

**COMUNE DI STORNARA (FG)**

Progetto agrivoltaico Stornara 1 della potenza complessiva di 48,278 MWp, incluso opere ed infrastrutture strettamente necessarie da realizzare nel comune di Stornara (FG) in località "Contessa", nonché opere di connessione da realizzare nel comune di "Stornara" (FG) in località "Posta di Torre".

---

**RELAZIONE INTEGRATIVA SU ASPETTI GEOLOGICI, IDROGEOLOGICI, INQUINAMENTO FALDA**

---

PROPONENTE:  
ENEL STORNARA 1 SRL

TECNICO:  
GEOL. DOMENICO PAOLO IMPAGNATIELLO



Con nota prot. 0004067.20-06-2022 il Ministero della Transizione Ecologica, Commissione Tecnica PNRR-PNIEC, ha chiesto integrazioni relativamente al: **Progetto agrivoltaico Stornara 1 della potenza complessiva di 48,278 MWp, incluso opere ed infrastrutture strettamente necessarie da realizzare nel comune di Stornara (FG) in località "Contessa", nonché opere di connessione da realizzare nel comune di "Stornara" (FG) in località "Posta di Torre".**

Al punto 2. **Geologia ed idrogeologia** si chiede:

2.1. *In relazione alla complessità dei terreni interessati, si richiede di fornire un'analisi maggiormente approfondita degli aspetti geologici e idrogeologici, al fine di verificare l'idoneità delle scelte localizzative dell'intero impianto agrivoltaico, comprensivo dei tracciati dei cavidotti e della nuova sottostazione elettrica, nonché l'interferenza di eventuali falde acquifere con le opere da realizzare. In particolare, si richiede di eseguire un sondaggio che dovrà essere realizzato in corrispondenza della Sottostazione Elettrica 150/30 kv e che dovrà raggiungere profondità superiori a quelle delle fondazioni della Sottostazione Elettrica. I risultati ottenuti dovranno essere integrati nel SIA e nelle varie relazioni di settore allegate.*

Nella successiva Fig. a si riporta uno stralcio della Carta Geologica in scala 1:50.000 edita dall'ISPRA nell'anno 2011 con l'indicazione dell'area di impianto, dei tracciati dei cavidotti e della nuova sottostazione elettrica.

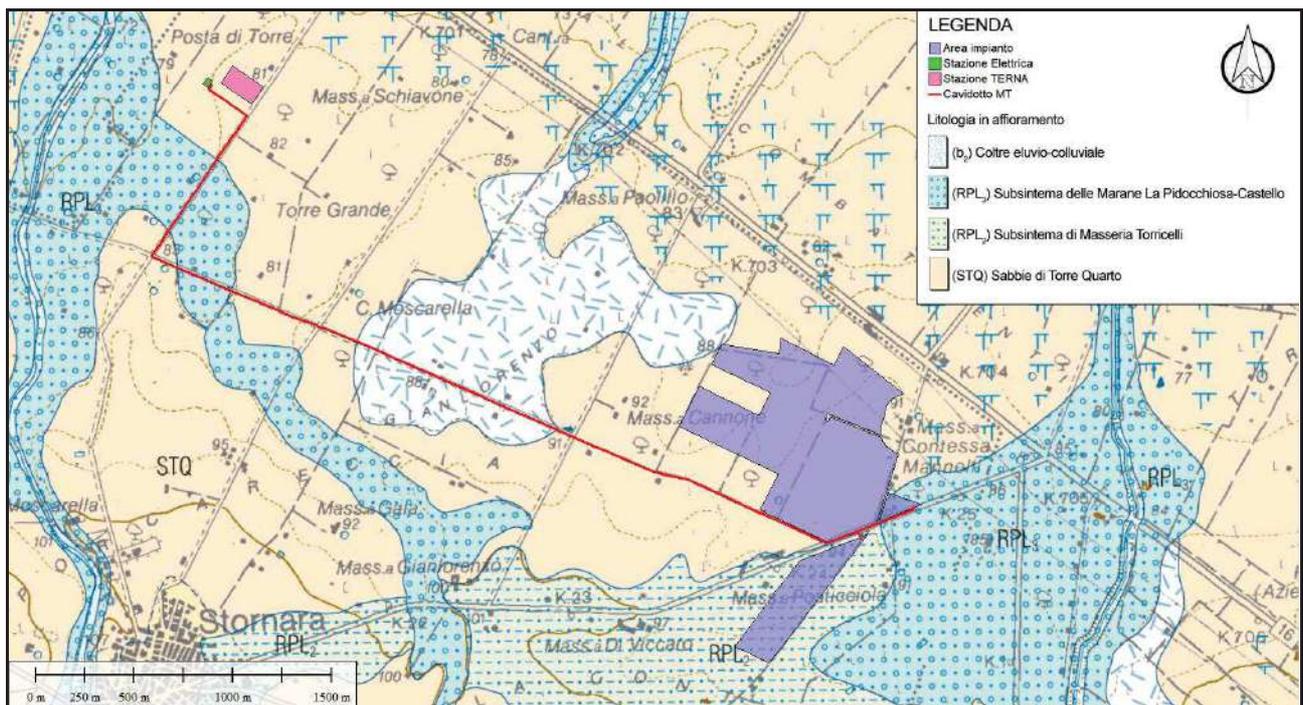


Fig. a – stralcio Carta Geologica dell'area

Come si evince dalla Fig. A, l'82% delle aree dell'impianto agrivoltaico è interessato, in affioramento, dalle *Sabbie di Torre Quarto (STQ)*; il 16% dal *Subsistema di Masseria Torricelli (RPL<sub>2</sub>)* e il 2% dal *Subsistema delle Marane La Pidocchiosa-Castello (RPL<sub>3</sub>)*.

Dal punto di vista litologico affiorano, nell'82% dell'area di impianto, terreni prevalentemente sabbiosi con sabbie da fini a medie di colore giallastro con sottili intercalazioni di argille e silt, a luoghi marnose. Trattasi, quindi, delle Sabbie di Torre Quarto, terreni che occupano quasi il 50% dell'intero Foglio Geologico n. 422 Cerignola e terreni su cui sorgono diversi centri abitati, uno per tutti è rappresentato dall'abitato di Cerignola.

Dal punto di vista geotecnico, sulla base delle indagini eseguite in fase di redazione dello Studio Geologico, delle integrazioni richieste che hanno consentito di eseguire altre prove in zona di realizzazione della sottostazione elettrica ove affiorano i medesimi tipi litologici e dal confronto con indagini e prove allegate a Progetti Pubblici eseguite in area urbana per l'adeguamento di edifici scolastici, si evince che le **Sabbie di Torre Quarto** possano essere caratterizzate dai sottostanti **parametri geotecnici "medi"**:

$\gamma = 18,5 \div 19,0 \text{ KN/m}^3$	(peso di volume)
$\gamma_{\text{sat}} = 19,0 \div 19,5 \text{ KN/m}^3$	(peso di volume saturo)
$\varphi' = 26^\circ \div 28^\circ$	(angolo di attrito efficace)
$c' = 5 \div 15 \text{ Kpa}$	(coesione efficace)
$c_u = 30 \div 50 \text{ Kpa}$	(coesione non drenata)

Il resto dell'impianto sarà posizionato:

per il 16%: in aree di affioramento di terreni appartenenti al *Subsistema di Masseria Torricelli* caratterizzato dalla presenza di terreni in cui la componente siltosa risulta maggiore che nella precedente formazione. Infatti si tratta di terreni sabbioso-limosi con intercalazioni argillose e ghiaiose.

per il 2%: in aree di affioramento di terreni appartenenti al *Subsistema delle Marane La Pidocchiosa-Castello* che sono rappresentati litologicamente da terreni ghiaioso-sabbioso-limosi.

I terreni sabbioso-limosi appartenenti al *Subsistema di Masseria Torricelli* sono caratterizzabili, in base ai risultati delle prove sismiche a rifrazione e MASW eseguite in fase di progettazione, dai sottostanti **parametri geotecnici "medi"**:

$\gamma = 18,0 \div 19,0 \text{ KN/m}^3$	(peso di volume)
$\gamma_{\text{sat}} = 19,0 \div 19,5 \text{ KN/m}^3$	(peso di volume saturo)
$\varphi' = 22^\circ \div 24^\circ$	(angolo di attrito efficace)
$c' = 15 \div 30 \text{ Kpa}$	(coesione efficace)
$c_u = 32 \div 60 \text{ Kpa}$	(coesione non drenata)

mentre i terreni ghiaioso-sabbioso-limosi appartenenti al *Subsistema delle Marane La Pidocchiosa-Castello* sono caratterizzabili dai sottostanti **parametri geotecnici "medi"**:

$\gamma = 18,5 \div 19,0 \text{ KN/m}^3$	(peso di volume)
$\gamma_{\text{sat}} = 19,0 \div 19,5 \text{ KN/m}^3$	(peso di volume saturo)
$\varphi' = 28^\circ \div 30^\circ$	(angolo di attrito efficace)
$c' = 0 \div 10 \text{ Kpa}$	(coesione efficace)
$c_u = 50 \div 70 \text{ Kpa}$	(coesione non drenata)

Ovviamente, in campagna, al di sopra dei tre termini litologici appena descritti risulta sempre presente uno strato di terreno vegetale di circa 1 metro di spessore. Esso risulta caratterizzabile dai seguenti **parametri geotecnici "medi"**:

$\gamma = 17 \text{ KN/m}^3$	(peso di volume)
$\gamma_{\text{sat}} = 17,5 \text{ KN/m}^3$	(peso di volume saturo)

$\varphi' = 22^\circ \div 23^\circ$  (angolo di attrito efficace)  
 $c' = 2 \div 3$  Kpa (coesione efficace)  
 $c_u = 20 \div 30$  Kpa (coesione non drenata)

I terreni presenti in area di intervento sono tutti caratterizzati da buoni valori di capacità portante; se poi le opere da realizzare, come nel caso di specie, sono modeste, la capacità portante risulta più che buona.

Nel progetto in esame le opere che possono esercitare sul terreno i carichi maggiori sono, ovviamente, le cabine elettriche che in ogni caso sono strutture ad un solo piano e verranno poggiate non su travi di fondazione lineari ma su platea; ciò farà sì che i carichi trasmessi in fondazioni risultino più che congrui.

Per dimostrare ciò in questa sede, sulla base delle risultanze delle prove eseguite in area di realizzazione della sottostazione elettrica, si è eseguito un calcolo della capacità portante della fondazione relativa alla Stazione Elettrica che ha dimensioni in pianta di circa 10m x 5m.

Il calcolo, eseguito secondo le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) seguendo la combinazione [A1+M1+R3], ha fornito un valore di carico limite (Qult):

Qult = 230 kPa (Hansen, 1970) ÷ 321 kPa (Vesic, 1975)

Di seguito si riporta il report completo del calcolo eseguito.

#### DATI GENERALI

Larghezza fondazione	5.0 m
Lunghezza fondazione	10.0 m
Profondità piano di posa	0.5 m
Altezza di incastro	0.2 m

#### SISMA

Accelerazione massima (amax/g)	0.181
Effetto sismico secondo	Paolucci, Pecker (1997)
Coefficiente sismico orizzontale	0.0435

#### STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m³]	Peso unità di volume saturo [kN/m³]	Angolo di attrito [°]	Coazione [kN/m²]	Coazione non drenata [kN/m²]	Modulo Elastico [kN/m²]	Modulo Edometrico [kN/m²]	Poisson	Coeff. consolidaz. primaria [cmq/s]	Coeff. consolidazione secondaria	Descrizione
1.0	17.0	17.5	23.0	3.0	20.0	6000.0	0.0	0.37	0.0	0.0	
6.0	18.5	19.0	27.0	7.0	60.0	19000.0	0.0	0.37	0.0	0.0	
10.0	19.0	19.0	25.0	10.0	100.0	18000.0	0.0	0.46	0.0	0.0	

#### Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m²]	N [kN]	Mx [kN-m]	My [kN-m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	SISMA	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
5	A(1)+M(1)+R(3)	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto

#### Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coazione efficace	Coazione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	Si	1	1	1	1	1	1.8	1.1

2	Si	1	1	1	1	1	1.8	1.1
3	Si	1	1	1	1	1	1.8	1
4	Si	1	1	1	1	1	1.8	1
5	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: Meyerhof and Hanna (1978)

Carico limite [Qult]	206.42 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto[Rd]	114.68 kN/m <sup>2</sup>
Tensione [Ed]	100.0 kN/m <sup>2</sup>
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	2.06
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler	11357.16 kN/m <sup>3</sup>
---------------------	----------------------------

**A1+M1+R3**

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	17.0 kN/m <sup>3</sup>
Peso unità di volume saturo	17.5 kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	23.0 °
Coesione	3.0 kN/m <sup>2</sup>

Fattore [Nq]	8.66
Fattore [Nc]	18.05
Fattore [Ng]	4.88
Fattore forma [Sc]	1.24
Fattore profondità [Dc]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.21
Fattore profondità [Dq]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.8
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.85
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.81
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.95

Carico limite	229.15 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	127.3 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	17.0 kN/m <sup>3</sup>
Peso unità di volume saturo	17.5 kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	23.0 °
Coesione	3.0 kN/m <sup>2</sup>

Fattore [Nq]	8.66
Fattore [Nc]	18.05
Fattore [Ng]	4.82
Fattore forma [Sc]	1.23
Fattore profondità [Dc]	1.0

Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.11
Fattore profondità [Dq]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.11
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.85
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.81
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.95

Carico limite	276.97 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	153.87 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

#### PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	17.0 kN/m <sup>3</sup>
Peso unità di volume saturo	17.5 kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	23.0 °
Coesione	3.0 kN/m <sup>2</sup>

Fattore [Nq]	8.66
Fattore [Nc]	18.05
Fattore [Ng]	8.2
Fattore forma [Sc]	1.24
Fattore profondità [Dc]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.21
Fattore profondità [Dq]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.8
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.85
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.81
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.95

Carico limite	321.04 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	178.35 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

#### PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	17.0 kN/m <sup>3</sup>
Peso unità di volume saturo	17.5 kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	23.0 °
Coesione	3.0 kN/m <sup>2</sup>

Fattore [Nq]	8.66
Fattore [Nc]	18.05
Fattore [Ng]	6.5
Fattore forma [Sc]	1.22
Fattore profondità [Dc]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0

Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.2
Fattore profondità [Dq]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.85
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.85
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.81
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.95

Carico limite	283.93 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	157.74 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1

Fattore [Nq]	8.66
Fattore [Nc]	18.05
Fattore [Ng]	1.56

Fattori di capacità portante strato 2

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14

Carico limite strato 2 (qb)	356.24 kN/m <sup>2</sup>
Carico limite strato 1 (qt)	206.42 kN/m <sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1	4.45 kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente di punzonamento (ks)	3.56
Rapporto (q1/q2)	2.56

Carico limite	206.42 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	114.68 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

## SISMA

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

### PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	17.0 kN/m <sup>3</sup>
Peso unità di volume saturo	17.5 kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	23.0 °
Coesione	3.0 kN/m <sup>2</sup>

Fattore [Nq]	8.66
Fattore [Nc]	18.05
Fattore [Ng]	4.88
Fattore forma [Sc]	1.24
Fattore profondità [Dc]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.21
Fattore profondità [Dq]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0

Fattore forma [Sg]	0.8
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.85
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.81
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.95

Carico limite	229.15 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	127.3 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

#### PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	17.0 kN/m <sup>3</sup>
Peso unità di volume saturo	17.5 kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	23.0 °
Coesione	3.0 kN/m <sup>2</sup>

Fattore [Nq]	8.66
Fattore [Nc]	18.05
Fattore [Ng]	4.82
Fattore forma [Sc]	1.23
Fattore profondità [Dc]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.11
Fattore profondità [Dq]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.11
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.85
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.81
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.95

Carico limite	276.97 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	153.87 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

#### PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	17.0 kN/m <sup>3</sup>
Peso unità di volume saturo	17.5 kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	23.0 °
Coesione	3.0 kN/m <sup>2</sup>

Fattore [Nq]	8.66
Fattore [Nc]	18.05
Fattore [Ng]	8.2
Fattore forma [Sc]	1.24
Fattore profondità [Dc]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.21
Fattore profondità [Dq]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.8
Fattore profondità [Dg]	1.0

Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.85
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.81
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.95

Carico limite	321.04 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	178.35 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

#### PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	17.0 kN/m <sup>3</sup>
Peso unità di volume saturo	17.5 kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	23.0 °
Coesione	3.0 kN/m <sup>2</sup>

Fattore [Nq]	8.66
Fattore [Nc]	18.05
Fattore [Ng]	6.5
Fattore forma [Sc]	1.22
Fattore profondità [Dc]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.2
Fattore profondità [Dq]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.85
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.85
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.81
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.95

Carico limite	283.93 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	157.74 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1

Fattore [Nq]	8.66
Fattore [Nc]	18.05
Fattore [Ng]	1.56

Fattori di capacità portante strato 2

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14

Carico limite strato 2 (qb)	356.24 kN/m <sup>2</sup>
Carico limite strato 1 (qt)	206.42 kN/m <sup>2</sup>

Incremento carico limite strato 1	4.45 kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente di punzonamento (ks)	3.56
Rapporto (q1/q2)	2.56

Carico limite	206.42 kN/m <sup>2</sup>
---------------	--------------------------

Resistenza di progetto 114.68 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

**A(1)+M(1)+R(3)**

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume 17.0 kN/m<sup>3</sup>  
Peso unità di volume saturo 17.5 kN/m<sup>3</sup>  
Angolo di attrito 23.0 °  
Coesione 3.0 kN/m<sup>2</sup>

Fattore [Nq] 8.66  
Fattore [Nc] 18.05  
Fattore [Ng] 4.88  
Fattore forma [Sc] 1.24  
Fattore profondità [Dc] 1.0  
Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0  
Fattore inclinazione pendio [Gc] 1.0  
Fattore inclinazione base [Bc] 1.0  
Fattore forma [Sq] 1.21  
Fattore profondità [Dq] 1.0  
Fattore inclinazione carichi [Iq] 1.0  
Fattore inclinazione pendio [Gq] 1.0  
Fattore inclinazione base [Bq] 1.0  
Fattore forma [Sg] 0.8  
Fattore profondità [Dg] 1.0  
Fattore inclinazione carichi [Ig] 1.0  
Fattore inclinazione pendio [Gg] 1.0  
Fattore inclinazione base [Bg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

Carico limite 268.69 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 116.82 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume 17.0 kN/m<sup>3</sup>  
Peso unità di volume saturo 17.5 kN/m<sup>3</sup>  
Angolo di attrito 23.0 °  
Coesione 3.0 kN/m<sup>2</sup>

Fattore [Nq] 8.66  
Fattore [Nc] 18.05  
Fattore [Ng] 4.82  
Fattore forma [Sc] 1.23  
Fattore profondità [Dc] 1.0  
Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0  
Fattore forma [Sq] 1.11  
Fattore profondità [Dq] 1.0  
Fattore inclinazione carichi [Iq] 1.0  
Fattore forma [Sg] 1.11  
Fattore profondità [Dg] 1.0  
Fattore inclinazione carichi [Ig] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

Carico limite 327.76 kN/m<sup>2</sup>

Resistenza di progetto 142.5 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume 17.0 kN/m<sup>3</sup>  
Peso unità di volume saturo 17.5 kN/m<sup>3</sup>  
Angolo di attrito 23.0 °  
Coesione 3.0 kN/m<sup>2</sup>

Fattore [Nq] 8.66  
Fattore [Nc] 18.05  
Fattore [Ng] 8.2  
Fattore forma [Sc] 1.24  
Fattore profondità [Dc] 1.0  
Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0  
Fattore inclinazione pendio [Gc] 1.0  
Fattore inclinazione base [Bc] 1.0  
Fattore forma [Sq] 1.21  
Fattore profondità [Dq] 1.0  
Fattore inclinazione carichi [Iq] 1.0  
Fattore inclinazione pendio [Gq] 1.0  
Fattore inclinazione base [Bq] 1.0  
Fattore forma [Sg] 0.8  
Fattore profondità [Dg] 1.0  
Fattore inclinazione carichi [Ig] 1.0  
Fattore inclinazione pendio [Gg] 1.0  
Fattore inclinazione base [Bg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zc] 1.0

Carico limite 381.7 kN/m<sup>2</sup>  
Resistenza di progetto 165.96 kN/m<sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume 17.0 kN/m<sup>3</sup>  
Peso unità di volume saturo 17.5 kN/m<sup>3</sup>  
Angolo di attrito 23.0 °  
Coesione 3.0 kN/m<sup>2</sup>

Fattore [Nq] 8.66  
Fattore [Nc] 18.05  
Fattore [Ng] 6.5  
Fattore forma [Sc] 1.22  
Fattore profondità [Dc] 1.0  
Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0  
Fattore inclinazione pendio [Gc] 1.0  
Fattore inclinazione base [Bc] 1.0  
Fattore forma [Sq] 1.2  
Fattore profondità [Dq] 1.0  
Fattore inclinazione carichi [Iq] 1.0  
Fattore inclinazione pendio [Gq] 1.0  
Fattore inclinazione base [Bq] 1.0  
Fattore forma [Sg] 0.85  
Fattore profondità [Dg] 1.0  
Fattore inclinazione carichi [Ig] 1.0  
Fattore inclinazione pendio [Gg] 1.0  
Fattore inclinazione base [Bg] 1.0  
Fattore correzione sismico inerziale [zq] 1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	336.26 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	146.2 kN/m <sup>2</sup>

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata  
=====

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione drenata)  
=====

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1	
Fattore [Nq]	8.66
Fattore [Nc]	18.05
Fattore [Ng]	1.56
Fattori di capacità portante strato 2	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Carico limite strato 2 (qb)	
Carico limite strato 1 (qt)	356.24 kN/m <sup>2</sup>
	206.42 kN/m <sup>2</sup>
Incremento carico limite strato 1	
Coefficiente di punzonamento (ks)	4.45 kN/m <sup>2</sup>
Rapporto (q1/q2)	3.56
	2.56
=====	
Carico limite	206.42 kN/m <sup>2</sup>
Resistenza di progetto	89.75 kN/m <sup>2</sup>
Condizione di verifica [Ed<=Rd] <span style="float: right;">Non verificata</span>	
=====	

Nella successiva Fig. b si riporta la mappa delle tensioni nel terreno al di sotto della platea della Stazione Elettrica; da essa si può notare come l'andamento delle tensioni in profondità si riduca a pochi Kpa già a soli 5m dal p.c. (7,9 Kpa).

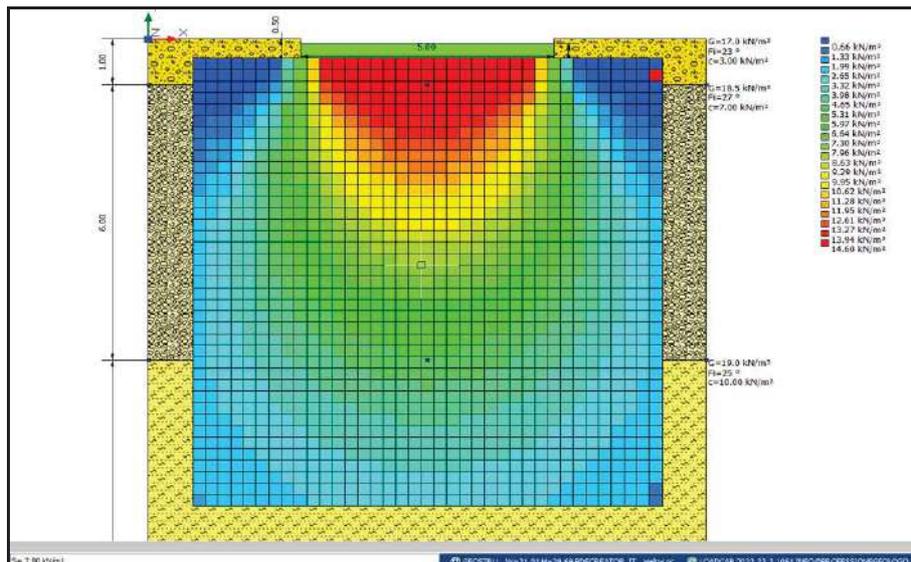


Fig. b – Mappa delle tensioni nel sottosuolo

Per quanto riguarda, il cavidotto di collegamento alla SE Terna si evidenzia che esso si snoda per circa 5.200 metri. Dal punto di vista geologica il cavidotto interesserà per il 64% terreni appartenenti alla formazione delle **Sabbie di Torre Quarto (STQ)**, per il 14% terreni appartenenti al **Subsistema delle Marane La Pidocchiosa-Castello (RPL<sub>3</sub>)** e per il restante 21% una **Coltre Eluvio-colluviale (b<sub>2</sub>)**.

In questa fase è opportuno evidenziare che la quasi totalità del tracciato del cavidotto si snoderà su strade asfaltate per cui non si andranno a creare scavi in terreni agricoli; inoltre, vista le modeste profondità di posa si incontreranno, durante gli scavi, terreni di riporto relativi alla sottofondazione stradale.

#### **INDAGINI INTEGRATIVE ESEGUITE NEI PRESSI DELLA REALIZZANDA STAZIONE ELETTRICA**

In relazione alla richiesta: *“... si richiede di eseguire un sondaggio che dovrà essere realizzato in corrispondenza della Sottostazione Elettrica 150/30 kv e che dovrà raggiungere profondità superiori a quelle delle fondazioni della Sottostazione Elettrica ...”* si relazione quanto segue.

Per difficoltà autorizzative e operative non è stato possibile eseguire il classico sondaggio geognostico a carotaggio continuo; in sua vece si è preferito, anche perché operativamente più immediato, eseguire ed integrare tra loro tre prove:

- una indagine sismica a rifrazione;
- una prova sismica MASW;
- n. 2 prove penetrometriche medie (DPM).

**Tutte le prove sono state eseguite in data 27/06/2022 e si riporta in allegato il relativo report.**

L'integrazione delle tre prove eseguite ha fornito indicazioni utili sulla stratigrafia locale (che, comunque è quella tipica dell'intera area), sulle caratteristiche geotecniche dei terreni e sulla eventuale presenza di falda acquifera superficiale.

Inoltre, integrare prove penetrometriche con prove sismiche risulta utile in quanto è possibile “estrapolare” i dati di una prova puntuale (quale è una prova penetrometrica) ad una area più vasta che risulta caratterizzata da medesimi valori di propagazione delle onde sismiche e quindi da medesimi sismostrati.

La sezione sismostratigrafica di Fig. c evidenzia che lungo tutto lo stendimento sismico eseguito, pari a ben 48 metri, è possibile rinvenire un primo strato di terreno vegetale a cui seguono i classici terreni delle Sabbie di Torre Quanto e quindi sabbie, più o meno fini con intercalazioni limose. Tale situazione risulta omogenea fino ad almeno 8 metri dal p.c..

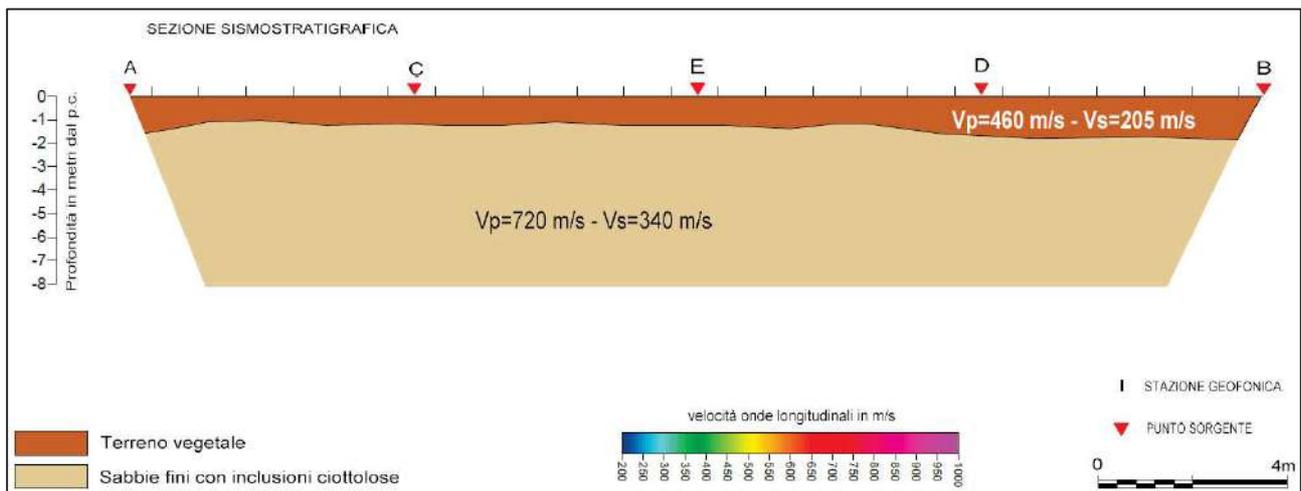


Fig. c -sezione sismostratigrafica area Stazione Elettrica.

Dalle due prove penetrometriche, che si sono approfondite fino a circa 4,5 metri dal p.c. (quindi ben oltre il piano di posa delle fondazioni della Stazione Elettrica), è stato possibile: 1) definire i principali parametri geotecnici dei terreni investigati; 2) valutare l'eventuale presenza di materiale fine (limo od argilla) che in rinviene sulle aste di perforazione dopo la loro estrazione; 3) valutare la presenza o meno di eventuali falde superficiali. Nel nostro caso le aste, dopo la loro estrazione dal terreno sono risultate asciutte, evidenziano l'assenza di falde effimere superficiali. Per quanto riguarda, invece, la falda principale presente in zona, da informazioni assunte in campagna da operatori agricoli locali si è avuto conferma che essa è rinvenibile a circa 30m dal p.c., con discrete variazioni negli ultimi anni, in relazione alla variabilità della ricarica ad opera delle acque meteoriche.

Le due prove penetrometriche eseguite hanno confermato che i terreni investigati risultano moderatamente addensati e molto consistenti (Classificazione AGI); dall'analisi del grafico delle prove si nota la presenza di un consistente crostone evaporitico tra circa 90 cm e circa 1,4 m.

Infine, dalla elaborazione della prova MASW, risulta che i terreni investigati appartengono alla categoria di sottosuolo B.

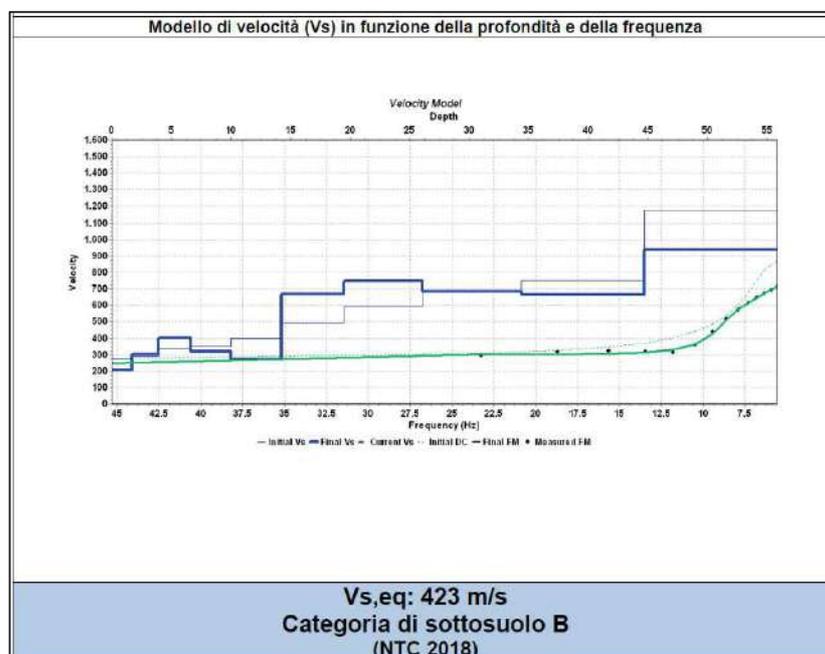


Fig. d – risultati elaborazione prova MASW: categoria di sottosuolo B

Da tutto quanto sopra esposto si conferma la fattibilità, dal punto di vista geologico e geotecnico, delle opere di progetto. È del tutto evidente che in fase esecutiva sarà opportuno eseguire un approfondimento di indagini finalizzate a meglio definire la variabilità dei parametri geotecnici nello spazio. Tali risultati serviranno per meglio “ottimizzare”, per esempio, la profondità di infissione dei pali di sostegno dei tracker o definire meglio se poggiare la platea di fondazione poco al di sotto del piano campagna o al di sotto dello strato di terreno vegetale. Sono tutti “ottimizzazioni” normali in progetti che interessano aree così ampie, fortunatamente caratterizzate da una semplice e ben nota situazione litostratigrafica.

## IDROGEOLOGIA

Dal punto di vista idrogeologico, l’area di progetto “appartiene” all’acquifero poroso superficiale del Tavoliere che risiede nei depositi marini e alluvionali quaternari, che nell’area ricoprono con continuità le argille grigio-azzurre plio-pleistoceniche. L’acquifero presenta una struttura piuttosto eterogenea, essendo costituita da un’alternanza di strati ghiaiosi, sabbiosi, argillosi e limo-argillosi. Tuttavia i caratteri della circolazione idrica sono riconducibili ad un’unica falda, in cui i diversi livelli sono in connessione idraulica tra loro, e si rinviene a modeste profondità variabili da zona a zona.

Le ghiaie e i conglomerati sabbiosi rappresentano i termini maggiormente permeabili e costituiscono la maggior parte dell’acquifero, con uno spessore che aumenta notevolmente procedendo da monte verso valle, dove in alcuni punti in prossimità del centro abitato di Foggia supera i 30 m. In altre zone, invece, lo spessore totale dei livelli ghiaiosi risulta fortemente ridotto per la presenza delle numerose intercalazioni argillose e argilloso-limose (Figura e).

Le stratigrafie di numerosi pozzi per acqua esistenti nell’area evidenziano la successione di terreni permeabili acquiferi (sabbie e sabbie limose), e di terreni semipermeabili (strati acquitardi) o impermeabili (strati acquicludi) a granulometria più fine. La base della circolazione idrica è rappresentata dalle argille grigio-azzurre impermeabili rinvenibili 50-60 m dal p.c.. L’acqua si rinviene in condizioni di falda libera nei livelli più superficiali e solitamente in pressione in quelli più profondi. Le diverse falde possono essere ricondotte ad un’unica circolazione idrica sotterranea, perché la deposizione lenticolare dei sedimenti costituisce orizzonti idraulicamente interconnessi.

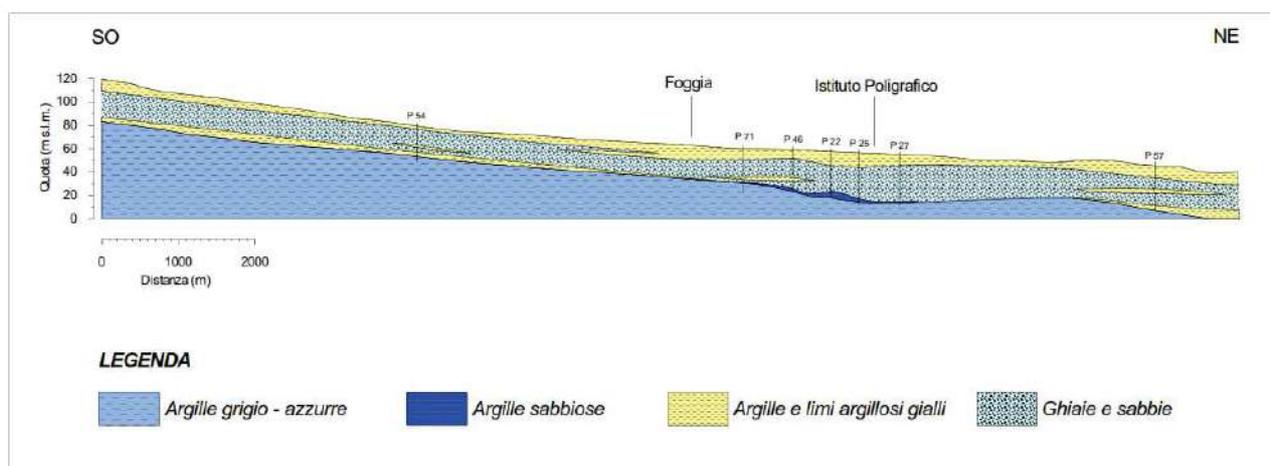


Fig. e – Sezione geolitologica del Tavoliere in corrispondenza del tratto medio-basso del bacino idrografico del Torrente Cervaro [da Sollitto, 2006].

Dal punto di vista idrogeologico la zona di intervento è caratterizzata dalla presenza di terreni con diverso grado di permeabilità e quindi diversamente condizionanti la circolazione idrica nel sottosuolo. In particolare l'acquifero superficiale poroso è frazionato in due livelli:

1. prima falda superficiale freatica (non presente nelle nostre aree), ubicata a 13 m circa dal piano campagna;
2. seconda falda più profonda e a pelo libero, sostenuta dalle argille grigio-azzurre plioceniche, localizzata a 30 m circa dal piano campagna (90 m s.l.m.) con deflusso idrico verso Nord, come confermato dalla Tav. C.05 del P.T.A. della Regione Puglia – Aggiornamento 2015-2021 (Fig. f).

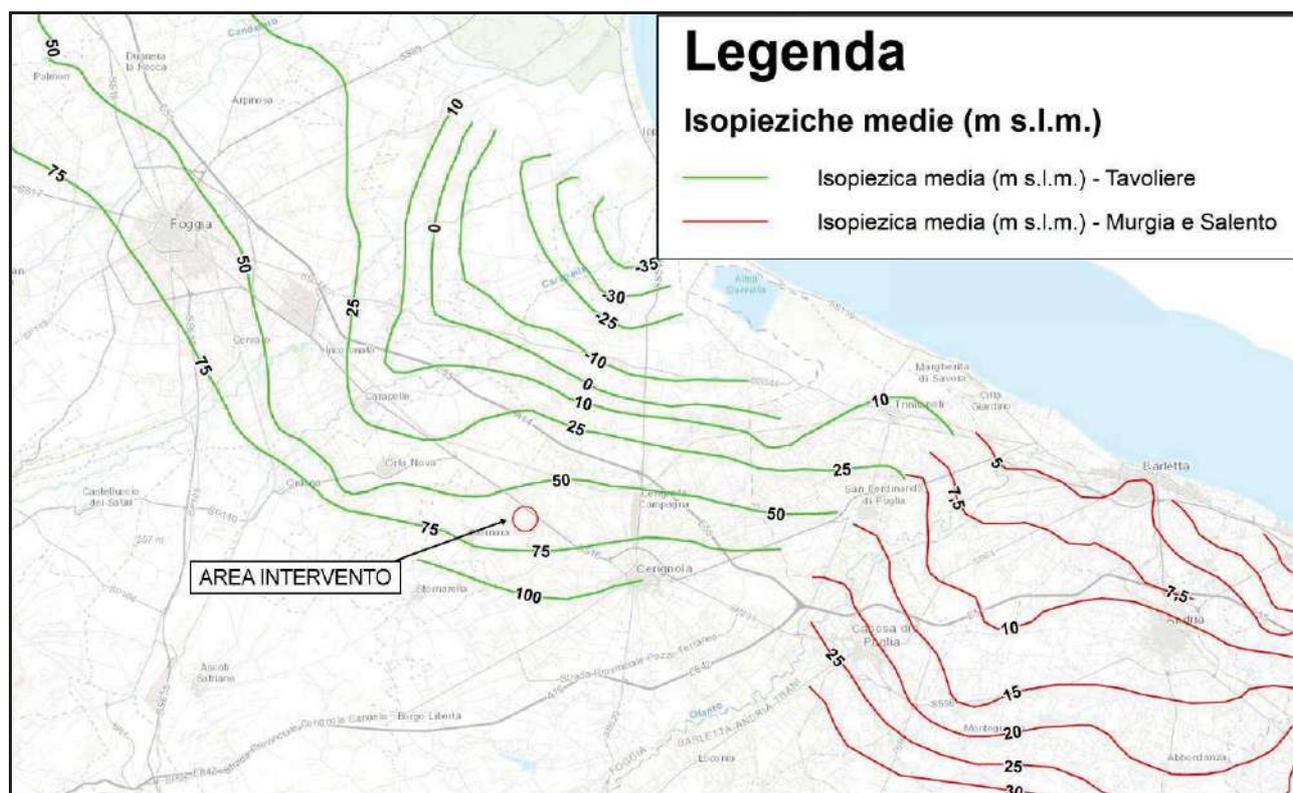
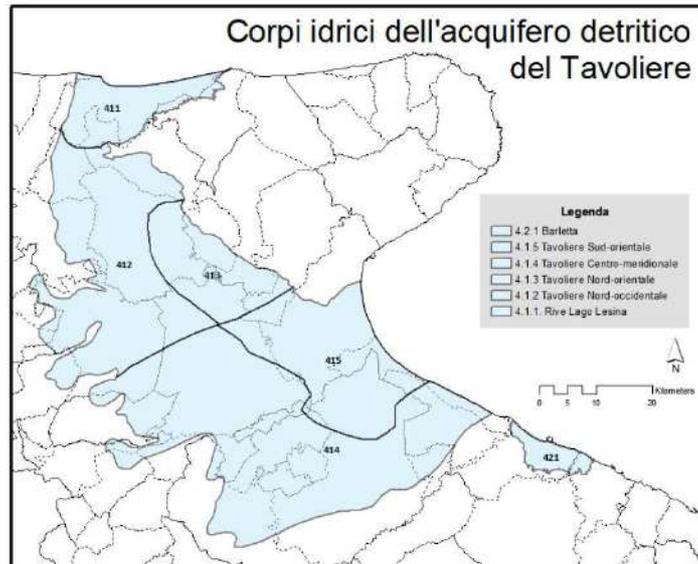


Fig. f - Stralcio Tav. C.05 "Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi" – P.T.A. della Regione Puglia – Aggiornamento 2015-2021 (scala 1: 300.000)

Con riferimento alla nomenclatura utilizzata nell'Elaborato C dell'aggiornamento 2015-2021 del Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia, l'acquifero presente nell'area di interesse è quello indicato con il n. 4.1.4. - Tavoliere Centro-meridionale dove le acque sotterranee circolano in condizioni di falda libera e la falda riceve contributi di ricarica superficiale.



**Fig. g** – Corpi idrici sotterranei del Complesso idrogeologico detritico del Tavoliere delle Puglia (da, agg. 2015-2021, PTA Regione Puglia)

**Richiesta punto 2.2.b** “la descrizione dei livelli di inquinamento nelle acque di falda e gli eventuali danni ambientali attualmente presenti nell'area, anche in relazione a vicinanza di eventuali attività insalubri in esercizio o dismesse (già menzionate al punto 1.1.a)”.

Per fornire informazioni circa il punto in questione, è possibile consultare nuovamente la Relazione C - Acque sotterranee, ove si parla anche della valutazione dello stato chimico e quantitativo dei corpi idrici sotterranei. L'elaborato citato indica, innanzitutto la base dati disponibile che fa riferimento ai dati del "Progetto Tiziano - Monitoraggio qualitativo e quantitativo delle acque sotterranee della Puglia" che, funzionando dalla fine del 2006 alla prima metà del 2011, ha consentito di realizzare una rete stabile e diffusa di monitoraggio e di migliorare le conoscenze di carattere idrogeologico e idrogeochimico delle risorse idriche sotterranee regionali.

In relazione alle “Tendenze significative e durature all'aumento degli inquinanti”, come previsto per le reti di monitoraggio, dall'art. 5 e dall'allegato 6 parte A del D.Lgs. 30/2009, conformemente alla Dir. 2000/60/CE e alla Dir. 206/118/CE, purtroppo i dati Progetto TIZIANO della Regione Puglia non permettono di individuare serie storiche su cui eseguire analisi di tendenze.

Infatti, poiché la rete del PTA era stata progettata secondo i criteri dettati dal D.Lgs. 152/99, le sue caratteristiche non rispondono pienamente ai requisiti previsti dalla direttiva 2000/60/CE soprattutto in termini di rappresentatività dei corpi idrici individuati ai sensi del D.Lgs 30/2009. Pertanto allo stato attuale la valutazione condotta ricopre solo carattere puntuale e non può essere estesa all'intero corpo idrico. I risultati ottenuti sono stati comunque di supporto per la definizione dello stato di rischio e per la progettazione della nuova rete di monitoraggio (progetto Maggiore).

La tabella 4.5 “Tendenze significative all'aumento individuate per ciascun Corpo idrico Sotterraneo” (pag. 61 della Relazione C – Acque sotterranee, dell'agg. 2015/2021 del PTA Puglia) indica per l'intero Acquifero del Tavoliere Centro-meridionale (in cui la nostra area è presente) come pressioni significative sull'acquifero stesso quella derivanti da attività Agricole e da Siti contaminati e riportando una tendenza significativa all'aumento su una sola stazione di misura relativamente al parametro: Cl.

Per avere maggiori informazioni, in data 28/06/2022, lo scrivente geologo ha inoltrato richiesta all'ARPA Puglia (Fig. h), che gestisce i dati del progetto di monitoraggio delle acque sotterranee “Progetto Maggiore”, ex “Progetto Tiziano” per ottenere, per l'area di studio, ove disponibili, dati sul livello di inquinamento delle acque di falda e/o informazioni su danni ambientali acclarati nell'area di interesse, come da richiesta ministeriale.

Spett.le  
ARPA Puglia  
Corso Trieste 27  
70126 Bari (BA)

Email: [info@arpa.puglia.it](mailto:info@arpa.puglia.it)

Foggia, 28.06.2022

Oggetto: **richiesta dati relativamente a livello inquinamento acque di falda e/o danni ambientali in agro del Comune di Stornara (FG), località "La Contessa".**

Lo scrivente geologo Domenico Paolo Impagnatiello ha eseguito attività di carattere geologico ed idrogeologico per la progettazione di un impianto fotovoltaico da realizzare in agro del Comune di Stornara.

Di recente il Ministero per la Transizione Ecologica presso cui è in essere il procedimento di VIA ha chiesto alcune integrazioni relativamente a: "...la descrizione dei livelli di inquinamento nelle acque di falda e gli eventuali danni ambientali attualmente presenti nell'area, anche in relazione a vicinanza di eventuali attività insalubri in esercizio o dismesse...". Si allega alla presente richiesta di integrazione Ministeriali.

Tutto ciò premesso, per ottemperare alle richieste pervenute, si chiede di poter ottenere informazioni sul livello statico delle acque di falda e sul loro stato di qualità, sulla base dei dati della rete di monitoraggio del progetto "Maggiore" e sulla presenza di eventuali siti oggetto di bonifica (procedimento ex 242, D.lgs. 152/2006), innanzitutto nell'area di studio, per la quale si allega alla presente shapefiles, e in secondo luogo nell'intera area del Comune di Stornara.

Cordiali saluti  
geol. Domenico Paolo Impagnatiello



Allegato: richiesta di integrazioni ministeriali e shapefiles area di studio.

LITOS - STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA  
DOTT. GEOL. DOMENICO PAOLO IMPAGNATELLO  
C. FISC. MPG DNC 64L25 F63IE  
P. IVA: 01969590718

VIA E. NARDELLA N. 22 - 71121 FOGGIA  
TEL. 348.3315877 - FAX. 0881.5731178  
E-MAIL: [INFO@PROFESSIONEGEOLOGO.IT](mailto:INFO@PROFESSIONEGEOLOGO.IT)  
PEC: [INFO@PEC.PROFESSIONEGEOLOGO.IT](mailto:INFO@PEC.PROFESSIONEGEOLOGO.IT)

Fig. h – missiva di richiesta ad ARPA Puglia

Alla data di stesura della presente, non si è ancora ottenuto risposta.

Per quanto riguarda i danni ambientali ci si è anche avvalsi, per le vie brevi, della collaborazione dell'Ufficio Bonifiche e Pianificazione della Regione Puglia da cui si è appreso che nell'intero comune di Stornara non sono presenti siti potenzialmente contaminati; ciò coerentemente con la Relazione Generale di Piano e

Allegati del Piano Regionale di Bonifica delle Aree Inquinare (Articolo 199, comma 6 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e successive modificazioni) della Regione Puglia, agg. Giugno 2021.

Si allega alla presente report delle indagini geognostiche eseguite.

Foggia, 04/07/2022

dott. geol. Domenico Paolo Impagnatiello





COMUNE DI STORNARA



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA DI FOGGIA

## OGGETTO

INDAGINE GEOGNOSTICA PER LA REALIZZAZIONE DELLA SOTTOSTAZIONE ELETTRICA DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA DENOMINATO "STORNARA 1" IN AGRO DEL COMUNE DI STORNARA, (FG).

DATA: GIUGNO 2022

## LOCALITÀ

STORNARA (FG)

## COMMITTENTE

**ENEL Stornara 1 S.r.l.**  
Vico Teatro, 33—71121 Foggia

## ELABORATO

INDAGINI GEOGNOSTICHE

## DITTA ESECUTRICE INDAGINI



Geologia e Geofisica  
Prospezioni geofisiche in superficie e in foro  
Indagini idrogeologiche e geotecniche

**PRO-GEO s.a.s**  
di Alberto Angelo Raffaele Quarto & C.  
Via M. R. Imbriani, 13 – 76121 Barletta  
P. IVA: 05578650722  
TEL. E FAX: 0883-390511  
EMAIL: progeosas@alice.it  
MOB. 3356098214  
PEC: info@pec.progeosas.net

**PRO-GEO s.a.s.**  
di Alberto A.R. Quarto & C.  
Via M.R. Imbriani, 13  
76121 BARLETTA  
P.IVA 05578650722



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>AZIONE SISMICA</b> .....	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE</b> .....	<b>6</b>
3.1	Metodologia.....	6
3.1	Risultati.....	7
<b>4</b>	<b>INDAGINE M.A.S.W</b> .....	<b>10</b>
4.1	Metodologia indagine M.A.S.W. ....	10
4.2	Attrezzature e tecniche operative .....	12
4.3	Risultati.....	14
<b>5</b>	<b>PROSPEZIONE SISMICA</b> .....	<b>17</b>
5.1	Metodologia sismica a rifrazione .....	17
5.2	Attrezzature e tecniche operative .....	19
5.3	Risultati.....	19
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>21</b>

*Ubicazione area d'indagine (da CTR) - scala 1:15.000*

*Ubicazione misure geognostiche (da CTR) - scala 1:1.000*

*Allegato "Prove penetrometriche dinamiche(DPM30) 1-2"*

*Allegato profilo sismico*

- *Sismogrammi analisi MASW*
- *Analisi profilo MASW*
- *Sismogrammi sismica a rifrazione onde P*
- *Dromocrone*
- *Tomografia sismica ed interpretazione sismostratigrafica*
- *Documentazione fotografica*

## 1 PREMESSA

Per incarico conferito alla PRO-GEO s.a.s. di Alberto Quarto & C. da Enel Stornara 1 S.r.l. è stata eseguita un'indagine INDAGINE GEOGNOSTICA per la "REALIZZAZIONE DELLA SOTTOSTAZIONE ELETTRICA DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA DENOMINATO "STORNARA 1" IN AGRO DEL COMUNE DI STORNARA, (FG).

L'indagine è stata mirata alla definizione delle caratteristiche fisico-dinamiche dei terreni, alla ricostruzione stratigrafica del sito e alla classificazione del sottosuolo di fondazione secondo le *Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018*.

A tal fine sono state effettuate le seguenti indagini geognostiche:

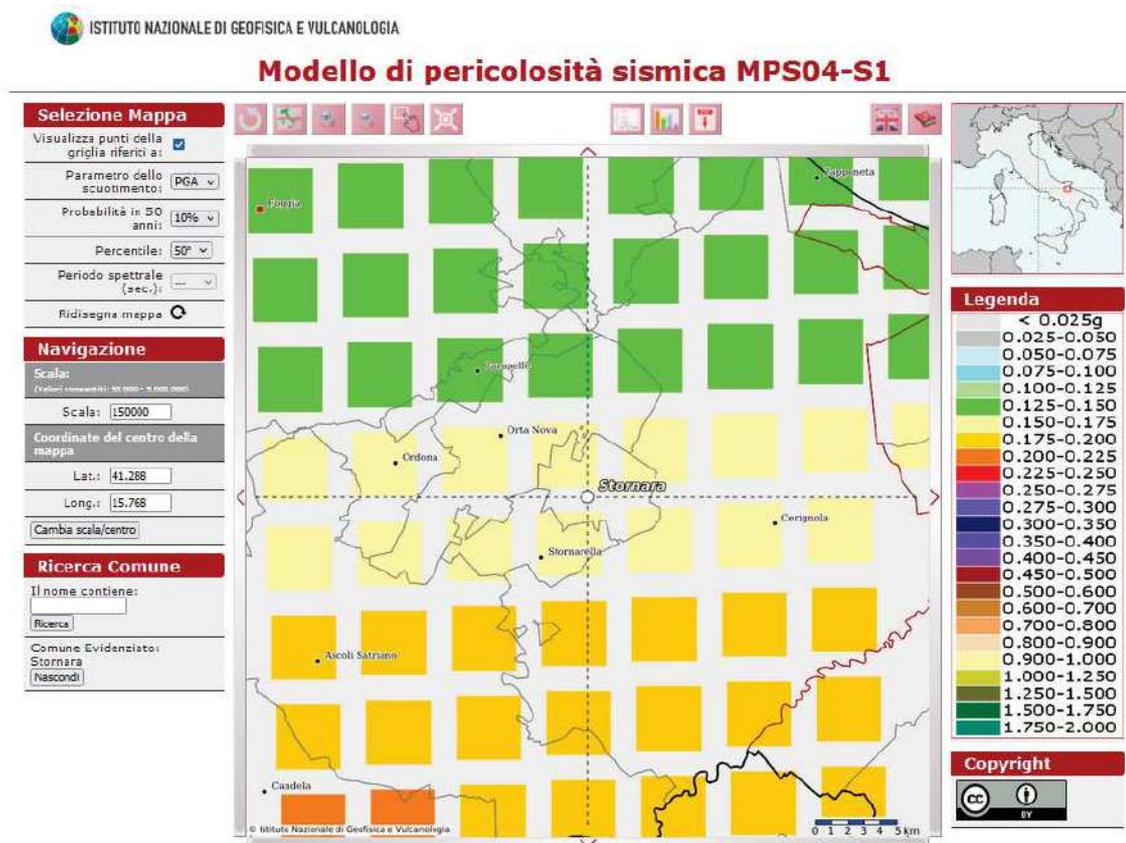
- n. 2 prove penetrometriche dinamiche;
- n. 1 profilo sismico MASW;
- n. 1 profilo sismico a rifrazione in onde P.



Ubicazione del sito d'indagine

## 2 AZIONE SISMICA

Le recenti Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 e l'OPCM del 20 marzo 2003 n. 3274, superano il concetto della classificazione del territorio in zone, imponendo nuovi e precisi criteri di verifica dell'azione sismica nella progettazione delle nuove opere ed in quelle esistenti, valutata mediante una analisi della risposta sismica locale. In assenza di queste analisi, la stima preliminare dell'azione sismica può essere effettuata sulla scorta delle "categorie di sottosuolo" e della definizione di una "pericolosità di base" fondata su un reticolo di punti di riferimento, costruito per l'intero territorio nazionale. Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di  $a_g$  e dei principali "parametri spettrali" riferiti all'accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di amplificazione massima  $F_0$  e periodo di inizio del tratto a velocità costante  $T^*_C$ ). Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica vengono forniti dall'INGV e pubblicati nel sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.



Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Ordinanza 3274)

Secondo le NTC l'area in questione è caratterizzata da un'accelerazione compresa tra **0.200-0.225 g**, come evidenziato nella figura a, in cui è riportata la mappa di pericolosità sismica per il sito in questione con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (riferita a suoli rigidi - categoria A).

Tale mappa di pericolosità sismica è riferita ad un periodo di ritorno  $TR=475$ , corrispondente ad una vita nominale dell'opera  $VN=50$  anni e ad un coefficiente d'uso  $CU=1.0$  (struttura ordinaria), parametri legati tra loro dalla seguente formula:

$$TR = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) \text{ dove } V_R = V_N \cdot C_U$$

Valori dei parametri per la definizione del periodo di ritorno		
$P_{V_n}$ (Stato Limite)	$C_U$	$V_N$ [anni]
81% Operatività (SLO)	0.7 (I. Strutture secondarie)	$\leq 10$ (Opere provvisorie)
63% Danno (SLD)	1.0 (II. Strutture ordinarie)	$\geq 50$ (Opere ordinarie)
10% Salvaguardia della vita (SLV)	1.5 (III. Strutture importanti)	$\geq 100$ (Grandi opere)
5% Prevenzione del Collasso (SLC)	2.0 (IV. Strutture strategiche)	

I nuovi criteri di caratterizzazione sismica locale, come accennato in precedenza, sono menzionati nelle “Nuove Norme Tecniche per le costruzioni 2018”, entrate ufficialmente in vigore in data 22/03/2018, per le quali è necessario, inoltre, caratterizzare il sito in funzione degli spettri di risposta sismica delle componenti orizzontali e verticali del suolo. Gli spettri di risposta sismica vanno stimati in relazione ai differenti Stati Limite a cui un manufatto è potenzialmente sottoposto; tale stima è stata effettuata mediante l'applicazione della GEOSTRU al seguente link:

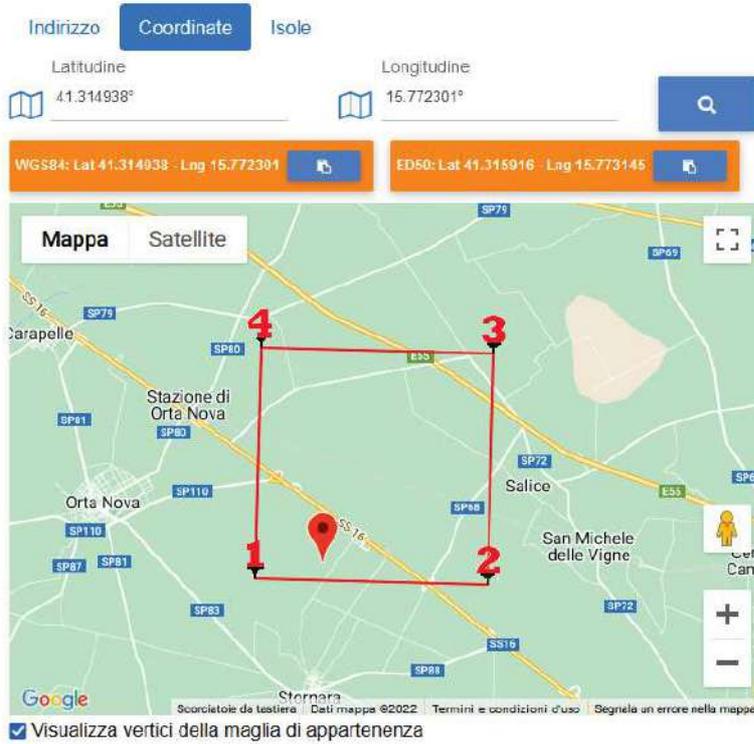
<http://www.geostru.com/geoapp/parametri-sismici.aspx>.

Essa fornisce i parametri sismici ( $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C^*$ ) per gli stati limite SLO, SLD, SLV, SLC, tipici del luogo o della costruzione in esame.

Di seguito vengono mostrati i risultati riferiti al sito in esame in coordinate WGS 84:

**Latitudine** 41.314938°

**Longitudine** 15.772301°



### Stati limite

Classe Edificio

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

Vita Nominale 50

Interpolazione Media ponderata

**CU = 1**

Stato Limite	T <sub>i</sub> [anni]	a <sub>g</sub> [g]	F <sub>o</sub>	T <sub>c</sub> <sup>+</sup> [s]
Operatività (SLO)	30	0.043	2.503	0.284
Danno (SLD)	50	0.055	2.561	0.320
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.148	2.567	0.428
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.199	2.530	0.437

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50

Ubicazione dell'area all'interno della maglia sismica di riferimento e relativi parametri sismici

### 3. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

#### 3.1 Metodologia

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

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

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

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

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

Le caratteristiche Tecniche-Strumentali della Sonda utilizzata DPM (DL 030 SUNDA) sono:

Rif. Norme	DIN	4094
Peso Massa battente	30	Kg
Altezza di caduta libera	0,20	m
Peso sistema di battuta	18	Kg
Diametro punta conica	35,68	mm
Area di base punta	10	cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1	m
Peso aste a metro	2,4	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40	m
Avanzamento punta	0,10	m
Numero colpi per punta	N	(10)
Coeff. Correlazione	0,78	
Rivestimento/fanghi	No	
Angolo di apertura punta	90°	

### **3.1 Risultati**

Di seguito sono mostrati i grafici riassuntivi delle 2 prove effettuate con le relative correlazioni stratigrafiche.

Da esse si evince un sottosuolo caratterizza da una coltre di terreno vegetale di circa 1,5 m di spessore con presenza di crosta calcarea, di origine evaporitica. Seguono terreni costituiti da sabbie fini con inclusioni ciottolose.

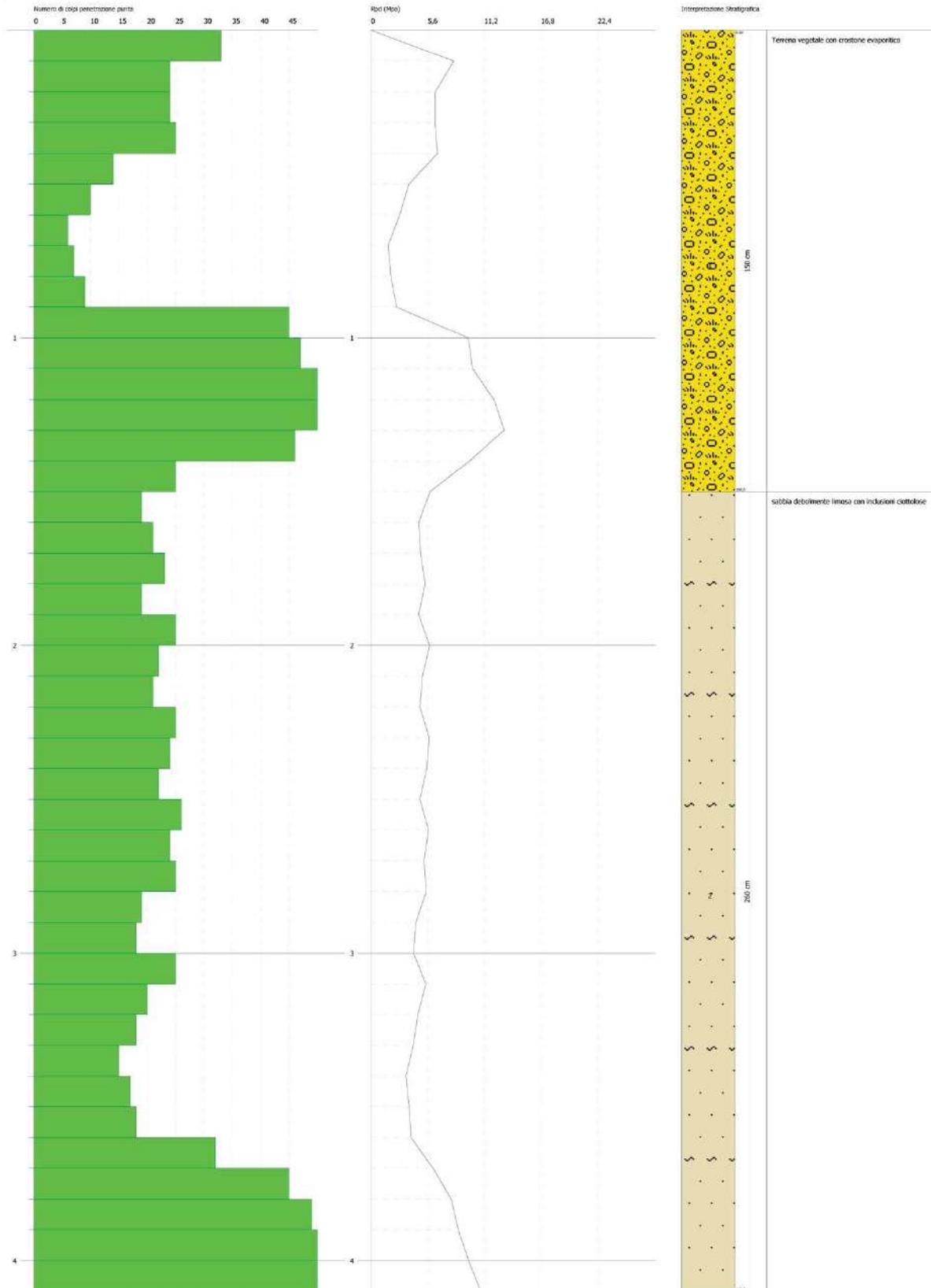
Per ciò che concerne i risultati numerici e le correlazioni con i parametri geotecnici si rimanda ai rapporti di prova allegati, dove i risultati sono stati elaborati secondo l'ipotesi di terreni incoerenti. Sarà cura del geologo incaricato quella di adottare i parametri più rappresentativi delle litologie presenti in zona.

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1**  
**Strumento utilizzato... DPM (DL 030 SUNDA)**

Committente:  
 Cardere:  
 Località:

Data: 27/06/2022

Scala 1:17



SIGNATURE 1

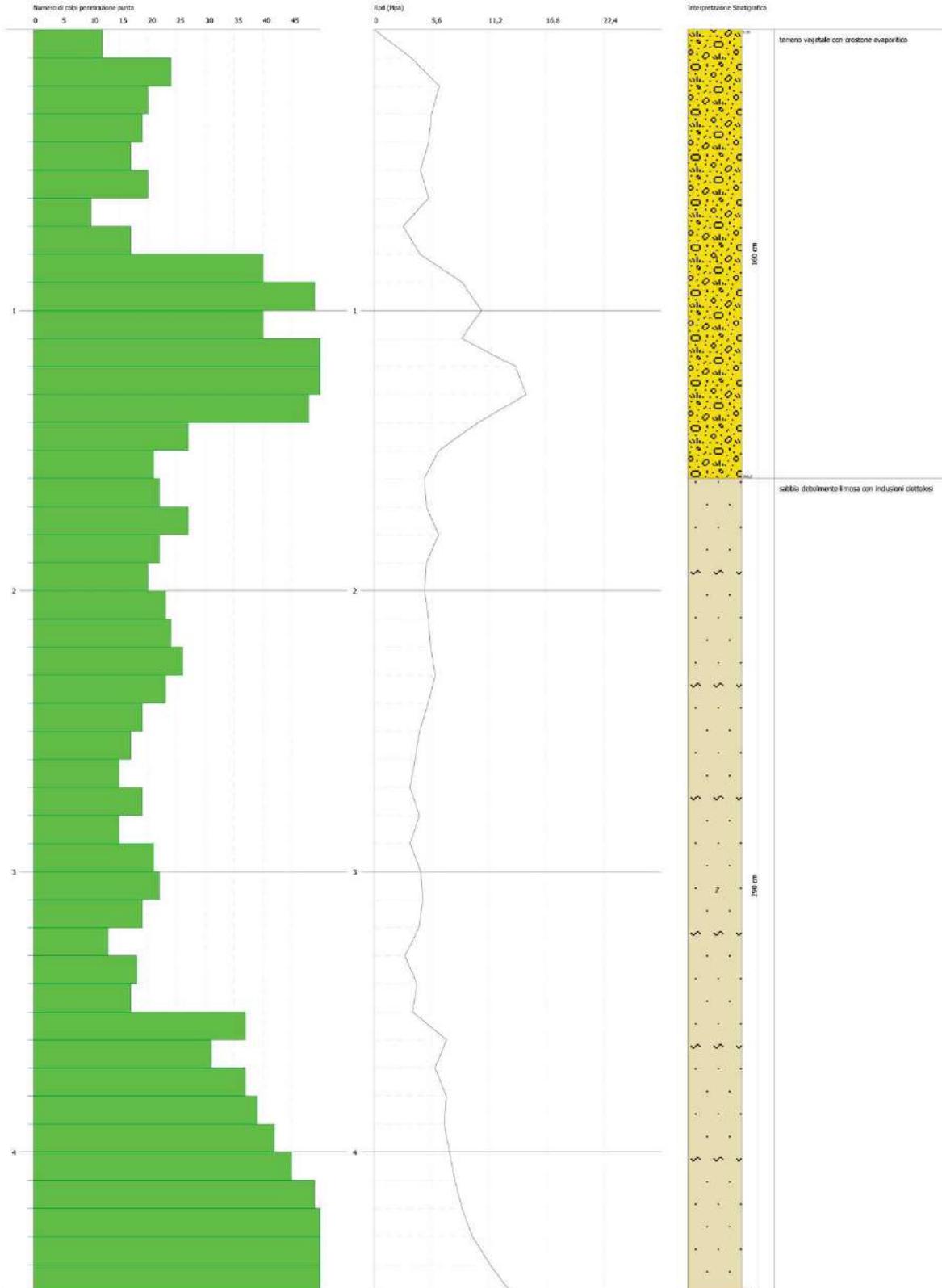
SIGNATURE 2

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2**  
**Strumento utilizzato... DPM (DL 030 SUNDA)**

Cantiere:  
 Cardine:  
 Località:

Data: 27/06/2022

Scala 1:10



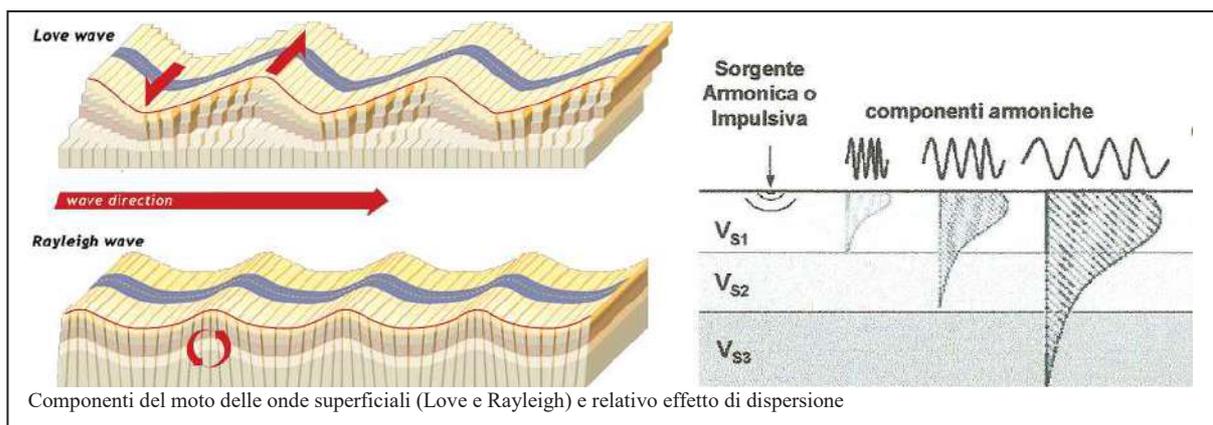
SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

## 4 INDAGINE M.A.S.W

### 4.1 Metodologia indagine M.A.S.W.

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (nel nostro caso geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.



La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

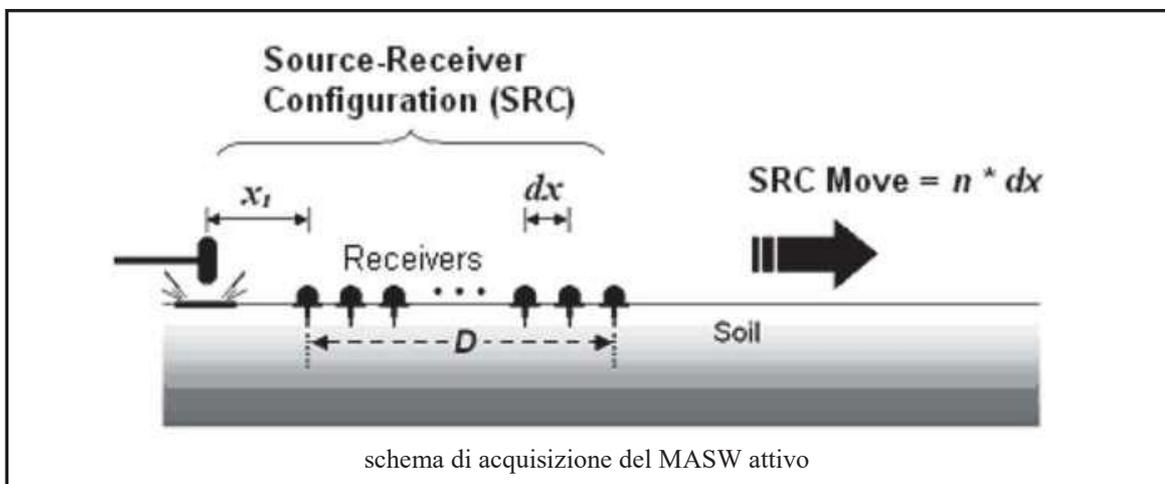
Il metodo di indagine MASW si distingue in “attivo” e “passivo” (Zywicki, 1999; Park e Miller, 2006; Roma, 2006):

- Nel “metodo attivo” le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).

- Nel “metodo passivo” (Re.Mi.) lo stendimento presenta le stesse caratteristiche geometriche del metodo attivo ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (detto anche “microtremori”) prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali). E’ possibile utilizzare alcune varianti geometriche del metodo passivo (disposizione dei geofoni a cerchio, quadrato, triangolo e croce) per una valutazione più accurata del trend dispersivo delle onde superficiali (Park e Miller, 2006).

In questa indagine è stato utilizzato il “metodo attivo”. Le caratteristiche geometriche del MASW sono tabellate e schematizzate di seguito:

Sorgente	Lunghezza profilo	Distanza intergeofonica (dx)	Offset ( $x_f$ )
martello	46 m	2.0 m	4 m



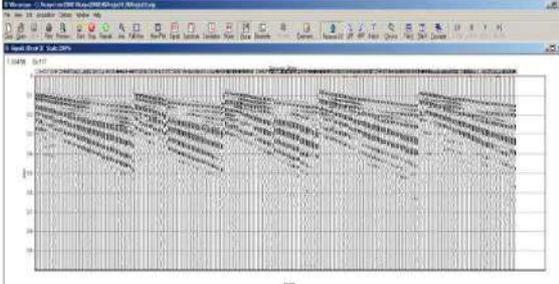
## 4.2 Attrezzature e tecniche operative

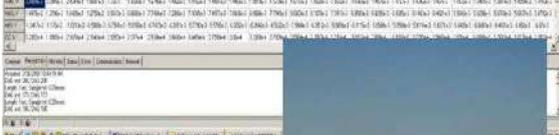
Per la misura eseguita sono state utilizzate le seguenti attrezzature:

- Un sismografo DAQ LINK – III a 24 bit della “Seismic Source Co”; di seguito se ne riporta la scheda tecnica:

### DAQlink Specifications

- 1 to 24 channels per unit
- Weatherproof enclosure
- Multiple units can be used together for large channel count
- A/D conversion:** 24 bit high-speed sigma delta converters
- Dynamic range:** 144 dB (system)  
Greater than 118 dB (measured at 2msec)
- Bandwidth:** DC to 15 KHz –  
Analog filter flat response to 8000 Hz  
Digital Filter Bandwidth = 85% of (sample rate)
- Common Mode Rejection:** Greater than 100 dB
- Crosstalk:** Better than 125 dB
- Noise Floor:** 0.2 microvolt RMS noise (2 msec sample rate)
- Trigger Accuracy:** +/- 1 microsecond at all sample rates
- Maximum Input Signal:** Standard (x 2 gain): 3.58 volts peak to peak  
(Optional: (x1 gain): 7.16 volts peak to peak)
- Input Impedance:** 100 K ohms
- Preamplifier Gains:** X2, and x32 standard; software selectable  
(X1 and x16 available on special request)
- Anti-alias Filters:** 85 % of Nyquist frequency
- Digital Filters:** Low Cut – User Selectable frequency  
Notch – 50 or 60 Hz standard – User selectable  
High Cut – User Selectable
- Sample Interval:** 0.0208, 0.0625, 0.125, 0.250, 0.500, 1.00, 2.00, 4.00, 8.00, 16.00 millisecond
- Sample Frequency:** 48000, 16000, 8000, 4000, 2000, 1000, 500, 250, 125, 64.5 samples/second
- Record Length:** Up to 4 Gbytes/ number of channels
- Pre-trigger delay:** 10 second
- Continuous Recording Option**
- GPS Interface Standard**  
Internal Clock synchronized to GPS time  
GPS Time and Position saved with data
- Internal Storage:** Compact Flash style storage media  
Standard FAT16 or FAT32 file system  
(Maximum file size = 32GB)
- 100Mbit Ethernet**  
Download speed 8MByte/sec; real time transfer
- Power consumption:** 24 channels – less than 0.4 watts/channel
- Built in Line Testing and Instrument Tests**
- Size:** 330x230x60 mm
- Weight:** 3.4 Kg







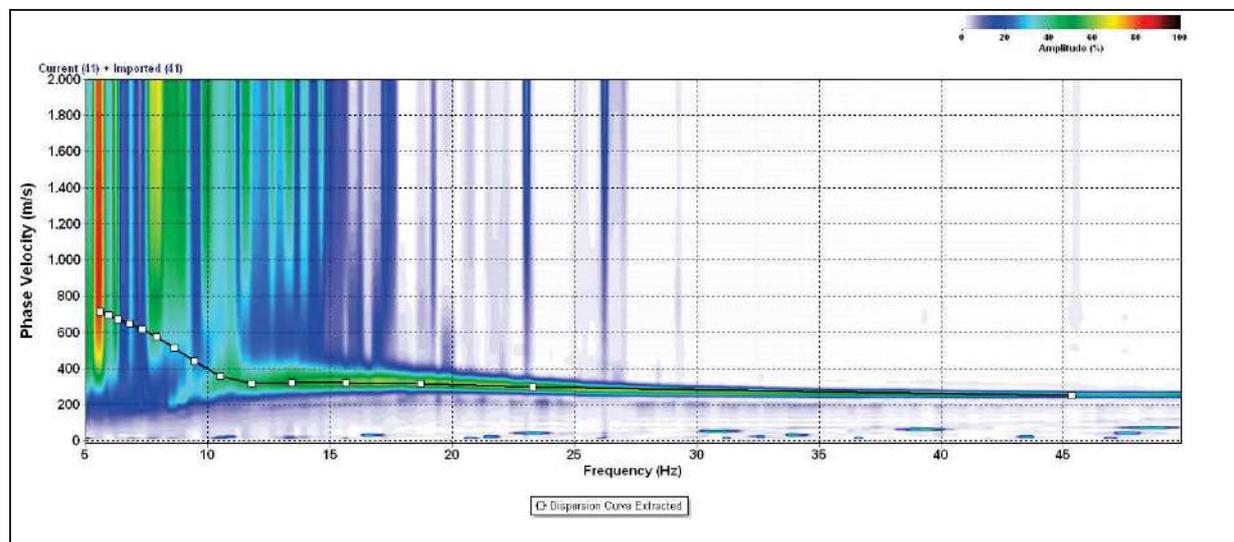

- Un cavo con 24 collegamenti per i geofoni.
- 24 geofoni a componente verticale con frequenza di 4.5 Hz.
- SurfSeis 3.0 della Kansas Geological Survey.

Sono state acquisite sei registrazioni, sommate tra loro, al fine di ottenere un buon rapporto segnale/rumore. Esse hanno le seguenti caratteristiche:

	frequenza di campionamento	Lunghezza registrazioni	sorgente
<b>Masw attivo</b>	0.5 millisecondi	1 secondo	martello

I sismogrammi ottenuti sono stati elaborati con una trasformazione bidimensionale dal dominio tempo-distanza (t-x), al dominio velocità di fase-frequenza (p-f). È stato così possibile analizzare l'energia di propagazione del "rumore ambientale" lungo tutte la direzione della linea sismica e riconoscere le onde superficiali con carattere dispersivo.

Sullo spettro (p-f) ottenuto sono stati individuati una serie di punti nell'area ad alta energia (piking). A partire da essi si è proceduti con la fase di inversione dei dati per ottenere il modello di Vs-profondità.



Spettro di potenza nel dominio Frequenza/inverso velocità di fase con piking

### 4.3 Risultati

Il modello di Vs-profondità, ottenuto mediante l'analisi MASW, è schematizzato di seguito:

MASW	
Z (m)	Vs (m/s)
-1.73	206.29
-3.90	300.85
-6.60	403.54
-9.98	318.15
-14.21	272.39
-19.49	666.99
-26.09	746.92
-34.35	683.99
-44.66	666.06
-55.83	939.17

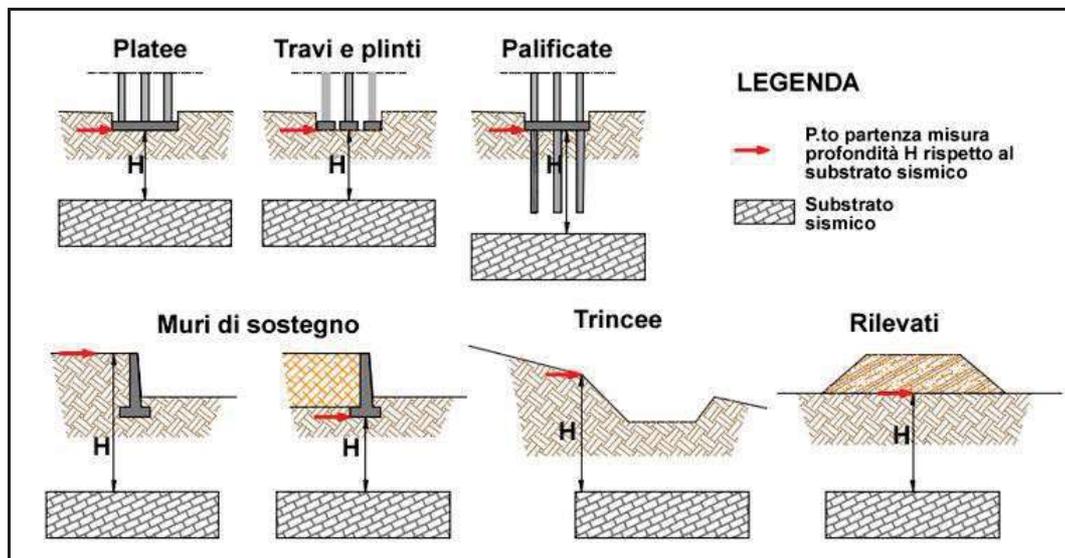
In conformità al D.M. 17/01/2018 “Norme tecniche per le costruzioni” la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

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

dove:

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

Per le **fondazioni superficiali**, la profondità del substrato è riferita al *piano di imposta* delle stesse, mentre per le **fondazioni su pali** è riferita alla *testa dei pali*. Nel caso di **opere di sostegno di terreni naturali**, la profondità è riferita alla *testa dell'opera*. Per **muri di sostegno di terrapieni**, la profondità è riferita al *piano di imposta della fondazione*.



Poiché le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II (di seguito), si può fare riferimento a un **approccio semplificato** che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ .

Pertanto, il sito in esame rientra in **categoria di sottosuolo B** con  $V_{s,eq} = 423$  m/s.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

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

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

### **Condizioni topografiche**

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III):

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

Le su esposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m. Nel caso in oggetto la **categoria di riferimento è la T1.**

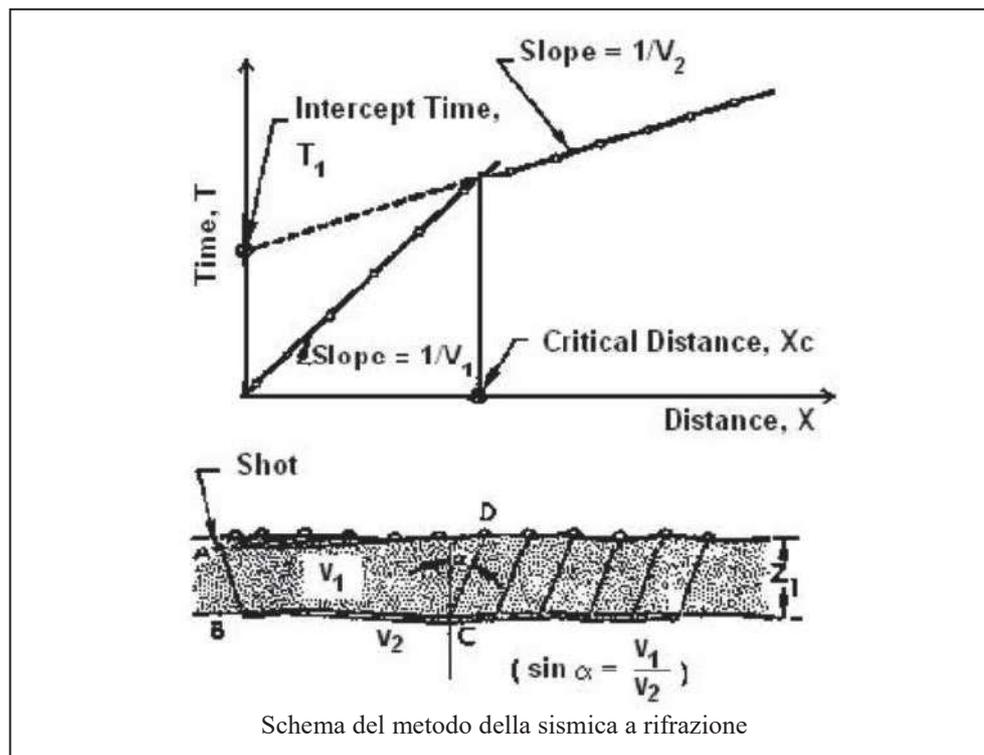
## 5 PROSPEZIONE SISMICA

### 5.1 Metodologia sismica a rifrazione

La tecnica di prospezione sismica a rifrazione consiste nella misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche generate in un punto in superficie (punto sorgente), in corrispondenza di una molteplicità di punti disposti allineati sulla superficie topografica (geofoni). Lo studio della propagazione delle onde sismiche consente di valutare le proprietà geometriche e fisico-meccaniche dei terreni.

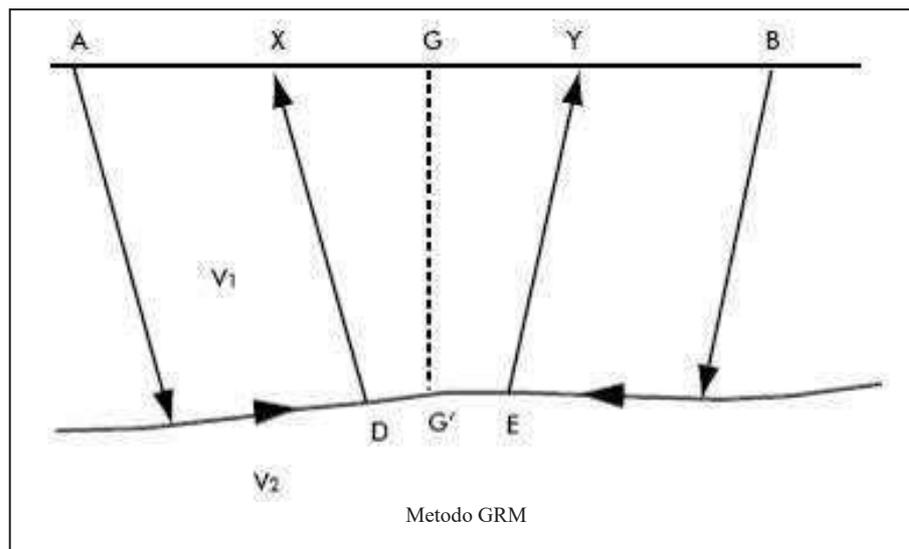
Mediante questo tipo di indagine si può risalire alla composizione litologica di massima dei terreni, al loro grado di fratturazione, alla geometria delle prime unità sottostanti la coltre superficiale, alla profondità in cui si trova la roccia di fondo (“bedrock”).

L'unica condizione per eseguire studi di sismica a rifrazione è che la successione rocciosa da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità.



Normalmente il sottosuolo è caratterizzato da strati piano-paralleli con velocità crescente all'aumentare della profondità. In contesti più complessi (inversioni di velocità o presenza di corpi non stratificati) bisogna tener conto del modello tridimensionale del sottosuolo ed intervenire con indagini più specifiche (misure sismiche in foro), per non incorrere in errori interpretativi.

Il metodo di elaborazione utilizzato nel corso delle analisi dei dati a rifrazione è stato il Generalized Reciprocal Method (GRM: Palmer - 1980). L'analisi GRM (metodo reciproco generalizzato) si basa sulla determinazione del tempo di tragitto delle onde sismiche tra due geofoni separati da una distanza variabile XY ottimale per la quale i segmenti dei raggi che viaggiano verso l'alto e arrivano a ciascun geofono, emergano quasi dallo stesso punto del riflettore (G'). Ciò permette di valutare tutte le eventuali variazioni laterali di velocità del rifrattore, e quindi di ricostruire anche morfologie complesse.



Successivamente, con l'ausilio del software "Rayfract" della Intelligent Resources Inc., si è proceduti all'analisi del sottosuolo in tomografia sismica. Il software, utilizzando i tempi d'arrivo delle onde lette sui sismogrammi sperimentali, permette di eseguire delle ottimizzazioni del modello di velocità. Tali interpretazioni danno modo di rappresentare le velocità sismiche sia secondo sismostrati e sia secondo un'imaging bidimensionale a colori.

## 5.2 Attrezzature e tecniche operative

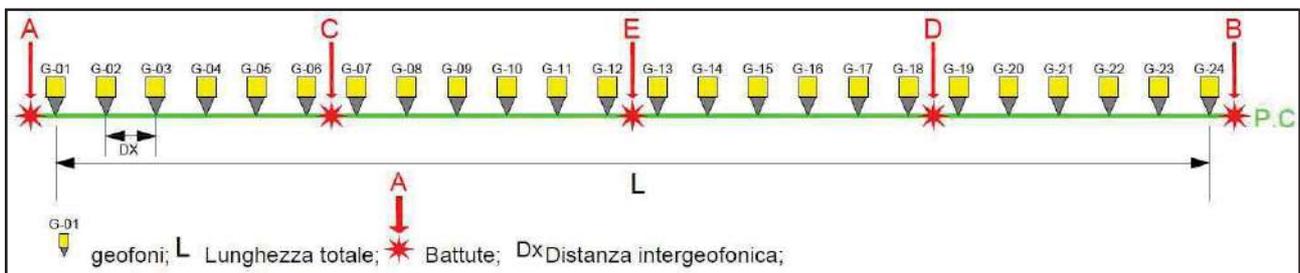
Per il profilo eseguito è stato utilizzato:

- Lo stesso sismografo dell'indagine MASW;
- Un cavo con 24 collegamenti per i geofoni;
- Ventiquattro geofoni a componente verticale con frequenza di 14 Hz;
- Un piattello in alluminio;
- Un martello di 8 Kg dotato di trigger, per le onde P.

Di seguito è mostrato lo schema geometrico di acquisizione:

Lunghezza (metri)	Distanza geofonica (metri)	n. battute	n. geofoni
48	2.0	5	24

Il picking delle onde sismiche è stato effettuato sui sismogrammi sperimentali (vedi allegato) mediante il software TomTime della Geotom, LCC, dopo un opportuno filtraggio delle tracce. I primi arrivi sono riportati nei diagrammi tempo-distanza “dromocrone” (vedi allegato).



## 5.3 Risultati

L'elaborazione dei dati ha permesso di ricostruire il sottosuolo secondo 2 “sismostrati”, così caratterizzati:

1. **Il primo sismostrato** (con una profondità di circa 1.5 metri dal p.c.) ha velocità  $V_p$  di 460 m/s e  $V_s$  di 205 m/s;
2. **Il substrato rifrattore** ha velocità  $V_p$  di 720 m/s e  $V_s$  di 340 m/s;

Per ciò che concerne la correlazione delle caratteristiche fisico-dinamiche con quelle geologico-tecniche del sottosuolo esplorato, si può ritenere che:

1. **Il primo sismostrato** è associabile a *terreno vegetale*;
2. **Il substrato rifrattore** è associabile a *sabbie fini con inclusioni ciottolose*.

Nella tabella che segue sono mostrati tutti i valori delle velocità sismiche, il coefficiente di Poisson ed i valori dei moduli dinamici E (di Young), G (di taglio) e K (di compressibilità), espressi in Kg/cm<sup>2</sup>. Questi valori sono calcolati considerando un peso di volume unitario pertanto, per ottenere i moduli corretti, è necessario moltiplicarli per il peso di volume reale dei terreni.

Profondità media (m)	V <sub>p</sub>	V <sub>s</sub>	ν	γ	E	G	K
1° sismostrato 0÷1.5	460	205	0.38	1.00	1180	429	1587
substrato rifrattore >1.5	720	340	0.36	1.00	3200	1180	3717

Le velocità V<sub>s</sub> sono state ricavate dai valori medi scaturiti dall'indagine MASW mentre i parametri dinamici sono stati calcolati con le seguenti formule:

$$v = \frac{0.5(V_p/V_s)^2 - 1}{(V_p/V_s)^2 - 1} \quad K = \gamma[V_p^2 - 4/3V_s^2] \quad G = \frac{V_s^2}{g} \cdot \gamma$$

$$E = V_s^2 \cdot \gamma[(3V_p^2 - 4V_s^2)/(V_p^2 - V_s^2)]$$

**V<sub>p</sub>** = velocità onde longitudinali in m/s

**V<sub>s</sub>** = velocità onde trasversali in m/s

**ν** = coefficiente di Poisson

**γ** = peso di volume in g/cm<sup>3</sup>

**g** = accelerazione di gravità

**E** = modulo dinamico di Young in Kg/cm<sup>2</sup>

**G** = modulo dinamico di taglio in Kg/cm<sup>2</sup>

**K** = modulo dinamico di compressibilità in Kg/cm<sup>2</sup>

## 5 CONCLUSIONI

Riassumendo quanto esposto, l'indagine geognostica eseguita ha messo in evidenza i seguenti risultati:

**Le Prove Penetrometriche Dinamiche** sono state elaborate secondo l'ipotesi di terreni incoerenti. Da esse si evince un sottosuolo caratterizzato da una coltre di terreno vegetale di circa 1,5 m di spessore con presenza di crosta calcarea, di origine evaporitica. Seguono terreni costituiti da sabbie fini con inclusioni ciottolose.

Per ciò che concerne i risultati numerici e le correlazioni con i parametri geotecnici si rimanda ai rapporti di prova allegati.

**L'indagine sismica a rifrazione** ha evidenziato un sottosuolo schematizzato in 2 sismostrati, così definiti:

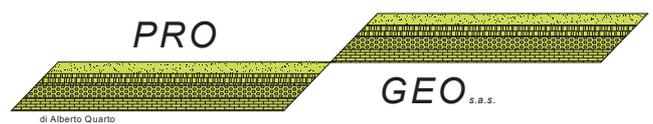
1. **Il primo sismostrato** (con una profondità di circa 1.5 metri dal p.c.) ha velocità  $V_p$  di 460 m/s e  $V_s$  di 205 m/s;
2. **Il substrato rifratore** ha velocità  $V_p$  di 720 m/s e  $V_s$  di 340 m/s.

Le associazioni con tra sismostrati e litologie rispecchiano quanto emerso dalle indagini penetrometriche.

**L'indagine sismica Masw** ha consentito di classificare sismicamente i siti indagati, secondo le NTC (D.M. 17/01/2018), in **Categoria B** con  $V_{s,eq} = 423$  m/s (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).

## PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI

- 
- **UBICAZIONE AREA D'INDAGINE (da CTR) scala 1:15.000 (formato foglio A3)**
  - **UBICAZIONE MISURE GEOGNOSTICHE (da ORTOFOTO-CTR) scala 1:1.000 (formato foglio A3)**
- 



di Alberto Quano

# Ubicazione aree d'indagine (da CTR)

AREE D'INDAGINE

STORNARA (FG)

## LEGENDA



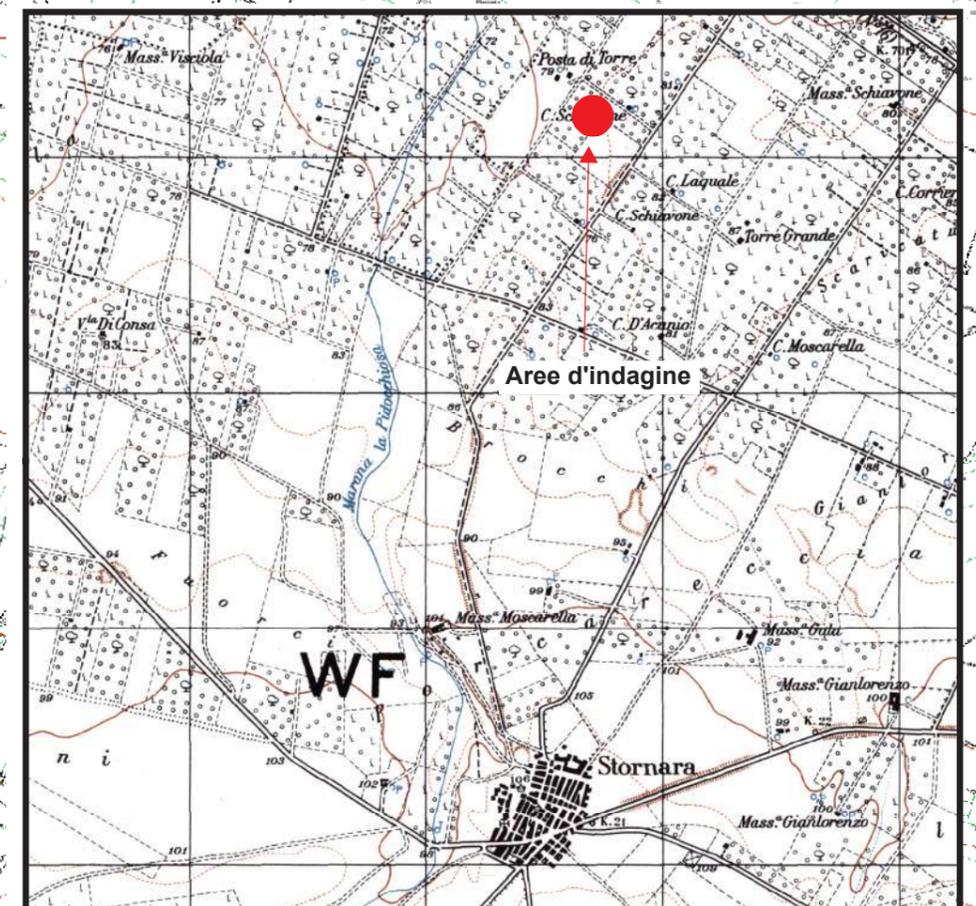
Aree d'indagine

1 cm = 150 m

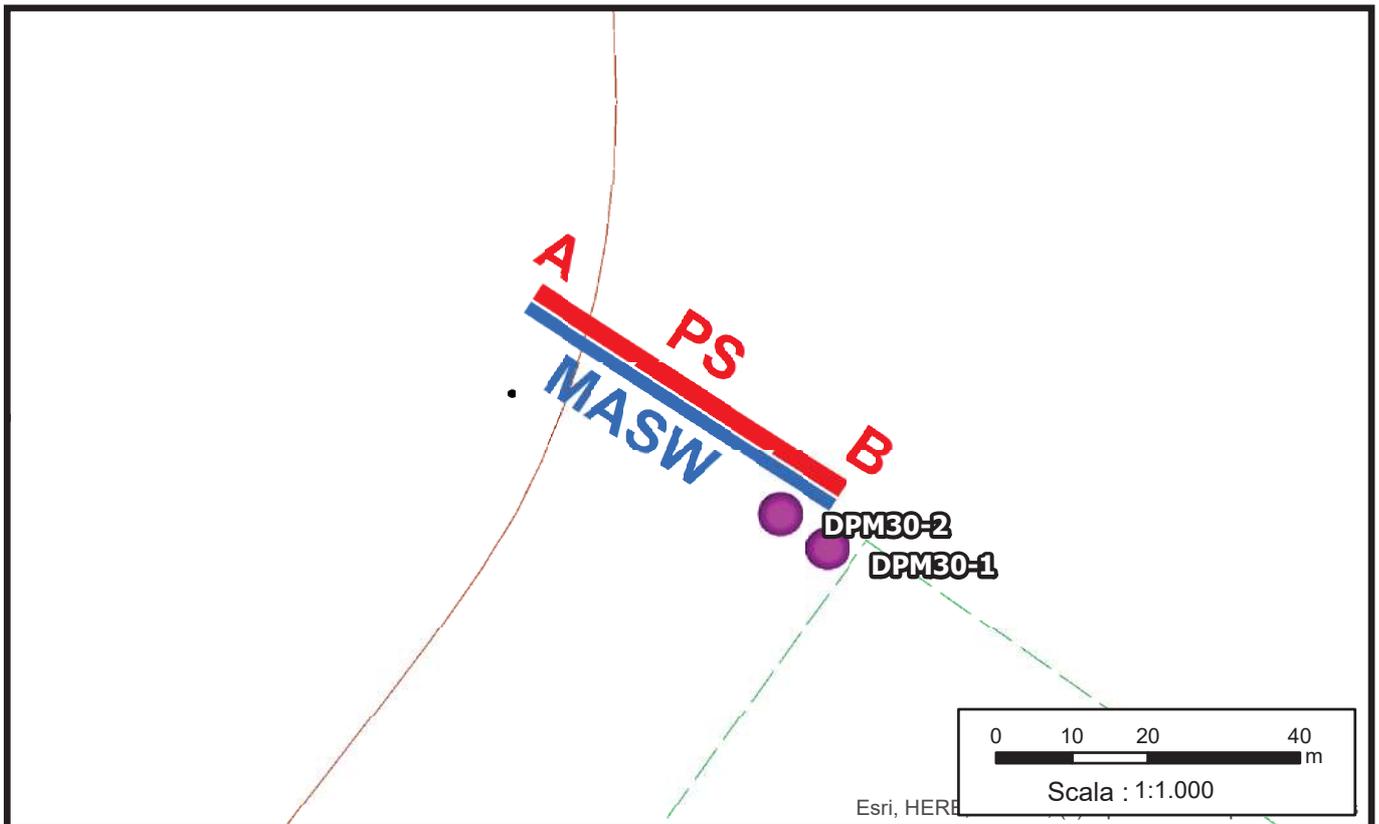
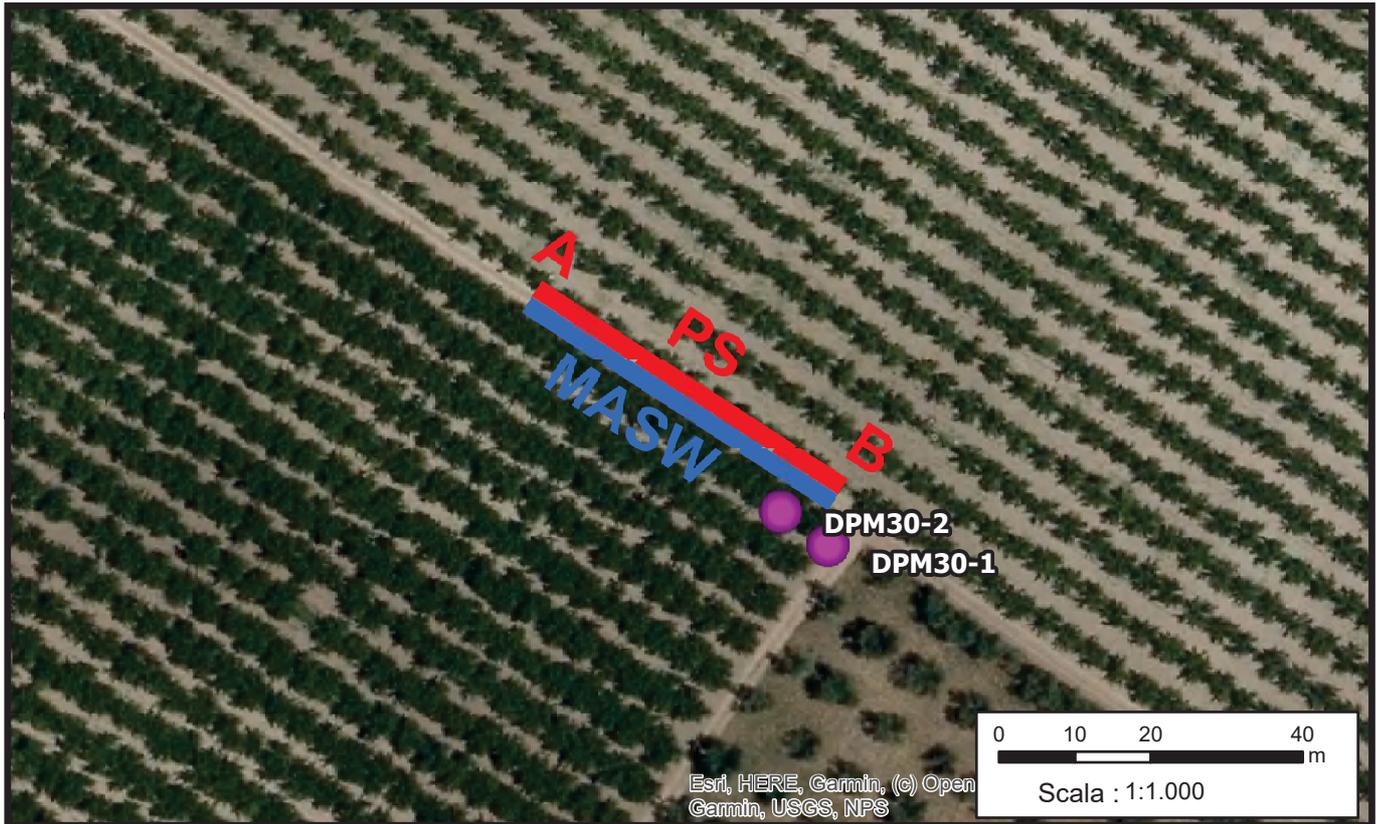


Scala : 1:15.000

Base cartografica da C.T.R. Puglia



# Ubicazione misure geognostiche



- LEGENDA**
- A PS** Ubicazione profili Sismici a Rifrazione (onde P)
  - MASW** Ubicazione profili Sismici Masw
  - Dpm30** Ubicazione sondaggi DPM30



Basi cartografiche da Ortofoto-C.T.R. sit Puglia.

# ALLEGATO "PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (DPM030) 1-2"

---

PRO

GEO s.r.l.

di Alberto Quarto

GEOLOGIA E GEOFISICA

---

## PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Committente: Cantiere: Località:	
--	--

### Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPM (DL 030 SUNDA)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	18 Kg
Diametro punta conica	35,68 mm
Area di base punta	10 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2,4 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0,78
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

**PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE**  
**(DYNAMIC PROBING)**  
**DPSH – DPM (... scpt ecc.)**

**Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici**

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

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

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

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

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

---

## penetrometri in uso in Italia

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

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

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

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

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

## Correlazione con $N_{spt}$

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

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

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

in cui  $Q$  è l'energia specifica per colpo e  $Q_{spt}$  è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

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

## Valutazione resistenza dinamica alla punta $R_{pd}$

---

Formula Olandesi

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

R<sub>pd</sub> resistenza dinamica punta (area A).  
e infissione media per colpo (δ/ N).  
M peso massa battente (altezza caduta H).  
P peso totale aste e sistema battuta.

### Calcolo di (N<sub>1</sub>)<sub>60</sub>

(N<sub>1</sub>)<sub>60</sub> è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa/\sigma_{vo})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_S \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.  
C<sub>S</sub> parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).  
C<sub>d</sub> funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).  
C<sub>r</sub> parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

### Metodologia di Elaborazione.

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

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

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

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

In particolare consente di ottenere informazioni su:

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

### Valutazioni statistiche e correlazioni

---

## **Elaborazione Statistica**

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

### **Media**

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

### **Media minima**

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

### **Massimo**

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

### **Minimo**

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

### **Scarto quadratico medio**

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

### **Media deviata**

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

### **Media (+ s)**

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

### **Media (- s)**

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

### **Distribuzione normale R.C.**

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

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

dove  $\sigma_{N_{spt}}$  è la deviazione standard di  $N_{spt}$

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

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

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

dove n è il numero di letture.

## **Pressione ammissibile**

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

---

## Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

### *Liquefazione*

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

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

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

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

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

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

### *Angolo di Attrito*

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38° ).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da  $D_r$  %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.

- 
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
  - Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

#### ***Densità relativa (%)***

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

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

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

#### ***Modulo Edometrico***

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buisman-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

#### ***Stato di consistenza***

- Classificazione A.G.I. 1977

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

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

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

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

---

### ***Modulo di poisson***

- Classificazione A.G.I.

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

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

### ***Velocità onde di taglio $V_s$ (m/s)***

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

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

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

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

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

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

- Robertson (1983) -  $Q_c$

## **Correlazioni geotecniche terreni coesivi**

### ***Coesione non drenata***

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$  , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948).  $C_u$  (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività  $> 5$ , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche  $< 10$  colpi, per resistenze penetrometriche  $> 10$  l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , ( $C_u$ - $N_{spt}$ -grado di plasticità).

- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con  $N_c = 20$  e  $Q_c/N_{spt} = 2$ .
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

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

- Robertson (1983) -  $Q_c$

#### ***Modulo Edometrico-Confinato ( $M_o$ )***

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

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

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

#### ***Stato di consistenza***

- Classificazione A.G.I. 1977.

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

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

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

- Meyerhof ed altri.

Strumento utilizzato...  
Prova eseguita in data  
Profondità prova  
Falda non rilevata

DPM (DL 030 SUNDA)  
27/06/2022  
4,10 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,10	33	0,707	8,17	11,56	408,34	577,89
0,20	24	0,755	6,34	8,41	317,16	420,29
0,30	24	0,753	6,33	8,41	316,34	420,29
0,40	25	0,751	6,57	8,76	328,69	437,80
0,50	14	0,799	3,74	4,68	186,96	234,02
0,60	10	0,847	2,83	3,34	141,58	167,16
0,70	6	0,845	1,70	2,01	84,77	100,30
0,80	7	0,843	1,97	2,34	98,68	117,01
0,90	9	0,842	2,53	3,01	126,60	150,44
1,00	45	0,640	9,62	15,04	481,23	752,21
1,10	47	0,638	10,02	15,71	501,24	785,65
1,20	57	0,636	12,12	19,06	606,24	952,81
1,30	62	0,635	13,15	20,73	657,64	1036,39
1,40	46	0,633	9,73	15,38	486,63	768,93
1,50	25	0,731	5,85	7,99	292,28	399,73
1,60	19	0,780	4,74	6,08	236,82	303,79
1,70	21	0,728	4,89	6,72	244,42	335,77
1,80	23	0,726	5,34	7,35	267,11	367,75
1,90	19	0,775	4,71	6,08	235,36	303,79
2,00	25	0,723	5,78	7,99	289,08	399,73
2,10	22	0,722	5,08	7,04	253,85	351,76
2,20	21	0,720	4,84	6,72	241,80	335,77
2,30	25	0,719	5,75	7,99	287,25	399,73
2,40	24	0,717	5,50	7,67	275,20	383,74
2,50	22	0,716	4,83	6,74	241,26	337,10
2,60	26	0,714	5,69	7,97	284,55	398,40
2,70	24	0,713	5,24	7,35	262,14	367,75
2,80	25	0,711	5,45	7,66	272,53	383,07
2,90	19	0,760	4,43	5,82	221,27	291,13
3,00	18	0,759	4,19	5,52	209,25	275,81
3,10	25	0,707	5,42	7,66	270,96	383,07
3,20	20	0,756	4,63	6,13	231,68	306,46
3,30	18	0,755	4,16	5,52	208,15	275,81
3,40	15	0,753	3,46	4,60	173,16	229,84
3,50	17	0,752	3,76	5,00	188,08	250,07
3,60	18	0,751	3,98	5,30	198,82	264,78
3,70	32	0,650	6,12	9,41	305,80	470,72
3,80	45	0,598	7,92	13,24	396,12	661,95
3,90	49	0,597	8,61	14,42	430,46	720,79
4,00	55	0,596	9,64	16,18	482,21	809,05
4,10	62	0,595	10,85	18,24	542,52	912,02

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (KN/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
1,5	24,23	8,2	Incoerente	0	20,01	19,61	15,01	0,78	18,9	Terreno vegetale con crostone evaporitico
4,1	23,83	7,33	Incoerente - coesivo	0	20,5	22,56	56,66	0,78	18,59	sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolose

#### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

##### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolose	18,59	1,50-4,10	Schmertmann (1975)	127,58

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolose	18,59	1,50-4,10	Robertson (1983)	3,65

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolose	18,59	1,50-4,10	Stroud e Butler (1975)	8,36

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolose	18,59	1,50-4,10	Schultze	18,96

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Classificazione
-------------	------	--------------	--------------	-----------------

		(m)		
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolose	18,59	1,50-4,10	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> )
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolose	18,59	1,50-4,10	Meyerhof	20,50

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m <sup>3</sup> )
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolose	18,59	1,50-4,10	Meyerhof	22,56

#### Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolose	18,59	1,50-4,10	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	138,36

### TERRENI INCOERENTI I

#### Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Terreno vegetale con crostone evaporitico	18,9	0.00-1,50	18,9	Skempton 1986	49,56
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolose	18,59	1,50-4,10	18,59	Skempton 1986	49,08

#### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Terreno vegetale con crostone evaporitico	18,9	0.00-1,50	18,9	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION )	31,84
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolose	18,59	1,50-4,10	18,59	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION )	31,7

#### Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) Terreno vegetale	18,9	0.00-1,50	18,9	Schultze- Menzenbach	10,11

con crostone evaporitico				Sabbia limosa	
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolose	18,59	1,50-4,10	18,59	Schultze-Menzenbach Sabbia limosa	9,95

#### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) Terreno vegetale con crostone evaporitico	18,9	0.00-1,50	18,9	Buisman-Sanglerat (sabbie)	11,12
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolose	18,59	1,50-4,10	18,59	Buisman-Sanglerat (sabbie)	10,94

#### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Terreno vegetale con crostone evaporitico	18,9	0.00-1,50	18,9	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolose	18,59	1,50-4,10	18,59	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1) Terreno vegetale con crostone evaporitico	18,9	0.00-1,50	18,9	Meyerhof ed altri	19,32
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolose	18,59	1,50-4,10	18,59	Meyerhof ed altri	19,22

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1) Terreno vegetale con crostone evaporitico	18,9	0.00-1,50	18,9	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,32
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolose	18,59	1,50-4,10	18,59	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,32

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato (1) Terreno vegetale con crostone evaporitico	18,9	0.00-1,50	18,9	(A.G.I.)	0,32
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolose	18,59	1,50-4,10	18,59	(A.G.I.)	0,32

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) Terreno vegetale con crostone evaporitico	18,9	0.00-1,50	18,9	Ohsaki (Sabbie pulite)	101,00
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolose	18,59	1,50-4,10	18,59	Ohsaki (Sabbie pulite)	99,44

Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno vegetale con crostone evaporitico	18,9	0.00-1,50	18,9	Ohta & Goto (1978) Limi	107,61
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolose	18,59	1,50-4,10	18,59	Ohta & Goto (1978) Limi	138,36

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

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	$K_0$
Strato (1) Terreno vegetale con crostone evaporitico	18,9	0.00-1,50	18,9	Navfac 1971-1982	3,85
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolose	18,59	1,50-4,10	18,59	Navfac 1971-1982	3,80

$Q_c$  ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	$Q_c$ (Mpa)
Strato (1) Terreno vegetale con crostone evaporitico	18,9	0.00-1,50	18,9	Robertson 1983	3,71
Strato (2) sabbia debolmente limosa con	18,59	1,50-4,10	18,59	Robertson 1983	3,65

inclusioni ciottolose					
--------------------------	--	--	--	--	--

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DPM (DL 030 SUNDA)  
 Prova eseguita in data 27/06/2022  
 Profondità prova 4,50 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,10	12	0,857	3,60	4,20	180,01	210,14
0,20	24	0,755	6,34	8,41	317,16	420,29
0,30	20	0,803	5,62	7,00	281,13	350,24
0,40	19	0,801	5,33	6,65	266,44	332,73
0,50	17	0,799	4,54	5,68	227,02	284,17
0,60	20	0,797	5,33	6,69	266,45	334,32
0,70	10	0,845	2,83	3,34	141,28	167,16
0,80	17	0,793	4,51	5,68	225,44	284,17
0,90	40	0,642	8,58	13,37	428,95	668,64
1,00	49	0,640	10,48	16,38	524,01	819,08
1,10	40	0,638	8,53	13,37	426,59	668,64
1,20	65	0,636	13,83	21,73	691,32	1086,53
1,30	70	0,635	14,85	23,40	742,50	1170,11
1,40	48	0,633	10,16	16,05	507,79	802,36
1,50	27	0,731	6,31	8,63	315,66	431,71
1,60	21	0,730	4,90	6,72	244,96	335,77
1,70	22	0,728	5,12	7,04	256,06	351,76
1,80	27	0,726	6,27	8,63	313,56	431,71
1,90	22	0,725	5,10	7,04	254,94	351,76
2,00	20	0,773	4,95	6,40	247,25	319,78
2,10	23	0,722	5,31	7,35	265,38	367,75
2,20	24	0,720	5,53	7,67	276,34	383,74
2,30	26	0,719	5,97	8,31	298,74	415,72
2,40	23	0,717	5,27	7,35	263,73	367,75
2,50	19	0,766	4,46	5,82	222,92	291,13
2,60	17	0,764	3,98	5,21	199,08	260,49
2,70	15	0,763	3,51	4,60	175,33	229,84
2,80	19	0,761	4,43	5,82	221,68	291,13
2,90	15	0,760	3,49	4,60	174,69	229,84
3,00	21	0,709	4,56	6,44	228,04	321,78
3,10	22	0,707	4,77	6,74	238,44	337,10
3,20	19	0,756	4,40	5,82	220,10	291,13
3,30	13	0,755	3,01	3,98	150,33	199,20
3,40	18	0,753	4,16	5,52	207,80	275,81
3,50	17	0,752	3,76	5,00	188,08	250,07
3,60	37	0,651	7,09	10,89	354,25	544,27
3,70	31	0,650	5,92	9,12	296,24	456,01
3,80	37	0,648	7,06	10,89	352,91	544,27
3,90	39	0,597	6,85	11,47	342,61	573,69
4,00	42	0,596	7,36	12,36	368,23	617,82
4,10	45	0,595	7,88	13,24	393,76	661,95
4,20	49	0,594	8,56	14,42	427,93	720,79
4,30	55	0,593	9,59	16,18	479,41	809,05

4,40	65	0,591	11,31	19,12	565,50	956,15
4,50	80	0,590	13,36	22,63	667,98	1131,54

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (KN/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
1,6	26	8,73	Incoerente	0	19,12	19,32	15,3	0,78	20,28	terreno vegetale con crostone evaporitico
4,5	25,46	7,76	Incoerente - coesivo	0	20,59	22,65	60,45	0,78	19,86	sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolosi

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolosi	19,86	1,60-4,50	Schmertmann (1975)	136,31

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolosi	19,86	1,60-4,50	Robertson (1983)	3,90

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolosi	19,86	1,60-4,50	Stroud e Butler (1975)	8,94

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolosi	19,86	1,60-4,50	Schultze	20,40

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (2) sabbia debolmente	19,86	1,60-4,50	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

limosa con inclusioni ciottolosi				
----------------------------------	--	--	--	--

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> )
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolosi	19,86	1,60-4,50	Meyerhof	20,59

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m <sup>3</sup> )
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolosi	19,86	1,60-4,50	Meyerhof	22,65

#### Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolosi	19,86	1,60-4,50	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	142,28

### TERRENI INCOERENT I

#### Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) terreno vegetale con crostone evaporitico	20,28	0.00-1,60	20,28	Skempton 1986	51,65
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolosi	19,86	1,60-4,50	19,86	Skempton 1986	51,02

#### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) terreno vegetale con crostone evaporitico	20,28	0.00-1,60	20,28	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	32,44
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolosi	19,86	1,60-4,50	19,86	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	32,26

#### Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) terreno vegetale con crostone evaporitico	20,28	0.00-1,60	20,28	Schultze-Menzenbach Sabbia limosa	10,82
Strato (2)	19,86	1,60-4,50	19,86	Schultze-	10,61

sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolosi				Menzenbach Sabbia limosa	
--	--	--	--	--------------------------	--

#### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) terreno vegetale con crostone evaporitico	20,28	0.00-1,60	20,28	Buisman-Sanglerat (sabbie)	11,93
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolosi	19,86	1,60-4,50	19,86	Buisman-Sanglerat (sabbie)	11,69

#### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) terreno vegetale con crostone evaporitico	20,28	0.00-1,60	20,28	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolosi	19,86	1,60-4,50	19,86	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1) terreno vegetale con crostone evaporitico	20,28	0.00-1,60	20,28	Meyerhof ed altri	19,61
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolosi	19,86	1,60-4,50	19,86	Meyerhof ed altri	19,52

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1) terreno vegetale con crostone evaporitico	20,28	0.00-1,60	20,28	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,42
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolosi	19,86	1,60-4,50	19,86	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,42

#### Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
-------------	------	------------------	----------------------------------	--------------	---------

Strato (1) terreno vegetale con crostone evaporitico	20,28	0.00-1,60	20,28	(A.G.I.)	0,31
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolosi	19,86	1,60-4,50	19,86	(A.G.I.)	0,32

#### Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) terreno vegetale con crostone evaporitico	20,28	0.00-1,60	20,28	Ohsaki (Sabbie pulite)	107,91
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolosi	19,86	1,60-4,50	19,86	Ohsaki (Sabbie pulite)	105,81

#### Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreno vegetale con crostone evaporitico	20,28	0.00-1,60	20,28	Ohta & Goto (1978) Limi	110,29
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolosi	19,86	1,60-4,50	19,86	Ohta & Goto (1978) Limi	142,28

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

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	$K_0$
Strato (1) terreno vegetale con crostone evaporitico	20,28	0.00-1,60	20,28	Navfac 1971-1982	4,10
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolosi	19,86	1,60-4,50	19,86	Navfac 1971-1982	4,02

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (1) terreno vegetale con crostone evaporitico	20,28	0.00-1,60	20,28	Robertson 1983	3,98
Strato (2) sabbia debolmente limosa con inclusioni ciottolosi	19,86	1,60-4,50	19,86	Robertson 1983	3,90

---

## Indice

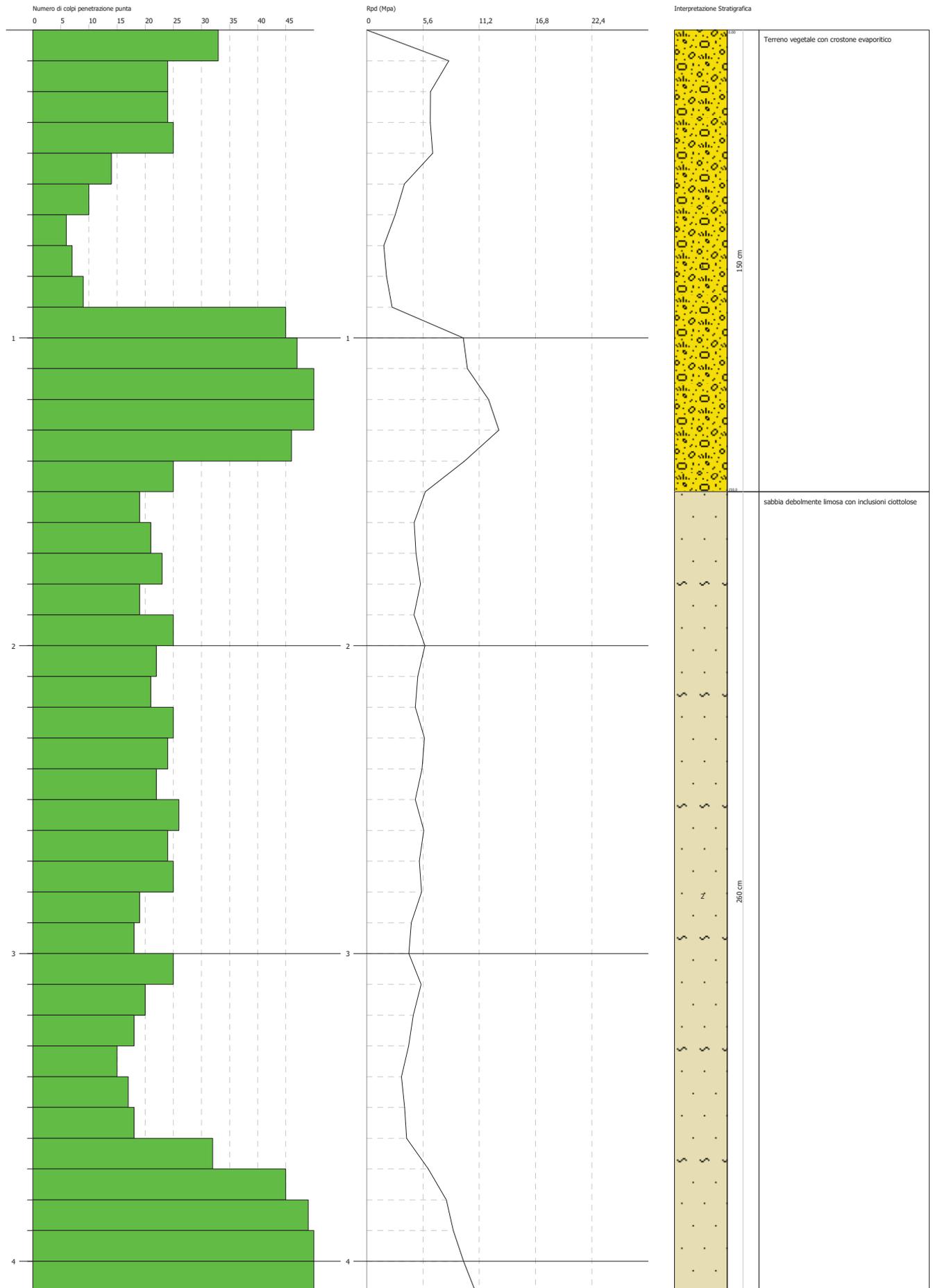
1.PROVA ... Nr.1	10
1.1.Coesione non drenata	11
1.2.Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)	11
1.3.Modulo Edometrico	11
1.4.Modulo di Young	12
1.5.Classificazione AGI	12
1.6.Peso unità di volume	12
1.7.Peso unità di volume saturo	12
1.8.Velocità onde di taglio	12
1.9.Densità relativa	12
1.10.Angolo di resistenza al taglio	12
1.11.Modulo di Young	13
1.12.Modulo Edometrico	13
1.13.Classificazione AGI	13
1.14.Peso unità di volume	13
1.15.Peso unità di volume saturo	14
1.16.Modulo di Poisson	14
1.17.Modulo di deformazione a taglio dinamico	14
1.18.Velocità onde di taglio	14
1.19.Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / P_0$	14
1.20.Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)	15
2.PROVA ... Nr.2	15
2.1.Coesione non drenata	16
2.2.Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)	16
2.3.Modulo Edometrico	16
2.4.Modulo di Young	17
2.5.Classificazione AGI	17
2.6.Peso unità di volume	17
2.7.Peso unità di volume saturo	17
2.8.Velocità onde di taglio	17
2.9.Densità relativa	17
2.10.Angolo di resistenza al taglio	18
2.11.Modulo di Young	18
2.12.Modulo Edometrico	18
2.13.Classificazione AGI	18
2.14.Peso unità di volume	18
2.15.Peso unità di volume saturo	19
2.16.Modulo di Poisson	19
2.17.Modulo di deformazione a taglio dinamico	19
2.18.Velocità onde di taglio	19
2.19.Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / P_0$	19
2.20.Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)	20
Indice	21

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1**  
**Strumento utilizzato... DPM (DL 030 SUNDA)**

Committente:  
 Cantiere:  
 Località:

Data: 27/06/2022

Scala 1:17

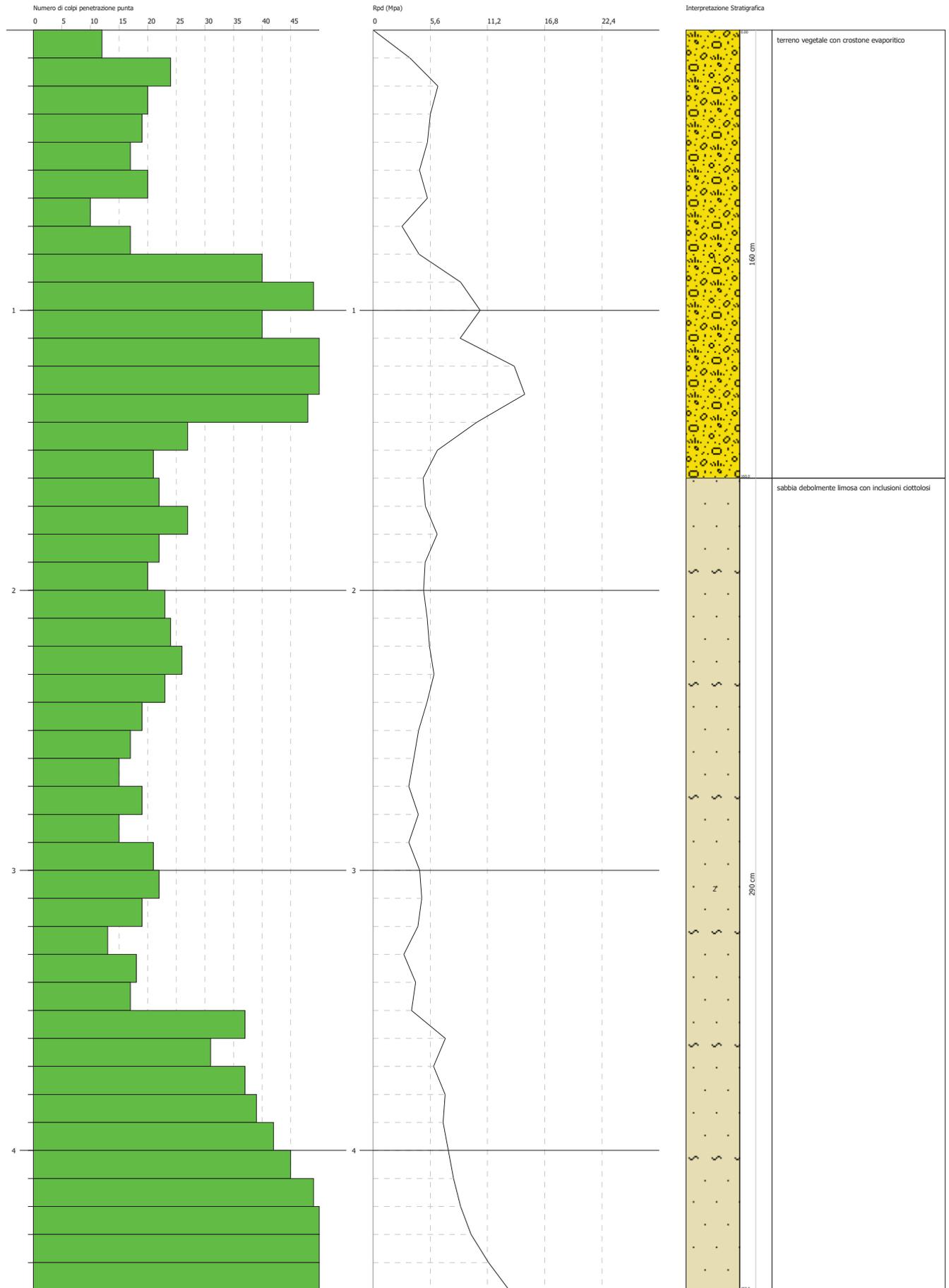


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2**  
**Strumento utilizzato... DPM (DL 030 SUNDA)**

Committente:  
 Cantiere:  
 Località:

Data: 27/06/2022

Scala 1:19



## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA MISURE DPM30



## ALLEGATO "PROFILO SISMICO "

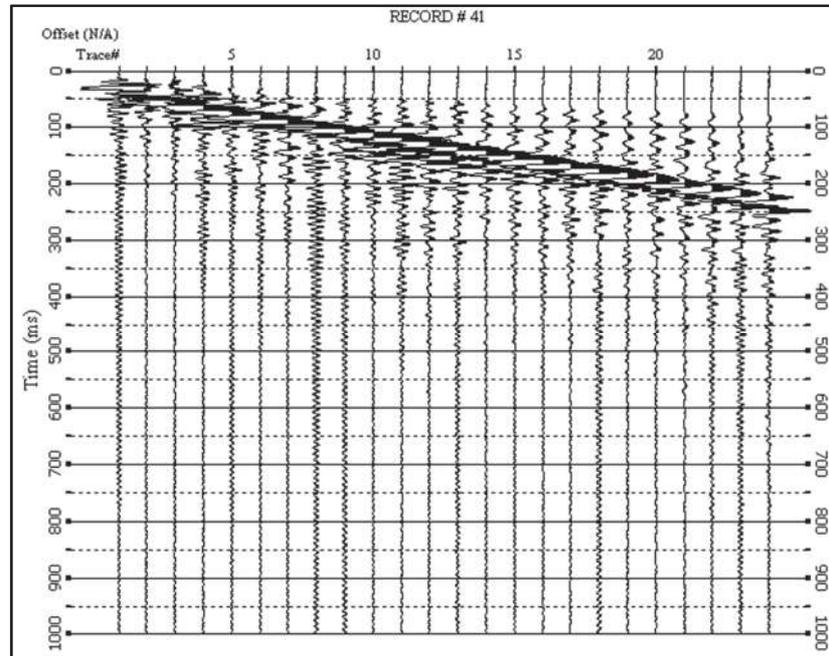
- 
- *Sismogrammi analisi Masw offset 4 m (metodo attivo)*
  - *Analisi Masw offset 4 m (metodo attivo)*
  - *Sismogrammi sismica a rifrazione onde P*
  - *Dromocrone onde P*
  - *Tomografia sismica ed interpretazione sismostratigrafica*
  - *Documentazione fotografica*
- 

**PRO**

di Alberto Quarto

**GEO** s.a.s.

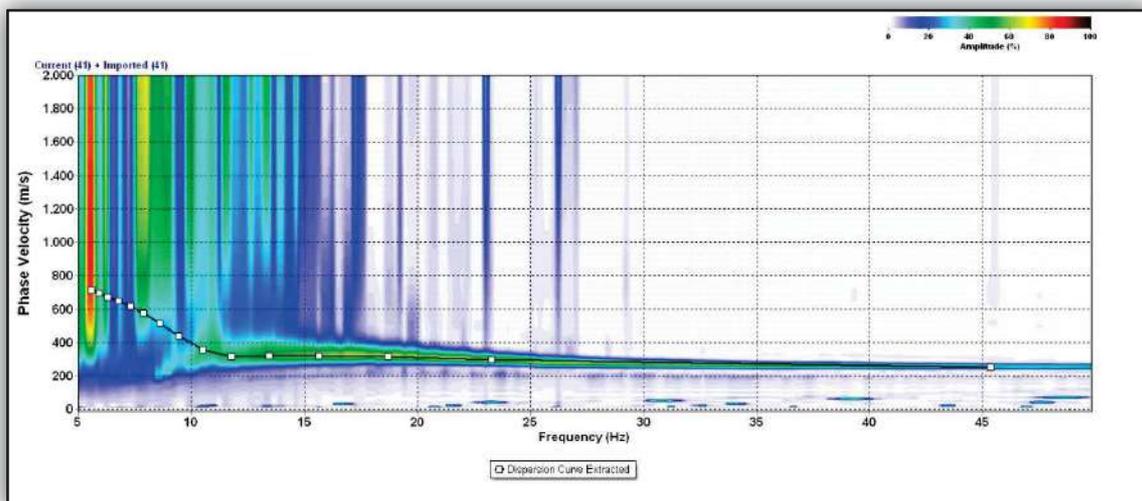
## SISMOGRAMMI ANALISI MASW



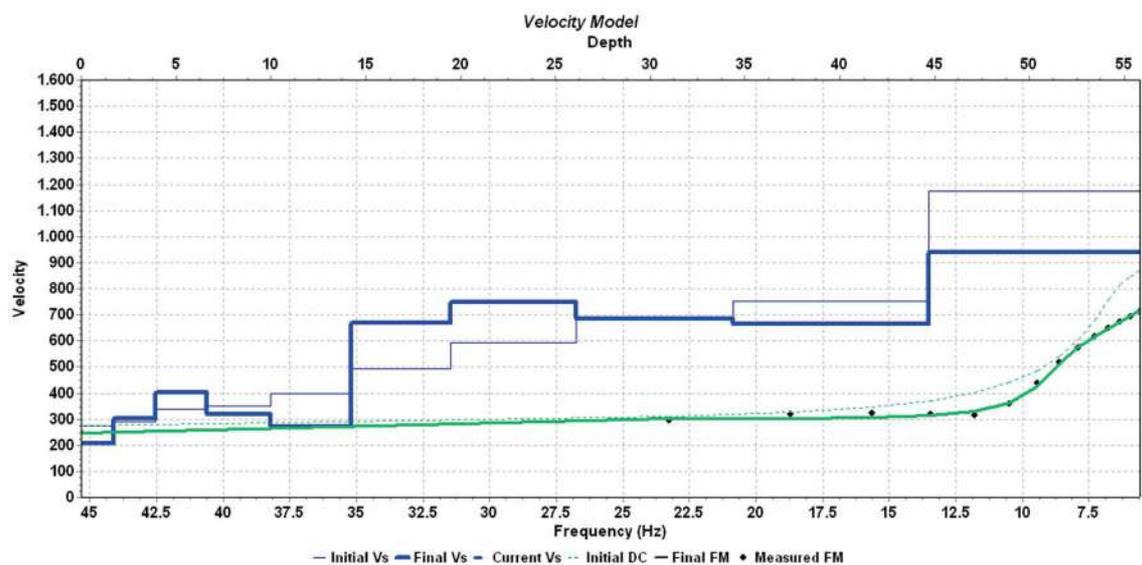
Sismogramma analisi Masw METODO ATTIVO – offset 4 m

# ANALISI MASW – offset 4 m

## Spettro nel dominio velocità di fase/frequenza



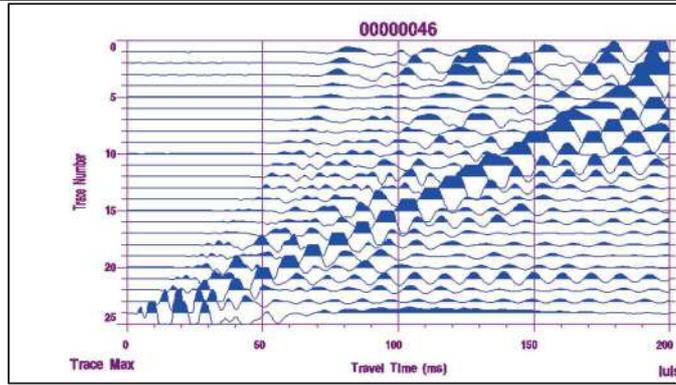
## Modello di velocità ( $V_s$ ) in funzione della profondità e della frequenza



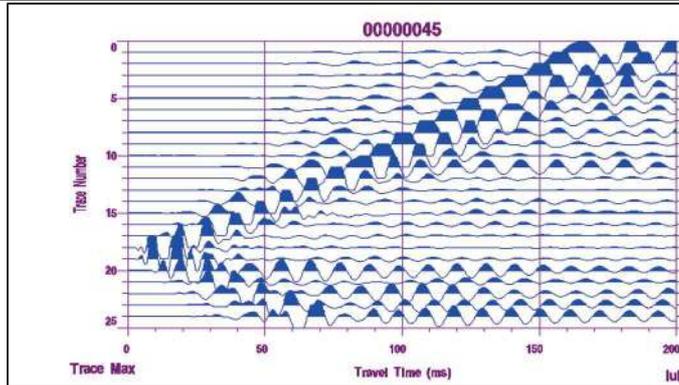
**$V_{s,eq}$ : 423 m/s**  
**Categoria di sottosuolo B**  
**(NTC 2018)**

# SISMOGRAMMI SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE LONGITUDINALI

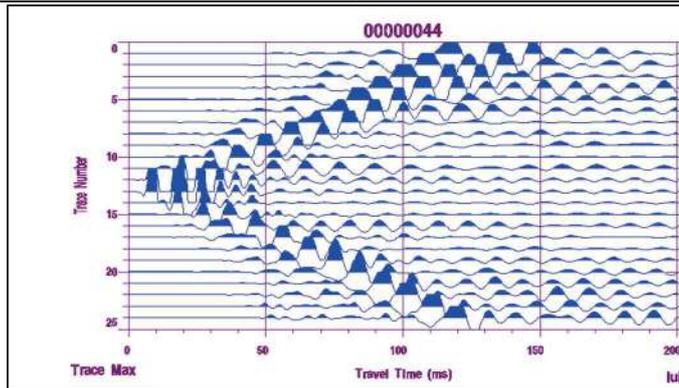
Punto sorgente "A"



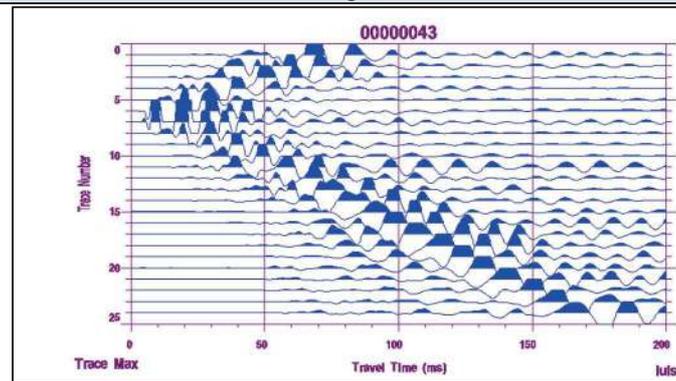
Punto sorgente "C"



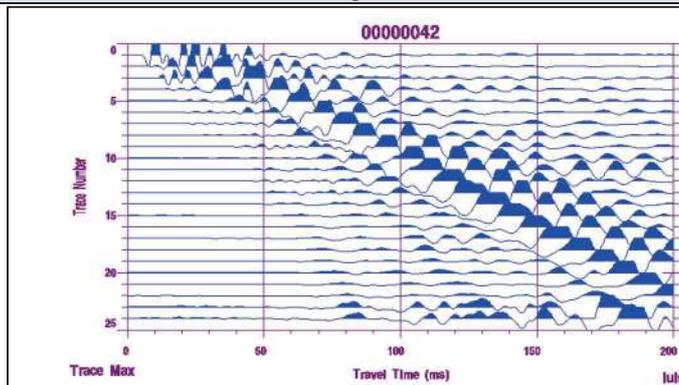
Punto sorgente "E"



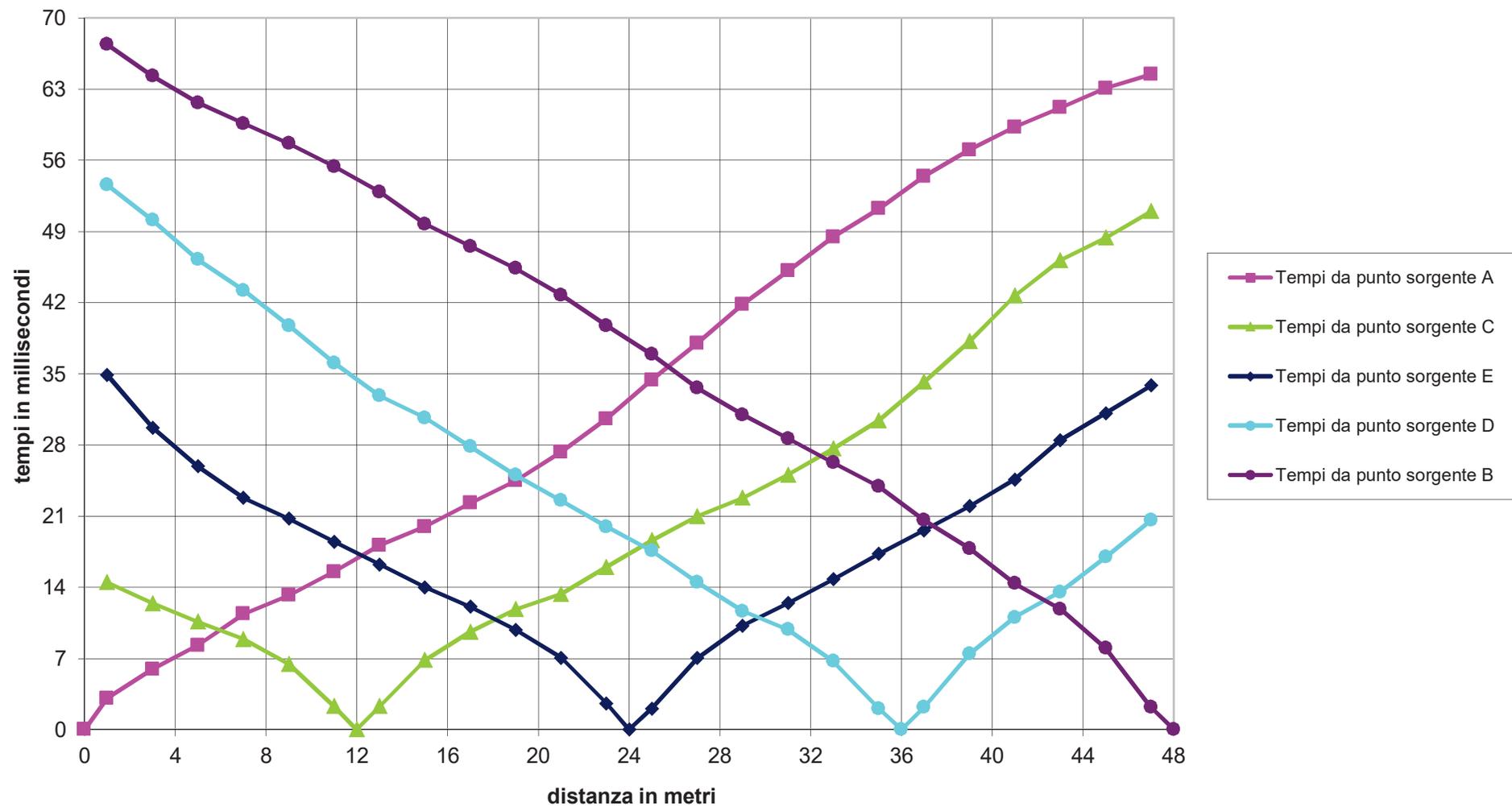
Punto sorgente "D"



Punto sorgente "B"



## Dromocrone profilo sismico - ONDE LONGITUDINALI





# DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PROFILO SISMICO

## INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE LONGITUDINALI (ONDE P e MASW)



Acquisizione misure geofisiche



Energizzazioni con mazza battente onde longitudinali (Onde P e MASW)



Energizzazioni con mazza battente onde longitudinali (Onde P e MASW)