

Committente

X-ELIO ⊕

X-Elio Italia 5 S.r.l.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA

Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726

Partita IVA n° 15361461005

Progettista



Viale Jonio 95 - 00141 Roma - info@architetturasostenibile.com

PROGETTO SSE "GINOSA 150" e SE Utente

*Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaico
di potenza pari a 68,475 MWp e relative opere di connessione alla RTN*

Località

REGIONE PUGLIA - COMUNE DI GINOSA (TA)

Titolo

Indagini geognostiche località "Mandorleto Rita"

Data: 21 aprile 2020

Revisione

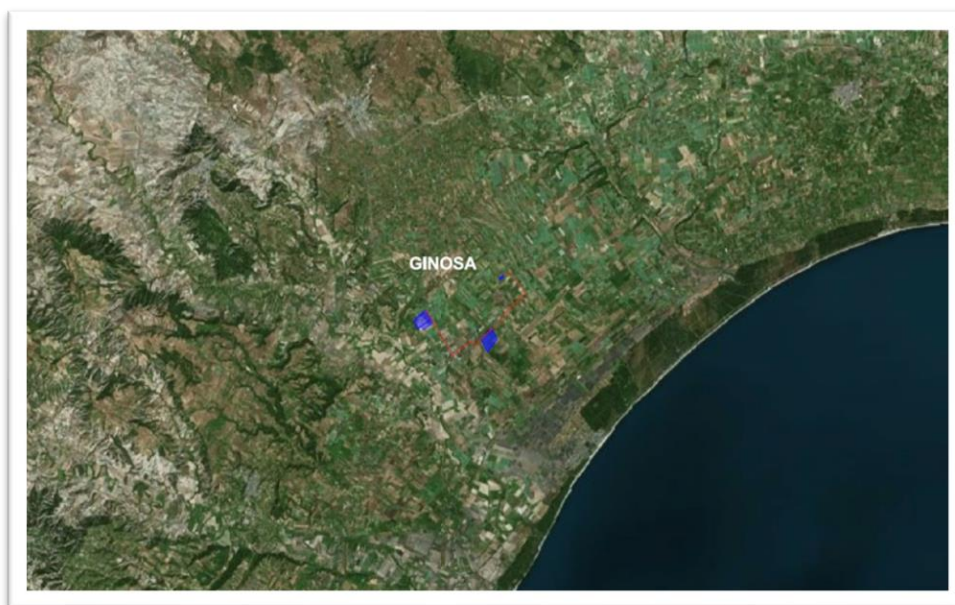


Sommario

- Premessa.....	3
- Descrizione del progetto.....	3
- Piano indagini.....	4
- Indagine sismica.....	6
- Parametri geotecnici.....	15
- Conclusioni.....	16

Premessa

Il progetto in esame ha per oggetto la realizzazione di una centrale di produzione elettrica da fonte solare denominata “Ginosa”, ad inseguimento monoassiale, con asse inclinato con rotazione assiale ed azimuth fisso, che alloggeranno 155.624 moduli fotovoltaici da 440 W, con potenza complessiva di 68.474,56 kWp, collegati a 35 inverter con $P_{nom} = 1,64$ MW ciascuno, con potenza nominale dell’impianto $P_n = 1,64 * 35 = 57,4$ MW.



Corografia delle tre aree d’intervento

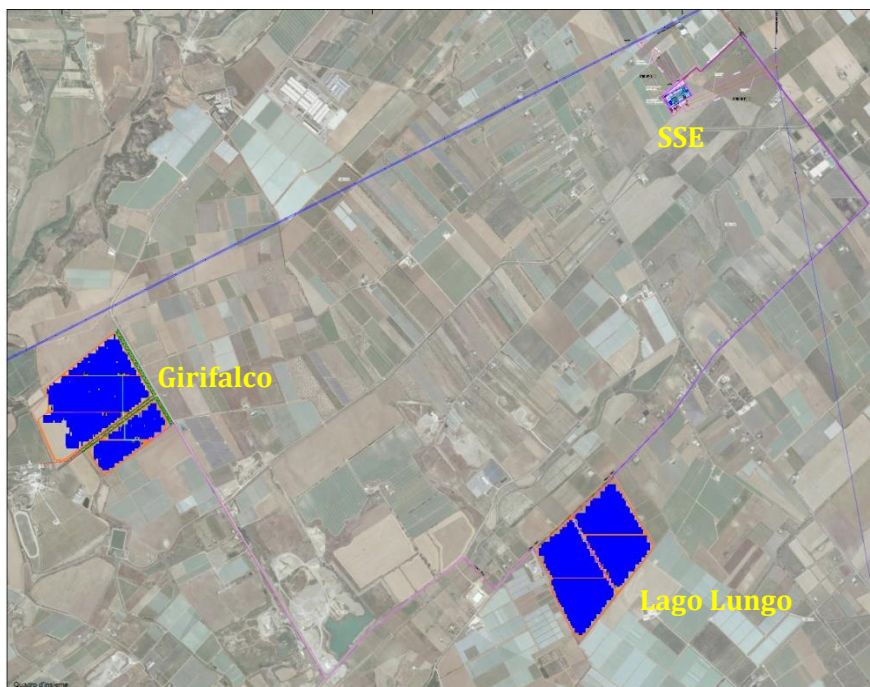
Questi dati potrebbero subire delle leggerissime variazioni in fase esecutiva in base ai modelli di pannelli ed inverter che si troveranno in commercio al momento della costruzione. La potenza nominale finale dell’impianto sarà comunque uguale o al massimo inferiore a 68,475 MW. Per la connessione alla RTN il progetto prevede la realizzazione di una Stazione di Trasformazione Elettrica Utente denominata “Xelio 5”, con Potenza di 57,4 MW, da collegare in antenna alla futura Stazione di Smistamento Elettrica di Terna S.p.A. a 150 kV denominata "Ginosa 150 RTN". La Sotto Stazione Utente sarà ubicata tra la strada provinciale n.9 e la strada provinciale n.10, nel comune di Ginosa, in provincia di Taranto ed alloggerà lo stallo di connessione a TERNA, alla tensione di 150 kV, i dispositivi di protezione e manovra in aria in alta tensione, compreso sistema di sbarre a 150 kV, un trasformatore da 70 MVA 150/30 kV, la cabina MT di arrivo dei cavi in media tensione provenienti dai due campi fotovoltaici, il locale di controllo e supervisione della SSE “Xelio 5” e della centrale fotovoltaica.

X-ELIO ITALIA 5 S.R.L

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06. 8551726
Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 15361461005 REA RM- 1585250
Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

Descrizione del progetto

La centrale di produzione fotovoltaica sarà suddivisa in tre aree con due sottocampi fotovoltaici, denominati “Campo Nord” e “ Campo Sud”, con potenza massima in immissione di 57,4 MW, posti rispettivamente a circa 2,5 km (campo“Sud”) e a circa 3,9 km (campo “Nord”) in linea d’aria dalla sottostazione elettrica di Utente, con lunghezza delle linee di collegamento MT rispettivamente di 5,1 e 9,6 km.



Il Terreno della sottostazione, è stato scelto tra i terreni migliori dal punto di vista vincolistico tra quelli nei dintorni del punto di connessione assegnato da Terna nel preventivo di connessione (STMG) dell’impianto in oggetto. Inoltre, si sono scelti terreni con culture non di pregio.

SSE – Mandorleto Rita		
WGS84 UTM	X:	Y:
33N	655627.40119	4484842.4207
WGS84 UTM	X:	Y:
32N	1164352.06431	4512828.83003
Gauss Boaga	X:	Y:
Est	2675634.45703	4484919.98086
lat/lon WGS84	X: 16.8366	Y: 40.49971

X-ELIO ITALIA 5 S.R.L

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06. 8551726
 Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 15361461005 REA RM- 1585250
 Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.



Particelle catastali della Sottostazione Fg 119

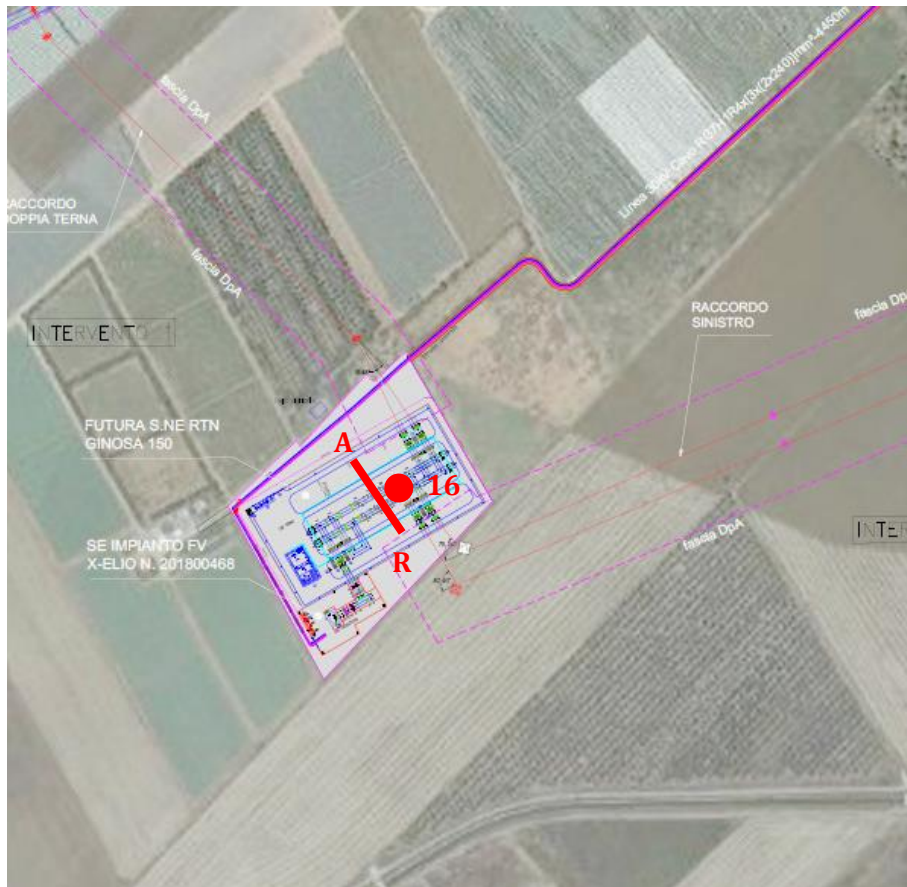
PIANO INDAGINI GEOGNOSTICHE

L'indagine geognostica ha previsto l'esecuzione di indagini dirette e indirette di tipo geofisico:

- n° 1 pozzetto di prova: si tratta di scavi eseguiti nel terreno per studiare la composizione e struttura del sottosuolo. Ogni pozzetto, eseguito con pala meccanica, presenta una profondità di 3,5 m e una larghezza di 2 m circa;
- n° 1 prospezioni sismiche a rifrazione con acquisizione dei sismogrammi Onde P con sistema di energizzazione del tipo a massa battente con n° 3 shot;
- n° 1 indagine sismica MASW.

X-ELIO ITALIA 5 S.R.L

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06. 8551726
Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 15361461005 REA RM- 1585250
Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.



- 1 ● Pozzetti
- A — R Sismica
- Ubicazione indagini

Pozzetto di prova

Nel sito in località Mandorleto Rita è stato eseguito, con pala meccanica, n° 1 pozzetto di prova, riportato col n°16, delle dimensioni 2,00x4,00x3,50 m circa.

L'analisi litostratigrafica, eseguita in corrispondenza dello scavo, ha permesso di verificare la natura sabbiosa debolmente limoso-argillosa con presenza di ciottoli del sottosuolo; il colore è marrone.

X-ELIO ITALIA 5 S.R.L

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06. 8551726
 Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 15361461005 REA RM- 1585250
 Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

Spessore (m)	litologia
0,00-1,30	Terreno agrario sabbioso
1,30-2,30	Sabbia limosa



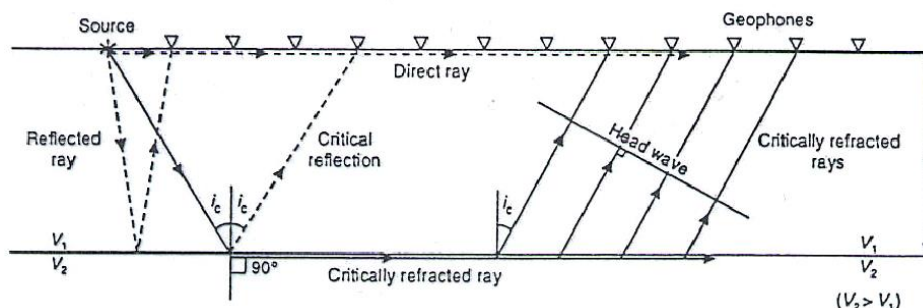
INDAGINE SISMICA

Sismica a rifrazione

Cenni metodologici

La tecnica della sismica a rifrazione permette di determinare le velocità di propagazione delle onde longitudinale o primarie P. É basata sulla bifrazione delle onde elastiche a seguito del formarsi di un fronte d'onda conico, che consente, attraverso l'acquisizione e l'elaborazione di dati, la costruzione d'immagini bidimensionali (o tridimensionali) della variazione della velocità sismica.

Dati ad esempio 2 terreni, a velocità v_1 e v_2 , con la sorgente posta nel mezzo 1 (solitamente sulle superficie del suolo) ed uno stendimento di geofoni disposti lungo il profilo, condizione necessaria è quindi che la velocità delle onde nel mezzo 2 sia maggiore rispetto al mezzo 1.



X-ELIO ITALIA 5 S.R.L

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06. 8551726

Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 15361461005 REA RM- 1585250

Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

Ad ogni geofono arriveranno le onde generate dalla sorgente: onde dirette, onde riflesse e onde coniche o bifratte (head wave). Quelle analizzate sono quest'ultime, ovvero quelle che giungono sulla superficie di separazione (p.c.) con un angolo d'incidenza critico (secondo la legge di Snell) e che quindi vengono rifratte con un angolo di 90°, propagandosi parallelamente alla superficie rifrangente e venendo nuovamente rifratte verso la superficie con lo stesso angolo d'incidenza.

Con questa tecnica si riesce ad avere, pertanto, una visione seppur qualitativa della stratigrafia del terreno investigato, in termini di variazioni di "densità" dello stesso, essendo questo parametro direttamente legato alla velocità sismica. Il confronto matematico tra i vari tempi permette di suddividere lo spazio compreso tra le due serie di punti in porzioni, o "celle elementari" (quadrate per le sezioni bidimensionali come quelle in esame, o cubiche per sezioni tridimensionali) caratterizzate ognuna da un proprio valore di velocità sismica.

L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di velocità delle onde P e S è articolata nelle seguenti fasi:

- individuazione dei primi arrivi attraverso l'osservazione dei sismogrammi e l'operazione di picking, previa elaborazione dei segnali ed operazione di filtraggio anche consecutivo con diverse tipologie di filtro digitale;
- ricostruzione delle dromocrone (grafico distanza-tempo) e scelta del modello di sottosuolo da utilizzare nell'interpretazione;
- elaborazione dei dati.

Modalità esecutive

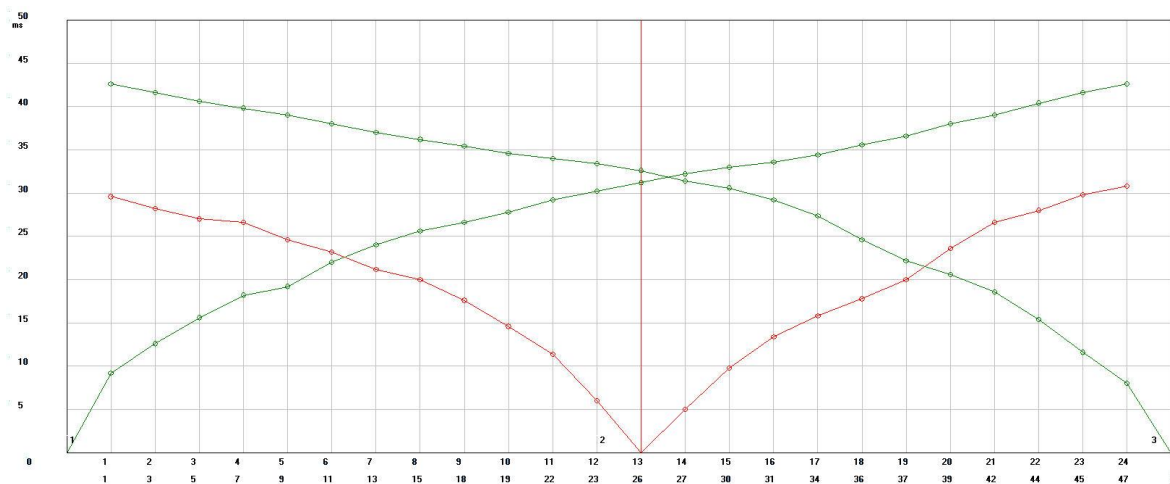
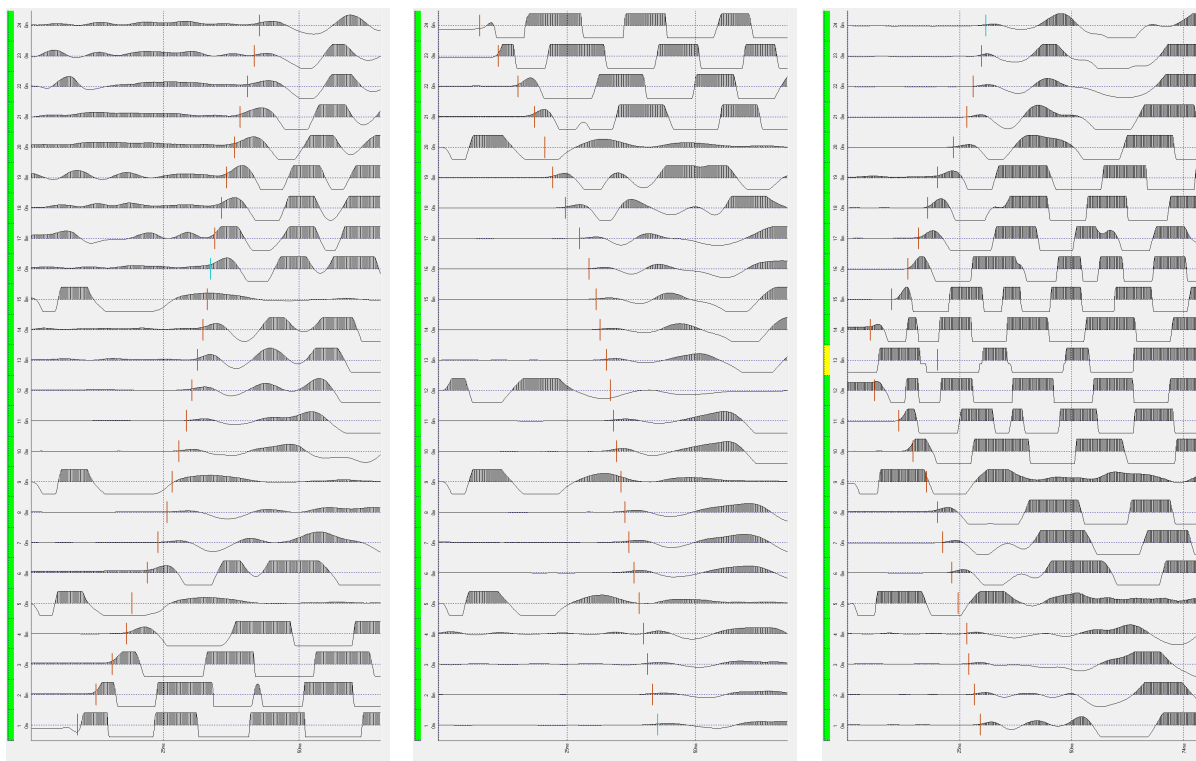
Nel caso in oggetto, l'indagine è stata realizzata con uno stendimento singolo da 46 metri, lungo il quale sono stati disposti e collegati in serie 24 geofoni con frequenza di 4.5 Hz e distanza intergeofonica di 2 m. Sono stati realizzati n° 3 shots, mediante l'utilizzo di una massa battente del peso di 8 kg circa e l'energizzazione è avvenuta secondo il seguente modo:

- 2 shots esterni allo stendimento (0 m e 50 m);
- 1 shot centrale, in corrispondenza del 12° geofono (26 m);

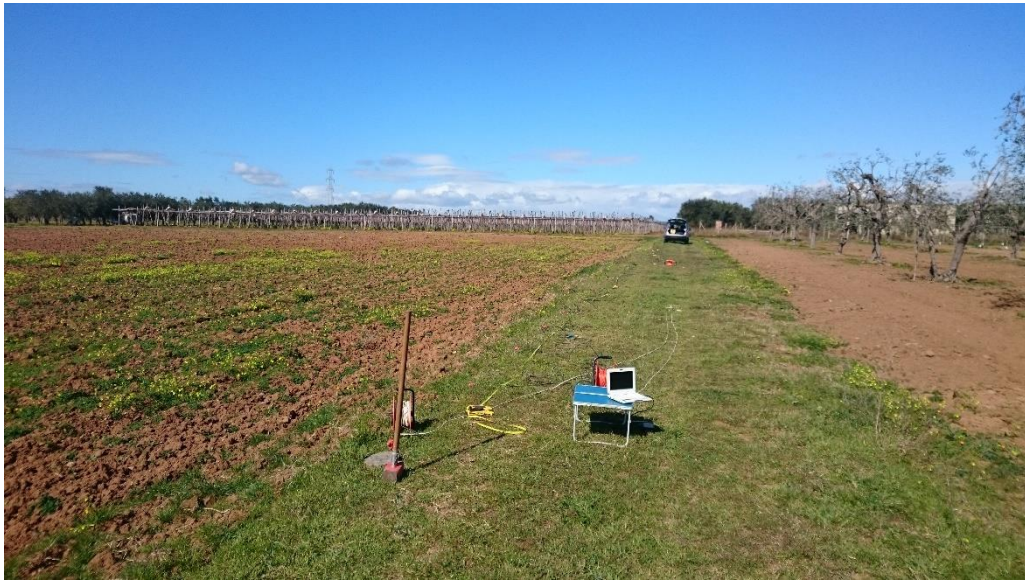
La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo DoReMi della "SARA e.i." a 16 bit; il processing dei dati è stato eseguito con il programma Winsism.

X-ELIO ITALIA 5 S.R.L

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06. 8551726
Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 15361461005 REA RM- 1585250
Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

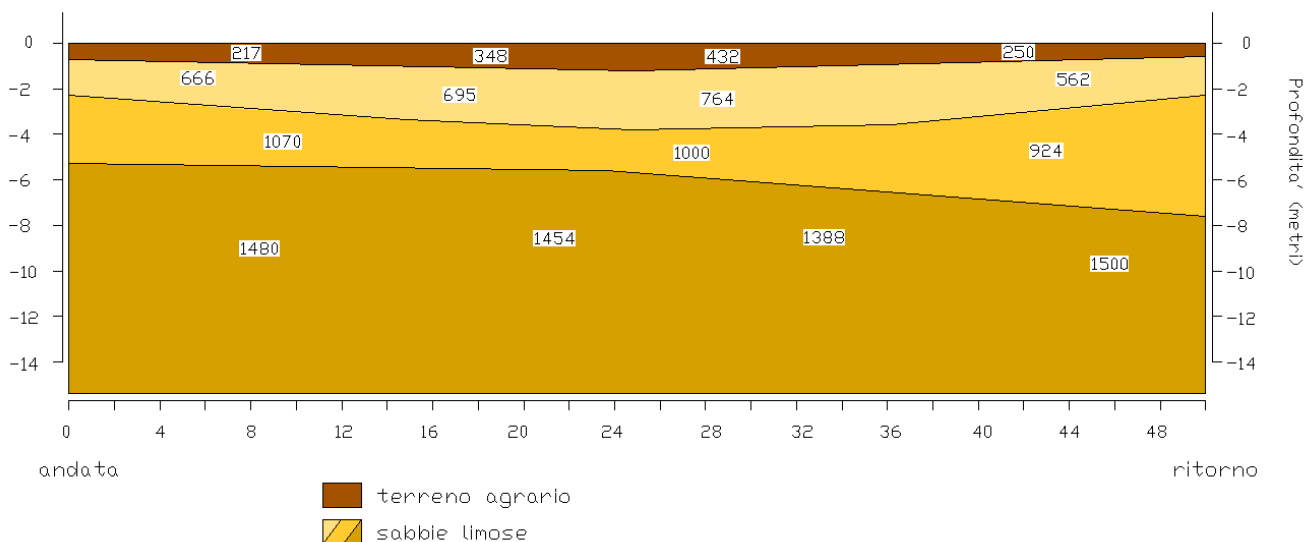


Sismogrammi e dromocrona



Risultati dell'indagine sismica

- Copertura - presenta uno spessore compreso di circa 0.7 m ed una velocità media delle onde P pari a 300 m/s ed è correlabile col terreno vegetale;
-
- I-II-III orizzonte – caratterizzato da una velocità delle onde P in aumento con la profondità; passa da 600-700 m/s sino a 2-4 m di profondità a 900-1000 m/s, sino a 7-8 m, a 1400-1500 m/s nell'orizzonte ultimo; è correlabile con sabbie e sabbie limose con grado di compattezza da medio a buono.



Interpretazione sismo-stratigrafica (Vp)

X-ELIO ITALIA 5 S.R.L
 Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06. 8551726
 Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 15361461005 REA RM- 1585250
 Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

PROVA "MASW"

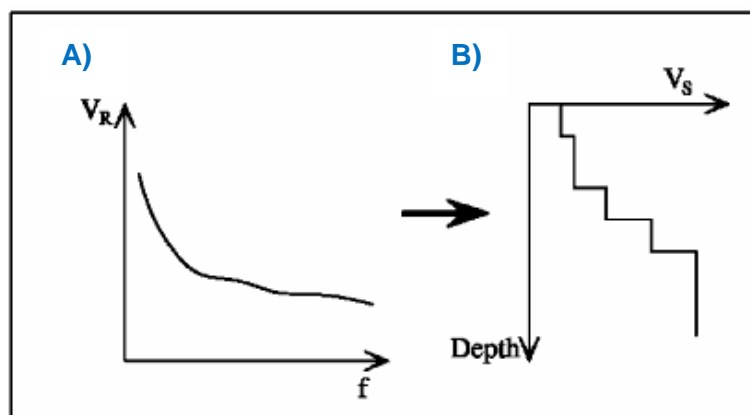
Cenni metodologici

Il metodo "MASW" è una tecnica d'indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), 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 (accelerometri o 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.



La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_s , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati. Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione.



A) Velocità delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza; B) profilo di velocità delle onde di taglio in funzione della profondità (a destra) ricavato tramite processo d'inversione.

X-ELIO ITALIA 5 S.R.L

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06. 8551726

Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 15361461005 REA RM- 1585250

Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede 3 passi fondamentali:

1. calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale;
2. calcolo della velocità di fase apparente numerica;
3. individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p (o in maniera alternativa alle velocità V_p è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati con procedura manuale o con procedura automatica o con una combinazione delle due. Generalmente si assegnano il numero di strati del modello, il coefficiente di Poisson, la densità di massa e si variano lo spessore h e la velocità V_s degli strati.

Nella procedura manuale l'utente assegna per tentativi diversi valori delle velocità V_s e degli spessori h , cercando di avvicinare la curva di dispersione numerica alla curva di dispersione sperimentale. Nella procedura automatica, invece, la ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad un algoritmo di ricerca globale o locale che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica. In genere quando l'errore relativo, tra curva sperimentale e curva numerica è compresa tra il 5% e il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio V_s e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresentano una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

Modalità esecutive

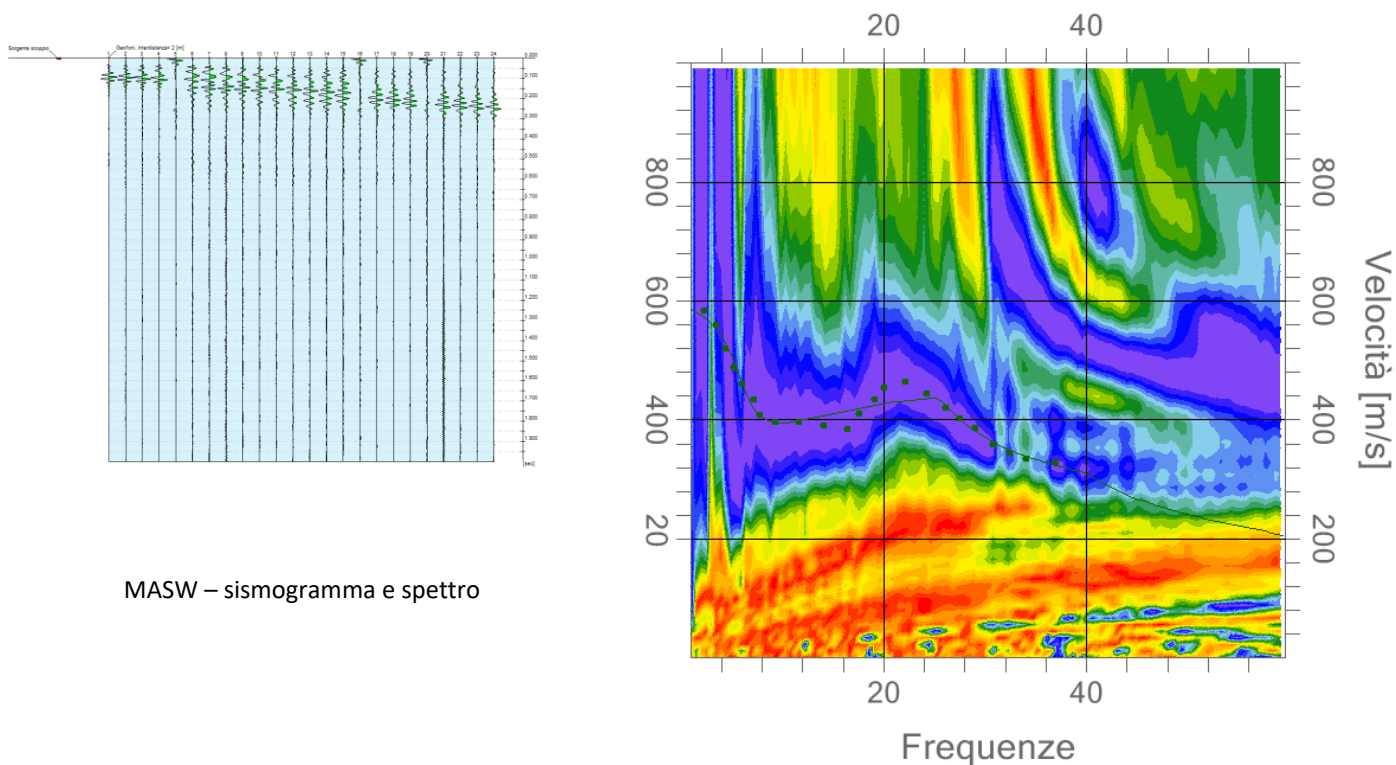
La modalità d'esecuzione è la stessa utilizzata per la sismica a rifrazione: uno stendimento singolo di lunghezza di 46 metri, lungo il quale sono stati disposti alternativamente e collegati in serie 24 geofoni con frequenza di 4.5 Hz e distanza intergeofonica di 2 m. Gli shots realizzati, mediante l'utilizzo di una massa battente del peso di 8 kg circa sono stati disposti nel secondo seguente modo:

- 2 shot esterni allo stendimento (-15 m e 65 m);

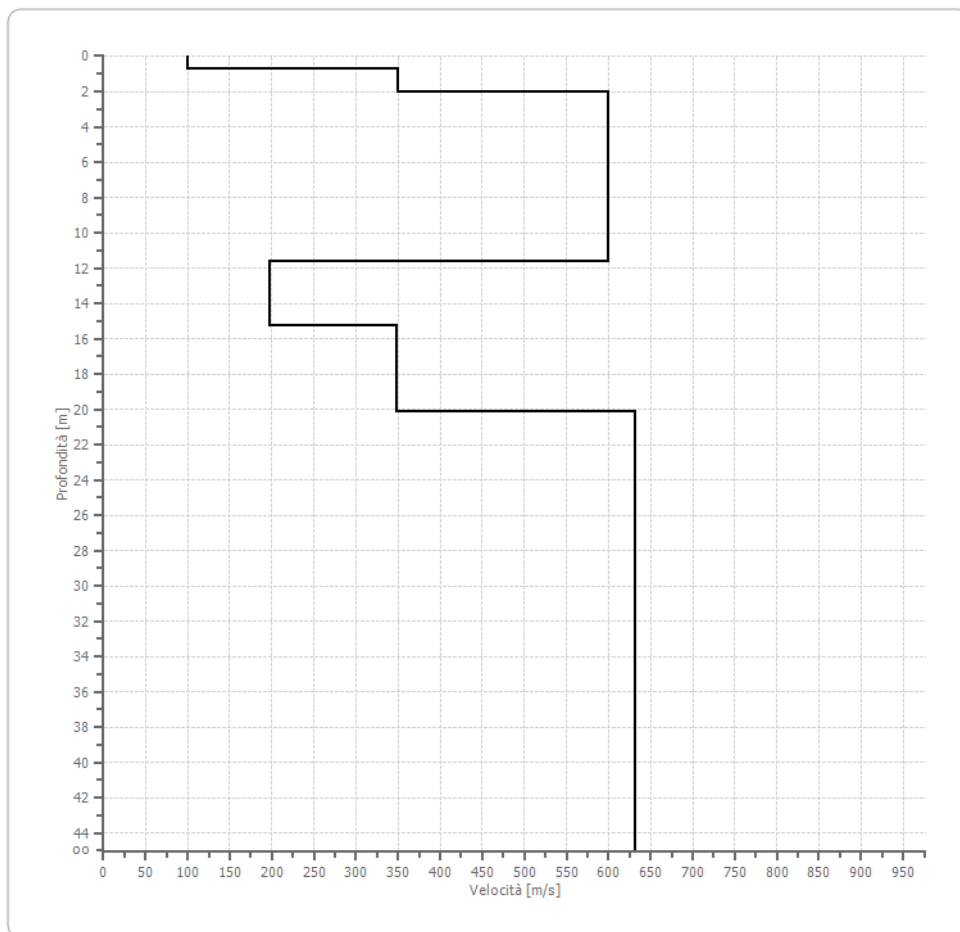
La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo DoReMi della "SARA e.i." a 16 bit.

X-ELIO ITALIA 5 S.R.L

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06. 8551726
Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 15361461005 REA RM- 1585250
Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.



MASW – sismogramma e spettro



MASW – profilo di velocità (Vs)

Elaborazione e analisi dei risultati

L'elaborazione, eseguita con il software della GeoStru "Easy Masw", ha consentito di determinare un profilo di velocità delle onde "S" fino ad oltre 30 m dal p.c.. La velocità delle onde di taglio, essendo legata alle caratteristiche dello scheletro del materiale, costituisce un parametro di grande rilevanza per la definizione delle caratteristiche geomeccaniche dei materiali. Risulta evidente che a velocità elevate corrispondono materiali con buone caratteristiche geomeccaniche, viceversa a bassi valori corrispondono materiali con scadenti caratteristiche geotecniche.

Parametri geofisici

- **Ed** (modulo di Young dinamico) - Brown e Roberthshaw

$$E_{din} = 0,0102 \cdot \gamma \cdot V_p^2 \cdot \frac{(1 + \mu)(1 - 2\mu)}{(1 - \mu)}$$

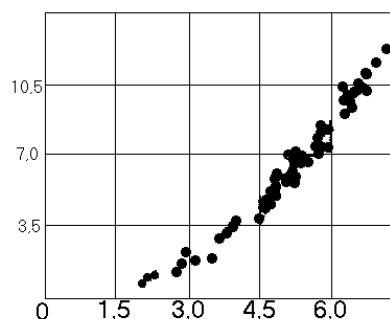
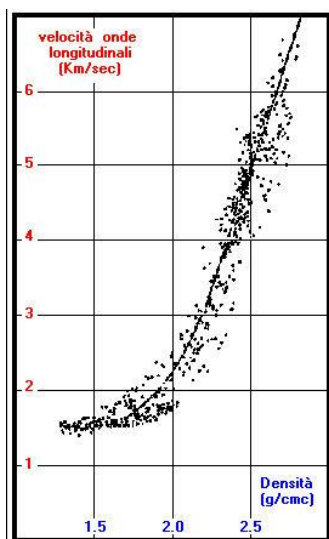
- **G** (modulo di taglio) - Ohta & Goto $G = Ed / 2 \cdot (1 + \mu)$

- **γ** (densità geofisica del terreno) $\gamma_{din} = 0,51 \cdot V_p^{0.19}$

- **R** (rigidità sismica) $R = V_s \cdot \gamma$

- **μ** (densità geofisica del terreno)

$$\mu = \frac{0,5 \left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1}{\left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2}$$



Correlazione tra V_p/γ (Nate- Drake) e V_p/Ed (Brown e Roberthshaw)

X-ELIO ITALIA 5 S.R.L

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06. 8551726
 Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 15361461005 REA RM- 1585250
 Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

Valori caratteristici dei parametri sismici					
Parametri sismici		I orizzonte	II orizzonte	III orizzonte	III orizzonte
velocità onde P	m/s	272	618	958	1424
velocità onde S	m/s	82	289	460	684
modulo di Poisson μ	-	0.45	0.36	0.35	0.35
densità geofisica γ	g/cm ³	1.48	1.73	1.88	2.03
modulo di taglio G	MPa	10	144	398	949
mod. dinamico Young Ed	MPa	29	393	1074	2562
rigidità sismica R	t/cm ² s	121	500	865	1386

Categoria di sottosuolo

In assenza di un'analisi specifica sulla valutazione della risposta sismica locale, per definire l'azione sismica si può far riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II).

La classificazione della categoria di sottosuolo si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{S,eq}$ di propagazione delle onde di taglio.

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.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Per il calcolo del V_{seq} , è stata eseguita una indagine MASW lungo la base sismica S1. Tramite questa prova si misurano le velocità sismiche delle onde superficiali a diverse frequenze. La variazione di velocità a diverse frequenze (dispersione) è imputabile prevalentemente alla stratificazione delle velocità delle onde S i cui valori sono ricavabili da una procedura di inversione numerica.

L'indagine ha fornito un valore medio del V_{seq} , a partire dal 0.70 m di profondità, pari a 434 m/sec ma, vista la presenza di inversioni di velocità, manca il parametro del miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, per cui il terreno di fondazione rientra nella categoria di suolo di fondazione "C".

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>

PARAMETRI GEOTECNICI

In corrispondenza dei siti in località “Girifalco” e “Lago Lungo” (vedi relazioni allegate) oltre alla realizzazione dei pozzetti d’ispezione e delle indagini sismiche a rifrazione e MASW, sono state eseguite una serie di prove di laboratorio su campioni prelevati in posto.

Dato che i tre siti indagati sono caratterizzati da terreni della medesima litologia e struttura, in base ai risultati geofisici ottenuti, è possibile attribuire anche ai terreni siti in località “Mandorleto Rita” una serie di parametri geotecnici.

Sond	Campione	Profondità (m)	W (%)	γ_n (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	γ_s (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	e	n (%)	Sr (%)	Argilla (%)	Limo (%)	Sabbia (%)	Ghiaia (%)
0	1	1-1.5	6.3	17.55	16.51	26.21	20.14	0.59	37.03	28.69	14.35	18.66	65.91	1.08

LL (%)	LP (%)	IP (%)	IC	IL	TG CD			Edometrica			σ (kN/m ²)	Cu (kN/m ²)	Classif. USCS	Classif. UNI 11531-1
					c (kN/m ²)	φ_p °	φ_r °	P (KPa)	Me (MN/m ²)	Cv (mm ² /s)				
18.5	9.9	8.6	1.419	-0.419	8.4	30.6	n.r.	200	5.35	3.40E-01	358.1	179.0	CL	A2-4

X-ELIO ITALIA 5 S.R.L

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 – Fax +39 06. 8551726
Partita IVA e Iscrizione Registro Imprese di Roma n° 15361461005 REA RM- 1585250
Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

W = Umidità naturale	Sr = grado di saturazione	IR = indice di ritiro
γ_n = peso di volume naturale	LL = limite liquido	C = coesione
γ_d = peso di volume secco	LP = limite plastico	Φ_p^* = angolo di attrito picco
γ_s = peso specifico	IP = indice plastico	Φ_r^* = angolo di attrito residuo
γ_{sat} = peso di volume saturo	IC = indice consistenza	P = pressione sul provino
e = indice dei vuoti	IL indice di liquidità	Me = Modulo edometrico
n = porosità	LR = limite di ritiro	Cv = coeff. di consolidazione
σ = resistenza a rottura	Cu = coesione non drenata	Φ_{ptot}^* = angolo di attrito p. totali
n.d. = non determinabili	n.r. = non richiesti	

CONCLUSIONI

A conclusione dell'indagine geognostica eseguito nell'area in località "Mandorleto Rita", è possibile esprimere le seguenti considerazioni:

- Il sottosuolo è caratterizzato da terreno sabbioso con intercalazioni limose e ghiaiose;
- Le indagini eseguite non hanno intercettato falde idriche sospese;
- L'indagine sismica MASW ha classificato il sottosuolo in categoria "C";