stratigrafici tra le formazioni



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

### **3.2 Geomorfologia**

Gli aspetti geomorfologici del territorio sono direttamente legati alla geologia; infatti si rilevano morfotipi differenti associabili a zone di cresta, di versante, di fondovalle.

Il territorio è caratterizzato da:

- una cresta principale con andamento N-S, secondo la quale si sviluppa l'intero abitato di Montenero di Bisaccia;
- versanti sui quali si rilevano solchi impluviali di ruscellamento concentrato, alvei in approfondimento, superfici calanchive, superfici dissestate da creep, falde detritiche di genesi eluvio-colluviale, frane e cumuli di frane, tagli di scarpate con fenomeni gravitativi, gradini e salti naturali ma anche antropici, allineamenti di cavità;
- fondovalle nei quali si rilevano cumuli di frana, localizzati depositi alluvionali.

Il rilevamento geologico-geomorfologico di campagna e l'analisi di saggi geognostici pregressi consultati hanno consentito di riconoscere i principali litotipi formazionali presenti nell'area in studio, i rapporti stratigrafici tra le successioni autoctone del substrato e le coltri eluvio-colluviali di copertura; inoltre hanno permesso di raggiungere una buona conoscenza del comportamento in sito dei terreni presenti.





*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

Per lo studio di incidenza e compatibilità ambientale, inoltre, si è fatto riferimento al Progetto I.F.F.I. dell'Ispra e al Progetto P.A.I. della competente Autorità di Bacino.

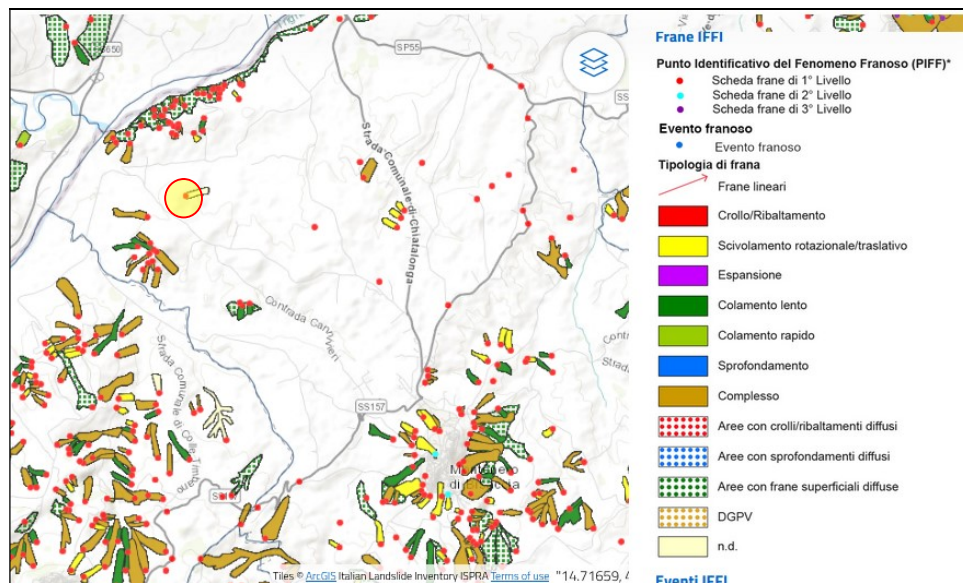
Il progetto IFFI dell'ISPRA per il Molise ha censito un numero elevatissimo di frane, ben oltre 22.500 fenomeni, presenti per oltre il 75% nel territorio della Provincia di Campobasso, per il restante 25% circa nel territorio della Provincia di Isernia. La maggior parte dei fenomeni risultano di tipo complesso e rientrano nella categoria dei colamenti lenti e scorrimenti sia rotazionali che traslativi. La distribuzione riflette la condizione geologica e strutturale dei terreni presenti in affioramento; laddove l'esposizione al dissesto è maggiore e l'azione erosiva degli agenti meteorici è incessante e molto incisiva, si innescano frane di pendio e sempre più spesso veri e propri movimenti di versante.

Per quanto attiene l'area in studio il Progetto IFFI riporta la situazione così come si evince dagli stralci planimetrici allegati: stralcio “inventario frane”; stralcio “pericolosità e rischio frane” (Fig. 5).



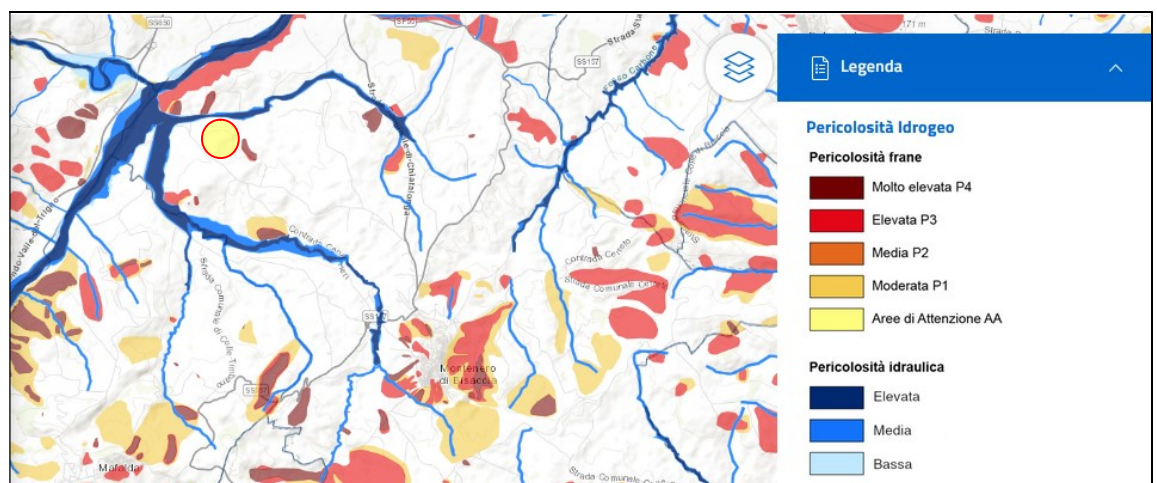


Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”



**Fig. 5: Stralcio Carta fenomeni franosi – Progetto IFFI**

Anche nell'ambito della cartografia PAI l'area risulta priva di fenomeni di instabilità (Fig. 6)



**Fig. 6: Stralcio Carta fenomeni franosi – Cartografia PAI**







*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

La zona in studio, infatti, ricade su un pendio collinare ad acclività medio bassa, regolata da un profilo un po' movimentato ma in condizioni di equilibrio.

Occorre evidenziare, comunque, che l'intervento proposto, in base alle caratteristiche tecniche progettuali:

-  non peggiora le condizioni di sicurezza del territorio e di difesa del suolo;
-  non costituisce un fattore di aumento della pericolosità geomorfologica;
-  non pregiudica l'eventuale sistemazione geomorfologica né la realizzazione di interventi previsti dalla pianificazione di bacino o dagli strumenti di programmazione provvisoria e urgente;
-  garantisce condizioni adeguate di sicurezza durante la permanenza di cantieri mobili.



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

## **4 – PIANIFICAZIONE**

### **ED ESECUZIONE DELLE INDAGINI**

Ai fini della definizione del profilo stratigrafico dei terreni di fondazione sono stati realizzati n. 2 stendimenti sismici per la determinazione delle  $V_{S30}$ , n. 2 Prove Penetrometriche Statiche con SONDA PAGANI TG 63 200 KN

#### ***4.1 Metodologie di indagini adottate***

Ai fini della definizione del profilo stratigrafico dei terreni di fondazione sono state realizzate n. 2 stendimenti sismici per la determinazione delle  $V_{S30}$ .

Nello specifico ogni prospezione sismica ha visto la realizzazione di un profilo di tipo MASW, avente uno sviluppo di 24 m lineari. E' stato utilizzato un sismometro a rifrazione tipo M.A.E.-A6000S, in configurazione a 24 canali con acquisizione computerizzata dei dati, massa battente di 10 kg quale sorgente generatrice di onde sismiche e sensori (geofoni) con frequenza di 4,5 Hz; questo ha permesso di caratterizzare elastomeccanicamente i terreni in posto. Il profilo ha avuto una lunghezza complessiva di 24 m, con offset di 3 m e interdistanza geofonica pari a 1 m. L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) utilizza



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale. Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali, simili alla tecnica SASW, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno. E' stata parametrizzata la velocità delle onde Vs in profondità ricavando un “**modello di velocità del sottosuolo**” correlabile con i diversi litotipi presenti in profondità.

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico), invece, consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ( $v = 2 \text{ cm/sec} \pm 0,5 \text{ cm/sec}$ ). La penetrazione viene effettuata tramite un dispositivo di spinta (martinetto idraulico), opportunamente ancorato al suolo con coppie di coclee ad infissione, che agisce su una batteria doppia di aste (aste coassiali esterne cave e interne piene), alla cui estremità è collegata la punta. Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato per mezzo di manometri, collegati al martinetto mediante una testa di misura idraulica. La punta conica (del tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante, per la misura dell'attrito laterale : punta / manicotto tipo "Begemann". Sulla batteria di





*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'infissione.

Le indagini sono state eseguite nella zona di ubicazione dell'impianto come da planimetria allegata (Fig. 7)



**Fig. 7: Ubicazione Indagini**

I risultati delle indagini sismiche sono riportate nella relazione sismica in appendice.







*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

## **4.2 Modello Geologico**

I rilievi di superficie sono stati confrontati con indagini pregresse al fine di caratterizzare un volume significativo di terreno secondo i dettami del DM 11.03.1988 “norme tecniche sulle indagini da eseguire”, del DM 14.01.2008 “norme tecniche per le costruzioni”.

E’ stato possibile inquadrare l’area di progetto nel contesto geologico-geomorfologico del territorio, analizzare le condizioni di stabilità del terreno, riconoscere la situazione litologico-stratigrafica del sottosuolo, caratterizzare dal punto di vista litotecnico-litodinamico e della risposta sismica i terreni che si andranno direttamente a sollecitare.

La successione lito-stratigrafica riconosciuta ha permesso di elaborare la seguente modellazione geologica del sottosuolo

<b>MODELLO GEOLOGICO</b>			
<b>Profondità (m)</b>		<b>Natura litologica</b>	<b>Descrizione litologica</b>
	0,00-3,00	Terreno vegetale ed eluvio-colluviale	Argilla limosa e/o limo argilloso debolmente sabbiosi, di colore avana brunastro
	3,00-7,50	Alterazione del substrato formazionale	Limo argilloso e/o argilla limosa di colore avana, con passaggi decimetrici francamente sabbiosi
	7,50-12,50	Alterazione del substrato formazionale	Limo argilloso e/o argilla limosa di colore avana-verdastro, con passaggi decimetrici francamente sabbiosi di colore grigio-azzurrognolo
	12,50-25,00	Substrato formazionale	Limo argilloso e/o argilla limosa di colore grigio-azzurrognolo, con passaggi di sabbia finissima





Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”

### 4.3 Modello geotecnico

Le caratteristiche geotecniche dei terreni sono state desunte dalle prove dirette del terreno eseguite opportunamente integrate con le analisi e prove di laboratorio eseguite su indagine pregresse.

I dati ottenuti hanno permesso di elaborare il modello geotecnico del sottosuolo.

La caratterizzazione riconosciuta ha permesso di elaborare il seguente modello per il sottosuolo:

MODELLO GEOTECNICO		
Profondità (m)	Descrizione litologica e consistenza	Parametri geotecnici medi
0,00-3,00	Argilla limosa e/o limo argilloso debolmente sabbiosi, di colore avana brunastro  Consistenza soffice	Comportamento coesivo Resistenza punta $q_c = 20,00$ kg/cmq Resistenza laterale $f_s = 1,35$ kg/cmq Peso di volume $\gamma_n = 1,98$ g/cmc Peso di volume saturo $\gamma_{sat} = 2,05$ g/cmc Coesione non drenata $C_u = 1,10$ kg/cmq Modulo edometrico $E_d = 60,50$ kg/cmq Modulo di Young $E_y = 92,00$ kg/cmq Modulo deformaz. non drenata $E_u = 797,00$ kg/cmq Modulo deformaz. a taglio $G = 192,50$ kg/cmq Permeabilità $K = 10^{-11}$ cm/sec OCR < 1
3,00-7,50	Limo argilloso e/o argilla limosa di colore avana, con passaggi decimetrici francamente sabbiosi,  Consistenza media	Comportamento misto Resistenza punta $q_c = 32,80$ kg/cmq Resistenza laterale $f_s = 2,00$ kg/cmq Peso di volume $\gamma_n = 2,07$ g/cmc Peso di volume saturo $\gamma_{sat} = 2,04$ g/cmc Angolo di attrito $\phi = 24,50^\circ$ Coesione drenata $C = 0,22$ kg/cmq Coesione non drenata $C_u = 1,67$ kg/cmq Modulo edometrico $E_d = 56$ kg/cmq Coefficiente di consolidazione $C_c = 0,13$ Modulo deformaz. non drenata $E_u = 1.200,00$ kg/cmq Modulo deformazione a taglio $G = 231,70$ kg/cmq Permeabilità $K = 10^{-7}$ cm/sec OCR < 1



Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”

	7,50-12,50	Limo argilloso e/o argilla limosa di colore avana-verdastro, con passaggi decimetrici francamente sabbiosi di colore	Comportamento misto Resistenza punta $q_c = 47,50$ kg/cmq Resistenza laterale $f_s = 2,50$ kg/cmq Peso di volume $\rho_n = 2,04$ g/cm <sup>3</sup> Peso di volume saturo $\gamma_{sat} = 2,02$ g/cm <sup>3</sup> Angolo di attrito $\phi = 23,80^\circ$ Coesione drenata $C = 0,25$ kg/cmq
		grigio-azzurrognolo  Consistenza medio-alta	Coesione non drenata $C_u = 2,40$ kg/cmq Modulo edometrico $E_d = 55$ kg/cmq Coefficiente di consolidazione $C_c = 0,15$ Modulo deformaz. non drenata $E_u = 1.817,00$ kg/cmq Modulo deformazione a taglio $G = 285,00$ kg/cmq Permeabilità $K = 10^{-7}$ cm/sec OCR > 1
	12,50-25,00	Limo argilloso e/o argilla limosa di colore grigio-azzurrognolo, con passaggi di sabbia finissima  Consistenza alta e molto alta	Comportamento misto Resistenza punta $q_c = 70,00$ kg/cmq Resistenza laterale $f_s = 3,35$ kg/cmq Peso di volume $\rho_n = 2,11$ g/cm <sup>3</sup> Peso di volume saturo $\rho_{sat} = 2,16$ g/cm <sup>3</sup> Angolo di attrito $\phi = 29,30^\circ$ Coesione drenata $C = 0,30$ kg/cmq Coesione non drenata $C_u = 2,47$ kg/cmq Modulo edometrico $E_d = 99$ kg/cmq Modulo deformaz. non drenata $E_u = 1.985,00$ kg/cmq Modulo deformazione a taglio $G = 315,00$ kg/cmq Permeabilità $K = 10^{-9}$ cm/sec OCR > 1



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

#### **4.4. Modello geofisico**

Nella valutazione della risposta geofisica locale, la finalità della prospezione sismica è quella di determinare i valori delle velocità delle onde di taglio e gli spessori dei sismostrati per almeno una profondità di 30 m dal piano campagna.

Per i terreni del sito di progetto le caratteristiche dinamiche sono state desunte dall'interpretazione dei rilievi sismici eseguiti; la situazione stimata ha permesso di esprimere il seguente modello geofisico:

<b>MODELLO GEOFISICO</b>		
<b>Profondità (m)</b>	<b>Descrizione litologica</b>	<b>Parametri dinamici</b>
0,00- 3,00	Argilla limosa e/o limo argilloso debolmente sabbiosi, di colore avana brunastro	Velocità onda di compressione $V_p = 174,79$ m/sec Velocità onda di taglio $V_s = 150$ m/s Modulo edometrico $E_d = 54,99$ MPa Modulo di taglio $G_0 = 12,60$ MPa Modulo di Young $E = 34,26$ MPa Modulo di incompressibilità $K = 42,30$ MPa Modulo di Poisson $\nu = 0,35$ Densità reale $\rho = 17,65$ kN/mc
3,00-5,00	Limo argilloso e/o argilla limosa di colore avana, con passaggi decimetrici francamente sabbiosi,	Velocità onda di compressione $V_p = 177,72$ m/sec Velocità onda di taglio $V_s = 296$ m/s Modulo edometrico $E_d = 56,85$ MPa Modulo di taglio $G_0 = 13,12$ MPa Modulo di Young $E = 35,42$ MPa Modulo di incompressibilità $K = 43,73$ MPa Modulo di Poisson $\nu = 0,35$



Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato "Montenero di Bisaccia"

			Densità reale $\rho = 17,65$ kN/mc
	5,00-7,50	Limo argilloso e/o argilla limosa di colore avana, con passaggi decimetrici francamente sabbiosi,	Velocità onda di compressione $V_p = 2.168$ m/sec Velocità onda di taglio $V_s = 421$ m/s Modulo edometrico $E_d = 8.460,43$ MPa Modulo di taglio $G_0 = 1.952,41$ MPa Modulo di Young $E = 5.271,50$ MPa Modulo di incompressibilità $K = 6.508,02$ MPa
	7,50-12,50	Limo argilloso e/o argilla limosa di colore avana-verdastro, con passaggi decimetrici francamente sabbiosi di colore grigio-azzurrognolo	Modulo di Poisson $\nu = 0,35$ Densità reale $\rho = 17,65$ kN/mc
	12,50-25,00	Limo argilloso e/o argilla limosa di colore grigio-azzurrognolo, con passaggi di sabbia finissima	

#### CLASSIFICAZIONE DEL SITO

Risposta sismica locale  $V_{S(30)} = 267$  m/sec

Categoria di suolo C "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, con  $V_{S(30)}$  comprese tra 180-360 m/s".



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

## **5 - PERICOLOSITA' E RISCHIO SISMICO**

Più in generale per “terremoto” si intende lo scuotimento della superficie terrestre a seguito di rilascio di energia per la rottura delle rocce del sottosuolo. L'energia si propaga in tutte le direzioni sotto forma di onde sismiche che si manifestano in superficie con rapidi movimenti o scuotimenti del suolo.

### ***5.1: Cenni di Sismicità Storica***

Il Molise è una regione ad elevato rischio sismico ponendosi nella fascia tra l'Appennino centro meridionale e la zona di fossa e avampaese adriatico. Secondo la sismologia storica il Molise centrale subisce terremoti distruttivi circa ogni 500 anni (Campanella, 1997), l'area del Sannio-Matese rappresenta uno dei segmenti sismicamente più attivi dell'Appennino meridionale (Cubellis et alii 1995). La sismicità recente dell'area del Sannio-Matese risulta caratterizzata prevalentemente da sequenze sismiche a sciame. Secondo i più recenti modelli di zonazione sismotettonica della penisola italiana (Scandone et alii dal 1992), il territorio si colloca all'interno di un'area sismogenetica legata al recente sollevamento della catena appenninica, successivo ad una lunga storia di migrazione spazio-temporale del sistema catena-avampaese. Tale area si divide nella fascia centrale della catena appenninica, dove si manifestano i terremoti più forti, e nel margine

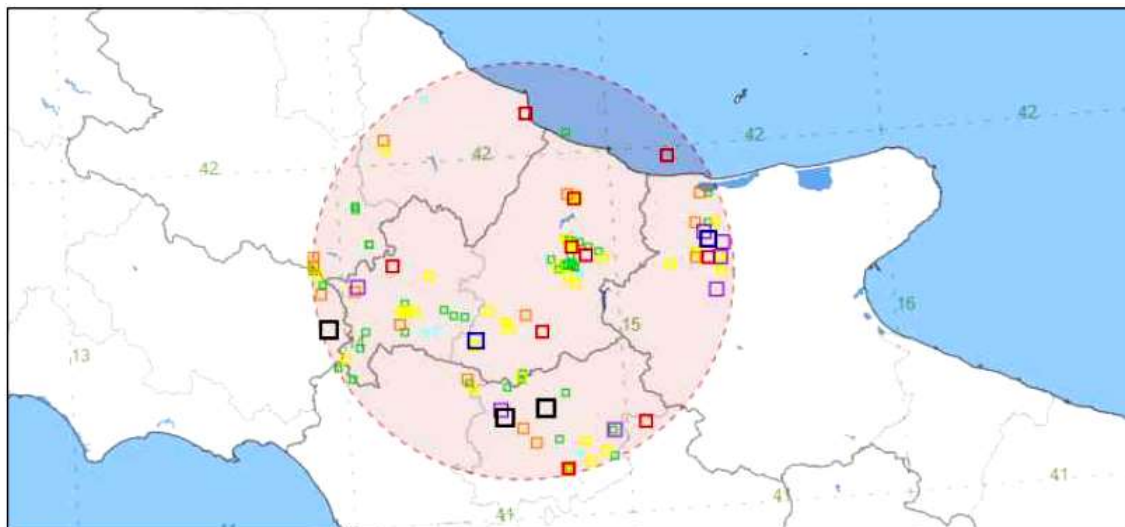




*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

tirrenico con attività sismogenetica più debole. La differente attività sismogenetica tra queste due zone spiega la concentrazione di forti terremoti entro la catena appenninica e la loro assenza nella zona di margine tirrenico. L'intensità degli eventi di terremoti nel Molise si evince nel Catalogo Terremoti Italiani a cura dell'INGV è molto elevata, nel territorio regionale si registrano diversi eventi con magnitudo  $M > 5$  (Fig. 8)



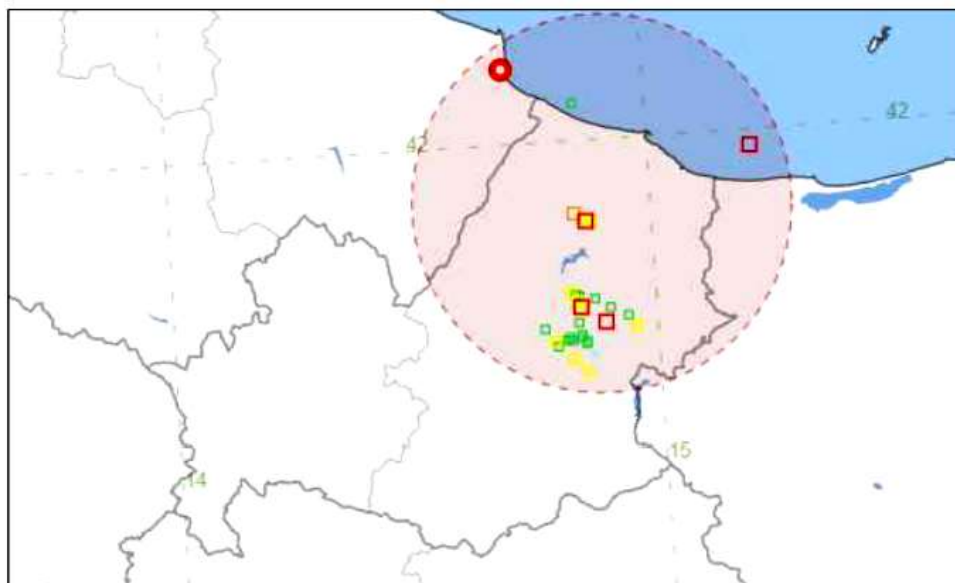
*Fig. 8: Stralcio Catalogo Terremoti Italiani*

Stringendo la zona di ricerca sulla fascia costiera si evince la sequenza dei terremoti risentiti nel territorio di Montenero di Bisaccia (Fig. 9).





*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*



Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDF	Io	Mw
1821	11	22	01	15		Costa molisana	9	7-8	5.59
1822	03	16				Vasto	1	7-8	5.33
1838	03	05				Costa molisana	2	4-5	3.93
2002	10	31	10	32	59	Molise	51	7-8	5.74
2002	10	31	13	03	48	Molise			4.16
2002	11	01	15	09	01	Molise	638	7	5.72
2002	11	01	15	19	53	Molise			4.11
2002	11	01	17	21	31	Molise			4.47
2002	11	01	22	43	59	Molise			3.96
2002	11	02	02	37	01	Molise			4.02
2002	11	02	06	21	44	Molise			3.96
2002	11	02	23	27	05	Molise			4.19
2002	11	04	00	35	46	Molise			4.45
2002	11	04	03	26	30	Molise			4.26
2002	11	04	03	49	27	Molise			3.86
2002	11	04	09	28	02	Molise			3.86
2002	11	05	23	10	40	Molise			3.86
2002	11	09	13	40	30	Molise			3.86
2002	11	10	12	23	37	Molise			3.76
2002	11	12	09	27	48	Molise	174	5-6	4.57
2002	11	13	02	52	11	Molise			3.86
2002	12	02	20	52	59	Molise			4.10
2003	01	27	04	03	46	Molise	60	5	3.84
2003	04	28	20	12	36	Molise	33	4-5	3.64
2003	06	01	15	45	18	Molise	501	5	4.44
2003	12	30	05	31	38	Molise	326	4-5	4.53
2005	03	01	05	41	37	Molise	136	4	3.68
2007	10	18	23	25	04	Molise			4.04
2014	12	24	11	40	10	Molise			4.26
2018	04	25	09	48	41	Molise			4.48
2018	08	14	21	48	30	Molise			4.75
2018	08	16	18	19	4	Molise	15	5	5.29
2018	08	16	20	22	34	Molise			4.62

**Fig. 9:** Terremoti registrati nell'area d'intervento



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

## **5.2: Rischio Sismico**

La conformazione geologica a scala territoriale o addirittura locale condizionano la Pericolosità Sismica “PS”; la distribuzione e l'importanza dei centri urbani, delle infrastrutture e della popolazione condizionano l'Esposizione “E”; la capacità delle costruzioni a resistere alle sollecitazioni sismiche, quindi la qualità degli edifici e delle infrastrutture, condizionano la Vulnerabilità “V”; il prodotto di tali singoli valori determina il Rischio Sismico “RS” di un territorio, di un'area e addirittura di un sito. Il Rischio Sismico espresso dalla relazione:  $RS = PS \times E \times V$ , può essere quantificato dall'entità dei danni attesi.

A seguito della OPCM 3274/2003 tutti i comuni italiani sono stati classificati sismici, in “Zone” a pericolosità sismica decrescente: Zona 1- pericolosità elevata; Zona 2- pericolosità media; Zona 3- pericolosità bassa; Zona 4: pericolosità minima. Di conseguenza, tutte le azioni per la riduzione del rischio sismico previste per i comuni classificati sismici, sia in fase di pianificazione territoriale ed urbanistica, sia di progettazione, sono oggi richieste in tutto il territorio. Il grado di approfondimento delle indagini e degli studi dipende dalla pericolosità dell'area e dall'importanza dell'intervento da realizzare. Le attuali conoscenze permettono di sapere dove e con che modalità avverrà un terremoto ma certamente non quando.



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato "Montenero di Bisaccia"*

---

---

### **5.3. Pericolosità sismica**

La Regione Molise ricade in un'area caratterizzata da sismicità significativa, che in passato ha rilasciato terremoti di elevata magnitudo. Gli ultimi terremoti hanno evidenziato come il danno provocato è determinato soprattutto dalla vulnerabilità del patrimonio edilizio.

La pericolosità sismica è definita dalle seguenti componenti:

- dalla pericolosità sismica di base (Pb) sismicità dell'area, cioè la frequenza ed energia dei terremoti che possono verificarsi e la distanza dalle sorgenti sismogenetiche;
- dalla pericolosità sismica locale (Pl) condizioni geologiche e morfologiche locali che possono modificare la frequenza, l'ampiezza e la durata del moto sismico in superficie, aumentandone gli effetti e il fenomeno dell'amplificazione, contribuendo al verificarsi di fenomeni che modificano in maniera permanente il territorio, quali frane, liquefazione, densificazione, fagliazione, etc..

**Normativa di riferimento:** Il terremoto di San Giuliano di Puglia del 2002 ha dato inizio al processo di cambiamento che ha portato:

- alla OPCM n.3274/2003, che ha classificato sismici tutti i comuni italiani, con valori di pericolosità da bassa ad alta "da Zona 4 a Zona 1", con l'obbligo non solo di costruire ma anche di adeguare gli edifici esistenti alle sollecitazioni sismiche attese per ciascuna area;



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato "Montenero di Bisaccia"*

---

---

- alla OPCM n. 3519/2005, che ha definito la "Mappa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale" quale strumento più efficace per la prevenzione a difesa da qualsiasi evento catastrofico, per ridurre le conseguenze immediate, principalmente attraverso la riduzione della vulnerabilità sismica delle costruzioni, ovvero il rafforzamento delle costruzioni meno resistenti al sisma;

- alla OPCM 3519 del 2006 recante "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone"

– al D.M. 14 gennaio 2008 (NTC 2008), che ha definito:

- la pericolosità sismica come "accelerazione massima attesa ag su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (cat. A –  $V_s(30) > 800$  m/s)", funzione del sito e non più in relazione alla zona sismica cui appartiene il Comune e quindi l'area oggetto dell'intervento;

- la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto (allegato A), direttamente per il sito in esame, sulla base delle informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (tabella 1 e tabella 2 dell'allegato B).

- al D.M. 17 gennaio 2018 (NTC 2018), in sostituzione delle NTC 2008, che ha definito:



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

- i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle prestazioni richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità;
- i criteri generali di sicurezza, precisando le azioni che devono essere utilizzate nel progetto;
- le caratteristiche dei materiali e dei prodotti;
- più in generale, gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere. E' possibile determinare l'azione sismica di progetto per un dato sito mediante specifiche analisi, oppure è consentito un approccio semplificato, basato sulle seguenti categorie di sottosuolo di riferimento (A, B, C, D, E):

CATEGORIE STRATIGRAFICHE	
Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s(30)}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.





*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo, ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente  $V_s(eq)$  di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali, per le opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera, per muri di sostegno di terrapieni la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per quanto riguarda le categorie topografiche la normativa definisce le caratteristiche di riguardanti la pendenza e la condizione morfologica della superficie topografica così come si evince nella tabella.

CATEGORIE TOPOGRAFICHE		
Categoria	Fattore St	Caratteristiche della superficie topografica
T1	1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\beta \leq 15^\circ$
T2	1,2	Pendii con inclinazione media $\beta > 15^\circ$
T3	1,2	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ < \beta < 30^\circ$
T4	1,4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $\beta > 30^\circ$

La Regione Molise ha emanato Leggi sul governo del territorio riconoscendo alla pianificazione territoriale e urbanistica il ruolo fondamentale di concorrere alla riduzione e prevenzione del Rischio Sismico, fissando soglie di criticità, limiti e condizioni per la realizza-



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

zione degli interventi di trasformazione, vedi: - Legge regionale 25 marzo 1986- “Snellimento delle procedure di cui alla legge 2 febbraio 1974, n. 64 in attuazione dell'art. 20 della legge 10 dicembre 1981, n. 741”; - Legge Regionale 20/1996- “Nuove norme per lo snellimento delle procedure di cui alla legge 2 febbraio 1974, n.64 in attuazione dell'articolo 20 della legge 10 dicembre 1981, n.741”; - Legge Regionale 17/2000- “Disciplina del sistema regionale di Protezione Civile”; - Legge Regionale 20/2004- “ Riclassificazione sismica del territorio regionale e nuova normativa sismica”- Riclassificazione sismica del territorio regionale - Norme tecniche – Disposizioni; - Deliberazione di Giunta Regionale n° 194/2006- “Riclassificazione sismica del territorio regionale - Aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche”; - Legge Regionale 25/2011- “Procedure per l'autorizzazione sismica degli interventi edilizi e la relativa vigilanza, nonché per la prevenzione del rischio sismico mediante la pianificazione urbanistica”.



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

#### **5.4. Pericolosità sismica di base *Mapa di pericolosità sismica***

Riguardo alla sismicità il territorio di Montenero di Bisaccia, in riferimento alla OPCM 3519/'06 è caratterizzato da accelerazione orizzontale al suolo variabile tra  $a_g = 0,100 - 0,150g$ , così come si evince dalla mappa elaborata dall'INGV (Fig. 10).



**Fig. 10: Pericolosità sismica di base**

#### **5.5. Pericolosità sismica locale**

La risposta sismica locale è l'insieme delle modifiche che il moto sismico, relativo ad una formazione di base “bedrock” individuata ad una certa profondità nel sottosuolo, subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie. Per giungere alla determina-



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

zione della Risposta Sismica Locale il sito di progetto deve essere sottoposto a rilievi ed indagine per la definizione di tutte le proprietà che caratterizzano i terreni, quali:

- morfologia di dettaglio dell'area in cui si opera;
- situazione stratigrafica delle formazioni superficiali;
- caratteristiche meccaniche dei terreni delle formazioni superficiali;
- caratteristiche geofisiche dei terreni delle formazioni superficiali e del bedrock.

In tale ottica, in linea con quanto si evince nelle NTC 2018, per la zona in studio si può assumere:

- una  $V_s(eq) = 267$  m/s;
- una Categoria di Suolo C;
- un terreno assimilabile a “depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, con  $V_s(30)$  comprese tra 180–360 m/s”. Per quanto riguarda la pericolosità del sito di progetto, la determinazione dei parametri sismici è stata valutata attraverso la ricerca per coordinate topografiche.



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

## **6 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

Lo studio geologico e geotecnico eseguito per il progetto indicato in oggetto ha permesso la ricostruzione di un modello geotecnico del terreno sulla base del quale sono state realizzate le verifiche della fondazione dell'impianto.

Il risultato di tali verifiche, a cui si rimanda per ogni ulteriore dettaglio, garantisce la fattibilità geotecnico-strutturale dell'impianto con la mancanza di instabilità e cedimenti contenute all'ordine dei mm.

*Tanto in adempimento all'incarico conferitomi*

*Rodi Garganico Agosto 2022*







*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

# **APPENDICE**

---

## **REPORT SISMICO**

## **MONTENERO DI BISACCIA**

---



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

## ***RISULTATI INDAGINI***

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

### **Moto del segnale sismico**

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

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

### **Onde di Rayleigh – “R”**

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



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

### **Analisi del segnale con tecnica MASW**

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

### **Modellizzazione**

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

$$v = \lambda \times v$$



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

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

#### **Modi di vibrazione**

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

#### **Profondità di indagine**

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



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

## REPORT SISMICI

### Geometria dei geofoni

Number	Position X [m]	Position Z [m]
1	0.0	0,00
2	1.0	0,10
3	2.0	0,30
4	3.0	0,40
5	4.0	0,60
6	5.0	0,70
7	6.0	0,70
8	7.0	0,70
9	8.0	0,70
10	9.0	0,60
11	10.0	0,50
12	11.0	0,40
13	12.0	0,40
14	13.0	0,30
15	14.0	0,30
16	15.0	0,20
17	16.0	0,20
18	17.0	0,00
19	18.0	-0,20
20	19.0	-0,40
21	20.0	-0,60
22	21.0	-0,90
23	22.0	-1,10
24	23.0	-1,30





*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

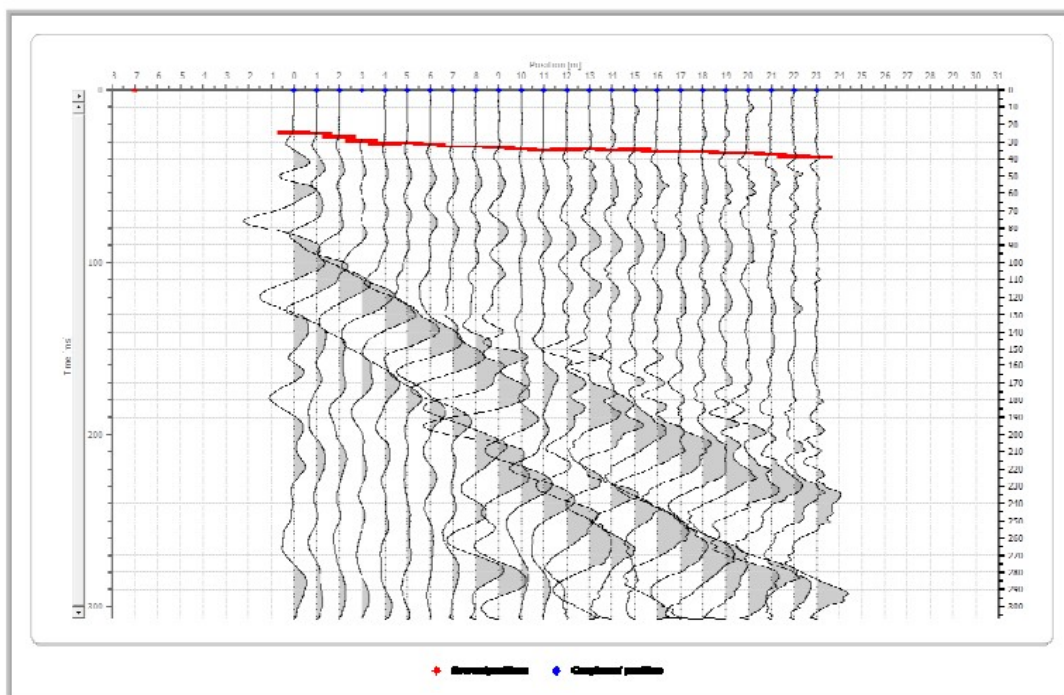
Dati battute - Battuta 1 Posizione - sorgente -7[m]

Geophone position [m]	Time [ms]
0.0	24.8435
1.0	25.3213
2.0	27.2323
3.0	29.6212
4.0	31.0544
5.0	30.5767
6.0	32.0100
7.0	32.9655
8.0	32.9655
9.0	33.4432
10.0	34.3988
11.0	35.3543
12.0	34.8765
13.0	34.3988
14.0	35.3543
15.0	34.8765
16.0	35.8320
17.0	35.8320
18.0	35.8320
19.0	36.7876
20.0	36.7876
21.0	37.7431
22.0	38.6986
23.0	39.1764



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---



Battuta 2 -Posizione sorgente -2 [m]



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

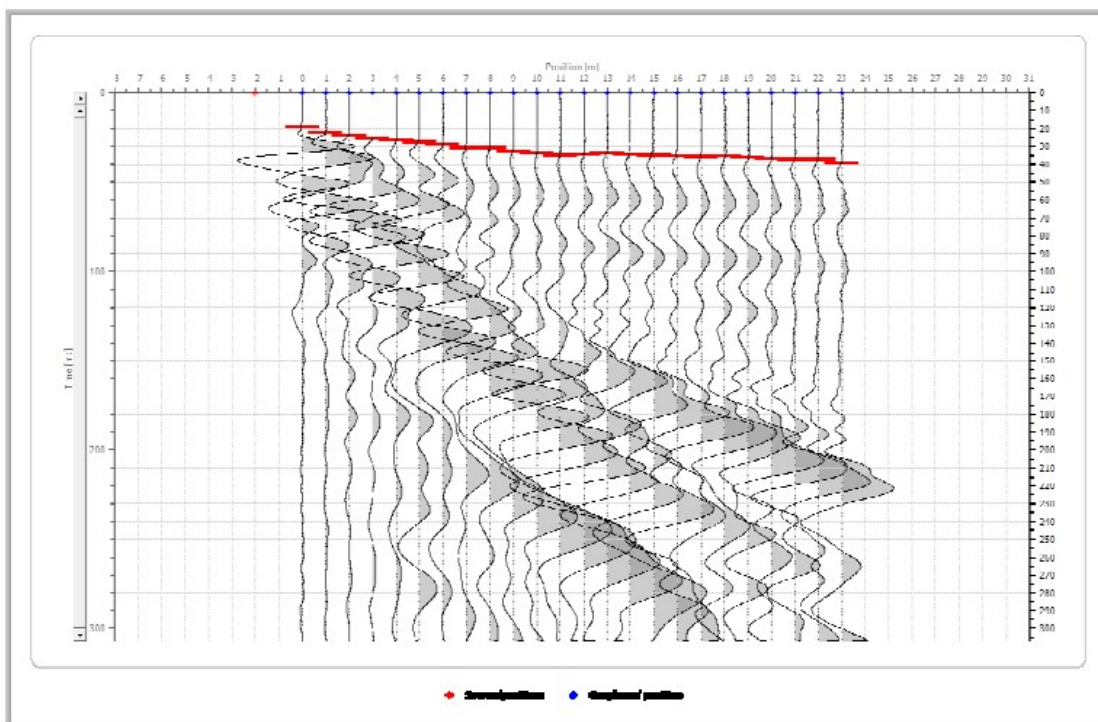
---

Geophone position [m]	Time [ms]
0.0	19.1104
1.0	21.9770
2.0	23.8880
3.0	25.7991
4.0	26.7546
5.0	27.7101
6.0	29.1434
7.0	31.0544
8.0	31.0544
9.0	32.9655
10.0	33.9210
11.0	34.8765
12.0	34.3988
13.0	33.9210
14.0	34.3988
15.0	34.8765
16.0	35.3543
17.0	35.8320
18.0	35.3543
19.0	36.3098
20.0	36.7876
21.0	37.2653
22.0	37.2653
23.0	39.1764



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---



Battuta 3  
Posizione sorgente+3,5[m]



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

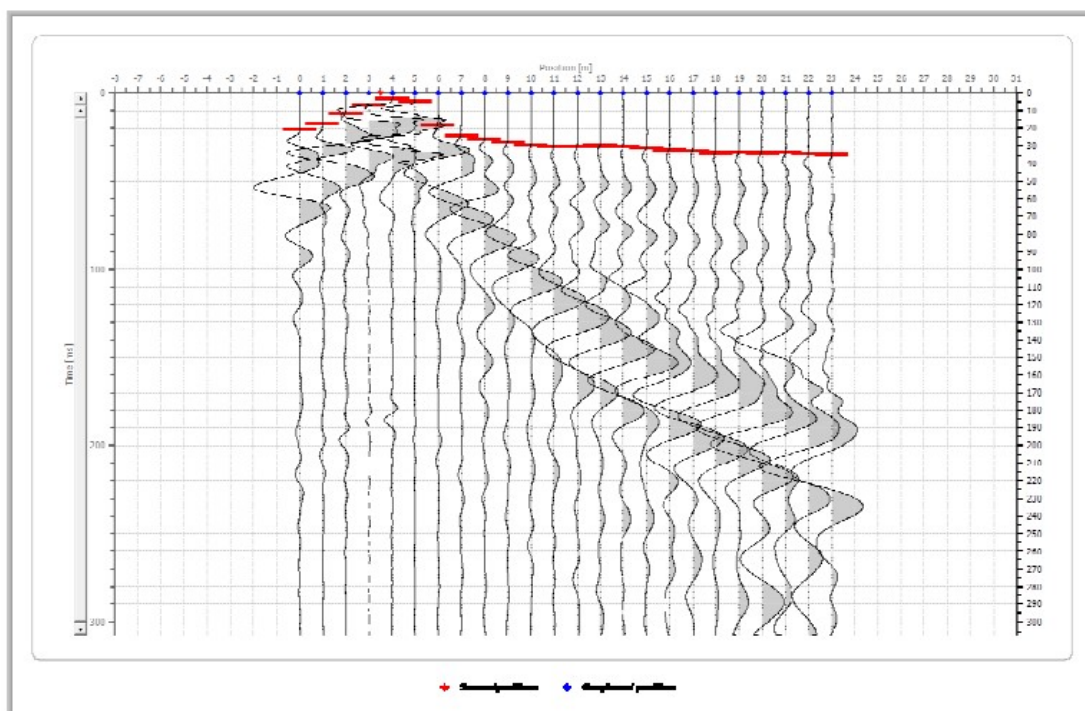
Geophone position [m]	Time [ms]
0.0	21.0215
1.0	17.6771
2.0	11.4663
3.0	6.6886
4.0	3.3443
5.0	4.7776
6.0	18.6327
7.0	24.3658
8.0	26.2768
9.0	28.1879
10.0	29.6212
11.0	30.5767
12.0	30.5767
13.0	30.0989
14.0	30.5767
15.0	31.0544
16.0	32.4877
17.0	32.9655
18.0	33.9210
19.0	33.4432
20.0	33.9210
21.0	33.4432
22.0	34.3988
23.0	34.8765





*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---



Battuta 4 Posizione sorgente +11,5[m]



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

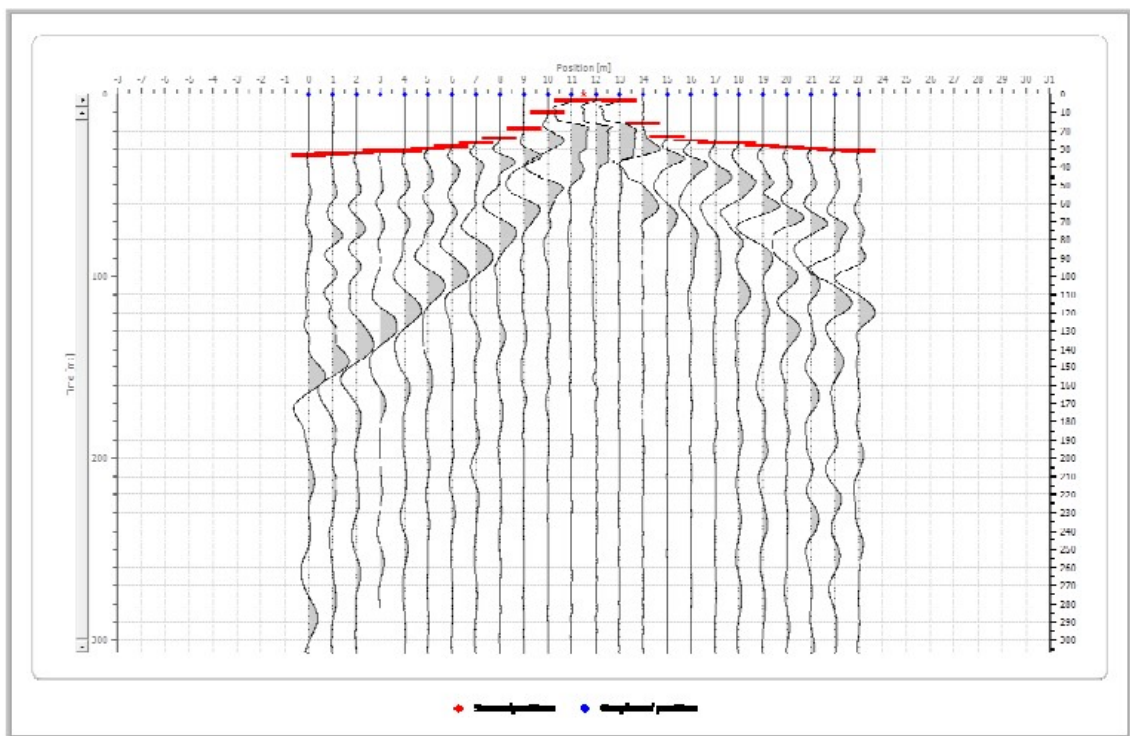
---

Geophone position [m]	Time [ms]
0.0	33.4432
1.0	32.4877
2.0	32.0100
3.0	31.0544
4.0	31.0544
5.0	29.6212
6.0	28.1879
7.0	26.2768
8.0	23.4103
9.0	18.6327
10.0	10.0330
11.0	3.8221
12.0	3.3443
13.0	3.8221
14.0	15.7661
15.0	22.4547
16.0	24.8435
17.0	26.2768
18.0	26.2768
19.0	27.7101
20.0	29.1434
21.0	29.6212
22.0	30.5767
23.0	31.0544



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---



Battuta 5 Posizione sorgente +19,5[m]



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

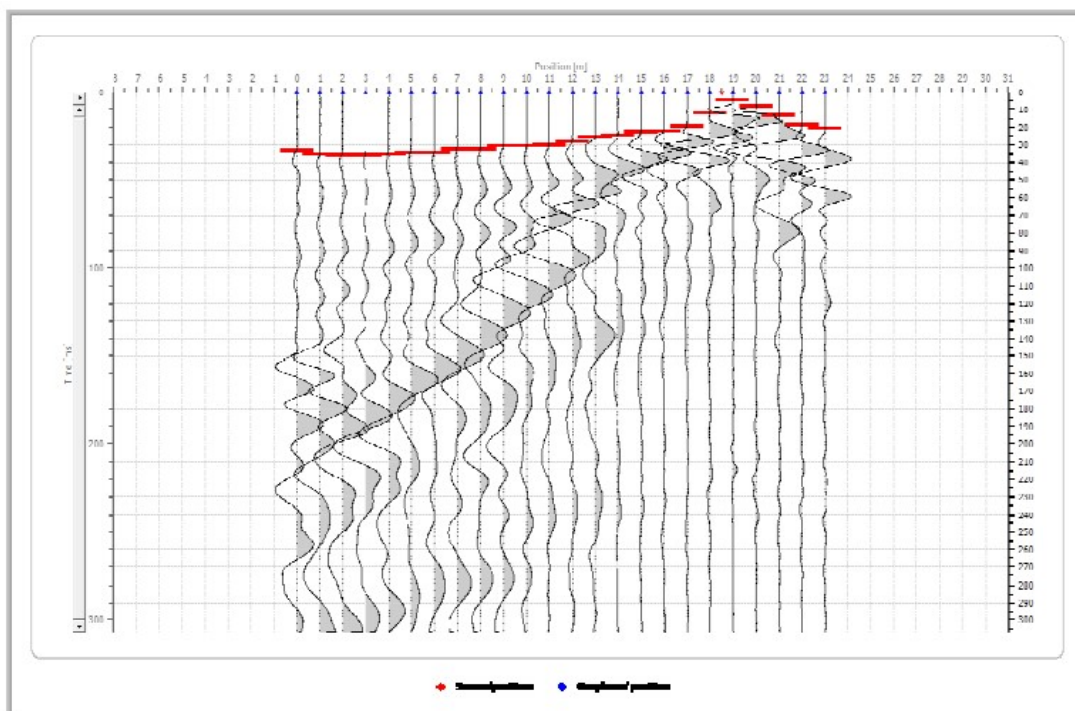
---

Geophone position [m]	Time [ms]
0.0	33.4432
1.0	35.3543
2.0	35.8320
3.0	35.8320
4.0	35.3543
5.0	34.3988
6.0	34.3988
7.0	32.4877
8.0	32.4877
9.0	30.5767
10.0	30.5767
11.0	30.0989
12.0	28.1879
13.0	25.7991
14.0	24.8435
15.0	22.4547
16.0	21.9770
17.0	19.1104
18.0	11.9440
19.0	4.7776
20.0	7.6442
21.0	12.8995
22.0	18.1549
23.0	20.5437



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---



Battuta 6 Posizione sorgente+25[m]





*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

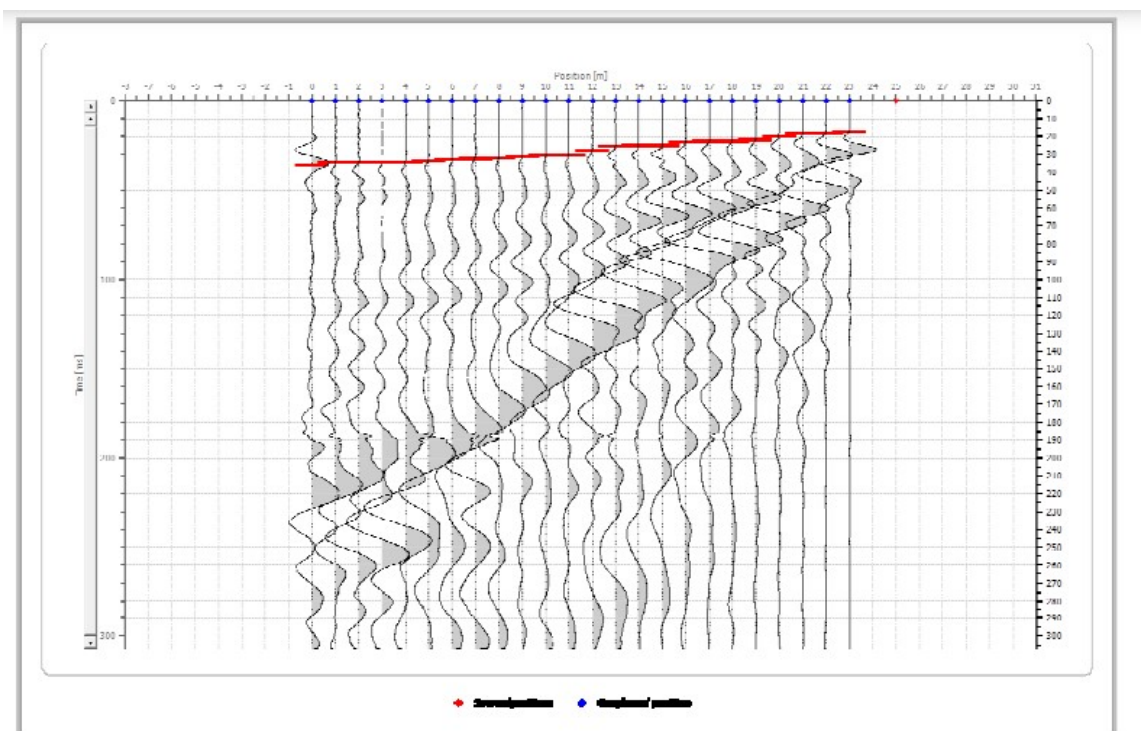
---

Geophone position [m]	Time [ms]
0.0	35.8320
1.0	34.3988
2.0	34.3988
3.0	34.3988
4.0	34.3988
5.0	33.4432
6.0	32.9655
7.0	32.4877
8.0	32.0100
9.0	31.0544
10.0	30.5767
11.0	30.5767
12.0	28.1879
13.0	25.7991
14.0	25.3213
15.0	25.3213
16.0	23.4103
17.0	22.9325
18.0	22.9325
19.0	21.9770
20.0	20.0659
21.0	18.6327
22.0	18.6327
23.0	17.6771



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---



Battuta 7 Posizione sorgente +30[m]



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

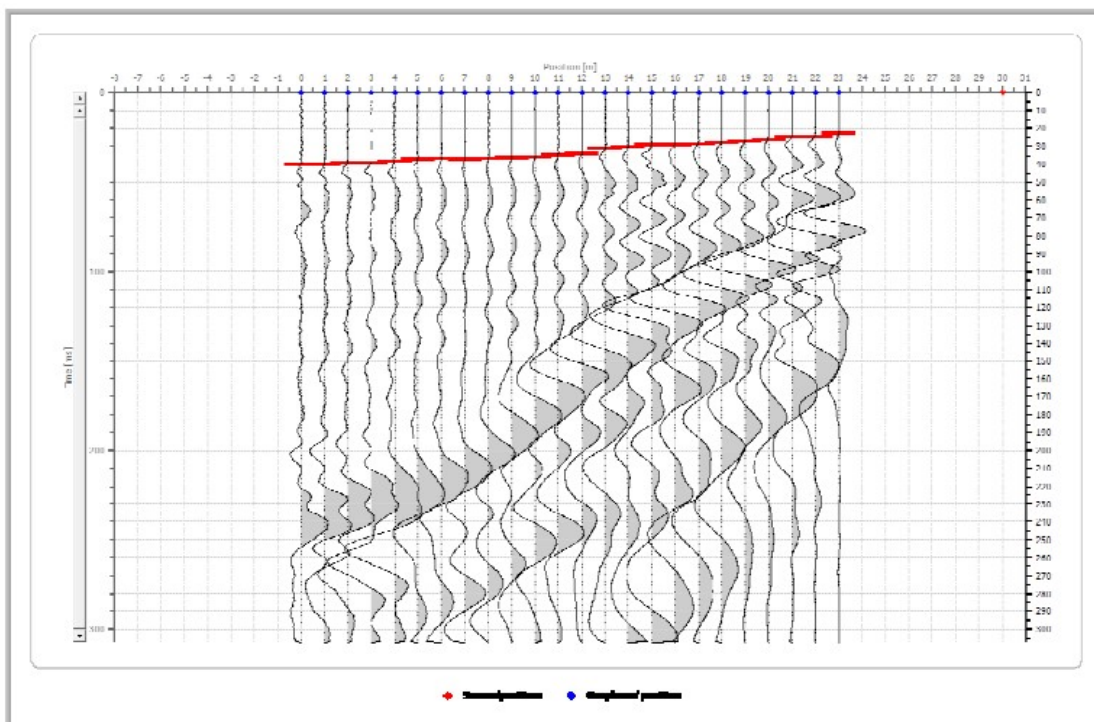
---

---

Geophone position [m]	Time [ms]
0.0	40.1319
1.0	40.1319
2.0	39.6541
3.0	39.1764
4.0	38.2208
5.0	37.2653
6.0	36.7876
7.0	37.2653
8.0	36.7876
9.0	36.3098
10.0	35.8320
11.0	34.8765
12.0	33.9210
13.0	31.0544
14.0	30.0989
15.0	29.1434
16.0	29.1434
17.0	28.6656
18.0	27.7101
19.0	27.2323
20.0	26.2768
21.0	24.8435
22.0	24.8435
23.0	22.9325



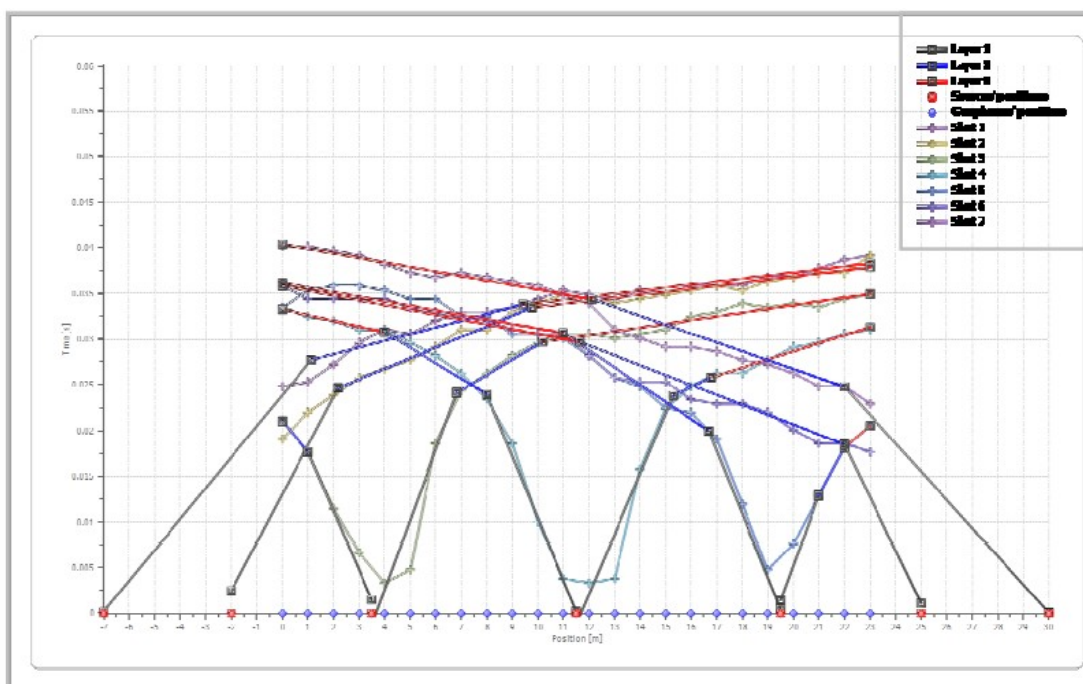
*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*



**Dromocrone**



Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”



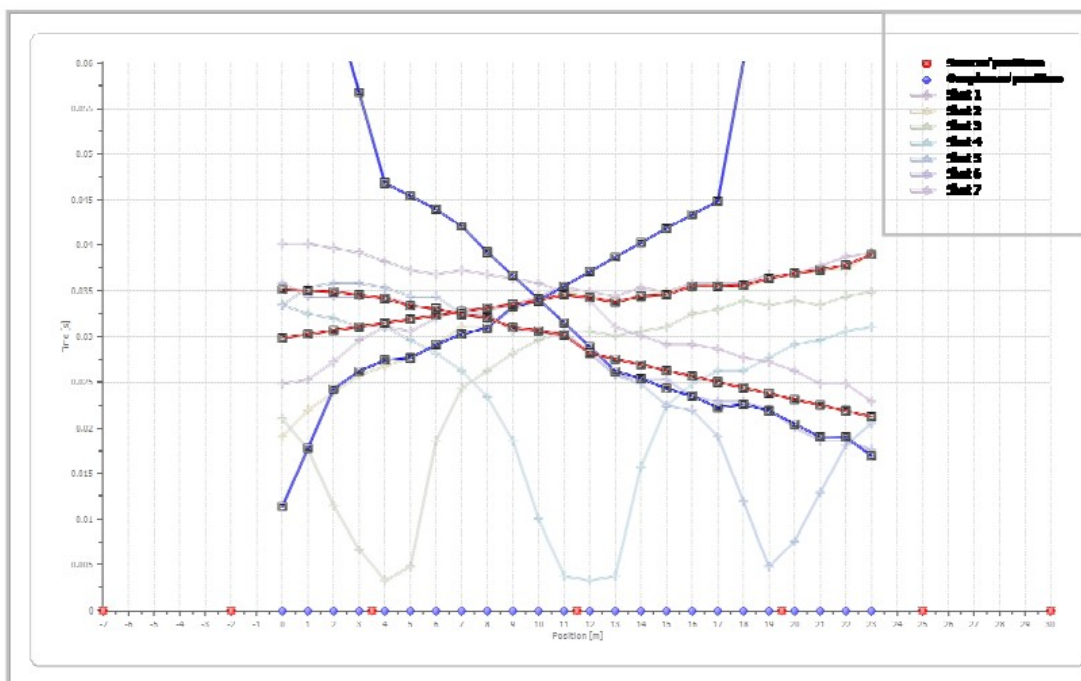
Dromocrone traslate





*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---



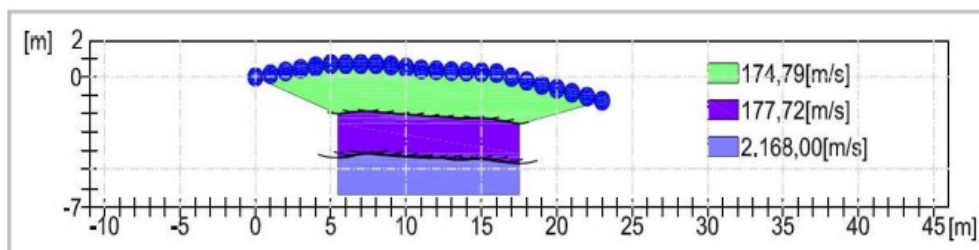
Interpretazione con il metodo G.R.M.

XY: 11



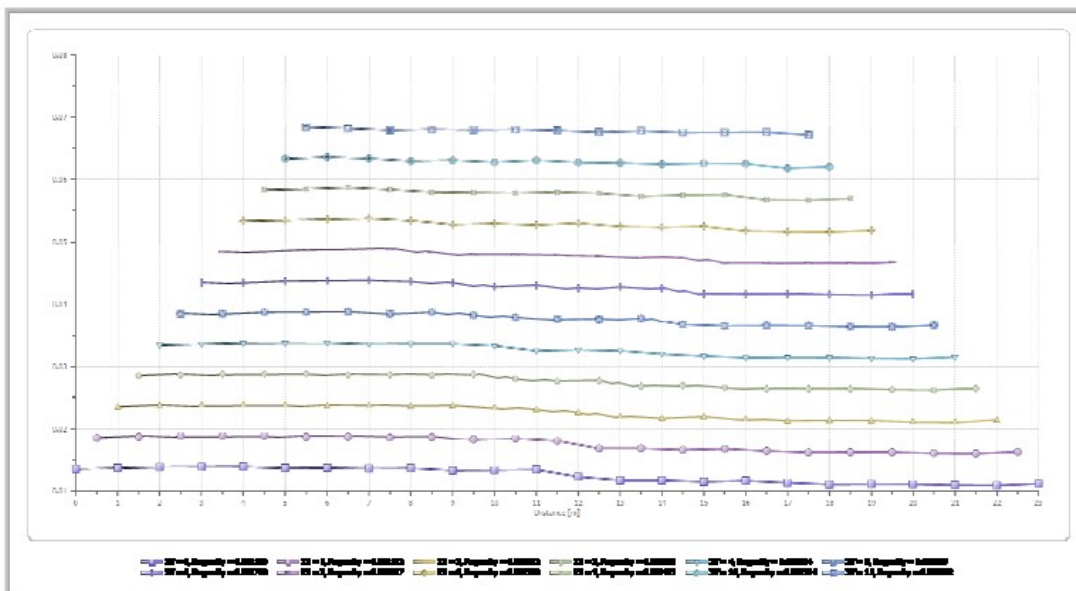
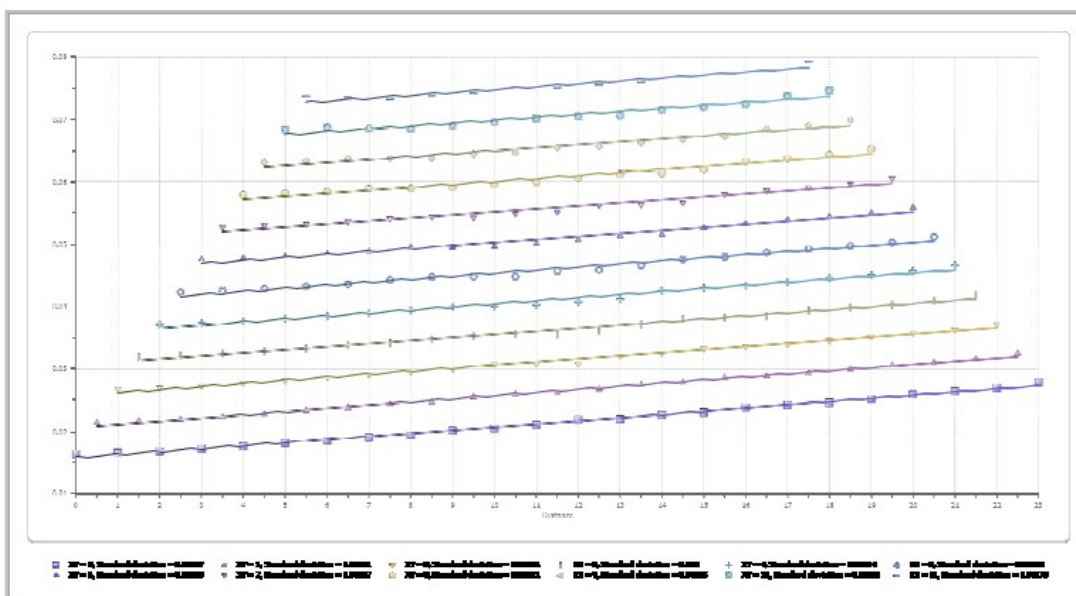
*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

	Layer n. 1	Layer n. 2	Layer n. 3
G= 5.5 [m]	2,70	5,10	--
G= 6.5 [m]	2,60	5,00	--
G= 7.5 [m]	2,60	4,90	--
G= 8.5 [m]	2,60	4,90	--
G= 9.5 [m]	2,60	4,90	--
G= 10.5 [m]	2,50	4,80	--
G= 11.5 [m]	2,50	4,80	--
G= 12.5 [m]	2,50	4,70	--
G= 13.5 [m]	2,50	4,80	--
G= 14.5 [m]	2,50	4,70	--
G= 15.5 [m]	2,50	4,70	--
G= 16.5 [m]	2,50	4,70	--
G= 17.5 [m]	2,40	4,60	--
Velocity [m/sec]	174,80	177,70	2.168,00
Description	Terreno di riporto	Limi argillosi di copertura	Argille limose di substrato





Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”





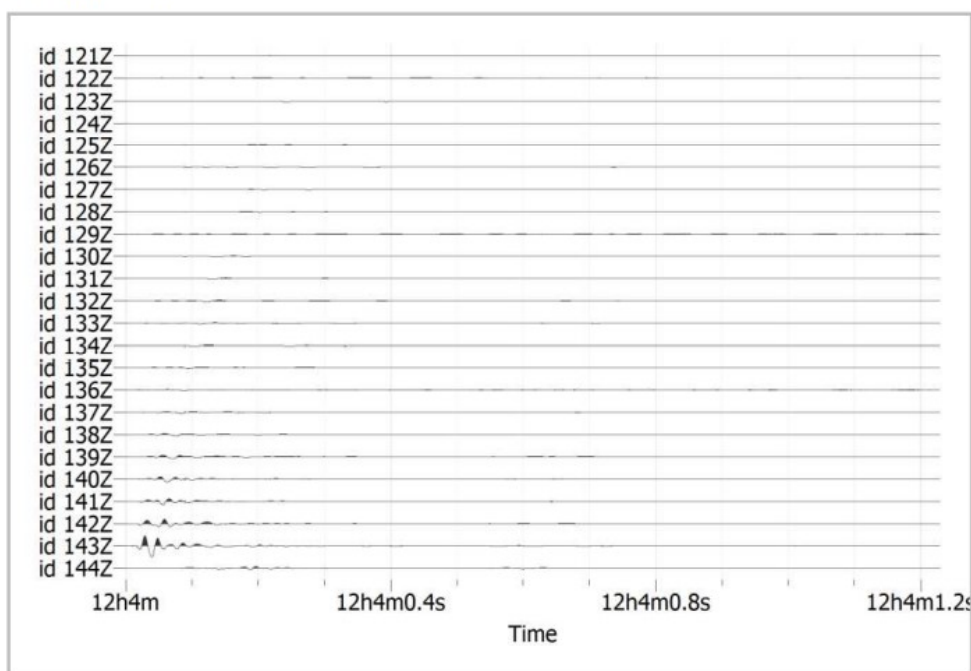
Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”

### Parametri geodinamici

	Layer n. 1	Layer n. 2	Layer n. 3
Poisson's ratio	0,35	0,35	0,35
Density [kg/m <sup>3</sup> ]	1.800,00	1.800,00	1.800,00
Vp [m/s]	174,79	177,72	2.168,00
Shear modulus G <sub>0</sub> [MPa]	12,69	13,12	1.952,41
Oedometric modulus E <sub>d</sub> [Mpa]	54,99	56,85	8.460,43
Bulk modulus M <sub>0</sub> [MPa]	42,30	43,73	6.508,02
Young's modulus E <sub>y</sub> [Mpa]	34,26	35,42	5.271,50

## RISULTATI MASW

### Sismogrammi

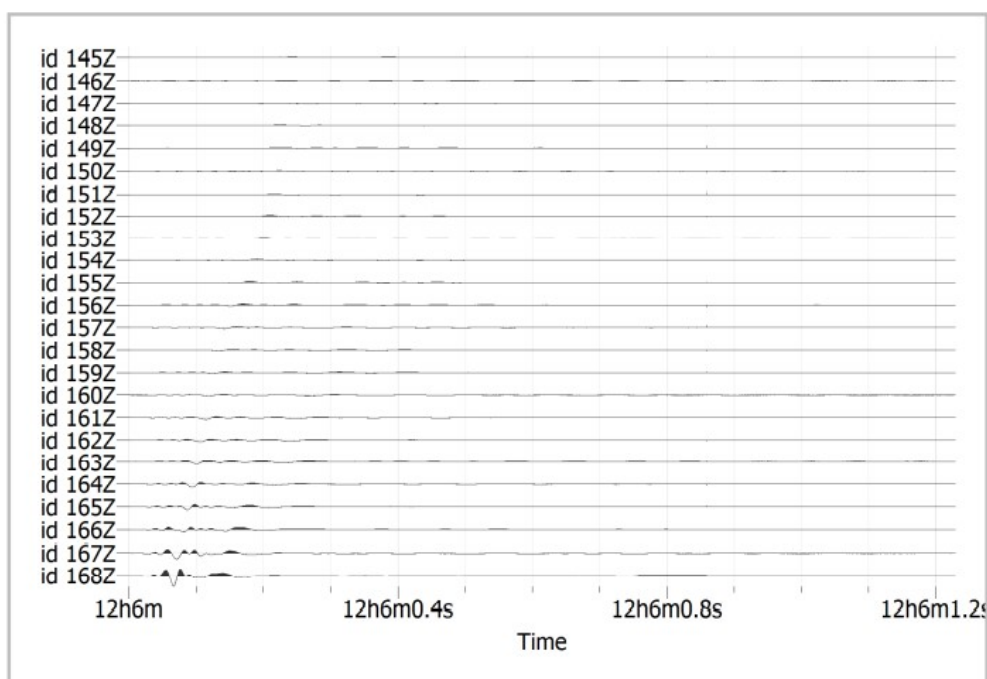




*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---



**shot -2**

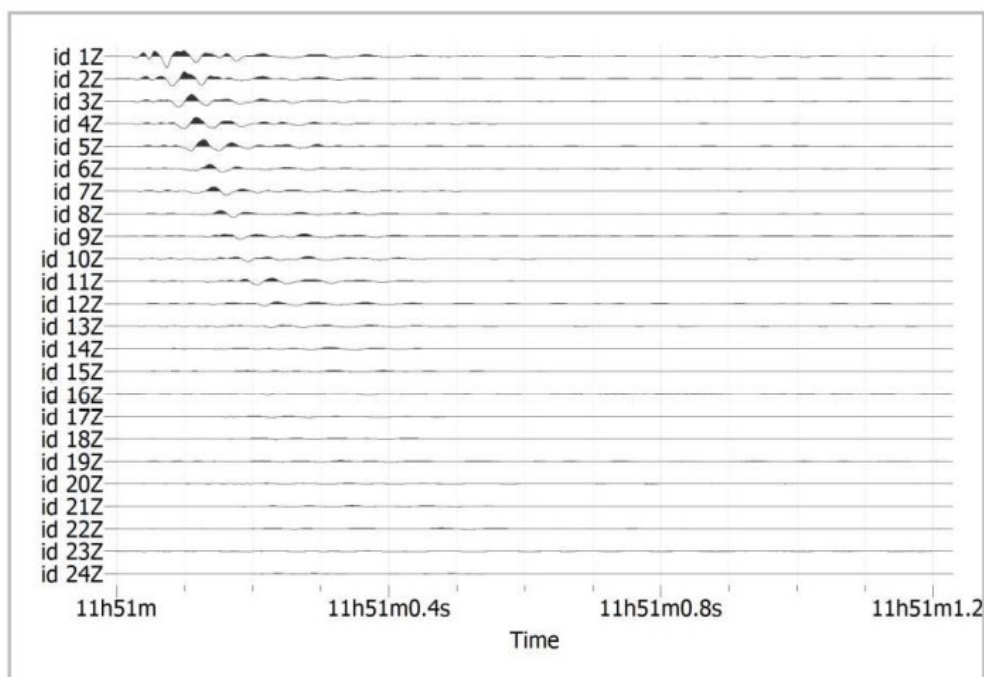




*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

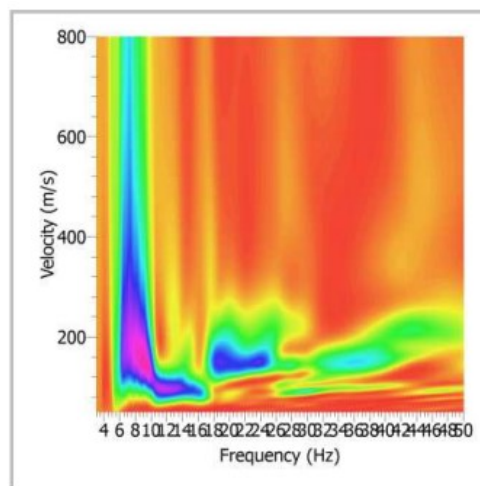
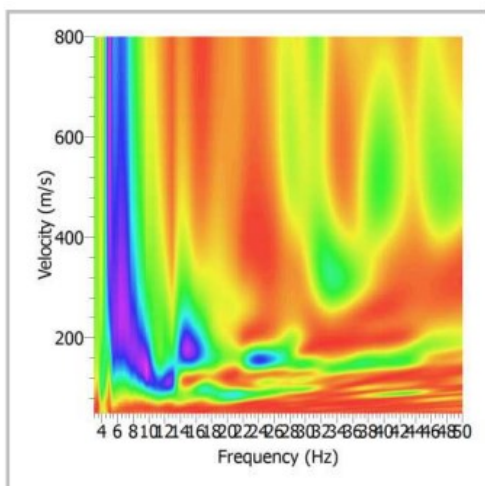
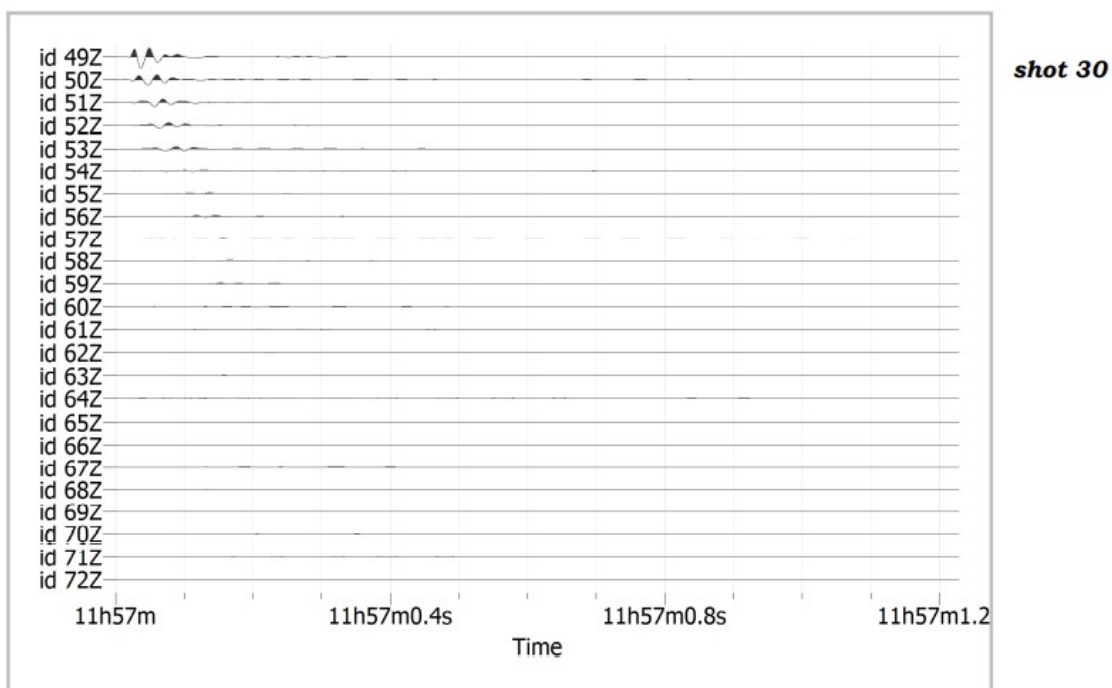
---





*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

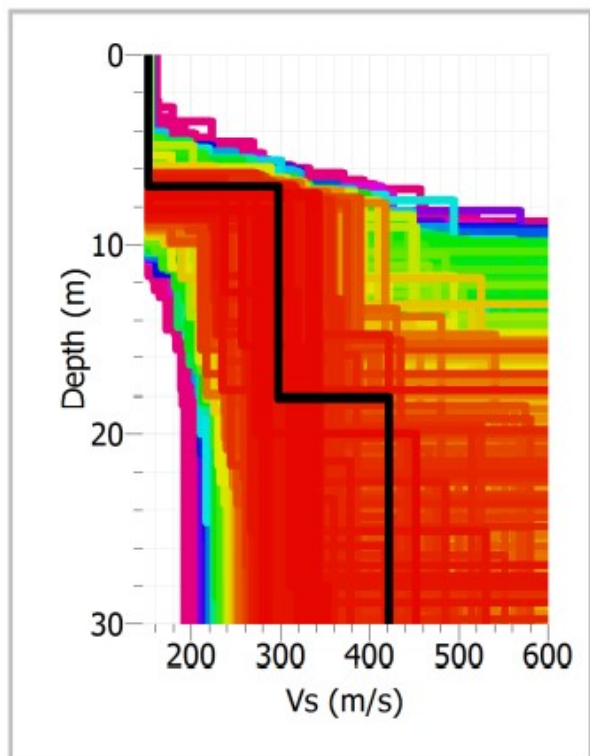
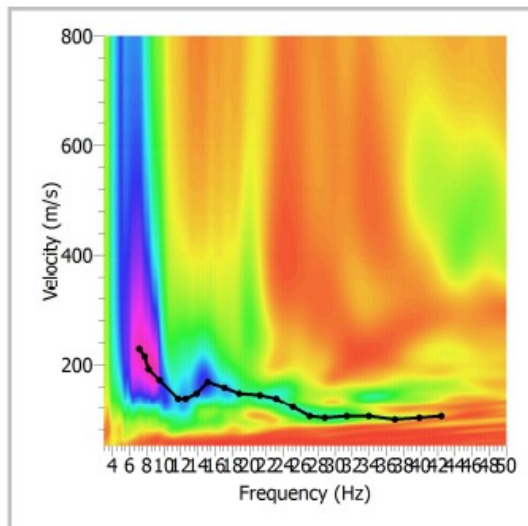
---





*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---



### **PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT**

Premessa: L'indagine eseguita ha permesso di caratterizzare uno spessore di sottosuolo variabile dai 4,00 – 11,60 m fino al rifiuto strumentale.

Metodologia La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ( $v = 2 \text{ cm/sec} \pm 0,5 \text{ cm/sec}$ ). La penetrazione viene effettuata tramite un dispositivo di spinta (martinetto idraulico), oppor-



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

tunamente ancorato al suolo con coppie di coclee ad infissione, che agisce su una batteria doppia di aste (aste coassiali esterne cave e interne piene), alla cui estremità è collegata la punta. Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato per mezzo di manometri, collegati al martinetto mediante una testa di misura idraulica. La punta conica (del tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante, per la misura dell'attrito laterale : punta / manicotto tipo "Begemann". Sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'infissione.

Strumento utilizzato SONDA PAGANI TG 63 200 KN

Caratteristiche: Rif. Norme ASTM D3441-86

- Diametro punta conica meccanica  $\varnothing = 35,7$  mm
- Angolo di apertura punta  $\alpha = 60^\circ$
- Area punta  $A_p = 10$  cm<sup>2</sup>
- Manicotto laterale di attrito tipo “Begemann”, h 133 mm, superf. lat. Am 150 cm<sup>2</sup>)
- Velocità di avanzamento costante  $V = 2$  cm/sec ( $\pm 0,5$  cm/sec)
- Costante di trasformazione  $C_t = 10$
- Anello Allargatore
- Cella di carico
- Sistema di misura idraulico
- Sistema di acquisizione automatico
- Passo del penetrometro (intervallo entro cui effettua la lettura) = 20 cm.

Registrazione dati

Una cella di carico, che rileva gli sforzi di infissione, è montata all'interno di un'unità rimovibile, chiamata "selettore", che preme alternativamente sull'asta interna e su quella esterna. Durante la fase di spinta le aste sono azionate automaticamente da un comando idraulico. L'operatore deve solamente controllare i movimenti di spinta per l'infissione delle aste. I valori



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

acquisiti dalla cella di carico sono visualizzati sul display di una Sistema Acquisizione Automatico (unità ACQ002). Per mezzo di un software (TGAS01) è possibile sia durante l'acquisizione, che in un secondo momento a prove ultimate trasferire i dati ad un PC.



Le letture di campagna (che possono essere rilevate dal sistema di acquisizione sia in Kg che in Kg/cm<sup>2</sup>) durante l'infissione sono le seguenti:

- lettura alla punta LP = prima lettura di campagna durante l'infissione relativa all'infissione della sola punta;
- lettura laterale LT = seconda lettura di campagna relativa all'infissione della punta+manicotto;
- lettura totale LLTT = terza lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne non è influente metodologicamente ai fini interpretativi.

Metodologia di elaborazione

I dati rilevati della prova sono quindi una coppia di valori per ogni intervallo di lettura costituiti da LP (Lettura alla punta) e LT (Lettura della punta + manicotto), le relative resistenze vengono quindi desunte per differenza, inoltre la resistenza laterale viene conteggiata 20 cm sotto (alla quota della prima lettura della punta). Trasferiti i dati ad un PC vengono elaborati da un programma di calcolo “STATIC PROBING” della GeoStru Software s.a.s. a licenza.

La resistenze specifiche  $Q_c$  (Resistenza alla Punta RP) e  $Q_l$  (Resistenza Laterale RL) o  $f_s$  attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione) vengono desunte



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

tramite opportune costanti e sulla base dei valori specifici dell'area di base della punta e dell'area del manicotto di frizione lateraletenendo in debito conto che:

- a.  $A_p$  = l' area punta (base del cono punta tipo “Begemann”) = 10 cmq
- b.  $A_m$  = area del manicotto di frizione = 150 cmq
- c.  $C_t$  = costante di trasformazione =10.

Il programma Static Probing permette inoltre l'archiviazione, la gestione e l'elaborazione delle Prove Penetrometriche Statiche. 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 dovrà comunque essere trattato con spirito critico e possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona. I dati di uscita principali sono RP (Resistenza alla Punta) e RL o fs (Resistenza Laterale o attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione) che il programma calcola automaticamente; inoltre viene calcolato il Rapporto RP/RL (Rapporto Begemann 1965) e il Rapporto RL/RP (Rapporto Schmertmann 1978 – FR %- ). I valori sono calcolati con queste formule:  
 $q_c$  (RP) = (LP x  $C_t$ )/10 cmq. Resistenza alla Punta  
 $q_l$ (RL o fs) = [(LT – LP) x  $C_t$ ]/150cmq.

Resistenza Laterale.

Valutazione statistica

Permette l'elaborazione dei dati numerici di StaticProbing, 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:  
Medio: Media aritmetica dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato;





*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

Media minima: Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato;

Massimo: Valore massimo dei valori del numero della resistenza alla punta sullo strato considerato;

Minimo: Valore minimo dei valori del numero della resistenza alla punta sullo strato considerato;

Media + s: Media + scarto (valore statistico) dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

Media – s Media - scarto (valore statistico) dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

#### Correlazioni

Scegliendo il tipo di interpretazione litologica (consigliata o meno a seconda del tipo di penetrometro utilizzato) si ha in automatico la stratigrafia<sup>1</sup> con il passo dello strumento ed interpolazione automatica degli strati. Il programma esegue inoltre il grafico (per i vari autori) Profondità/Valutazioni litologiche, per visualizzare in maniera diretta l'andamento delle litologie presenti lungo la verticale indagata.

#### Interpretazioni litologiche

- Searle 1979
- Douglas Olsen 1981 (consigliato per CPTE)
- A.G.I. 1977 (consigliato per CPT)
- Schmertmann 1978 (consigliato per CPT)
- Robertson 1983-1986 (consigliato per CPTE)
- Begemann 1965 (consigliato per CPT – classificazione valida solo per terreni in falda).

#### Suddivisione delle metodologie di indagine

- CPT (ConePenetration Test – punta Meccanica tipo Begemann)
- CPTE (ConePenetration Test Electric – punta elettrica)



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

- CPTU (Piezocono)

PUNTA MECCANICA- permette di ottenere dati in continuo con un passo 20 cm.

PUNTA ELETTRICA- generalmente tale strumento permette di ottenere dati in continuo con un passo molto ravvicinato, anche 2 cm.

PIEZOCONO- i dati di inserimento oltre a quelli di LP e LT sono invece la pressione neutrale misurata ed il tempo di dissipazione (tempo intercorrente misurato tra la misura della sovrappressione neutrale e la pressione neutrale o pressione della colonna d'acqua). Tale misurazione si effettua generalmente considerando la sovrappressione ottenuta in fase di spinta e la pressione neutrale (dissipazione nel tempo) misurata in fase di alleggerimento di spinta (arresto penetrazione).

Il programma usato per le elaborazioni permette di immettere  $U1 - U2 - U3$  cioè la sovrappressione neutrale misurata rispettivamente con filtro poroso posizionato nel cono, attorno al cono, o attorno al manicotto a seconda del tipo di piezocono utilizzato. Tale sovrappressione è data dalla somma della pressione idrostatica preesistente la penetrazione e dalle pressioni dei pori prodotte dalla compressione, può essere positiva o negativa e generalmente varia da -1 a max. + 10-20 kg/cmq. La stessa è prodotta dalla compressione o dilatazione del terreno a seguito della penetrazione, per il calcolo oltre ai dati strumentali generali si deve immettere per una correzione dei valori immessi:

Area punta del cono: area esterna punta;

Area interna punta del cono: area del restringimento in prossimità del setto poroso – interna cono-manicotto, generalmente il rapporto tra le aree varia da 0,70 – 1,00.

Passo del penetrometro: intervallo entro cui effettua la lettura, generalmente per penetrometri normali è 20 cm, per le punte elettriche piezoconi può essere di 2 cm.

Il programma elabora quindi i dati di resistenza alla punta e laterale  $f_s$  con le opportune correzioni dovute alla normalizzazione (con la tensione litostatica e con la pressione dei pori).



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

Robertson definisce infine il valore caratteristico del  $I_c$  (Indice di tipo dello strato) e Contenu-  
to in materiale fine FC % (cioè la percentuale di contenuto argilloso < 2 micron).

#### Correlazioni geotecniche

Scegliendo il tipo di interpretazione litologica si ha in automatico la stratigrafia con il passo dello strumento ed interpolazione automatica degli strati. Ad ogni strato mediato il programma calcola la  $Q_c$  media, la  $f_s$  media, il peso di volume naturale medio, il comportamento geotecnico<sup>2</sup> (coesivo, incoerente o coesivo-incoerente), ed applica una texture. L'utilizzo dei dati dovrà comunque essere trattato con spirito critico e possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Terreni incoerenti Angolo di attrito Angolo di Attrito (Durgunouglu-Mitchell 1973-1975)

– per sabbie N.C. e S.C. non cementate;

Angolo di Attrito (Meyerhof 1951)

– per sabbie N.C. e S.C.; Angolo di Attrito Herminier;

Angolo di Attrito (Caquot)

- per sabbie N.C. e S.C. non cementate e per prof. > 2 mt. in terreni saturi o > 1 mt. non saturi;

Angolo di Attrito (Koppejan)

- per sabbie N.C. e S.C. non cementate e per prof. > 2 mt. in terreni saturi o > 1 mt. non saturi;

Angolo di Attrito (De Beer 1965-1967)

- per sabbie N.C. e S.C. non cementate e per prof. > 2 mt. in terreni saturi o > 1 mt. non saturi;

Angolo di Attrito (Robertson & Campanella 1983)

- per sabbie non cementare quarzose Angolo di Attrito (Schmertmann 1977-1982)

– per varie litologie (correlazione che generalmente sovrastima il valore);

Densità relativa Densità Relativa (Baldi ed altri 1978-1983 - Schmertmann 1976)

- per sabbie NC non cementate; Densità Relativa (Schmertmann)

La scelta oltre che in automatico può essere fatta anche manualmente; scegliendo coesivo il programma elabora i dati geotecnici solamente come terreno coesivo, incoerente elabora i dati



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

solo come incoerente; scegliendo coesivo-incoerente (terreno dotato di comportamento intermedio e non inquadrabile in maniera certa) il programma elabora i dati anche in uscita con entrambi i comportamenti. La scelta ultima sulla caratterizzazione della natura prevalente dei terreni investigati (incoerente o coesiva) è demandata al professionista (geologo) incaricato dal committente nel rispetto delle competenze e delle esperienze geologiche acquisite in zona.

Densità Relativa (Harman 1976) Densità Relativa (Lancellotta 1983) Densità Relativa (Jamiolkowski 1985) Densità Relativa (Larsson 1995) - per sabbie omogenee non gradate

Modulo di Young Modulo di Young secante (Schmertmann 1970-1978)  $E_y(25)$ – $E_y(50)$  - riferito al 25% e al 50% del valore di rottura–prima fase della curva carico/deformazione

Modulo di Young secante drenato (Robertson & Campanella 1983)  $E_y(25)$  –  $E_y(50)$ - per sabbie NC quarzose Modulo di Young (ISOPT-1 1988)  $E_y(50)$  - per sabbie OC sovraconsolidate e SC

Modulo Edometrico Modulo Edometrico (Robertson & Campanella) da Schmertmann Modulo Edometrico (Lunne-Christoffersen 1983 - Robertson and Powell 1997) - valido per sabbie NC Modulo Edometrico (Kulhawy-Mayne 1990) Modulo Edometrico (Mitchell & Gardner 1975) – valido per sabbie Modulo Edometrico (Buisman - Sanglerat) – valido per sabbie argillose

Peso di Volume Gamma Peso di Volume Gamma ( $t/mc$ ) (Meyerhof) - Peso di Volume Gamma saturo ( $t/mc$ ) (Meyerhof) –

Modulo di deformazione di taglio Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cm<sup>2</sup>.

Potenziale di Liquefazione Verifica alla liquefazione dei suoli incoerenti (Metodo di Robertson e Wride 1997 – C.N.R. – GNDT) – coefficiente di sicurezza relativo alle varie zone sismiche I-I-III-IV cat.

– N.B. la liquefazione è assente per  $F_s \geq 1,25$ , possibile per  $F_s = 1,0-1,25$  e molto probabile per  $F_s < 1$



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

Fattori di compressibilità Ramo di carico C (autori vari) Ramo di carico medio Crm (autori vari) OCR - Grado di Sovraconsolidazione Grado di Sovraconsolidazione OCR - (metodo Stress-History) Grado di Sovraconsolidazione OCR (Larsson 1991 S.G.I.) Grado di Sovraconsolidazione OCR (Piacentini-Righi Inacos 1978) Grado di Sovraconsolidazione OCR - (Ladd e Foot - Ladd ed altri 1977) Modulo di reazione Ko (Kulhawy Maine, 1990)

Correlazione Nsp<sub>t</sub> Meardi – Meigh 1972 Mayerof. Terreni coesivi Coesione non drenata Coesione non drenata (Lunne&Eide) Coesione non drenata (Rolf Larsson SGI 1995) - suoli fini granulari Coesione non drenata (Baligh ed altri 1976-1980) in tale elaborazione occorre inserire il valore di N<sub>k</sub> (generalmente variabile da 11 a 25) Coesione non drenata (Marsland 1974-Marsland e Powell 1979) Coesione non drenata Sunda (relazione sperimentale) Coesione non drenata (Lunne T.-Kleven A. 1981) Coesione non drenata (Kjekstad. 1978 ) Coesione non drenata (Lunne, Robertson and Powell 1977) Coesione non drenata (Terzaghi - valore minimo) Coesione non drenata (Begemann) Coesione non drenata (De Beer) - valida per debole coesione.

Indice di compressione C Indice di Compressione Vergine C<sub>c</sub> (Schmertmann) Indice di Compressione Vergine C<sub>c</sub> (Schmertmann 1978) Fattore di compressibilità ramo di carico C (Piacentini-Righi Inacos 1978)

Fattore di compressibilità medio ramo di carico Crm (Piacentini-Righi Inacos 1978).

Modulo Edometrico-Confinato Mitchell - Gardnerr (1975) Mo (Eed) (Kg/cm<sup>2</sup>) per limi e argille. Metodo generale del modulo edometrico. Buisman correlazione valida per limi e argille di media plasticità – Alluvioni attuali argille plastiche – suoli organici (W 90-130) Buisman e Sanglerat valida per litotipi argille compatte Valore medio degli autori su suoli coesivi Modulo di deformazione non drenato Modulo di deformazione non drenato Eu (Cancelli ed altri 1980)

Modulo di deformazione non drenato Eu (Ladd ed altri 1977) – (Inserire valore n variabile tra 30 < n < 1500). Peso di Volume Gamma Peso di Volume terreni coesivi (t/m<sup>3</sup>) (Meyerhof)



*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

---

---

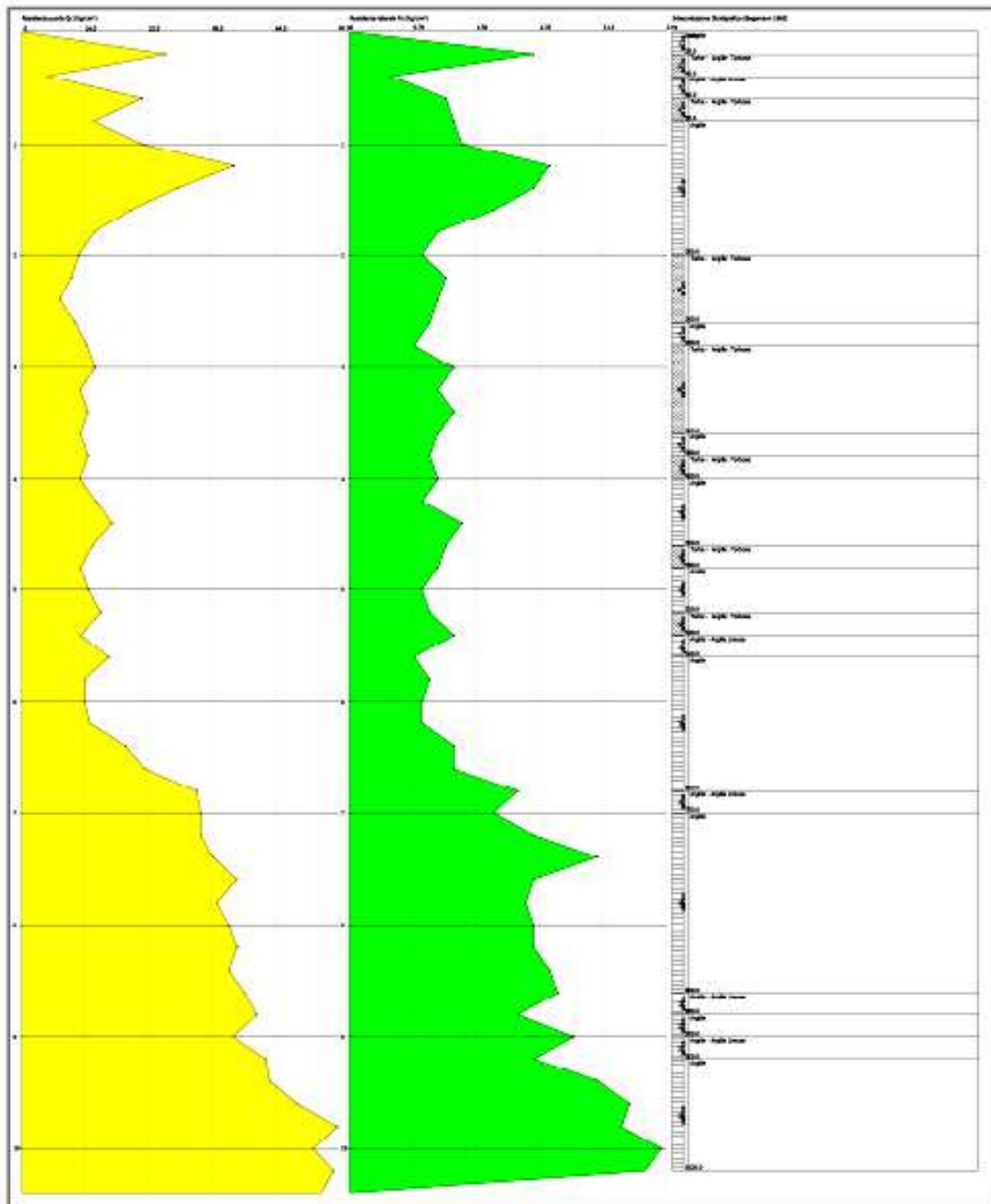
Peso di Volume saturo terreni coesivi (t/mq) (Meyerhof) Modulo di deformazione di taglio Imai&Tonouchi (1982) OCR Grado di Sovraconsolidazione OCR - (metodo Stress-History) Grado di Sovraconsolidazione OCR (P.W. Mayne 1991) - per argille ed argille sovraconsolidate Grado di Sovraconsolidazione OCR (Larsson 1991 S.G.I.) Grado di Sovraconsolidazione OCR (Piacentini-Righi Inacos 1978) Grado di Sovraconsolidazione Jamiolkowski et altri 1979 – valida per argilla di Taranto Grado di Sovraconsolidazione Schmertmann 1978. Coefficiente di consolidazione verticale Coefficiente di Consolidazione  $C_v$  (Piacentini-Righi, 1988) Permeabilità Coefficiente di Permeabilità  $K$  (Piacentini-Righi, 1988).





*Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”*

Grafico andamento prova





Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”

Tabulati letture

Profondità (m)	Letture punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Letture laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	36.00	49.0	36.1	2.3	15.696	6.4
0.40	6.00	40.0	6.1	0.5	12.2	8.2
0.60	30.00	38.0	30.1	1.2	25.083	4.0
0.80	18.00	36.0	18.1	1.3	13.923	7.2
1.00	30.00	49.0	30.1	1.4	21.5	4.7
1.20	53.00	74.0	53.3	2.5	21.32	4.7
1.40	39.00	77.0	39.3	2.3	17.087	5.9
1.60	27.00	61.0	27.3	1.8	15.167	6.6
1.80	18.00	45.0	18.3	1.1	16.636	6.0
2.00	14.00	31.0	14.3	0.9	15.889	6.3
2.20	12.00	26.0	12.4	1.2	10.333	9.7
2.40	9.00	27.0	9.4	1.1	8.545	11.7
2.60	13.00	30.0	13.4	1.0	13.4	7.5
2.80	16.00	31.0	16.4	0.8	20.5	4.9
3.00	18.00	30.0	18.4	1.3	14.154	7.1
3.20	14.00	33.0	14.6	1.1	13.273	7.5
3.40	16.00	33.0	16.6	1.3	12.769	7.8
3.60	14.00	34.0	14.6	1.1	13.273	7.5
3.80	16.00	33.0	16.6	1.0	16.6	6.0
4.00	14.00	29.0	14.6	1.1	13.273	7.5
4.20	18.00	34.0	18.7	0.9	20.778	4.8
4.40	22.00	35.0	22.7	1.4	16.214	6.2
4.60	17.00	38.0	17.7	1.2	14.75	6.8
4.80	14.00	32.0	14.7	1.1	13.364	7.5
5.00	16.00	32.0	16.7	0.9	18.556	5.4
5.20	19.00	33.0	19.8	1.0	19.8	5.1
5.40	14.00	29.0	14.8	1.3	11.385	8.8
5.60	21.00	40.0	21.8	0.8	27.25	3.7
5.80	15.00	27.0	15.8	1.0	15.8	6.3
6.00	15.00	30.0	15.8	0.9	17.556	5.7
6.20	16.00	30.0	17.0	0.9	18.889	5.3
6.40	25.00	38.0	26.0	1.3	20.0	5.0
6.60	30.00	49.0	31.0	1.3	23.846	4.2
6.80	43.00	63.0	44.0	2.1	20.952	4.8
7.00	44.00	75.0	45.0	1.8	25.0	4.0
7.20	44.00	71.0	45.1	2.3	19.609	5.1
7.40	47.00	82.0	48.1	3.1	15.516	6.4
7.60	53.00	100.0	54.1	2.3	23.522	4.3
7.80	48.00	82.0	49.1	2.2	22.318	4.5
8.00	51.00	84.0	52.1	2.3	22.652	4.4
8.20	53.00	88.0	54.2	2.3	23.565	4.2
8.40	51.00	86.0	52.2	2.5	20.88	4.8
8.60	55.00	93.0	56.2	2.6	21.615	4.6
8.80	58.00	97.0	59.2	2.1	28.19	3.5
9.00	52.00	84.0	53.2	2.8	19.0	5.3
9.20	60.00	102.0	61.4	2.3	26.696	3.7
9.40	61.00	96.0	62.4	3.1	20.129	5.0
9.60	68.00	115.0	69.4	3.5	19.829	5.0
9.80	78.00	130.0	79.4	3.4	23.353	4.3
10.00	72.00	123.0	73.4	3.9	18.821	5.3
10.20	77.00	136.0	78.5	3.7	21.216	4.7
10.40	74.00	130.0	75.5	0.0		0.0



Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”

**Comportamento geotecnico e descrizione litologica**

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	□□□ Medio (t/m <sup>2</sup> )	Comportamento Geotecnico	Descrizione
0.20	36.1	2.3	2.1	Coesivo	Argille
0.40	6.1	0.5	1.8	Coesivo	Torbe - Argille Torbose
0.60	30.1	1.2	2.0	Coesivo	Argille - Argille Limose
0.80	18.1	1.3	2.0	Coesivo	Torbe - Argille Torbose
2.00	30.433	1.667	2.0	Coesivo	Argille
2.60	11.733	1.1	1.9	Coesivo	Torbe - Argille Torbose
2.80	16.4	0.8	1.9	Coesivo	Argille
3.60	16.05	1.2	1.9	Coesivo	Torbe - Argille Torbose
3.80	16.6	1.0	1.9	Coesivo	Argille
4.00	14.6	1.1	1.9	Coesivo	Torbe - Argille Torbose
4.60	19.7	1.167	2.0	Coesivo	Argille
4.80	14.7	1.1	1.9	Coesivo	Torbe - Argille Torbose
5.20	18.25	0.95	1.9	Coesivo	Argille
5.40	14.8	1.3	1.9	Coesivo	Torbe - Argille Torbose
5.60	21.8	0.8	2.0	Coesivo	Argille - Argille Limose
6.80	24.933	1.25	2.0	Coesivo	Argille
7.00	45.0	1.8	2.1	Coesivo	Argille - Argille Limose
8.60	51.388	2.45	2.1	Coesivo	Argille
8.80	59.2	2.1	2.2	Coesivo	Argille - Argille Limose
9.00	53.2	2.8	2.1	Coesivo	Argille
9.20	61.4	2.3	2.2	Coesivo	Argille - Argille Limose
10.20	72.62	3.52	2.2	Coesivo	Argille

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PER TERRENI COESIVI**

**Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lunne&Eide	Sunda Relazione Sperimentale	Lunne T.- Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi
Strato 1	0.20	36.1	2.3	2.07	2.07	2.41	2.12	1.90	1.80
Strato 2	0.40	6.1	0.5	0.35	0.47	0.40	0.36	0.32	0.30
Strato 3	0.60	30.1	1.2	1.72	1.82	2.00	1.76	1.58	1.51
Strato 4	0.80	18.1	1.3	1.03	1.22	1.20	1.06	0.95	0.91
Strato 5	2.00	30.433	1.667	1.73	1.82	2.01	1.77	1.59	1.52
Strato 6	2.60	11.733	1.1	0.65	0.82	0.75	0.66	0.59	0.59
Strato 7	2.80	16.4	0.8	0.91	1.10	1.06	0.93	0.84	0.82
Strato 8	3.60	16.05	1.2	0.88	1.07	1.03	0.91	0.81	0.80
Strato 9	3.80	16.6	1.0	0.91	1.10	1.06	0.93	0.84	0.83
Strato 10	4.00	14.6	1.1	0.79	0.98	0.92	0.81	0.73	0.73
Strato 11	4.60	19.7	1.167	1.08	1.26	1.26	1.11	0.99	0.99
Strato 12	4.80	14.7	1.1	0.79	0.97	0.92	0.81	0.73	0.73
Strato 13	5.20	18.25	0.95	0.99	1.17	1.15	1.02	0.91	0.91
Strato 14	5.40	14.8	1.3	0.79	0.97	0.92	0.81	0.72	0.74
Strato 15	5.60	21.8	0.8	1.19	1.36	1.38	1.22	1.09	1.09
Strato 16	6.80	24.933	1.25	1.36	1.51	1.58	1.40	1.25	1.25
Strato 17	7.00	45.0	1.8	2.50	2.33	2.91	2.57	2.30	2.25
Strato 18	8.60	51.388	2.45	2.85	2.53	3.32	2.93	2.62	2.57
Strato 19	8.80	59.2	2.1	3.29	2.75	3.83	3.38	3.02	2.96
Strato 20	9.00	53.2	2.8	2.95	2.57	3.43	3.03	2.71	2.66
Strato 21	9.20	61.4	2.3	3.41	2.81	3.97	3.50	3.14	3.07
Strato 22	10.20	72.62	3.52	4.05	3.09	4.71	4.16	3.72	3.63





Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buismann	BuismannSanglerat
Strato 1	0.20	36.1	2.3	90.25	72.20	108.30	108.30
Strato 2	0.40	6.1	0.5	48.80	31.93	91.50	18.30
Strato 3	0.60	30.1	1.2	75.25	60.20	90.30	90.30
Strato 4	0.80	18.1	1.3	90.50	45.75	108.60	54.30
Strato 5	2.00	30.433	1.667	76.08	60.87	91.30	91.30
Strato 6	2.60	11.733	1.1	58.67	46.50	70.40	35.20
Strato 7	2.80	16.4	0.8	82.00	47.74	98.40	49.20
Strato 8	3.60	16.05	1.2	80.25	47.99	96.30	48.15
Strato 9	3.80	16.6	1.0	83.00	47.57	99.60	49.80
Strato 10	4.00	14.6	1.1	73.00	48.43	87.60	43.80
Strato 11	4.60	19.7	1.167	98.50	42.68	118.20	59.10
Strato 12	4.80	14.7	1.1	73.50	48.43	88.20	44.10
Strato 13	5.20	18.25	0.95	91.25	45.51	109.50	54.75
Strato 14	5.40	14.8	1.3	74.00	48.42	88.80	44.40
Strato 15	5.60	21.8	0.8	54.50	43.60	65.40	65.40
Strato 16	6.80	24.933	1.25	62.33	49.87	74.80	74.80
Strato 17	7.00	45.0	1.8	112.50	90.00	135.00	135.00
Strato 18	8.60	51.388	2.45	128.47	102.77	154.16	77.08
Strato 19	8.80	59.2	2.1	148.00	118.40	177.60	88.80
Strato 20	9.00	53.2	2.8	133.00	106.40	159.60	79.80
Strato 21	9.20	61.4	2.3	153.50	122.80	184.20	92.10
Strato 22	10.20	72.62	3.52	181.55	145.24	217.86	108.93

**Modulo di deformazione non drenato Eu (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 1	0.20	36.1	2.3	1352.96	54.00
Strato 2	0.40	6.1	0.5	226.50	9.00
Strato 3	0.60	30.1	1.2	1125.08	45.30
Strato 4	0.80	18.1	1.3	673.58	27.30
Strato 5	2.00	30.433	1.667	1130.81	45.60
Strato 6	2.60	11.733	1.1	422.92	17.70
Strato 7	2.80	16.4	0.8	595.09	24.60
Strato 8	3.60	16.05	1.2	578.40	24.00
Strato 9	3.80	16.6	1.0	595.46	24.90
Strato 10	4.00	14.6	1.1	519.04	21.90
Strato 11	4.60	19.7	1.167	707.33	29.70
Strato 12	4.80	14.7	1.1	516.86	21.90
Strato 13	5.20	18.25	0.95	647.85	27.30
Strato 14	5.40	14.8	1.3	516.34	22.20
Strato 15	5.60	21.8	0.8	777.37	32.70
Strato 16	6.80	24.933	1.25	889.61	37.50
Strato 17	7.00	45.0	1.8	1636.84	67.50
Strato 18	8.60	51.388	2.45	1869.30	77.10
Strato 19	8.80	59.2	2.1	2155.13	88.80
Strato 20	9.00	53.2	2.8	1928.51	79.80
Strato 21	9.20	61.4	2.3	2234.40	92.10
Strato 22	10.20	72.62	3.52	2650.20	108.90



Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”

**Modulo di deformazione a taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	0.20	36.1	2.3	Imai&Tomauchi	250.49
Strato 2	0.40	6.1	0.5	Imai&Tomauchi	84.53
Strato 3	0.60	30.1	1.2	Imai&Tomauchi	224.16
Strato 4	0.80	18.1	1.3	Imai&Tomauchi	164.29
Strato 5	2.00	30.433	1.667	Imai&Tomauchi	225.67
Strato 6	2.60	11.733	1.1	Imai&Tomauchi	126.06
Strato 7	2.80	16.4	0.8	Imai&Tomauchi	154.68
Strato 8	3.60	16.05	1.2	Imai&Tomauchi	152.65
Strato 9	3.80	16.6	1.0	Imai&Tomauchi	155.83
Strato 10	4.00	14.6	1.1	Imai&Tomauchi	144.07
Strato 11	4.60	19.7	1.167	Imai&Tomauchi	173.01
Strato 12	4.80	14.7	1.1	Imai&Tomauchi	144.67
Strato 13	5.20	18.25	0.95	Imai&Tomauchi	165.12
Strato 14	5.40	14.8	1.3	Imai&Tomauchi	145.27
Strato 15	5.60	21.8	0.8	Imai&Tomauchi	184.06
Strato 16	6.80	24.933	1.25	Imai&Tomauchi	199.80
Strato 17	7.00	45.0	1.8	Imai&Tomauchi	286.60
Strato 18	8.60	51.388	2.45	Imai&Tomauchi	310.81
Strato 19	8.80	59.2	2.1	Imai&Tomauchi	338.88
Strato 20	9.00	53.2	2.8	Imai&Tomauchi	317.46
Strato 21	9.20	61.4	2.3	Imai&Tomauchi	346.52
Strato 22	10.20	72.62	3.52	Imai&Tomauchi	383.94

**Grado di sovraconsolidazione**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Stress-History
Strato 1	0.20	36.1	2.3	>9
Strato 2	0.40	6.1	0.5	2.36
Strato 3	0.60	30.1	1.2	7.14
Strato 4	0.80	18.1	1.3	3.05
Strato 5	2.00	30.433	1.667	2.55
Strato 6	2.60	11.733	1.1	0.6
Strato 7	2.80	16.4	0.8	0.72
Strato 8	3.60	16.05	1.2	0.6
Strato 9	3.80	16.6	1.0	0.54
Strato 10	4.00	14.6	1.1	<0.5
Strato 11	4.60	19.7	1.167	0.55
Strato 12	4.80	14.7	1.1	<0.5
Strato 13	5.20	18.25	0.95	<0.5
Strato 14	5.40	14.8	1.3	<0.5
Strato 15	5.60	21.8	0.8	<0.5
Strato 16	6.80	24.933	1.25	<0.5
Strato 17	7.00	45.0	1.8	0.77
Strato 18	8.60	51.388	2.45	0.78
Strato 19	8.80	59.2	2.1	0.8
Strato 20	9.00	53.2	2.8	0.7
Strato 21	9.20	61.4	2.3	0.79
Strato 22	10.20	72.62	3.52	0.87

**Peso unità di volume**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	0.20	36.1	2.3	Meyerhof	2.07
Strato 2	0.40	6.1	0.5	Meyerhof	1.77
Strato 3	0.60	30.1	1.2	Meyerhof	2.04
Strato 4	0.80	18.1	1.3	Meyerhof	1.95
Strato 5	2.00	30.433	1.667	Meyerhof	2.04
Strato 6	2.60	11.733	1.1	Meyerhof	1.88
Strato 7	2.80	16.4	0.8	Meyerhof	1.93



Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”

Strato 8	3.60	16.05	1.2	Meyerhof	1.93
Strato 9	3.80	16.6	1.0	Meyerhof	1.93
Strato 10	4.00	14.6	1.1	Meyerhof	1.91
Strato 11	4.60	19.7	1.167	Meyerhof	1.96
Strato 12	4.80	14.7	1.1	Meyerhof	1.91
Strato 13	5.20	18.25	0.95	Meyerhof	1.95
Strato 14	5.40	14.8	1.3	Meyerhof	1.91
Strato 15	5.60	21.8	0.8	Meyerhof	1.98
Strato 16	6.80	24.933	1.25	Meyerhof	2.00
Strato 17	7.00	45.0	1.8	Meyerhof	2.10
Strato 18	8.60	51.388	2.45	Meyerhof	2.13
Strato 19	8.80	59.2	2.1	Meyerhof	2.15
Strato 20	9.00	53.2	2.8	Meyerhof	2.13
Strato 21	9.20	61.4	2.3	Meyerhof	2.16
Strato 22	10.20	72.62	3.52	Meyerhof	2.19

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>3</sup> )	fs (Kg/cm <sup>3</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	0.20	36.1	2.3	Meyerhof	2.15
Strato 2	0.40	6.1	0.5	Meyerhof	1.85
Strato 3	0.60	30.1	1.2	Meyerhof	2.12
Strato 4	0.80	18.1	1.3	Meyerhof	2.03
Strato 5	2.00	30.433	1.667	Meyerhof	2.12
Strato 6	2.60	11.733	1.1	Meyerhof	1.96
Strato 7	2.80	16.4	0.8	Meyerhof	2.01
Strato 8	3.60	16.05	1.2	Meyerhof	2.01
Strato 9	3.80	16.6	1.0	Meyerhof	2.01
Strato 10	4.00	14.6	1.1	Meyerhof	1.99
Strato 11	4.60	19.7	1.167	Meyerhof	2.04
Strato 12	4.80	14.7	1.1	Meyerhof	1.99
Strato 13	5.20	18.25	0.95	Meyerhof	2.03
Strato 14	5.40	14.8	1.3	Meyerhof	1.99
Strato 15	5.60	21.8	0.8	Meyerhof	2.06
Strato 16	6.80	24.933	1.25	Meyerhof	2.08
Strato 17	7.00	45.0	1.8	Meyerhof	2.18
Strato 18	8.60	51.388	2.45	Meyerhof	2.21
Strato 19	8.80	59.2	2.1	Meyerhof	2.23
Strato 20	9.00	53.2	2.8	Meyerhof	2.21
Strato 21	9.20	61.4	2.3	Meyerhof	2.24
Strato 22	10.20	72.62	3.52	Meyerhof	2.27

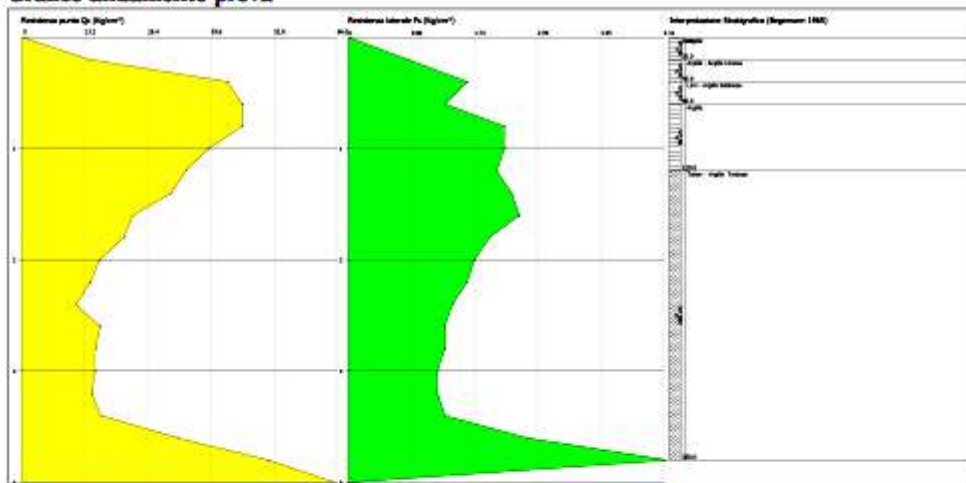




Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”

## PROVA NR. 2

Grafico andamento prova



Tabulato letture

Profondità (m)	Letture punta (Kg/cm²)	Letture laterale (Kg/cm²)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	14.00	48.0	14.1	0.8	17.625	5.7
0.40	43.00	55.0	43.1	1.6	26.938	3.7
0.60	46.00	70.0	46.1	1.3	35.462	2.8
0.80	46.00	65.0	46.1	2.1	21.952	4.6
1.00	39.00	71.0	39.1	2.1	18.619	5.4
1.20	34.00	65.0	34.3	2.0	17.15	5.8
1.40	31.00	61.0	31.3	2.2	14.227	7.0
1.60	23.00	56.0	23.3	2.3	10.13	9.9
1.80	21.00	56.0	21.3	1.9	11.211	8.9
2.00	16.00	45.0	16.3	1.7	9.588	10.4
2.20	14.00	39.0	14.4	1.6	9.0	11.1
2.40	11.00	35.0	11.4	1.4	8.143	12.3
2.60	16.00	37.0	16.4	1.3	12.615	7.9
2.80	15.00	34.0	15.4	1.3	11.846	8.4
3.00	15.00	35.0	15.4	1.2	12.833	7.8
3.20	14.00	32.0	14.6	1.2	12.167	8.2
3.40	16.00	34.0	16.6	1.3	12.769	7.8
3.60	32.00	51.0	32.6	2.4	13.583	7.4
3.80	51.00	87.0	51.6	4.3	12.0	8.3
4.00	65.00	130.0	65.6	0.0		0.0

Comportamento geotecnico e descrizione litologica

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm²)	fs Media (Kg/cm²)	□□ Medio (t/m²)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.20	14.1	0.8	1.9	Coesivo	Argille
0.40	43.1	1.6	2.1	Coesivo	Argille - Argille Limose
0.60	46.1	1.3	2.1	Incoerente-Coesivo	Limi - Argille Sabbiose
1.20	39.833	2.067	2.1	Coesivo	Argille
3.80	21.585	1.854	2.0	Coesivo	Torbe - Argille Torbose



Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”

#### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PER TERRENI COESIVI

##### Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lunne&Eide	Sunda Relazione Sperimentale	Lunne T.- Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi
Strato 1	0.20	14.1	0.8	0.81	1.00	0.94	0.83	0.74	0.71
Strato 2	0.40	43.1	1.6	2.47	2.33	2.87	2.53	2.27	2.15
Strato 3	0.60	46.1	1.3	2.63	2.43	3.07	2.71	2.42	2.30
Strato 4	1.20	39.833	2.067	2.27	2.21	2.64	2.33	2.09	1.99
Strato 5	3.80	21.585	1.854	1.21	1.38	1.41	1.24	1.11	1.08

##### Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buismann	BuismannSanglerat
Strato 1	0.20	14.1	0.8	70.50	48.36	84.60	42.30
Strato 2	0.40	43.1	1.6	107.75	86.20	129.30	129.30
Strato 3	0.60	46.1	1.3	115.25	92.20	138.30	69.15
Strato 4	1.20	39.833	2.067	99.58	79.66	119.50	119.50
Strato 5	3.80	21.585	1.854	53.96	43.17	64.75	64.75

##### Modulo di deformazione non drenato Eu (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 1	0.20	14.1	0.8	528.04	21.30
Strato 2	0.40	43.1	1.6	1614.04	64.50
Strato 3	0.60	46.1	1.3	1724.96	69.00
Strato 4	1.20	39.833	2.067	1486.80	59.70
Strato 5	3.80	21.585	1.854	790.39	32.40

##### Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	0.20	14.1	0.8	Imai&Tomauchi	141.04
Strato 2	0.40	43.1	1.6	Imai&Tomauchi	279.14
Strato 3	0.60	46.1	1.3	Imai&Tomauchi	290.86
Strato 4	1.20	39.833	2.067	Imai&Tomauchi	266.02
Strato 5	3.80	21.585	1.854	Imai&Tomauchi	182.95

##### Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Stress-History
Strato 1	0.20	14.1	0.8	>9
Strato 2	0.40	43.1	1.6	>9
Strato 3	0.60	46.1	1.3	>9
Strato 4	1.20	39.833	2.067	5.01
Strato 5	3.80	21.585	1.854	0.99

##### Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	0.20	14.1	0.8	Meyerhof	1.91
Strato 2	0.40	43.1	1.6	Meyerhof	2.10
Strato 3	0.60	46.1	1.3	Meyerhof	2.11
Strato 4	1.20	39.833	2.067	Meyerhof	2.09
Strato 5	3.80	21.585	1.854	Meyerhof	1.98

##### Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	0.20	14.1	0.8	Meyerhof	1.99
Strato 2	0.40	43.1	1.6	Meyerhof	2.18
Strato 3	0.60	46.1	1.3	Meyerhof	2.19
Strato 4	1.20	39.833	2.067	Meyerhof	2.17
Strato 5	3.80	21.585	1.854	Meyerhof	2.06



Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PER TERRENI INCOERENTI**

**Densità relativa (%)**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	Schmertmann	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkowski 1985
Strato 3	0.60	46.1	1.3	76.46	100	100	77.38	100

**Angolo di resistenza al taglio (°)**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Durgunouglu-Mitchell 1973	Caquot	Koppejan	De Beer	Schmertmann	Robertson & Campanella 1983	Herminier	Meyerhof 1951
Strato 3	0.60	46.1	1.3	43.1	40.17	37.7	35.05	42	45	41.62	37.7

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)





Progetto dell'impianto solare agrifotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB) in località Grugnale – Foglio 29 P.lle 36, 159, Foglio 30 P.lle 51, 54, 59, 60, Foglio 32 P.lle 13, 38, 109, 111, 114, 110, 112, 113, 125, 132, 134, 12, 47, 136 e Foglio 33 P.lle 8, 9, 10, 11, 47, 50. Potenza del generatore pari a 31.914,68 kWp denominato “Montenero di Bisaccia”

Strato 3	0.60	46.1	1.3	115.25	92.20	184.40
----------	------	------	-----	--------	-------	--------

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Robertson& Campanella da Schmertmann	Lunne-Christoffersen 1983 - Robertson and Powell 1997	Kulhawy-Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 3	0.60	46.1	1.3	81.56	180.83	371.24	92.20	69.15

**Modulo di deformazione a taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 3	0.60	46.1	1.3	Imai&Tomauchi	290.86

**Grado di sovraconsolidazione**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Stress-History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 3	0.60	46.1	1.3	>9	>9	<0.5	>9

**Modulo di reazione Ko**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ko
Strato 3	0.60	46.1	1.3	Kulhawy&Mayne (1990)	0.00

**Fattori di compressibilità C Crm**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crn
Strato 3	0.60	46.1	1.3	0.10778	0.01401

**Peso unità di volume**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 3	0.60	46.1	1.3	Meyerhof	1.80

**Peso unità di volume saturo**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 3	0.60	46.1	1.3	Meyerhof	2.10

**Liquefazione - Accelerazione sismica massima (g)=0.15**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 3	0.60	46.1	1.3	Robertson&Wride 1997	14.192

**Permeabilità**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
Strato 1	0.20	14.1	0.8	Piacentini-Righi 1988	4.537378E-11
Strato 2	0.40	43.1	1.6	Piacentini-Righi 1988	1.566619E-07
Strato 3	0.60	46.1	1.3	Piacentini-Righi 1988	1.173038E-05
Strato 4	1.20	39.833	2.067	Piacentini-Righi 1988	2.565922E-11
Strato 5	3.80	21.585	1.854	Piacentini-Righi 1988	1E-11

**Coefficiente di consolidazione**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm <sup>2</sup> /s)
Strato 1	0.20	14.1	0.8	Piacentini-Righi 1988	1.919311E-06
Strato 2	0.40	43.1	1.6	Piacentini-Righi 1988	2.025638E-02
Strato 3	0.60	46.1	1.3	Piacentini-Righi 1988	1.622311
Strato 4	1.20	39.833	2.067	Piacentini-Righi 1988	3.066251E-06
Strato 5	3.80	21.585	1.854	Piacentini-Righi 1988	6.4755E-07

## PALI DI FONDAZIONE

### NORMATIVE DI RIFERIMENTO

**NTC2018** - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» - D.M. 17 gennaio 2018

**NTC2008** - Norme tecniche per le costruzioni - D.M. 14 Gennaio 2008.

**CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617** - Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27)

**Eurocodice 7:** Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.

**Eurocodice 8:** Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

### Carico limite verticale

Il carico limite verticale è stato calcolato con le formule statiche, che esprimono il medesimo in funzione della geometria del palo, delle caratteristiche del terreno e dell'interfaccia palo-terreno. A riguardo, poiché la realizzazione di un palo, sia esso infisso o trivellato, modifica sempre le caratteristiche del terreno nell'intorno dello stesso, si propone di assumere un angolo di resistenza a taglio pari a:

$$\phi' = \frac{3}{4}\phi + 10 \text{ nei pali infissi}$$

$$\phi' = \phi - 3^\circ \text{ nei pali trivellati}$$

dove  $\phi$  è l'angolo di resistenza a taglio prima dell'esecuzione del palo. Di seguito indicheremo con  $\phi$  il parametro di resistenza scelto.

Ai fini del calcolo, il carico limite  $Q_{lim}$  viene convenzionalmente suddiviso in due aliquote, la resistenza alla punta  $Q_p$  e la resistenza laterale  $Q_l$ .

### Resistenza unitaria alla punta

#### *Formula di Terzaghi*

La soluzione proposta da Terzaghi assume che il terreno esistente al disopra della profondità raggiunta dalla punta del palo possa essere sostituito da un sovraccarico equivalente pari alla tensione verticale efficace (trascurando pertanto il fatto che l'interazione tra palo e terreno di fondazione possa modificare tale valore) e riconduce l'analisi al problema di capacità portante di una fondazione superficiale.

La formula di *Terzaghi* può essere scritta:

$$Q_p = c \cdot N_c \cdot s_c + \gamma \cdot L \cdot N_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot D \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma$$

dove:

$$N_q = \frac{a^2}{2 \cos^2(45 + \phi/2)}$$

$$a = e^{(0.75\pi - \phi/2) \tan \phi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = \frac{\tan \phi}{2} \left( \frac{K_{p\gamma}}{\cos^2 \phi} - 1 \right)$$

#### *Metodo di Berezantzev*

Fondamentalmente *Berezantzev* fa riferimento ad una superficie di scorrimento “alla Terzaghi” che si arresta sul piano di posa (punta del palo); tuttavia egli considera che il cilindro di terreno coassiale al palo ed avente diametro pari all'estensione in sezione della superficie di scorrimento, sia in parte “sostenuto” per azione tangenziale dal rimanente terreno lungo la superficie laterale. Ne consegue un valore della pressione alla base

inferiore a  $\gamma D$ , e tanto minore quanto più questo “effetto silo” è marcato, cioè quanto più grande è il rapporto  $D/B$ ; di ciò tiene conto il coefficiente  $N_q$ , che quindi è funzione decrescente di  $D/B$ .

La resistenza unitaria  $Q_p$  alla punta, per il caso di terreno dotato di attrito ( $\phi$ ) e di coesione ( $c$ ), è data dall'espressione:

$$Q_p = c \cdot N_c + \gamma \cdot L \cdot N_q$$

Avendo indicato con:

- $\gamma$  peso unità di volume del terreno;
- $L$  lunghezza del palo;
- $N_c$  e  $N_q$  sono i fattori di capacità portante già comprensivi dell'effetto forma (circolare);

### Metodo di Vesic

Vesic ha assimilato il problema della rottura intorno alla punta del palo a quello di espansione di una cavità cilindrica in mezzo elasto-plastico, in modo da tener conto anche della compressibilità del mezzo.

Secondo Vesic i coefficienti di capacità portante  $N_q$  e  $N_c$  si possono calcolare come segue:

$$N_q = \frac{3}{3 - \sin \phi} \left\{ \exp \left[ \left( \frac{\pi}{2} - \phi \right) \tan \phi \right] \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) I_{rr}^{(4 \sin \phi)} [3(1 + \sin \phi)] \right\}$$

L'indice di rigidezza ridotto  $I_{rr}$  nella precedente espressione viene calcolato a partire dalla deformazione volumetrica  $\varepsilon_v$ .

L'indice di rigidezza  $I_r$  si calcola utilizzando il modulo di elasticità tangenziale  $G'$  e la resistenza a taglio  $s$  del terreno.

Quando si hanno condizioni non drenate o il suolo si trova in uno stato addensato, il termine  $\varepsilon_v$  può essere assunto pari a zero e si ottiene  $I_{rr} = I_r$

E' possibile fare una stima di  $I_r$  con i valori seguenti:

TERRENO	$I_r$
Sabbia	75-150
Limo	50-75
Argilla	150-250

Il termine  $N_c$  della capacità portante viene calcolato:

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi \quad (a)$$

Quando  $\phi = 0$  (condizioni non drenate)

$$N_c = \frac{4}{3} (\ln I_{rr} + 1) + \frac{\pi}{2} + 1$$

### Metodo di Janbu

Janbu calcola  $N_q$  (con l'angolo  $\psi$  espresso in radianti) come segue:

$$N_q = \left( \tan \phi + \sqrt{1 + \tan^2 \phi} \right)^2 \exp(2\psi \tan \phi)$$

$N_c$  si può ricavare dalla (a) quando  $\phi > 0$ .

Per  $\phi = 0$  si usa  $N_c = 5.74$



### Formula di Hansen

La formula di Hansen vale per qualsiasi rapporto  $D/B$ , quindi sia per fondazioni superficiali che profonde, ma lo stesso autore introdusse dei coefficienti per meglio interpretare il comportamento reale della fondazione, senza di essi, infatti, si avrebbe un aumento troppo forte del carico limite con la profondità.

Per valori  $L/D > 1$ :

$$d_c = 1 + 0.4 \tan^{-1} \frac{L}{D}$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} \frac{L}{D}$$

Nel caso  $\phi = 0$

$D/B$	0	1	1.1	2	5	10	20	100
$d'_c$	0	0.40	0.33	0.44	0.55	0.59	0.61	0.62

Nei fattori seguenti le espressioni con apici (') valgono quando  $\phi = 0$ .

Fattore di forma:

$$s'_c = 0.2 \cdot \frac{D}{L}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{D}{L}$$

$$s_q = 1 + \frac{D}{L} \cdot \tan \phi$$

$$s_q = 1 + \frac{D}{L} \cdot \tan \phi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{D}{L}$$

Fattore di profondità:

$$d'_c = 0.4 \cdot k$$

$$d_c = 1 + 0.4k$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi) \cdot k$$

$$d_\gamma = 1 \text{ perqualsiasik}$$

$$k = \tan^{-1} \frac{L}{D} \text{ se } \frac{L}{D} > 1$$

### Resistenza del fusto

Il metodo utilizzato per il calcolo della capacità portante laterale è il metodo  $\alpha$ , proposto da Tomlinson (1971); la resistenza laterale viene calcolata nel seguente modo:

$$Q_1 = (\alpha c + \sigma K \tan \delta) \cdot A_l \cdot f_w$$

$A_l$  = superficie laterale del palo;

$f_w$  = fattore di correzione legato alla tronco-conicità del palo, ossia la diminuzione percentuale del diametro del palo con

$c$  = valore medio della coesione (o della resistenza a taglio in condizioni non drenate);

$\sigma$  = pressione verticale efficace del terreno;

$K$  = coefficiente di spinta orizzontale, dipendente dalla tecnologia di esecuzione del palo e dal precedente stato di addensamento, viene calcolato come segue:

Per pali infissi

$$K = 1 - \tan^2\phi$$

o, nel caso specifico, è possibile assegnare i seguenti valori proposti in tabella:

Palo	K	
	Terreno sciolto	Terreno denso
Acciaio	0.5	1
Calcestr. Pref.	1	2
Legno	1	3

Per pali trivellati

$$K = 1 - \text{sen}\phi$$

$\delta$  = attrito palo-terreno funzione della scabrezza della superficie del palo;

Per pali infissi

$$\delta = 3/4 \tan\phi$$

Per pali trivellati

$$\delta = \tan\phi$$

$\alpha$  = coefficiente d'adesione ricavato come di seguito riportato:

**Pali trivellati:**

*Caquot – Kerisel* 
$$\alpha = \frac{100 + c^2}{100 + 7c^2}$$

*Meyerhof – Murdock (1963)*

$$\alpha = 1 - 0.1 \cdot c \text{ per } c < 5 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0.525 - 0.005 \cdot c \text{ per } c \geq 5 \text{ t/m}^2$$

*Whitaker – Cooke (1966)*

$$\alpha = 0.9 \text{ per } c < 2.5 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0.8 \text{ per } 2.5 \leq c < 5 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0.6 \text{ per } 5 \leq c \leq 7.5 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0.9 \text{ per } c > 7.5 \text{ t/m}^2$$

*Woodward (1961)*

$$\alpha = 0.9 \text{ per } c < 4 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0.6 \text{ per } 4 \leq c < 8 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0.5 \text{ per } 8 \leq c < 12 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0.4 \text{ per } 12 \leq c \leq 20 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha = 0.20 \text{ per } c > 20 \text{ t/m}^2$$

**Pali infissi**

Coefficiente $\alpha$ per palo infisso	
$2.5 \leq c < 5 \text{ t/m}^2$	$\alpha = 1.00$
$5 \leq c < 10$	$\alpha = 0.70$
$10 \leq c < 15$	$\alpha = 0.50$
$15 \leq c < 20$	$\alpha = 0.40$
$c \geq 20$	$\alpha = 0.30$

**Attrito negativo**

Quando un palo viene infisso o passa attraverso uno strato di materiale compressibile prima che si sia esaurito il processo di consolidazione, il terreno si muoverà rispetto al palo facendo insorgere sforzi attritivi tra palo e terreno che inducono al cosiddetto fenomeno dell'attrito negativo. L'effetto dell'attrito negativo è quello di aumentare il carico assiale sul palo, con conseguente aumento del cedimento, dovuto all'accorciamento elastico del palo stesso per effetto dell'aumento di carico. La forza che nasce per effetto dell'attrito negativo è stimata pari alla componente attritiva della resistenza laterale (vedi Resistenza del fusto) lungo la superficie laterale a contatto con lo strato in cui si genera tale fenomeno, ma di verso opposto all'attrito positivo. La risultante così determinata non viene detratta dal carico limite, ma da quello di esercizio.

### Fattore di correzione in condizioni sismiche.

#### Criterio di Vesic

Secondo questo autore per tenere conto del fenomeno della dilatanza nel calcolo della capacità portante è sufficiente diminuire di  $2^\circ$  l'angolo d'attrito degli strati di fondazione. Il limite di questo suggerimento è nel fatto che non tiene conto dell'intensità della sollecitazione sismica (espressa attraverso il parametro dell'accelerazione sismica orizzontale massima). Questo criterio pare però trovare conferma nelle osservazioni fatte in occasione di diversi eventi sismici.

#### Criterio di Sano

L'autore propone di diminuire l'angolo d'attrito degli strati portanti di una quantità data dalla relazione:

$$D_p = \arctg \left( \frac{a_{max}}{\sqrt{2}} \right)$$

dove  $a_{max}$  è l'accelerazione sismica orizzontale massima.

Questo criterio, rispetto a quello di *Vesic*, ha il vantaggio di prendere in considerazione anche l'intensità della sollecitazione sismica. L'esperienza però dimostra che l'applicazione acritica di questa relazione può condurre a valori eccessivamente cautelativi di *Qlim*.

Le correzioni di *Sano* e di *Vesic* si applicano esclusivamente a terreni incoerenti ben addensati. È errato applicarle a terreni sciolti o mediamente addensati, dove le vibrazioni sismiche producono il fenomeno opposto a quello della dilatanza, con aumento del grado di addensamento e dell'angolo d'attrito.

#### Cedimenti metodo di Davis-Poulos

Il cedimento verticale è stato calcolato con il metodo di *Davis-Poulos*, secondo il quale il palo viene considerato rigido (indeformabile) immerso in un mezzo elastico, semispazio o strato di spessore finito.

Si ipotizza che l'interazione palo-terreno sia costante a tratti lungo  $n$  superfici cilindriche in cui viene suddivisa la superficie laterale del palo.

Il cedimento della generica superficie  $i$  per effetto del carico trasmesso dal palo al terreno lungo la superficie  $j$ -esima può essere espresso:

$$W_{i,j} = (\tau_j / E) \cdot B \cdot I_{i,j}$$

Avendo indicato con:

$\tau_j$  = Incremento di tensione relativo al punto medio della striscia

$E$  = Modulo elastico del terreno

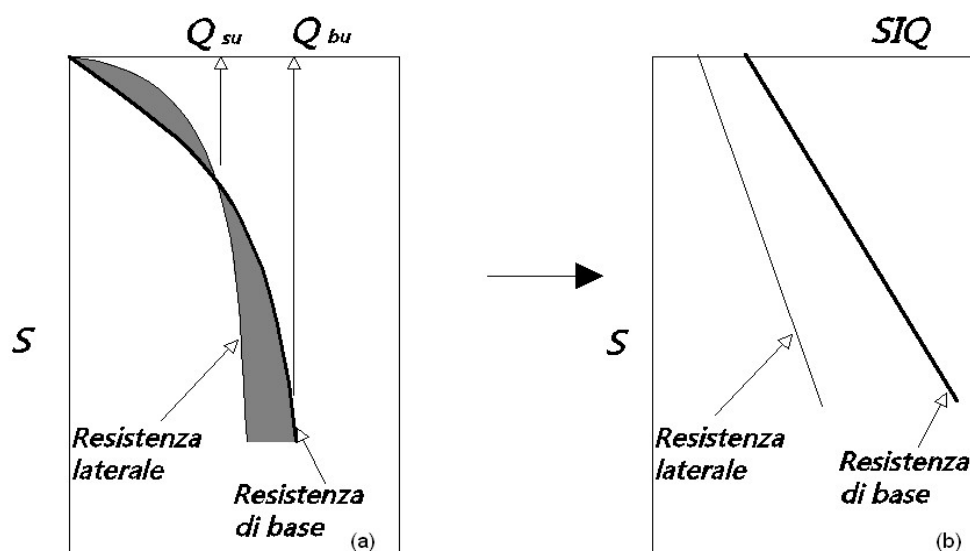
$B$  = Diametro del palo

$I_{i,j}$  = Coefficiente di influenza

Il cedimento complessivo si ottiene sommando  $W_{i,j}$  per tutte le  $j$  aree

#### Cedimento Metodo Iperbolico

Il metodo iperbolico modificato rappresenta uno sviluppo dello studio di Chin (1970,1972,1983) che consente di stimare il cedimento di pali singoli partendo dall'idea che il diagramma carico-cedimento, per il corpo di un palo e la sua base, abbia un andamento iperbolico. I valori del *carico ultimo laterale* ( $Q_{su}$ ) e la *resistenza di base ultima* ( $Q_{bu}$ ) rappresentano i termini asintotici della curva (figura a) (*Terzaghi, 1943*). Sotto queste ipotesi è possibile giungere ad una rappresentazione linearizzata del problema considerando la variazione della quantità  $S/Q$  rispetto allo spostamento  $S$  (figura b).



Grafici cedimento iperbolico (a) e linearizzato (b).

Grafici cedimento iperbolico (a) e linearizzato (b)

Lo studio di *Fleming* ha dimostrato che gli spostamenti totali stimati col metodo di *Chin* erano distorti dall'accorciamento elastico del corpo del palo e suggerì una tecnica semplificata per la quale la deformazione elastica del palo può essere determinata, con sufficiente accuratezza, sottraendo alla stima di *Chin* l'accorciamento del palo.

Considerando lo schema in figura l'accorciamento elastico del palo dipende dal carico applicato  $Q$  in rapporto all'attrito laterale ultimo  $Q_{su}$ . In particolare se  $Q \leq Q_{su}$  la deformazione elastica del corpo del palo corrisponde alla somma dell'accorciamento elastico lungo la zona ad attrito basso o nullo e quello che si sviluppa lungo la parte attiva del fusto:

$$S_e = \frac{4Q(L_o + K_e L_a)}{\pi d_s^2 E_c}$$

Se, invece, si ha che  $Q > Q_{su}$  bisogna considerare un ulteriore accorciamento legato alla parte attiva del palo che deve essere aggiunta alla deformazione elastica:

$$S_e = \frac{4}{\pi d_s^2 E_c} [Q(L_o + L_a) - L_a Q_{su} (1 - k_e)]$$

I parametri della formula sono:

- $d_s$ : diametro testa del palo.
- $E_c$ : modulo di elasticità del materiale del palo il cui valore può essere ricavato da una interpolazione lineare tra i valori di  $E_c = 26 \cdot 10^6 \text{ kN/m}^2$  per calcestruzzo con forza specifica di  $20 \text{ N/mm}^2$  e il valore di  $E_c = 40 \cdot 10^6 \text{ kN/m}^2$  per calcestruzzo da  $40 \text{ N/mm}^2$ .
- $L_o$ : lunghezza del palo ad attrito basso o nullo.
- $L_a$ : lunghezza attiva del palo.
- $k_e$ : rapporto della lunghezza equivalente del fusto del palo rispetto alla lunghezza attiva  $L_a$ . Si può considerare un valore di 0.5 quando si ha un attrito che si sviluppa uniformemente lungo  $L_a$  oppure quando il palo è inserito in sabbia o ghiaia. Per pali in argilla caratterizzati da uno sforzo che cresce in profondità si può usare un valore di 0.45.

Lo spostamento del *palo rigido* può essere calcolato sapendo che la somma dell'attrito laterale e della resistenza di base corrisponde al carico totale applicato alla testa del palo.

$$Q=Q_s+Q_b$$

Considerando il palo rigido lo spostamento totale in testa è uguale a quello che si ottiene lungo il fusto ed è uguale a quello misurato alla base del palo:

$$S_t=S_s=S_b$$

Dal grafico linearizzato si può vedere che lo spostamento lungo il fusto del palo può essere calcolato come:

$$S_s = \frac{M_s d_s Q_s}{Q_{su} - Q_s}$$

In cui

- $M_s$ : fattore adimensionale di flessibilità terreno/fusto.
- $d_s$ : diametro testa.
- $Q_s$ : attrito.
- $Q_{su}$ : attrito ultimo determinato col metodo statico (condizione drenata)

L'equazione dello spostamento alla base del palo ricavata da Fleming è:

$$S_b = \frac{0.6 Q_{bu} Q_b}{d_b E_b (Q_{bu} - Q_b)}$$

dove

- $d_b$ : diametro della base del palo.
- $Q_b$ : resistenza alla base.
- $Q_{bu}$ : resistenza ultima alla base
- $E_b$ : modulo di taglio corrispondente a  $Q_{bu}/4$

Infine, ponendo la condizione di uguaglianza  $S_s=S_b$  e considerando il carico totale applicato  $Q$  si ottiene lo spostamento totale di un palo rigido considerando solo i valori positivi della relazione:

$$S_t = \frac{-g \pm \sqrt{g^2 - 4fh}}{2f}$$

In cui le variabili sono così definite:

- $f = \eta(Q - \alpha) - \beta$
- $g = Q(\delta + \lambda\eta) - \alpha\delta - \beta\lambda$
- $h = \lambda\delta Q$
- $\alpha = Q_{su}$
- $\beta = d_b E_b Q_{bu}$
- $\lambda = M_s d_s$
- $\delta = 0.6 Q_{bu}$

$$\bullet \eta = d_b E_b$$

Lo spostamento complessivo del palo comprende la componente di spostamento rigido e quella di accorciamento elastico.

Il modulo elastico del terreno  $E_b$  al di sotto della base del palo è legato alle caratteristiche del terreno ed è fortemente influenzato dalla tecnica di costruzione del palo. Fleming sostiene che è consigliabile che questo parametro di progetto sia determinato da un insieme accurato di prove in cui i pali sono caricati fino al punto in cui viene mobilitata una sostanziale quota della resistenza di punta. In mancanza di questi dati si può scegliere, cautelativamente, il valore di  $E_b$  da range di valori relativi al tipo di terreno e alla tecnica di costruzione del palo.

### CARICO LIMITE ORIZZONTALE

Il carico limite orizzontale è stato calcolato secondo la teoria sviluppata da Broms il quale assume che il comportamento dell'interfaccia palo-terreno sia di tipo rigido perfettamente plastico, e cioè che la resistenza del terreno si mobilita interamente per un qualsiasi valore non nullo dello spostamento a rimanga costante al crescere dello spostamento stesso.

Si assume che il comportamento flessionale del palo sia di tipo rigido-perfettamente plastico, vale a dire che le rotazioni elastiche del palo sono trascurabili finché il momento flettente non raggiunge il valore  $M_y$  di plasticizzazione.

Per i terreni coesivi Broms propone di adottare una reazione del terreno costante con la profondità pari a:

$$p = 9 \cdot c_u \cdot B$$

con reazione nulla fino alla profondità di 1.5 d; avendo indicato con:

$c_u$  = Coesione non drenata,

$B$  = Diametro del palo

$p$  = Reazione del terreno per unità di lunghezza del palo.

Per i terreni incoerenti si assume che la resistenza vari linearmente con la profondità secondo la legge:

$$p = 3K_p \gamma z \cdot B$$

avendo indicato con:

$p$  = Reazione del terreno per unità di lunghezza del palo;

$K_p$  = Coefficiente di spinta passiva;

$\gamma$  = Peso unità di volume del terreno;

$z$  = Profondità;

$B$  = Diametro del palo.

### Palo in condizioni d'esercizio

Analisi del palo in condizioni di esercizio: **Metodo degli elementi finiti.**

Il metodo degli elementi finiti modella il palo di fondazione, sottoposto a carichi trasversali, in modo realistico in quanto fa uso sia degli spostamenti che delle rotazioni ai nodi per definire la linea elastica del palo, pertanto rappresenta il metodo più razionale ed efficace attualmente disponibile per analizzare questo tipo di strutture.

Di seguito si richiamano i fondamenti teorici del metodo indicando con  $\mathbf{P}$  la matrice delle forze nodali esterne, con  $\mathbf{F}$  quella delle forze interne e con  $\mathbf{A}$  la matrice dei coefficienti di influenza che, per l'equilibrio tra forze esterne ed interne, lega le prime due secondo la ben nota forma:

$$\mathbf{P} = \mathbf{A}\mathbf{F}$$

Gli spostamenti interni  $\mathbf{e}$  (traslazioni e rotazioni) dell'elemento nel generico nodo sono legati agli spostamenti esterni  $\mathbf{X}$  (traslazioni e rotazioni) applicati ai nodi, dalla seguente relazione:

$$\mathbf{e} = \mathbf{B}\mathbf{X}$$

dove la matrice  $\mathbf{B}$  è dimostrato essere la trasposta della matrice  $\mathbf{A}$ .

D'altra parte, le forze interne  $\mathbf{F}$  sono legate agli spostamenti interni  $\mathbf{e}$  dalla seguente espressione:

$$\mathbf{F} = \mathbf{S}\mathbf{e}$$



Applicando le consuete sostituzioni, si ottiene:

$$\mathbf{F} = \mathbf{SA}^T \mathbf{X}$$

e quindi

$$\mathbf{P} = \mathbf{AF} = \mathbf{A SA}^T \mathbf{X}$$

Pertanto, calcolando l'inversa della matrice  $\mathbf{A SA}^T$  si ricava l'espressione degli spostamenti esterni  $\mathbf{X}$ :

$$\mathbf{X} = (\mathbf{A SA}^T)^{-1} \mathbf{P}$$

Noti, quindi, gli spostamenti  $\mathbf{X}$  è possibile ricavare le forze interne  $\mathbf{F}$  necessarie per il progetto della struttura.

La matrice  $\mathbf{A SA}^T$  è nota come matrice di rigidità globale in quanto caratterizza il legame tra spostamenti e forze esterni nodali.

Il metodo ad elementi finiti ha, tra l'altro, il vantaggio di consentire di mettere in conto, come condizioni al contorno, rotazioni e spostamenti noti.

Le reazioni nodali delle molle che schematizzano il terreno vengono considerate come forze globali legate al modulo di reazione e all'area d'influenza del nodo. Nella soluzione ad elementi finiti per pali soggetti a carichi trasversali, il modulo di reazione viene considerato nella forma:

$$k_s = A_s + B_s Z^n$$

o, non volendo far crescere illimitatamente il  $k_s$  con la profondità, nella forma:

$$k_s = A_s + B_s \tan^{-1}(Z/B)$$

nella quale  $Z$  è la profondità e  $B$  è il diametro del palo.

I valori di  $A_s$  e  $B_s Z^n$  sono ottenuti dall'espressione della capacità portante (Bowles) con fattori correttivi  $s_i$ ,  $d_i$ , e  $i_i$  pari a 1:

$$k_s = q_{ult}/\Delta H = C(cN_c + 0.5\gamma B N_\gamma)$$

$$B_s Z^n = C(\gamma N_q Z^1)$$

Dove  $C = 40$  è ottenuto in corrispondenza di un cedimento massimo di 25 mm.

### **Momenti cinematici**

In presenza dell'azione sismica la risposta del palo è il risultato di una complessa interazione terreno-palo, resa di difficile interpretazione a causa dei fenomeni di non linearità nel terreno e degli effetti cinematici associati al moto del terreno.

Generalmente, alle sollecitazioni trasmesse dalla sovrastuttura si aggiungono, applicando il principio di sovrapposizione degli effetti, quelle derivanti dall'interazione cinematica che produce nei pali sollecitazioni aggiuntive dipendenti principalmente dalla rigidità relativa palo-terreno.

Dalla letteratura esistente in merito a questo tipo di studi, emerge che nel caso di palo immerso in terreni stratificati, la sollecitazione flettente subisce un pronunciato incremento in prossimità dell'interfaccia fra strati di differente rigidità e tale incremento è tanto maggiore quanto più elevato è il contrasto di rigidità. In alcuni casi il valore del momento prodotto da questo effetto potrebbe superare quello che insorge nei pali in testa in presenza di incastro.

Da un'analisi di numerosi risultati, *Nikolaou et al. 2001*, ha proposto una relazione che consente di calcolare, in maniera approssimata, il momento flettente massimo in corrispondenza dell'interfaccia tra due strati di differente rigidità, in condizioni di moto stazionario con frequenza prossima alla frequenza fondamentale del deposito in cui è immerso il palo:

$$M = 0.042 \cdot \tau_c \cdot d^3 \cdot \left(\frac{L}{d}\right)^{0.30} \cdot \left(\frac{E_p}{E_1}\right)^{0.65} \cdot \left(\frac{E_p}{E_1}\right)^{0.65} \cdot \left(\frac{V_{s2}}{V_1}\right)^{0.50}$$

in cui  $\tau_c = a_{\max} \rho_1 H_1$ ;  $a_{\max}$  accelerazione sismica,  $\rho_1$  densità del terreno,  $H_1$  spessore dello strato,  $V_{s1}$  e  $V_{s2}$ , rispettivamente, la velocità delle onde di taglio nei due strati;  $E_1$  è modulo di rigidezza dello strato superiore di terreno,  $E_p$  modulo di elasticità del palo,  $d$  diametro del palo,  $L$  lunghezza del palo.

**Dati generali...**

Diametro punta	1,00 m
Lunghezza	15,00 m
Tipo	Trivellato
Portanza di punta calcolata con:	Terzaghi
Calcestruzzo tipo	1
Acciaio tipo	1

**SISMA**

Accelerazione sismica	0,072
Coefficiente di intensità sismico [Kh]	0,0129
Coefficiente di intensità sismico [Kv]	0,0065

**Coefficienti sismici [N.T.C.]****Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

**Stati limite**

 Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

 Vita Nominale: 50


 Interpolazione: Media ponderata

**CU = 1**

Stato Limite	Tr [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$	$T_c^*$ [s]
Operatività (SLO)	30	0.038	2.495	0.290
Danno (SLD)	50	0.046	2.524	0.333
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.100	2.603	0.448
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.122	2.694	0.472


Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50

**Coefficienti sismici**

 Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1        $U_S$  (m): 0.1

 Cat. Sottosuolo: C

 Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,58	1,51	1,37	1,34
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.011	0.014	0.030	0.044
kv	0.006	0.007	0.015	0.022
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.552	0.671	1.466	1.795
Beta	0.200	0.200	0.200	0.210

### Archivio materiali

#### Conglomerati

Nr.	Classe Calcestruzzo	fck,cubi [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ec [Kg/cm <sup>2</sup> ]	fck [Kg/cm <sup>2</sup> ]	fcd [Kg/cm <sup>2</sup> ]	ftd [Kg/cm <sup>2</sup> ]	fctm [Kg/cm <sup>2</sup> ]
1	C20/25	250	299600	200	113,3	10,1	22,1
2	C25/30	300	314750	250	141,6	11,4	25,6
3	C28/35	350	323080	280	158,6	12,6	27,6
4	C40/50	500	352200	400	226,6	16,3	35

#### Acciai:

Nr.	Classe Acciaio	Es [Kg/cm <sup>2</sup> ]	fyk [Kg/cm <sup>2</sup> ]	fyd [Kg/cm <sup>2</sup> ]	ftk [Kg/cm <sup>2</sup> ]	ftd [Kg/cm <sup>2</sup> ]	ep_tk	epd_ult	β1*β2 in.	β1*β2 fin.
1	B450C	2000000	4500	3913	4500	3913	.075	.0675	1	0,5
2	B450C*	2000000	4500	3913	5400	4500	.075	.0675	1	0,5
3	B450C**	2000000	4500	3913	4582	3985	.012	.01	1	0,5
4	S235H	2141370	2447,28	2128,11	3670,92	2128,11	0,012	0,01	1	0,5
5	S275H	2141370	2855,16	2482,97	4384,71	2482,97	0,012	0,01	1	0,5
6	S355H	2141370	3670,92	3191,66	5200,47	3670,92	0,012	0,01	1	0,5

#### Stratigrafia

Nr.: Numero dello strato. Hs: Spessore dello strato. Fi: Angolo di attrito. c: Coesione Alfa: Coefficiente adesione attrito laterale. Vs: Velocità onde di taglio.

MODELLO GEOLOGICO		
Profondità (m)	Natura litologica	Descrizione litologica
0,00-3,00	Terreno vegetale ed eluvio-colluviale	Argilla limosa e/o limo argilloso debolmente sabbiosi, di colore avana brunastro
3,00-7,50	Alterazione del substrato formazionale	Limo argilloso e/o argilla limosa di colore avana, con passaggi decimetrici francamente sabbiosi
7,50-12,50	Alterazione del substrato formazionale	Limo argilloso e/o argilla limosa di colore avana-verdastro, con passaggi decimetrici francamente sabbiosi di colore grigio-azzurrognolo
12,50-25,00	Substrato formazionale	Limo argilloso e/o argilla limosa di colore grigio-azzurrognolo, con passaggi di sabbia finissima

**RESISTENZA DI PROGETTO CARICHI ASSIALI**

Resistenza caratteristica carichi assiali. Nome combinazione:

Numero verticali di indagine	1
Fattore correlazione verticale indagate media (xi3)	1,00
Fattore correlazione verticale indagate minima (xi4)	1,00

	Rc, Min [kg]	Rc, Media [kg]	Rc, Max [kg]
Base	--	--	--
Laterale	92708,34	92708,34	92708,34
Totale	73073,39	73073,39	73073,39

Coefficiente parziale resistenza caratteristica	R3
Laterale	2,50
Resistenza di progetto laterale	37083,34 kg
Resistenza di progetto	17448,38 kg

**Cedimento (Poulos e Davis 1968)**

Carico applicato	100,00 kg
Coefficiente influenza	0,15
Cedimento	0,00 cm

**Modello ad elementi finiti**

Max spostamento lineare del terreno	0,013 cm
Tipo analisi	Lineare
Massimo numero di iterazioni	1,00
Fattore di riduzione molla fondo scavo	1,00
Numero di elementi	9,00
Nodo sulla superficie del terreno [ $< n^{\circ}$ nodi]	1,00
Modulo di reazione Ks	Bowles

**ANALISI AD ELEMENTI FINITI [Stratigrafia di riferimento...1]**

El. No	Lunghezza [m]	Ks [kg/cm <sup>2</sup> ]	Sforzo normale [kg]	Momento [kgm]	Taglio [kg]	Reazione terreno [kg]	Rotazione (°)	Spostamento [m]	Pressione terreno [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	1,67	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1,67	0,087	3272,49	0	0	0	0	0	0
3	1,67	11,566	6544,98	0	0	0	0	0	0
4	1,67	11,566	9817,48	0	0	0	0	0	0
5	1,67	11,566	13089,97	0	0	0	0	0	0
6	1,67	11,566	16362,46	0	0	0	0	0	0
7	1,67	11,566	19634,95	0	0	0	0	0	0
8	1,67	11,566	22907,45	0	0	0	0	0	0
9	1,67	11,566	26179,94	0	0	0	0	0	0
10		11,566	29452,43	0	0	0	0	0	0

**ARMATURE**

Nodo	Z [m]	Nd [kg]	Md [kgm]	Td [kg]	Nr. Barre Diametro	Nu [kg]	Mu [kgm]	Cond. Verifica Flessione	Ver. Presso- Flessione	Def. Max Cls	Def. Max Fe	Asse Neutro [cm]	Passo Staffe [cm]	Res. Taglio [kg]	Sicurezza taglio	Cond. Verifica Taglio
1	0	--	--	--	12Ø16	-0,55	28648,91	2864,89	Verificata	5,79E-04	-1,96E-03	27,16	--	--	--	Verificata
2	1,67	3272,49	--	--	12Ø16	3272,50	29770,87	2977,09	Verificata	6,02E-04	-1,96E-03	26,47	--	--	--	Verificata
3	3,33	6544,98	--	--	12Ø16	6544,62	30883,53	3088,35	Verificata	6,24E-04	-1,96E-03	25,80	--	--	--	Verificata
4	5	9817,	--	--	12Ø16	9816,	31986	3198,	Verifi	6,46E	-	25,17	--	--	--	Verifi

		48			6	79	,31	63	cata	-04	1,96E-03					cata
5	6,67	13089,97	--	--	12Ø16	13090,52	33080,22	3308,02	Verificata	6,68E-04	-1,96E-03	24,55	--		--	Verificata
6	8,33	16362,46	--	--	12Ø16	16362,46	34164,72	3416,47	Verificata	6,89E-04	-1,96E-03	23,96	--		--	Verificata
7	10	19634,95	--	--	12Ø16	19634,10	35240,39	3524,04	Verificata	7,10E-04	-1,96E-03	23,38	--		--	Verificata
8	11,67	22907,45	--	--	12Ø16	22907,31	36307,91	3630,79	Verificata	7,30E-04	-1,96E-03	22,83	--		--	Verificata
9	13,33	26179,94	--	--	12Ø16	26179,39	37366,50	3736,65	Verificata	7,50E-04	-1,96E-03	22,29	--		--	Verificata
10	15	29452,43	--	--	12Ø16	29451,47	38416,62	3841,66	Verificata	7,70E-04	-1,96E-03	21,77	--		--	Verificata