

Committente



X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA

Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726

Partita IVA n° 15361381005



Progettista:



AS S.r.l.: Viale Jonio 95 - 00141 Roma - [info@architetturasostenibile.com](mailto:info@architetturasostenibile.com)

## PROGETTO AGRIVOLTAICO "ORDONA"

*Progetto per la realizzazione di un impianto Agrovoltaico di potenza pari a 63,623 MWp e relative opere di connessione alla RTN*

Località

**REGIONE PUGLIA: COMUNI DI FOGGIA, ORDONA (FG),  
ASCOLI SATRIANO (FG) E DELICETO (FG)**

Titolo

**RELAZIONE GEOTECNICA - SISMICITÀ**

Data di produzione 14-12-2023

Revisione del .....

Codice elaborato

X-ELIO ITALIA S.r.l. si riserva tutti i diritti su questo documento che non può essere riprodotto neppure parzialmente senza la sua autorizzazione scritta.

Revisione del .....

AS\_ORD\_R07

Timbro e firma Autore



Timbro e firma Responsabile AS

Timbro e firma Xelio

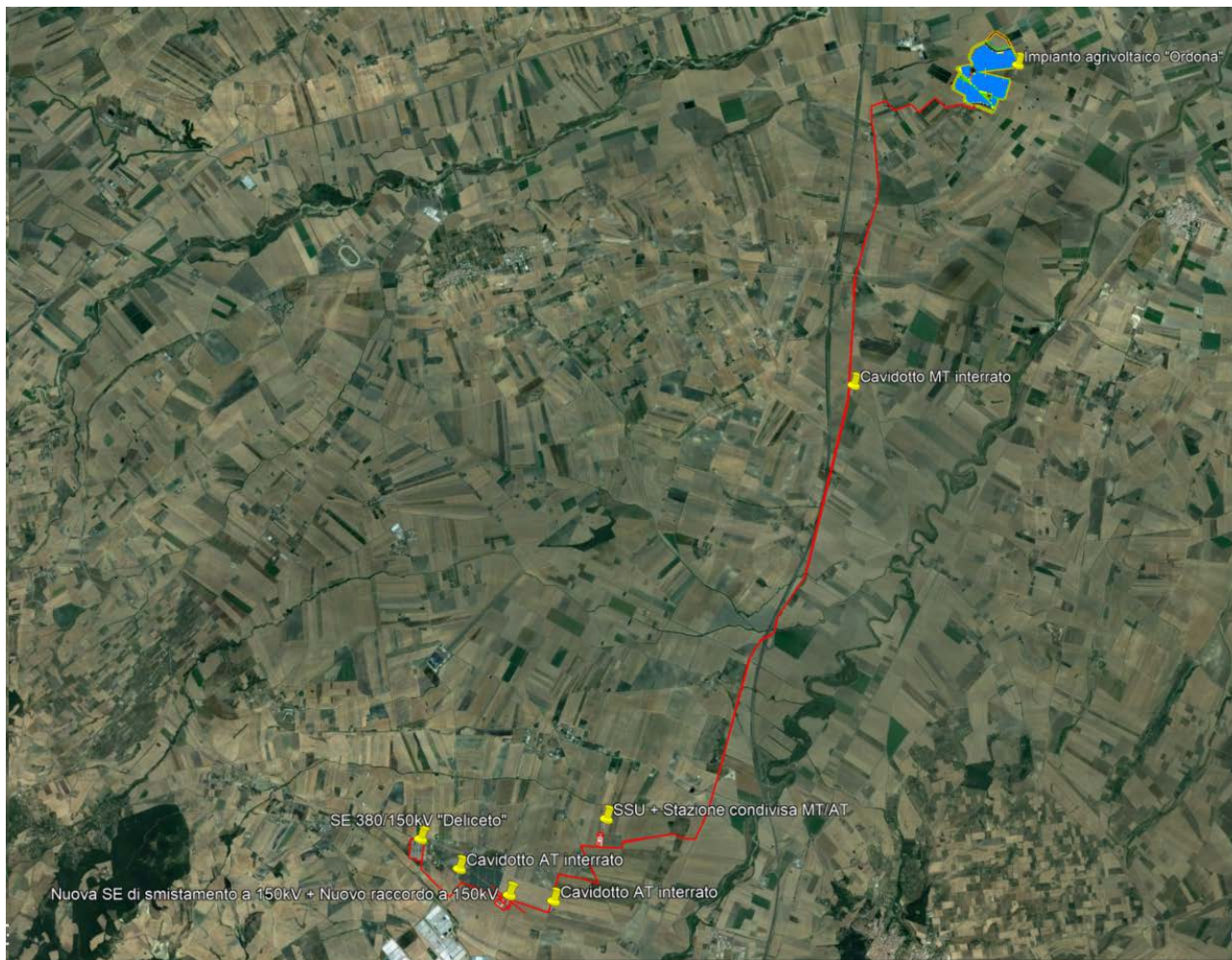
## Sommario

|  |    |
|--|----|
| - Premessa .....   | 2  |
| - Localizzazione.....  | 3  |
| - Riferimenti geologici.....                                       | 6  |
| - Sismicità .....  | 7  |
| - Piano indagini geognostiche.....                                 | 18 |
| - Indagine geofisica.....  | 19 |
| - Parametri geofisici.....   | 36 |
| - Trivellazioni a carotaggio continuo .....                        | 37 |
| - Prove penetrometriche .....                                      | 44 |
| - Correlazioni geotecniche .....                                   | 46 |
| - Verifica di stabilità pendii.....                                | 47 |
| - Verifica di liquefazione dei terreni in condizioni sismiche..... | 50 |
| - Conclusioni .....  | 51 |
| - Colonne stratigrafiche .....                                     | 52 |



## Premessa

Il progetto dell'impianto agrivoltaico denominato "Ortona", proposto dalla società X-Elio Italia 4 S.r.l., verrà realizzato con tracker ad inseguimento monoassiale, ad asse inclinato con rotazione assiale ed azimut fisso, che alloggeranno 110.650 moduli fotovoltaici da 575 Wp, per una potenza complessiva pari a **63.623,75 kWp**.



Planimetria generale progetto "Ortona" – ID 8305

Per maggiore chiarezza, pertanto, si riassumono di seguito (evidenziandole in grassetto) le opere del progetto in esame che sono da autorizzare nell'ambito della presente procedura di Valutazione di Impatto Ambientale (ID 8305):

- **Impianto agrivoltaico denominato "Ortona"**, di potenza pari a 63,623 MWp;
- **Cavidotto in MT, interrato**, di lunghezza pari a circa 17,3 km, di cui 1.43 km nel comune di Ortona ed il resto nel comune di Ascoli Satriano e il cui percorso interesserà quasi interamente strade pubbliche, per il collegamento dell'impianto alla Stazione utente di trasformazione MT/AT (SSU);
- **Stazione utente di trasformazione MT/AT (SSU)**, posta all'interno della Stazione condivisa con gli altri 3 produttori con cui verrà condiviso lo stallo a 150 kV nella nuova SE di Terna;

**X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726  
Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

- **Cavidotto in AT (150 kV)**, interrato, per il collegamento della Stazione condivisa al futuro ampliamento della SE Terna 380/150 kV della RTN denominata "Deliceto". Tale cavidotto in AT, assieme alla Stazione condivisa, è un'opera comune anche ad altri 3 produttori oltre a X-Elio;
- **Nuova Stazione Elettrica (SE) Terna di smistamento a 150 kV e nuovo raccordo a 150 kV** in entrata all'elettrodotto esistente 23098B1 150 kV Ascoli Satriano-Deliceto. Tale nuova SE costituisce l'ampliamento ("satellite") della già esistente SE Terna 380/150 kV "Deliceto" ed assieme al cavidotto AT del punto successivo è un'opera comune anche a tutti gli altri produttori che hanno ricevuto da Terna il medesimo preventivo di connessione;
- **Cavidotto in AT (150kV), interrato**, di lunghezza pari a circa 3,4 km, per il collegamento tra la nuova SE di smistamento a 150 kV e la SE Terna 380/150 kV "Deliceto".

## Localizzazione

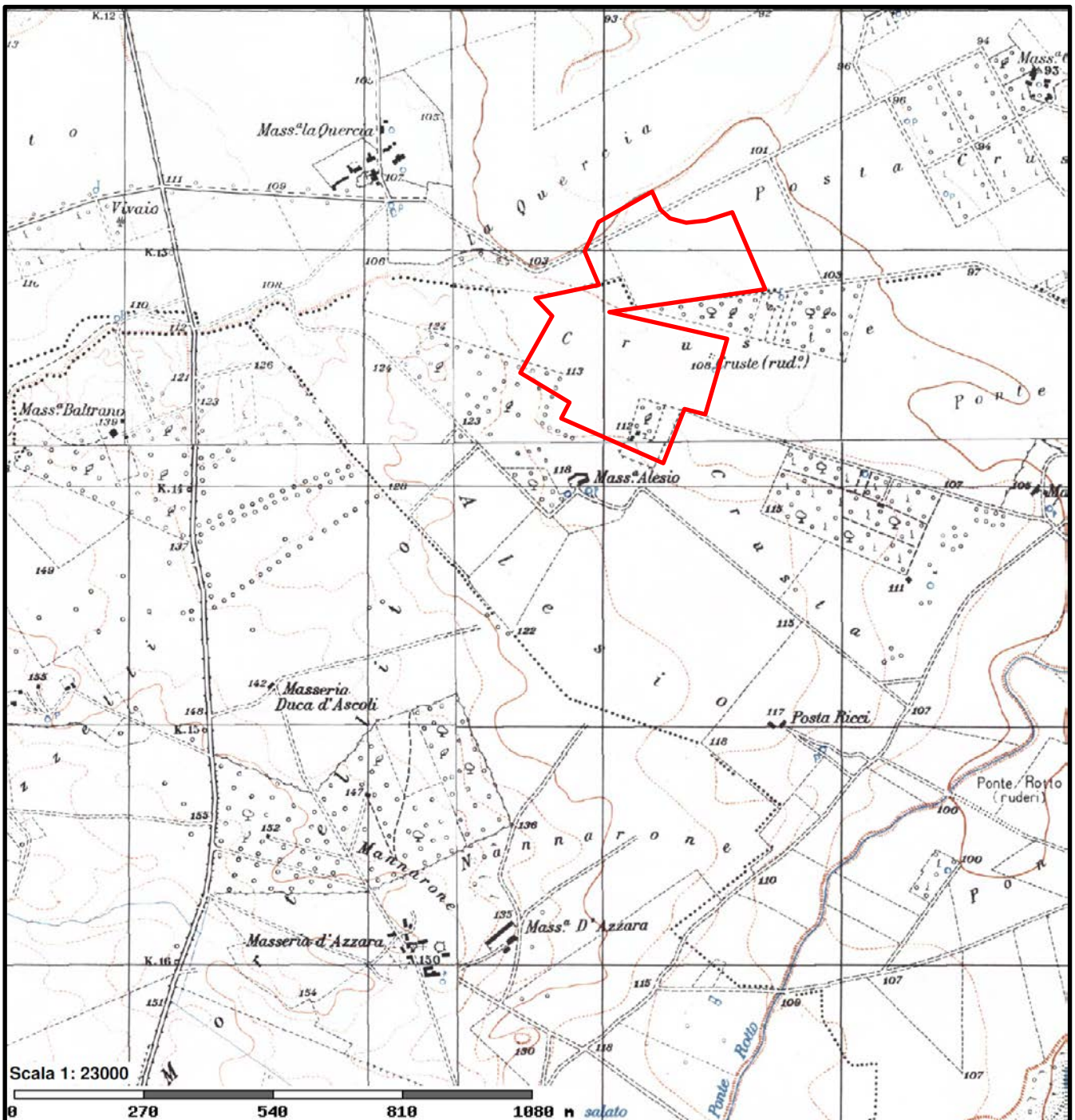
L'impianto, situato nei Comuni di Ortona (FG), Foggia (FG) e, solo per quanto riguarda le opere di connessione alla RTN, nei Comuni di Ascoli Satriano (FG) e Deliceto (FG), verrà collegato mediante cavidotto interrato in MT e sottostazione utente di trasformazione MT/AT condivisa con altri 3 produttori, ad uno stallo a 150 kV del futuro ampliamento della Stazione Elettrica a 380/150 kV della RTN denominata "Deliceto", come indicato nella Soluzione Tecnica Minima Generale ("STMG") proposta da Terna S.p.A. ed accettata da X-Elio. Le suddette opere di connessione alla RTN, già benestriate da Terna, costituiscono parte integrante del presente progetto "Ortona".

Dal punto di vista cartografico, il Campo agrovoltaiico ricade a cavallo delle tavolette III SE "Carapelle" del F°164 e IV NE "Ortona" del F° 175 I.G.M. mentre la stazione elettrica ricade nella tavoletta IV SO "Ascoli Satriano" del F° 175.

Le coordinate medie dei siti sono le seguenti:

| Campi           |                                      | SSU             |                                      |
|-----------------|--------------------------------------|-----------------|--------------------------------------|
| WGS84 UTM 33N   | X: 549291.90207<br>Y: 4576344.79954  | WGS84 UTM 33N   | X: 542551.84038<br>Y: 4563315.80542  |
| WGS84 UTM 32N   | X: 1051476.81825<br>Y: 4597171.31754 | WGS84 UTM 32N   | X: 1045633.33592<br>Y: 4583657.47881 |
| Gauss Boaga Est | X: 2569294.14694<br>Y: 4576425.00155 | Gauss Boaga Est | X: 2562553.77706<br>Y: 4563395.62376 |
| lat/lon WGS84   | X: 15.58911<br>Y: 41.33708           | lat/lon WGS84   | X: 15.50765<br>Y: 41.22011           |
| SE "Deliceto"   |                                      | Nuova SE        |                                      |
| WGS84 UTM 33N   | X: 539683.43223<br>Y: 4563235.27396  | WGS84 UTM 33N   | X: 541006.63983<br>Y: 4562387.35688  |
| WGS84 UTM 32N   | X: 1042766.99823<br>Y: 4583377.82809 | WGS84 UTM 32N   | X: 1044150.64231<br>Y: 4582620.67822 |
| Gauss Boaga Est | X: 2559685.23836<br>Y: 4563315.08967 | Gauss Boaga Est | X: 2561008.5061<br>Y: 4562467.14782  |
| lat/lon WGS84   | X: 15.47343<br>Y: 41.21953           | lat/lon WGS84   | X: 15.48915<br>Y: 41.21182           |



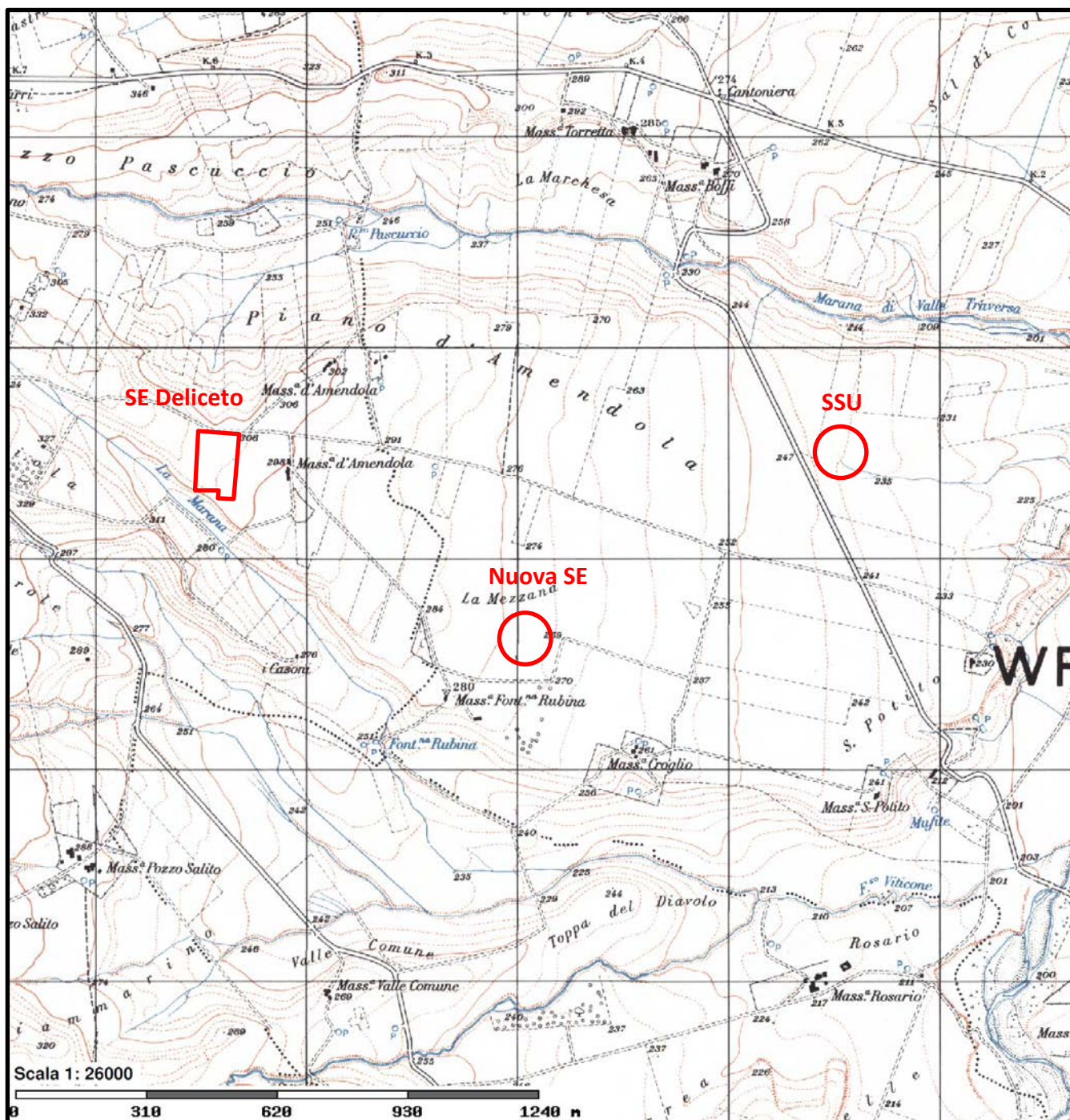


Campo Nord - Inquadramento su IGM: F° 175 IV NE "Ortona" e F° 164 III SE "Carapelle"

**X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726  
Partita IVA n° 15361381005 - n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.



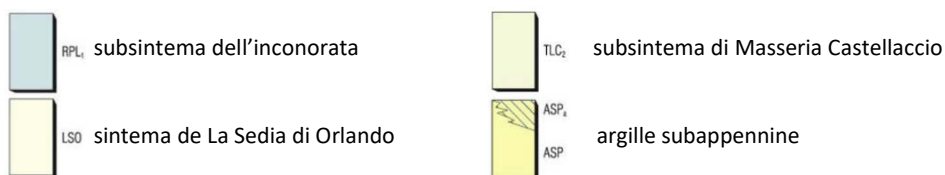
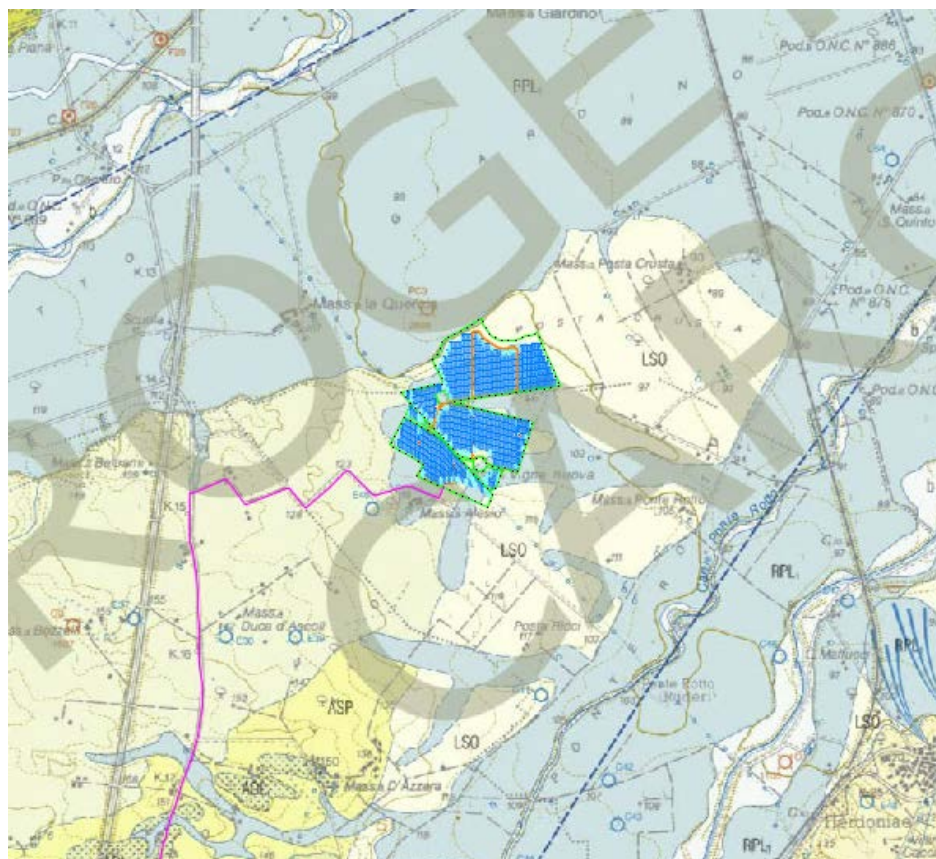


Sottostazione Utente - Inquadramento su IGM: F° 175, tav. IV SO "Ascoli Satriano"

## RIFERIMENTI GEOLOGICI

Come riportato nella relazione geologica, l'area in oggetto è caratterizzata da una successione di sabbie limoso-argillose, ghiaie e argille.

Al di sotto dello strato agrario affiorano strati alternati di sabbie limose e ghiaie con strati argillosi presenti a quote diverse. Questo pacchetto, spesso circa 50 m, generalmente ospita una falda idrica stagionale, molto influenzata, per portata e spessore, dagli eventi meteorologici. Inoltre, la maggior parte di queste falde sono alimentate anche dagli apporti idrici provenienti dai numerosi reticoli idrografici presenti in zona. Alla base troviamo la formazione delle argille grigio-blu, con spessori superiori ai 300 m.



Carta geologica F° 421 "Ascoli Satriano"

**X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726  
Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.



| Stratigrafia media (m) |  |
|------------------------|--|
| 0.00-1.00              | terreno organico limoso                        |
| 1.00-1.80              | Sabbia e ghiaia limosa con livelli argillosi   |
| 18.00-45.00            | Argilla gialla con livelli ghiaiosi e sabbiosi |
| 45.00 in poi           | Argilla blu                                    |

## SISMICITA'

Il basamento calcareo - dolomitico del Mesozoico presenta in corrispondenza del Tavoliere di Foggia una struttura a Horste Graben, originata da un sistema di faglie appenniniche parallele alla faglia marginale del Gargano ("Faglia del Candelaro"). In senso trasversale a tale direttrice, all'incirca parallelamente al fiume Ofanto, è possibile individuare un ulteriore notevole sprofondamento da faglia (Faglia dell'Ofanto) che contribuisce alla formazione di un gradino notevole tra le ultime propaggini Nord-occidentali delle Murge ed il basamento mesozoico del Tavoliere.

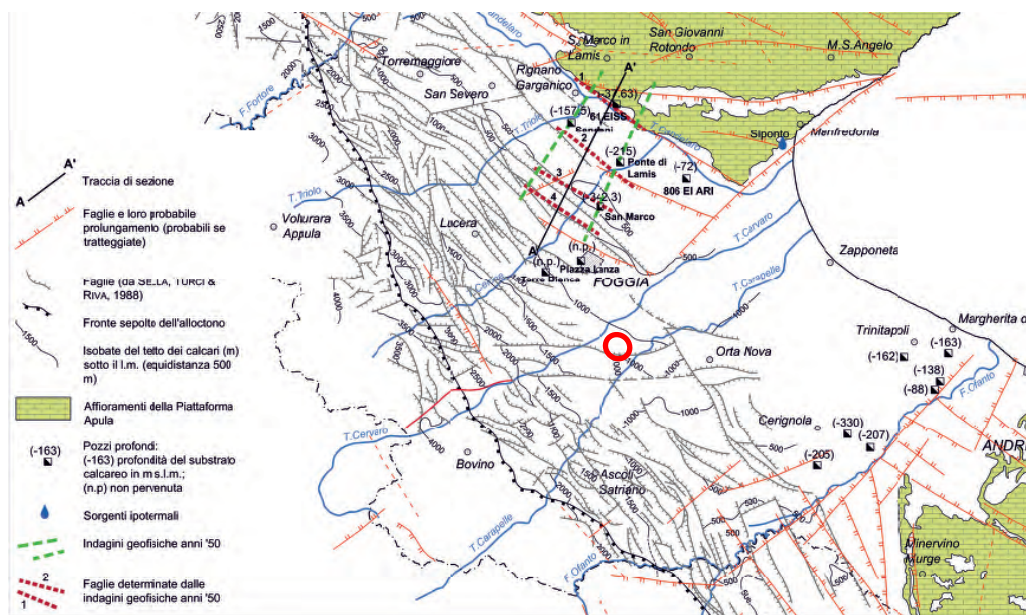


Fig. 14.6 - Lineamenti strutturali del Gargano e del Tavoliere con indicazione dei risultati delle indagini geosismiche e geofisiche condotte nella prima metà del secolo scorso. Indicazione dei pozzi profondi ubicati in destra Ofanto, delle sorgenti ipoterziali e della Punta del ...  
 Structural setting of Gargano and Tavoliere with indication of the results from geophysical and geophysical surveys carried out in the first half of the 20th century. The wells located in the right bank of the Ofanto river, the geothermal springs and Punta del ...

## Carta tettonico-strutturale

Le argille e sabbie argillose della serie pliocenico-calabrianica che sovrastano i calcari cretacei si presentano sino ad una profondità sotto il piano campagna che raggiunge anche valori dell'ordine di 1.000 m. Procedendo verso la Fossa Bradanica il tetto dei calcari subisce successivi abbassamenti ad opera di un sistema di faglie di direzione appenninica, cui si associano abbassamenti dell'ordine dei 3.000÷4.000 m per la presenza di una serie di horst e graben.

Particolarmente interessanti sono anche le condizioni geologico-strutturali dell'estremità settentrionale della Faglia di Apricena, che delimita il promontorio del Gargano ad Ovest del lago di Lesina e dove tra le alluvioni recenti emergono, per un breve tratto, alcune rocce magmatiche cui viene dato in genere il nome di "Pietre Nere".

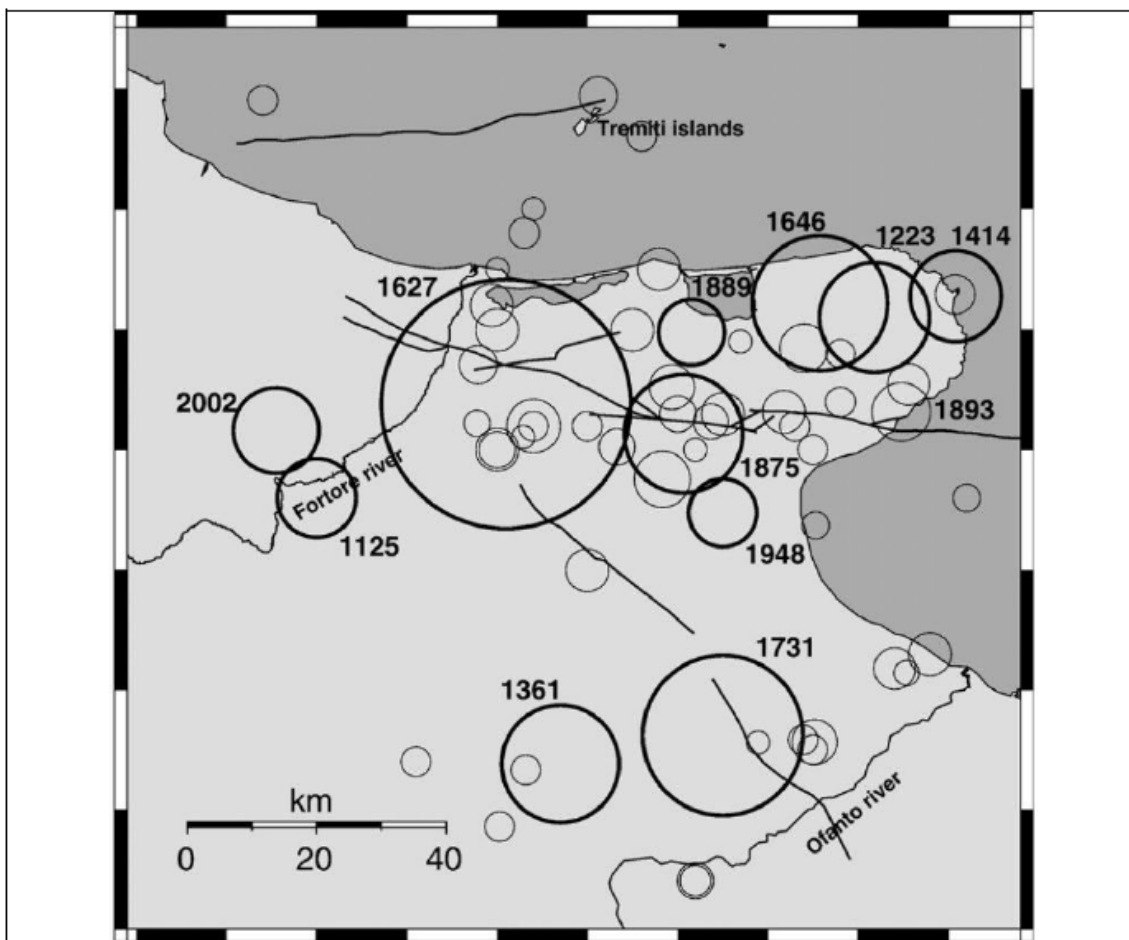
Dal punto di vista sismico, il Tavoliere foggiano si configura come un'area che, oltre ad essere caratterizzata dalla presenza di alcune potenziali sorgenti sismogenetiche, risente anche dell'elevata sismicità di alcune zone contermini quali quelle del Matese, del Beneventano, dell'alta Irpinia e Garganico-molisana, aree nelle quali si sono verificati alcuni dei maggiori terremoti della storia sismica italiana. Pur essendo caratterizzata da un tasso di sismicità sensibilmente più basso della vicina zona situata a cavallo tra il Molise e il Gargano, l'area del Tavoliere di Puglia è stata colpita in tempi storici da due importanti eventi distruttivi: il terremoto di Ascoli Satriano del 27/12/1361 e il terremoto del Foggiano del 20/03/1731. In particolare, quest'ultimo terremoto colpì pesantemente proprio il Tavoliere centro-meridionale, causando gravi distruzioni soprattutto a Foggia (dove si ebbero 500 morti) e a Cerignola (con circa un migliaio di vittime), oltre che nelle circostanti aree rurali.

Nel caso degli eventi distruttivi che hanno colpito la Capitanata, un ruolo importante nel determinarne le pesanti conseguenze l'hanno avuto sia l'effetto moltiplicativo del danno prodotto dalla risposta di sito che l'attivazione di strutture sismogenetiche locali. Quest'ultimo fattore è di rilevante importanza in quanto smentisce la diffusa opinione secondo cui la sismicità del nord della Puglia sarebbe principalmente associata al promontorio garganico.

Uno studio delle strutture del sottosuolo condotto dall'Università di Pisa (Patacca & Scandone, 2001) ha invece messo in evidenza l'esistenza di una faglia ad andamento NW-SE, denominata "faglia Foggia-Cerignola", che mostra evidenze di attività recenti e che è ritenuta potenzialmente sismogenetica. Essa viene inoltre ritenuta responsabile dell'evento sismico del 20/03/1731, caratterizzato da livelli massimi di danneggiamento del IX grado della scala Mercalli.

I dati e le osservazioni sismologiche di epoca storica relativi al Tavoliere meridionale segnalano dunque eventi di intensità macrosismica di VIII e IX grado M.C.S.. Per ottenere informazioni relative all'attività sismica di epoca più recente, si è invece proceduto alla consultazione dei database dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. In particolare, sono stati consultati i seguenti database:

- CPTI15 Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015, che fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti d'interesse per l'Italia con intensità massima  $\geq 5$  o magnitudo  $\geq 4.0$  nella finestra temporale 1000-2014;
- DBMI15 Database Macrosismico Italiano 2015, che fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti d'interesse per l'Italia con intensità massima  $\geq 5$  nella finestra temporale 1000-2014.

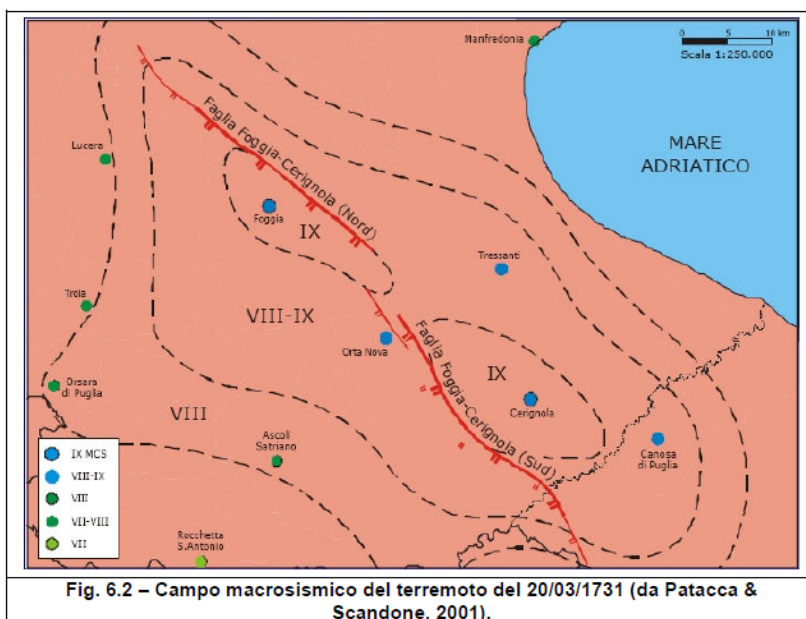


List of historical earthquakes of northern Apulia with epicentral intensity  $I_0 \geq VII$  MCS (data from CPTI Working Group, 2004);  $I_{max}$  = maximum intensity;  $M_w$  = moment magnitude estimated (from macroseismic data)

| Date       | Latitude (N) | Longitude (E) | $I_{max}$ | $I_0$    | $M_w$ | Zone                  |
|------------|--------------|---------------|-----------|----------|-------|-----------------------|
| 1125.10.11 | 41.60        | 15.00         | IX        | VIII     | 5.7   | Molise                |
| 1223       | 41.85        | 16.03         | IX        | IX       | 6.0   | Gargano               |
| 1361.07.17 | 41.23        | 15.45         | X         | IX       | 6.1   | Ascoli Satriano       |
| 1414       | 41.88        | 16.18         | VIII–IX   | VIII–IX  | 5.8   | Vieste                |
| 1627.07.30 | 41.73        | 15.35         | X         | X        | 6.7   | Gargano               |
| 1646.05.31 | 41.87        | 15.93         | IX–X      | IX–X     | 6.2   | Gargano               |
| 1657.01    | 41.83        | 15.33         | –         | VII      | 5.2   | Apricena              |
| 1731.03.20 | 41.27        | 15.75         | IX        | IX       | 6.3   | Foggiano              |
| 1739.02.13 | 41.50        | 15.50         | –         | VII      | 5.2   | Foggia                |
| 1783.11.15 | 41.67        | 15.33         | –         | VII      | 5.2   | San Severo            |
| 1841.02.21 | 41.63        | 15.64         | VII–VIII  | VII–VIII | 5.4   | S. Marco in Lamis     |
| 1864.12.28 | 41.83        | 15.58         | –         | VII      | 5.2   | Sannicandro Garganico |
| 1869.03.31 | 41.72        | 15.75         | –         | VII      | 5.2   | San Giovanni Rotondo  |
| 1871.08.01 | 41.92        | 15.63         | –         | VII      | 5.2   | Torre Mileto          |
| 1875.12.06 | 41.69        | 15.68         | VIII      | VII–VIII | 6.1   | S. Marco in Lamis     |
| 1889.12.08 | 41.83        | 15.69         | VII       | VII      | 5.6   | Apricena              |
| 1893.08.10 | 41.72        | 16.08         | VIII–IX   | VIII     | 5.4   | Mattinata             |
| 1894.03.25 | 41.87        | 15.32         | VII       | VII      | 5.2   | Lesina                |
| 1912.07.02 | 41.38        | 16.13         | –         | VII      | 5.2   | Trinitapoli           |
| 1948.08.18 | 41.58        | 15.75         | VII–VIII  | VII–VIII | 5.6   | Northern Apulia       |
| 1951.01.16 | 41.81        | 15.90         | VII       | VII      | 5.3   | Gargano               |
| 1955.02.09 | 41.72        | 15.88         | VII–VIII  | VII      | 5.2   | Monte Sant'Angelo     |

**Fig. 5.1 – Principali eventi macrosismici con epicentro localizzato nella Puglia settentrionale (da Del Gaudio et Al., 2007).**

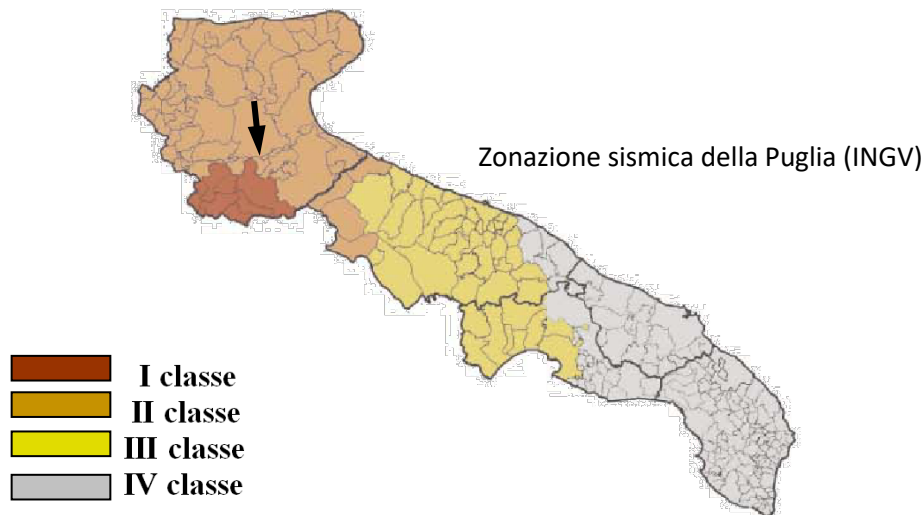




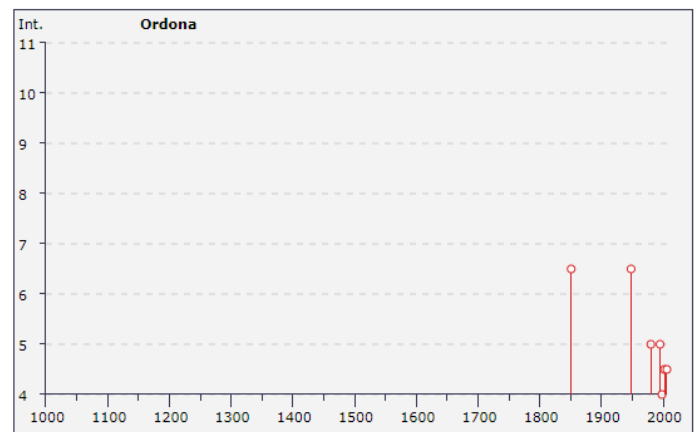
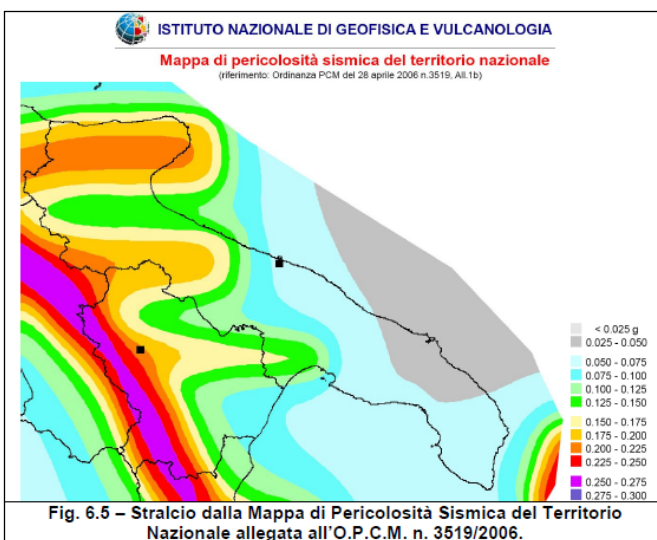
Il database DBMI15 ha consentito di verificare che, all'interno dell'area perimetrata nella figura a fianco, si sono verificati complessivamente n. 11 eventi di intensità macrosismica compresa tra 5 e 10, così come elencati nella tabella annessa. Dal catalogo CPTI15 si è invece potuto appurare che, nella medesima area, negli ultimi 100 anni si sono verificati n. 5 eventi sismici di magnitudo superiore a 4. Le date, l'ubicazione delle aree epicentrali e le magnitudo dei suddetti eventi sismici sono riportati in tabella.

| PlaceID  | Place Name             | Prov | Imax | EQs |
|----------|------------------------|------|------|-----|
| IT_62092 | Ascoli Satriano        | FG   | 10   | 41  |
| IT_62107 | Carapelle              | FG   | 6-7  | 16  |
| IT_62116 | Castelluccio dei Sauri | FG   | 7-8  | 25  |
| IT_62153 | Cervaro                | FG   | 6    | 1   |
| IT_62146 | Foggia                 | FG   | 9    | 84  |
| IT_62220 | Ortona                 | FG   | 6-7  | 15  |
| IT_62222 | Orta Nova              | FG   | 8-9  | 44  |
| IT_62247 | Stornara               | FG   | 7    | 18  |
| IT_62248 | Stornarella            | FG   | 6-7  | 22  |
| IT_62134 | Tressanti              | FG   | 8-9  | 1   |
| IT_62202 | Zapponeta              | FG   | 5    | 13  |

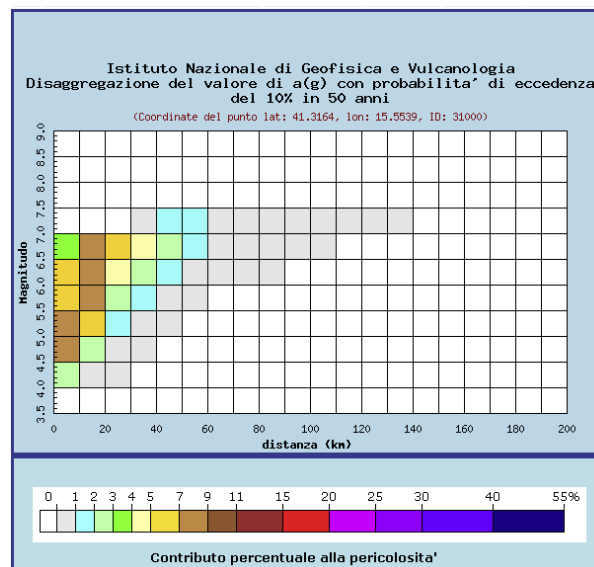
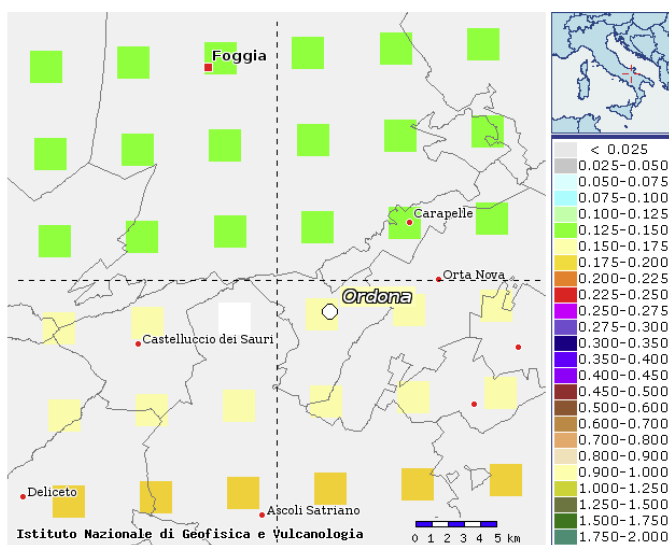
Facendo espresso riferimento al vigente strumento di classificazione sismica del territorio italiano, redatto nel 2004 in recepimento delle disposizioni contenute nell'O.P.C.M. n. 3274/2003 (recepite dalla Regione Puglia con D.G.R. n. 153/2004), il territorio amministrativo del Comune di Ortona ricade in "Zona 2", ovvero in area a sismicità medio-alta.



Volendo invece esprimere la pericolosità sismica in termini di massima accelerazione sismica del suolo di probabilità statisticamente apprezzabile, si può fare riferimento alle indicazioni contenute nella "Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale" redatta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e pubblicata in allegato all'O.P.C.M. n. 3519/2006 sulla G.U. n. 108 dell'11 maggio 2006.



| Effetti | In occasione del terremoto del: |                         |      |     |      |       |
|---------|---------------------------------|-------------------------|------|-----|------|-------|
| I [MCS] | Data                            | Ax                      | Np   | Io  | Mw   |       |
| 6-7     | 1851 08 14 13:20                | Basilicata              | 103  | 10  | 6.38 | ±0.17 |
| 6-7     | 1948 08 18 21:12                | Puglia settentrionale   | 59   | 7-8 | 5.64 | ±0.21 |
| 5       | 1980 11 23 18:34                | Irpinia-Basilicata      | 1394 | 10  | 6.89 | ±0.09 |
| NF      | 1988 04 26 00:53                | Adriatico centrale      | 78   |     | 5.39 | ±0.09 |
| 2       | 1992 11 05 13:34                | Gargano                 | 32   | 5   | 4.64 | ±0.18 |
| 5       | 1995 09 30 10:14                | Gargano                 | 145  | 6   | 5.18 | ±0.09 |
| 2       | 1996 04 03 13:04                | Irpinia                 | 557  | 6   | 4.93 | ±0.09 |
| 4       | 1998 09 22 23:23                | GARGANO-FOGGIANO        | 30   | 5   | 4.57 | ±0.19 |
| 4-5     | 2002 11 01 15:09                | Subapp. Dauno           | 645  |     | 5.72 | ±0.09 |
| NF      | 2003 06 01 15:45                | Molise                  | 516  | 5   | 4.50 | ±0.09 |
| 2       | 2003 12 30 05:31                | Monti dei Frentani      | 339  | 5-6 | 4.57 | ±0.09 |
| NF      | 2004 09 03 00:04                | Appennino lucano        | 156  | 6   | 4.49 | ±0.09 |
| 4-5     | 2006 05 29 02:20                | Promontorio del Gargano | 384  | 5-6 | 4.63 | ±0.09 |



**X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726  
 Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.



| Distanza in km | Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni<br>(Coordinate del punto lat: 41.3164, lon: 15.5539, ID: 31000) |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|----------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                | Magnitudo   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|                | 3.5-4.0   | 4.0-4.5 | 4.5-5.0 | 5.0-5.5 | 5.5-6.0 | 6.0-6.5 | 6.5-7.0 | 7.0-7.5 | 7.5-8.0 | 8.0-8.5 | 8.5-9.0 |
| 0-10           | 0.000   | 2.470   | 7.160   | 7.570   | 6.750   | 5.170   | 3.500   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 10-20          | 0.000   | 0.607   | 2.870   | 5.100   | 7.050   | 7.870   | 7.270   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 20-30          | 0.000   | 0.004   | 0.282   | 1.340   | 2.930   | 4.640   | 5.790   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 30-40          | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.269   | 1.300   | 2.680   | 4.090   | 0.247   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 40-50          | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.004   | 0.391   | 1.480   | 2.850   | 1.450   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 50-60          | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.035   | 0.626   | 1.670   | 1.310   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 60-70          | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.188   | 0.923   | 0.876   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 70-80          | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.023   | 0.347   | 0.380   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 80-90          | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.104   | 0.188   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 90-100         | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.022   | 0.097   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 100-110        | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.003   | 0.050   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 110-120        | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.021   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 120-130        | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.005   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 130-140        | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.001   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 140-150        | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 150-160        | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 160-170        | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 170-180        | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 180-190        | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |
| 190-200        | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   | 0.000   |

| Valori medi |          |         |
|-------------|----------|---------|
| Magnitudo   | Distanza | Epsilon |
| 5.990       | 20.200   | 0.852   |

## Pericolosità sismica di base

La valutazione dell'azione sismica del sito di costruzione è regolamentata dal paragrafo 3.2 delle NTC (DM 17.01.18).

Come riportato dalla suddetta normativa, la pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di cat. A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR. Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

## 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 le basi sismiche S1, S2 (riportate nei capitoli successivi). 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.

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

con:

- $h_i$  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

Le indagini sismiche eseguite in modalità MASW hanno fornito i seguenti valori della  $V_{seq}$ :

| Indagini | $V_{seq}$ (m/s) | Categoria di sottosuolo |
|----------|-----------------|-------------------------|
| S1       | 633             | B                       |
| S2       | 624             | B                       |

**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>  |

## Condizioni topografiche

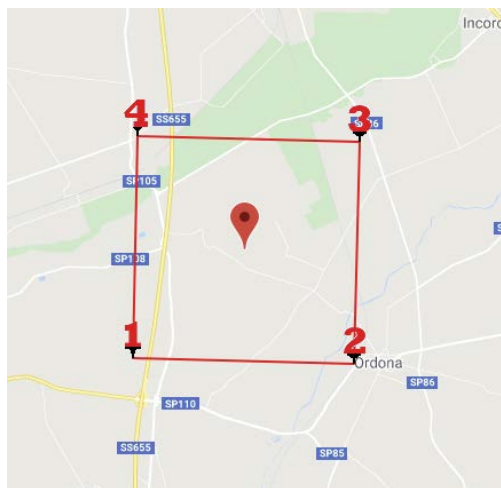
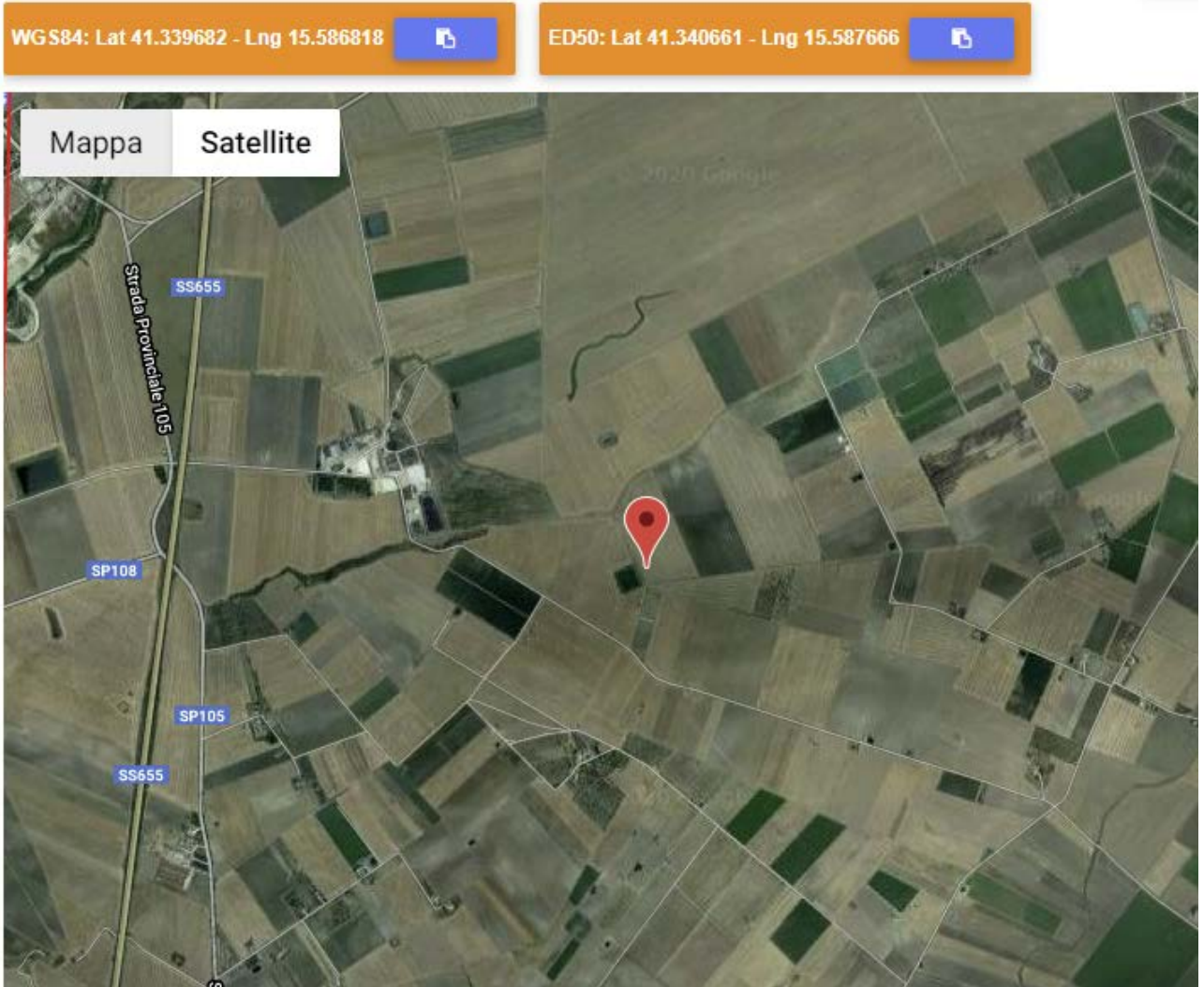
Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III):

**Tab. 3.2.III –** *Categorie topografiche*

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

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m. Nel nostro caso la configurazione topografica superficiale è semplice e rientra nella categoria **T1**.

## Parametri e coefficienti sismici determinati con GeoStru PS Località "Campo agrovoltaico"



Ubicazione topografica

**X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726  
Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.



Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

**Sito in esame.**

latitudine: 41,340661 [°]

longitudine: 15,587666 [°]

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

**Siti di riferimento.**

|        | ID    | Latitudine [°] | Longitudine [°] | Distanza [m] |
|--------|-------|----------------|-----------------|--------------|
| Sito 1 | 31000 | 41,316350      | 15,553920       | 3904,8       |
| Sito 2 | 31001 | 41,315120      | 15,620460       | 3945,2       |
| Sito 3 | 30779 | 41,365100      | 15,622120       | 3956,7       |
| Sito 4 | 30778 | 41,366330      | 15,555520       | 3917,4       |

**Parametri sismici**

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

|                                | Prob. superamento [%] | Tr [anni] | ag [g] | Fo [-] | Tc* [s] |
|--------------------------------|-----------------------|-----------|--------|--------|---------|
| Operatività (SLO)              | 81                    | 30        | 0,045  | 2,455  | 0,290   |
| Danno (SLD)                    | 63                    | 50        | 0,056  | 2,555  | 0,324   |
| Salvaguardia della vita (SLV)  | 10                    | 475       | 0,145  | 2,595  | 0,438   |
| Prevenzione dal collasso (SLC) | 5                     | 975       | 0,192  | 2,564  | 0,461   |

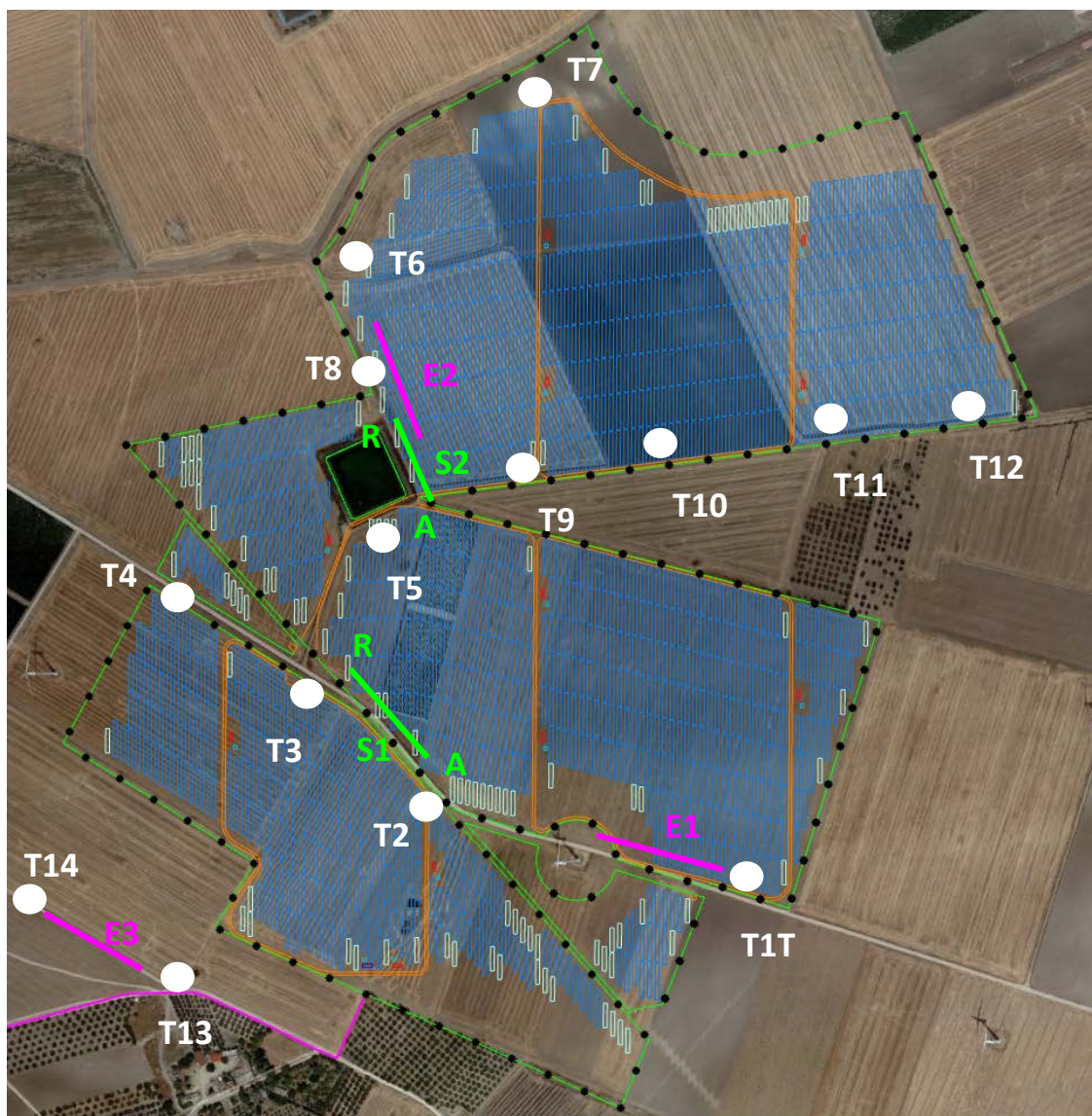
**Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii**

|     | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | Kh [-] | Kv [-] | Amax [m/s <sup>2</sup> ] | Beta [-] |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------------|----------|
| SLO | 1,200  | 1,410  | 1,000  | 0,011  | 0,005  | 0,526                    | 0,200    |
| SLD | 1,200  | 1,380  | 1,000  | 0,013  | 0,007  | 0,657                    | 0,200    |
| SLV | 1,200  | 1,300  | 1,000  | 0,042  | 0,021  | 1,705                    | 0,240    |
| SLC | 1,200  | 1,280  | 1,000  | 0,055  | 0,028  | 2,259                    | 0,240    |

## PIANO INDAGINI GEOGNOSTICHE

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

- n° 14 trivellazioni a carotaggio continuo della profondità di m 4,00;
- n° 14 prove SPT in foro;
- n° 2 prospezioni sismiche a rifrazione con acquisizione dei sismogrammi Onde P con sistema di energizzazione del tipo a massa battente con n° 3 shot;
- n° 2 indagine sismica MASW;
- n° 3 tomografia elettrica (ERT);



- Trivellazione a carotaggio continuo con SPT
- S1 Sismica a rifrazione e MASW
- E1 Tomografia elettrica

Ubicazione indagini

**X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726  
 Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

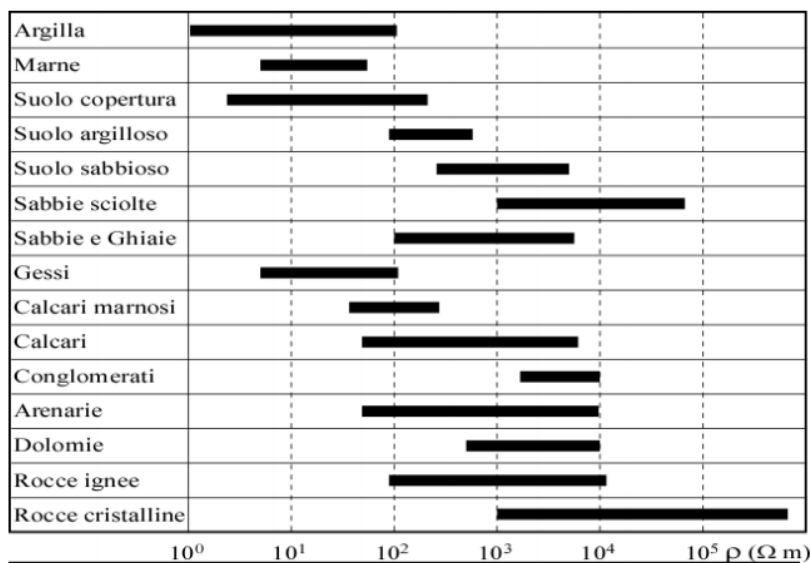
## INDAGINE GEOFISICA

### Tomografia elettrica

#### Proprietà elettriche di rocce e sedimenti

La resistività è una grandezza fisica posseduta dalle rocce, misurata in  $\Omega \cdot m$  ed indica la resistenza incontrata dalla corrente elettrica nell'attraversare una formazione rocciosa.

Il valore di resistività che si misura, è una resistività apparente perché le linee di corrente che consentono di valutare tale parametro, hanno attraversato più formazioni rocciose: misuriamo cioè un valore anomalo rispetto al valore che si misurerebbe in un sottosuolo omogeneo ed isotropo. Questo dato non è semplicemente il valore medio delle resistività degli elettrostrati incontrati, ma è definito da una funzione più complessa in quanto dipende sia dalle resistività dei vari litotipi attraversati che dai loro spessori.



| LITOTIPO            | $\rho$ ( $\Omega \cdot m$ ) | $\phi$ (%) |
|---------------------|-----------------------------|------------|
| Acqua               | 10÷100                      | -          |
| Acqua di mare       | 2÷3                         | -          |
| Arenarie            | 200÷5000                    | 7÷30       |
| Argille             | 1÷50                        | 40÷70      |
| Calcari             | 300÷10000                   | 2÷30       |
| Detrito alluvionale | 50÷1000                     | 15÷60      |
| Dolomie             | 500÷10000                   | 2÷20       |
| Sabbie e Ghiaie     | 70÷700                      | 30÷60      |
| Graniti             | 1000÷20000                  | 0,2÷0,8    |
| Marne               | 100÷500                     | 8÷15       |
| Piroclastiti        | 50÷600                      | 15÷60      |
| Rocce ignee         | 100÷10000                   | 30÷10      |
| Suolo di copertura  | 10÷200                      | 60÷90      |
| Tufi                | 150÷900                     | 10÷40      |

**Tab. 1 – Valori indicativi di resistività ( $Ohm \cdot m$ ) di alcuni litotipi.**

**Tab. 2 – Valori indicativi di resistività ( $Ohm \cdot m$ ) e di porosità (%) di alcuni litotipi.**

Ed è proprio grazie al fatto che la distribuzione della resistività apparente è legata allo spessore, alla localizzazione, alla forma e alla resistività dei litotipi che la corrente ha oltrepassato, che da questa misura si possono ottenere informazioni sulle discontinuità presenti nel sottosuolo. Il parametro resistività è influenzato da: tessitura e porosità, grado di cementazione, temperatura della roccia, contenuto argilloso, permeabilità, temperatura e salinità della soluzione acquosa che



imbibisce la formazione. Inoltre, a parità di condizioni litologiche, vi sono alcuni processi geologici che causano un'immediata variazione della resistività perché ne modificano la porosità.

In generale molti di questi processi portano ad una riduzione della resistività. Essi sono: alterazione dell'argilla, dissoluzione, fratturazione della roccia, intrusione d'acqua salata, scollamento e/o alterazione superficiale. Per questo motivo la resistività delle rocce e dei terreni non possono essere definite da un solo valore, ma da un intervallo più o meno ampio entro il quale esso può variare. Inoltre, come si vede dalla tabella riportata, i range di resistività delle varie litologie, spesso si sovrappongono comportando ulteriori problemi in fase di elaborazione dati e di identificazione della roccia.

### **Cenni metodologici**

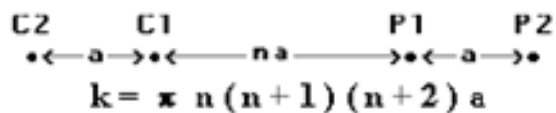
La tomografia elettrica è utilizzata a supporto di altri metodi geofisici nell'investigazione delle strutture sepolte e nella ricerca di acque sotterranee. Questa tecnica permette di indagare la struttura resistiva del terreno, mettendo in evidenza i contrasti di resistività elettrica che sono connesse con la natura dei terreni e del loro contenuto in acqua. In pratica, il metodo tomografico in corrente continua consente di ricostruire sezioni bidimensionali di resistività. Un profilo tomografico viene realizzato tramite lo stendimento di un cavo multipolare che collega una serie di elettrodi, i quali vengono utilizzati tanto per l'immissione della corrente  $I$  che per la misura della differenza di potenziale  $V$ . Tramite queste due grandezze fisiche è possibile calcolare la resistività elettrica apparente  $\rho_a$  relativa alla configurazione elettrodica utilizzata. Gli elettrodi di corrente vengono indicati come C1 e C2, quelli di potenziale P1 e P2.

Spostando lateralmente il quadripolo si registrano le variazioni orizzontali della resistività, mentre con il progressivo allargamento della spaziatura  $n$  e di  $a$  si acquisiscono informazioni sugli strati via via più profondi; si ottiene così una pseudosezione di resistività apparente che, attraverso opportuni algoritmi di calcolo, può essere invertita per fornire una sezione bidimensionale di resistività.

Nel caso in oggetto è stata utilizzata la configurazione Dipolo-dipolo dove la prima misura inizia con spaziatura  $1a$  tra elettrodi di potenziale e corrente, poi si varia solo il rapporto tra le distanze C1-P1 e C1-C2 (" $n$ " factor), fino ad un valore di accuratezza minima (legato alla debolezza del segnale) pari a 6. La spaziatura tra gli elettrodi di corrente C2-C1 e gli elettrodi di potenziale P1 e

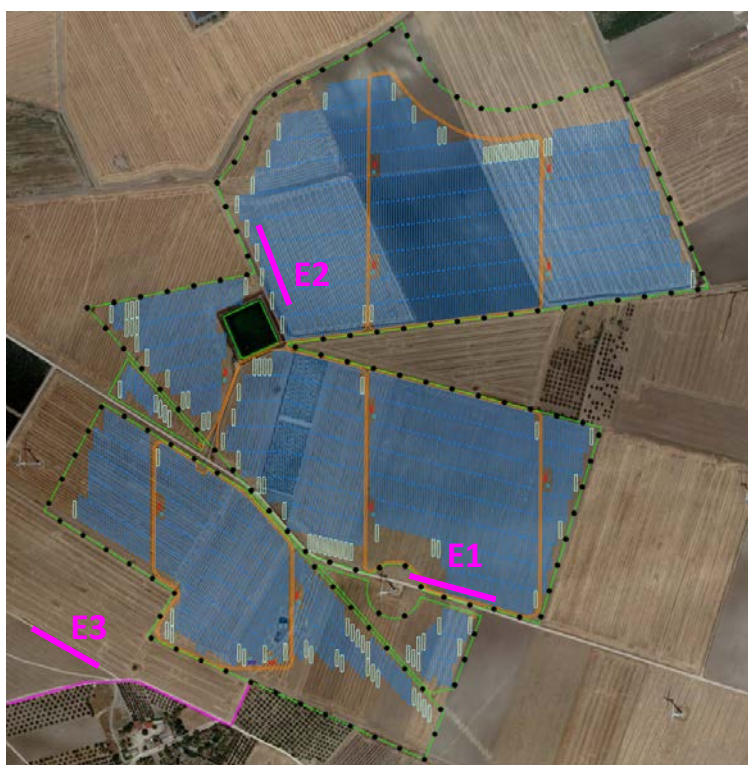
P2, resta fissa. Si prosegue incrementando la distanza elettrodica, ed aumentando di conseguenza la profondità di indagine.

### Dipole - Dipole



### Modalità esecutive

Nel caso specifico è stato utilizzato un georesistimetro per tomografia elettrica multielettrodo A3000E della MAE, cavi a 24 elettrodi; L'alimentazione è assicurata da pacchi batteria esterni gestiti a microprocessore in grado di fornire ampia autonomia di acquisizione. La distanza elettrodica è pari a 3 m per una lunghezza complessiva dello stendimento pari a 69 m.



Ubicazione indagine elettrica



base E1



base E2



base E3

## Elaborazione e analisi dei risultati

Di seguito verranno descritti i due modelli elaborati, la scala colorimetrica permette di cogliere immediatamente le variazioni di resistività, in quanto i valori minimi sono associati ai toni blu, mentre le zone ad elevata resistività sono in colorate in rosso. Il software utilizzato per l'elaborazione è il ZondRes2D.

I dati ricavati da un'indagine geoelettrica forniscono informazioni sulla distribuzione del potenziale o, analogamente, sulla distribuzione della resistività apparente nel sottosuolo. Per avere la resistività reale, e quindi per poter ricostruire l'andamento delle resistività reali nel sottosuolo, è necessario realizzare un'inversione dei dati.

Lo scopo dell'inversione è quello di trovare quei valori dei parametri che restituiscono la risposta del modello che più si adatta ai valori misurati. Nel caso della geoelettrica si deve risolvere un problema sovradeterminato, non lineare, che utilizza parametri realmente discreti o che possono essere considerati tali.

Il programma Zondres2d è progettato per l'interpretazione bidimensionale dei dati di tomografia elettrica mediante resistività e metodo di polarizzazione indotta

**X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726  
Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.



## Analisi dei risultati e conclusioni

A seguito dell'elaborazione dei dati acquisiti si è pervenuti ad un modello elettrostratigrafico della fascia di sottosuolo indagata, distinto in base alle caratteristiche fisica "resistività elettrica" che ha permesso di ottenere informazioni circa la risposta elettrica dei differenti livelli stratigrafici presenti nell'area di interesse e valutare, per quanto possibile, il diverso grado di uniformità litologica.

La profondità massima di investigazione ottenuta dalle indagini è stata pari a circa 16 m dal p.c.

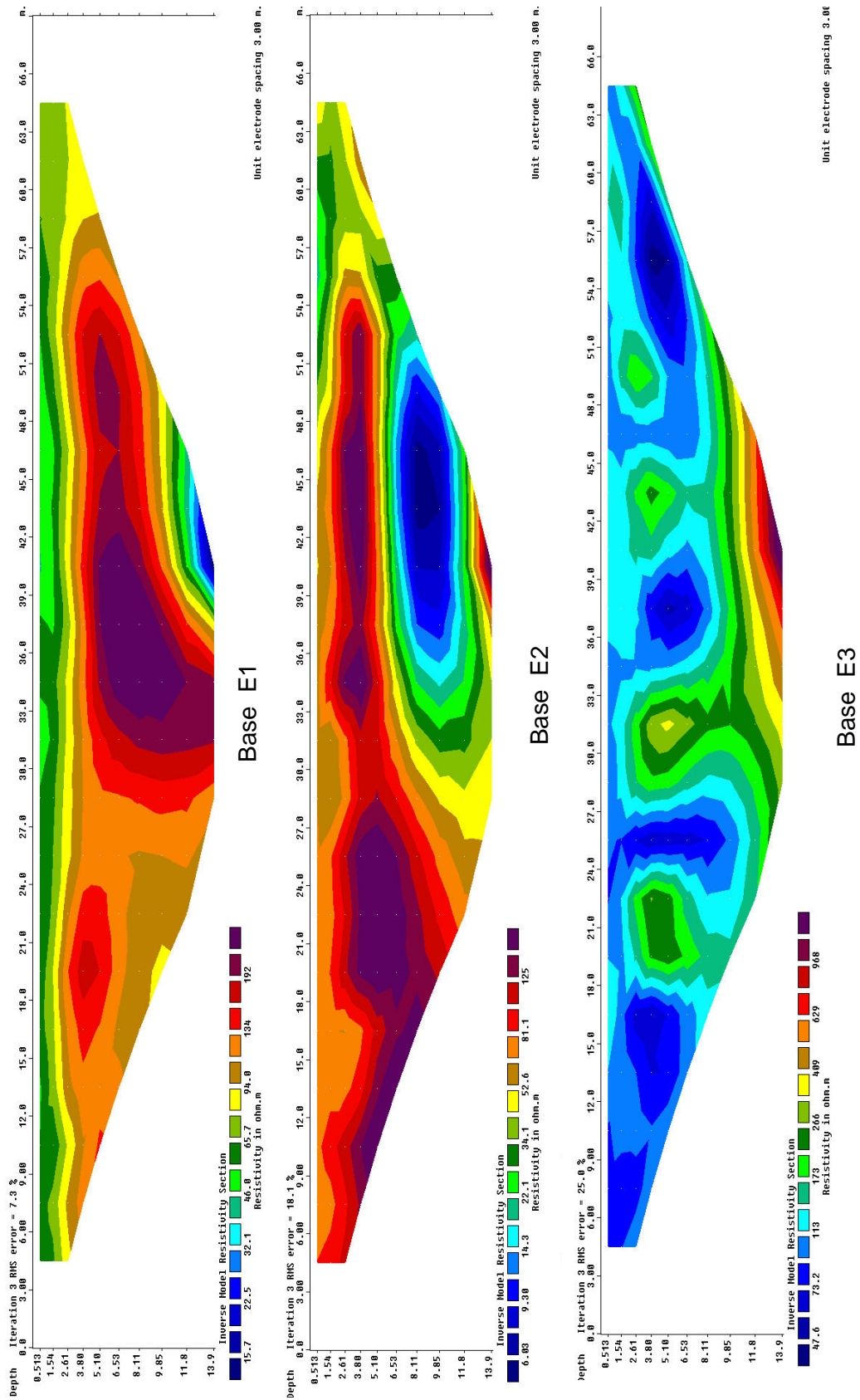
L'analisi delle sezioni tomografiche elettriche 2D ottenute, mostrano un range di resistività apparente variabile da 25 Ohm x m a 300 Ohm x m circa.

Il processo di inversione mostra una distribuzione pressoché orizzontale dei valori di resistività, che variano da 10 Ohm x m a 900 Ohm x m circa.

Da un'analisi d'insieme dei risultati ottenuti è possibile evidenziare le seguenti osservazioni:

- In riferimento alla variazione litologica evidenziata dai sondaggi meccanici è possibile correlare i valori di resistività più bassi a litologie limoso-argillose e quelle con valori elevati a litologie sabbioso-ghiaiose da sciolte a parzialmente litificate asciutte.
- Tutte le basi presentano un primo orizzonte caratterizzato da un range di resistività da 40 a 60 ohm x m correlabile con terreno agrario limoso-ghiaioso.
- Inferiormente si passa a sabbie e ghiaie limose, caratterizzato da una variazione del range di resistività da 80 a 200 ohm in riferimento alla percentuale limosa. Sono evidenti aree meno resistenti caratterizzate da strati limosi, sia in lenti orizzontali (basi E1 e E2) che in locali accumuli (base E3).
- La parte inferiore della base E3 evidenzia uno strato ad alta resistività che può essere correlato con strati ghiaiosi asciutti e/o sabbie parzialmente litificate.

Non sono state individuate falde idriche e/o cavità.



X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.

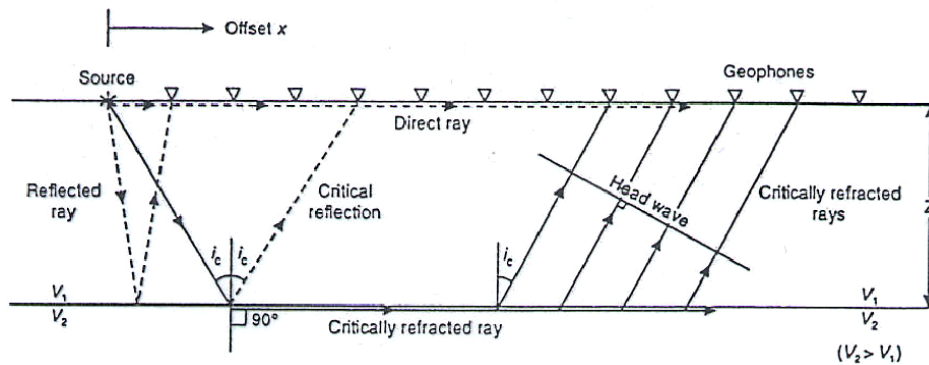
Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726  
 Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

## Sismica a rifrazione

### Cenni metodologici

La tecnica della sismica a rifrazione permette di determinare le velocità di propagazione delle onde longitudinale o primarie P. È 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.



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  $90^\circ$ , 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:



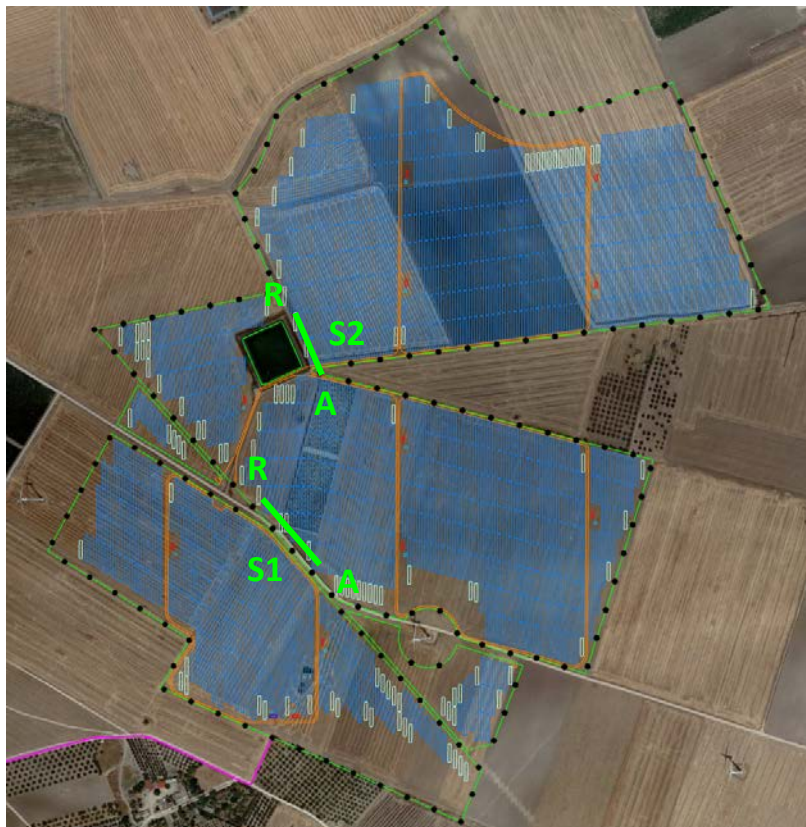
- individuazione dei primi arrivi attraverso l'osservazione dei sismogrammi e l'operazione di picking, previa elaborazione dei segnali ed operazione di filtraggio anche consecutivo con diverse tipologie di filtro digitale;
- ricostruzione delle dromocrone (grafico distanza-tempo) e scelta del modello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

## Modalità esecutive

Nel caso in oggetto, l'indagine è stata realizzata con n° 2 stendimenti lungo i quali sono stati disposti e collegati in serie 24 geofoni con frequenza di 4.5 Hz e distanza intergeofonica di 2 m. Sono stati eseguiti 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;

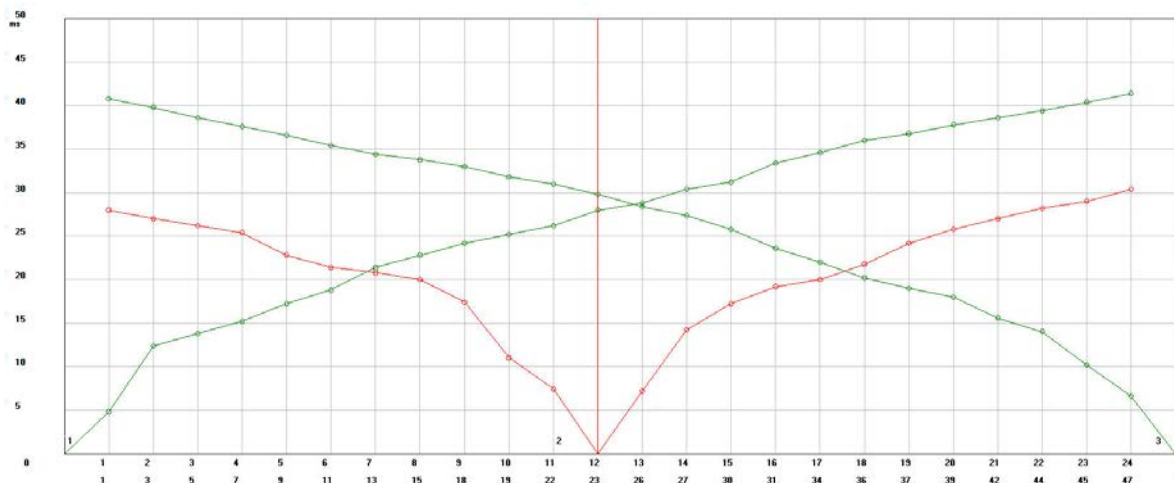
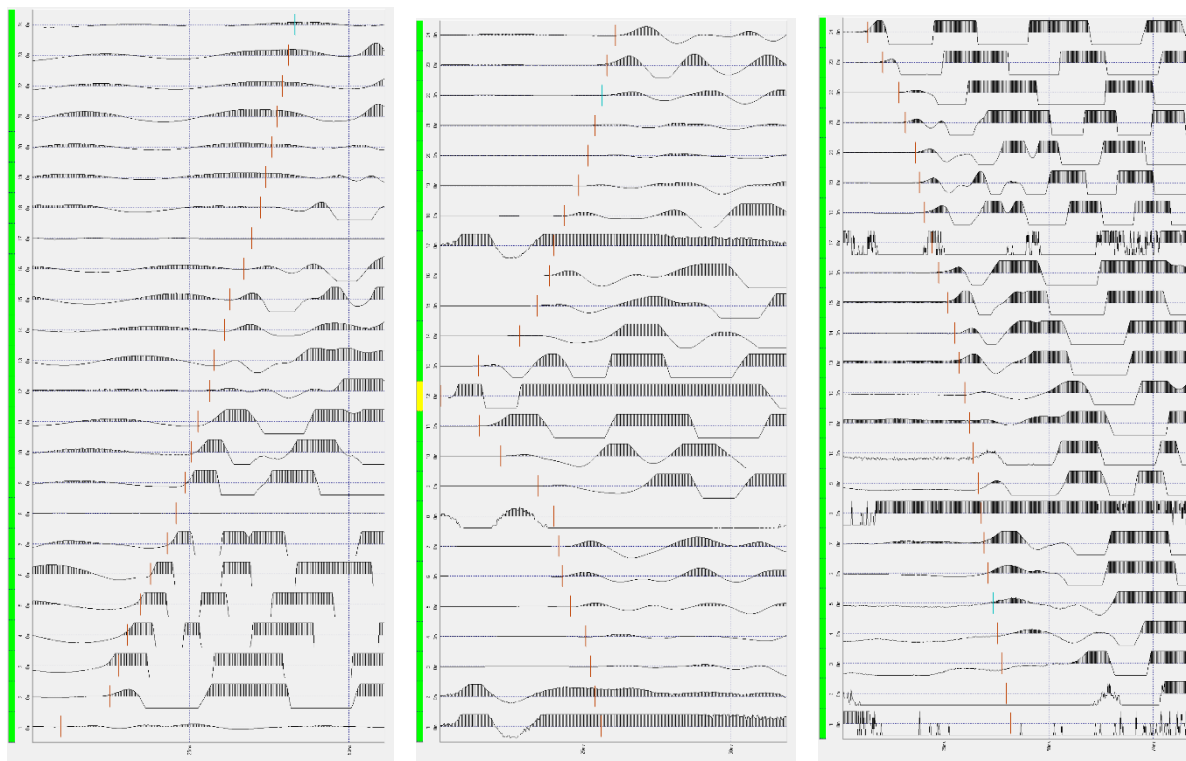
La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo DoReMi della "SARA e.i." a 16 bit; il processing dei dati è stato eseguito con il programma Winsism.



Ubicazione indagine sismica

### **X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.**

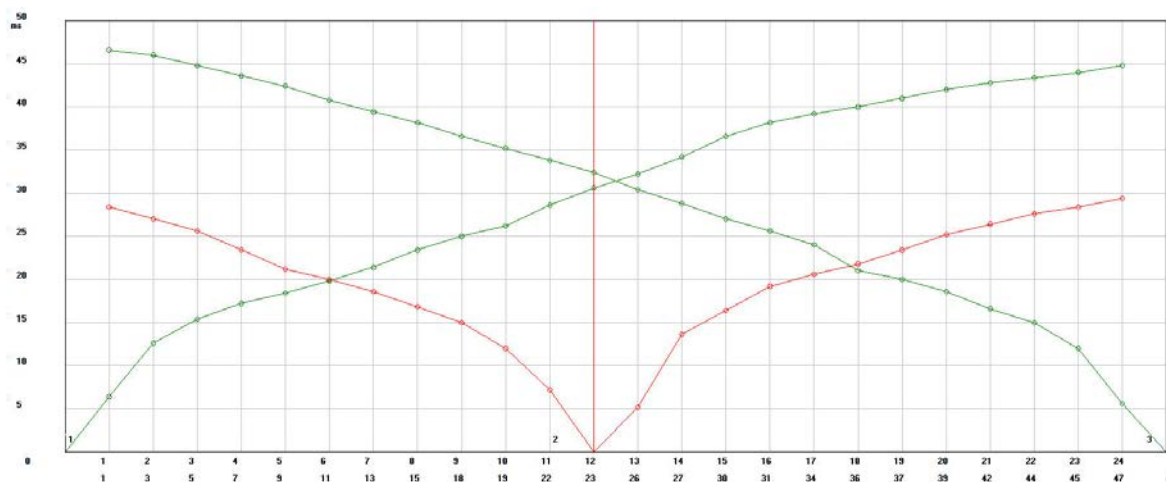
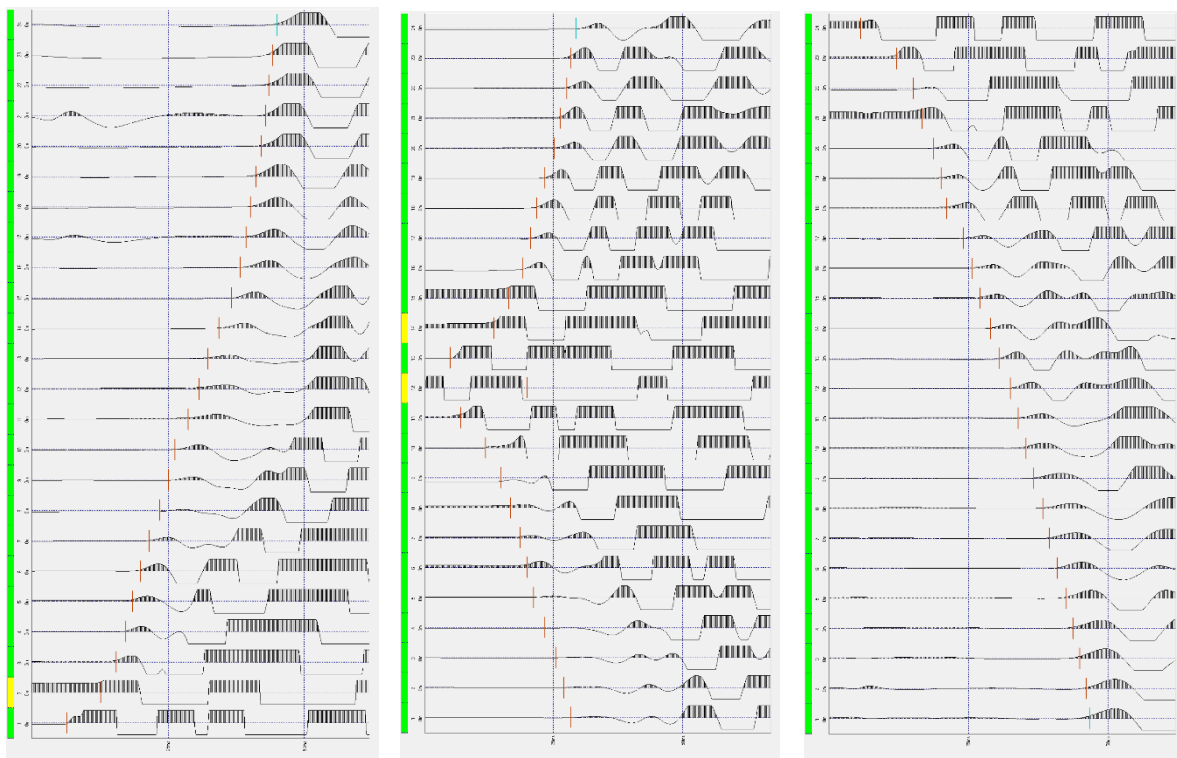
Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726  
Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.



Base S1 - Sismogrammi e dromocrona, Vp

**X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726  
 Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

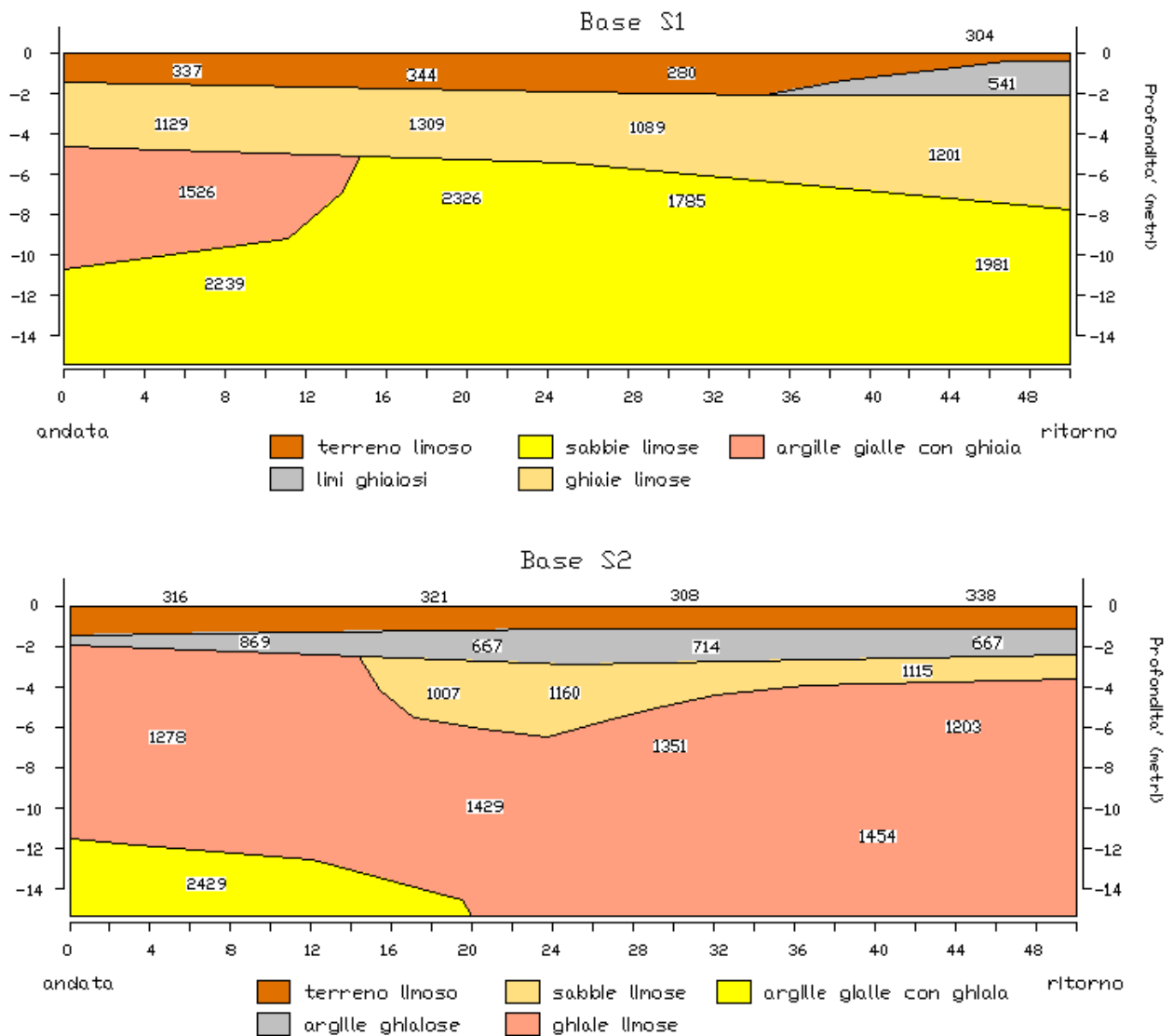


Base S2 - Sismogrammi e dromocrona, Vp

**X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726  
 Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.





Interpretazione sismo-stratigrafica, Vp

## Risultati dell'indagine sismica

- L'orizzonte - presenta uno spessore compreso tra 0.7 ed 1,70 m ed una velocità media delle onde P pari a 250-350 m/s ed è correlabile col terreno vegetale limoso con presenza, nei termini a maggiore velocità, di ciottoli.
- L'orizzonte - caratterizzato da una velocità delle onde P pari a 550-700 m/sec, è correlabile con limi/argille-ghiaiose;

X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726  
 Partita IVA n° 15361381005 - n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

- III orizzonte e IV orizzonte – presenta velocità variabili da 1000 a 1400 m/s ed è correlabile con sabbie e ghiaie limose. L'aumento delle velocità  $V_p$  dipende dall'incremento della frazione sabbioso-ghiaiosa e dal grado di compattezza (direttamente proporzionale alla profondità).
- V orizzonte - la velocità delle onde P presenta un deciso aumento rispetto allo strato superiore, correlabile con la presenza di argille gialle con conglomerati.



Base S1



Base S2

## PROVA "MASW"

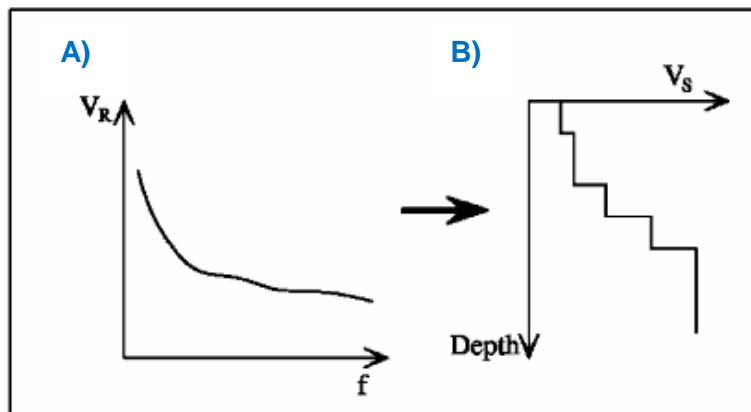
### Cenni metodologici

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.**

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

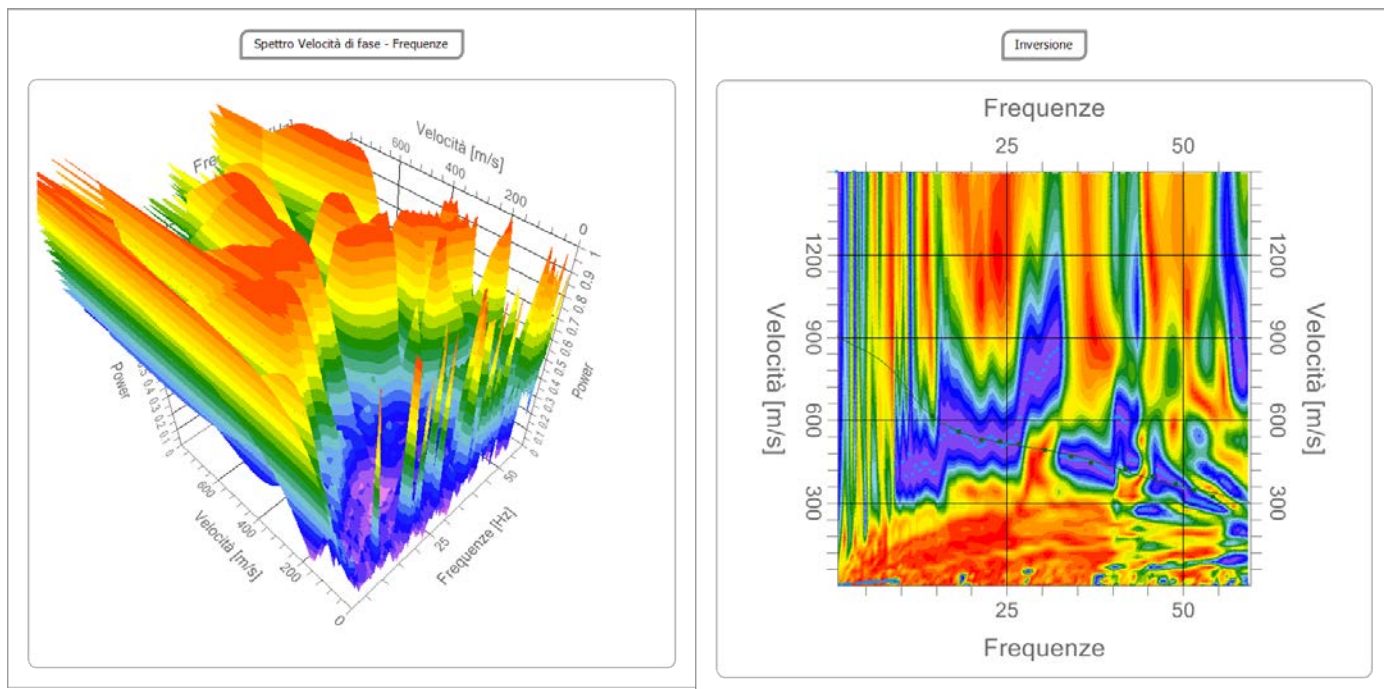
La modalità d'esecuzione è la stessa utilizzata per la sismica a rifrazione: uno stendimento singolo di lunghezza di 46 metri, lungo il quale sono stati disposti alternativamente e collegati in serie 24 geofoni con frequenza di 4.5 Hz e distanza intergeofonica di 2 m. Gli shots eseguiti, mediante l'utilizzo 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.

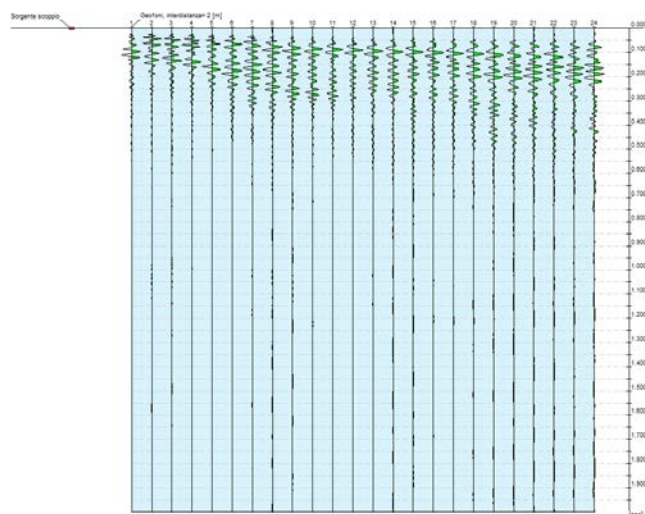
### Elaborazione e analisi dei risultati

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.

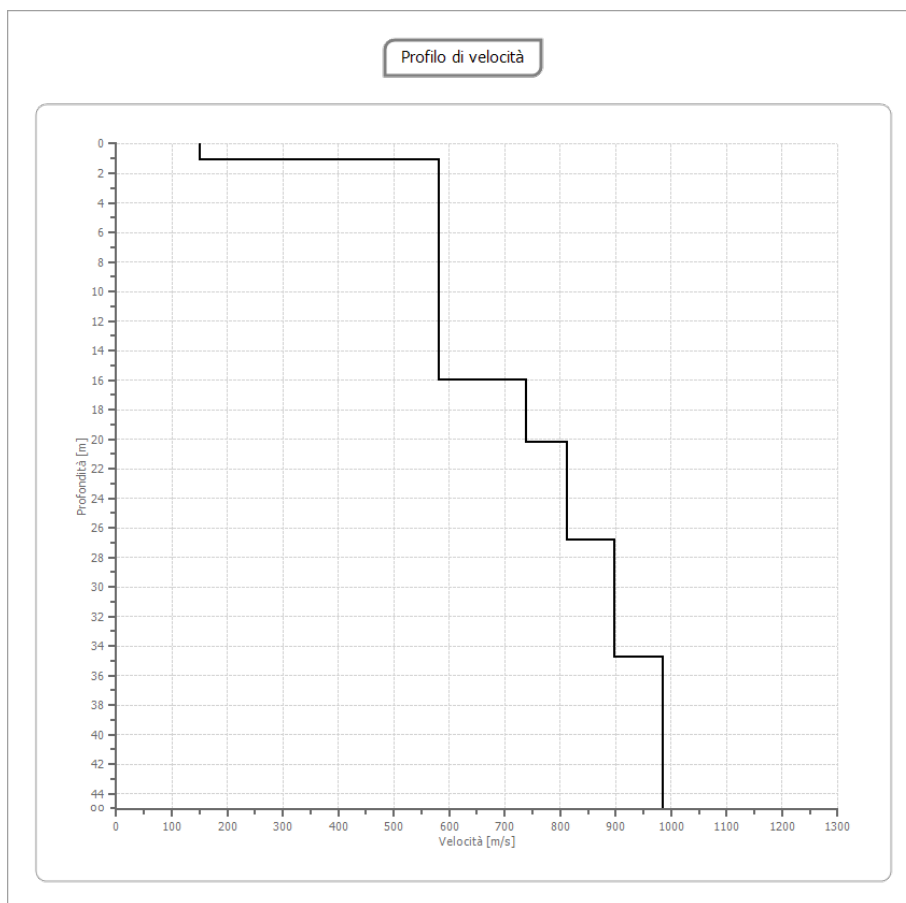


| strato | Prof.<br>(m) | Spessore<br>(m) | Vs<br>(m/s) |
|--------|--------------|-----------------|-------------|
| 1      | 1.06         | 1.060           | 150         |
| 2      | 15.99        | 14.93           | 581         |
| 3      | 20.18        | 4.19            | 739         |
| 4      | 26.79        | 6.61            | 813         |
| 5      | 34.73        | 7.93            | 898         |
| 6      | --           | --              | 984         |

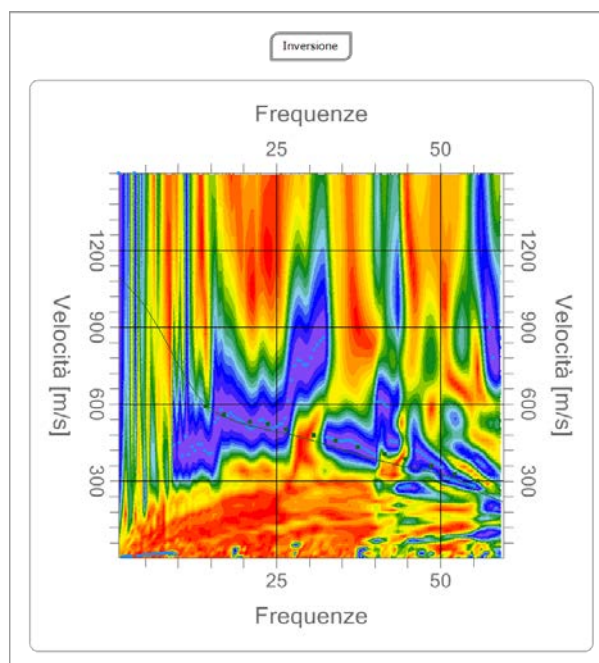
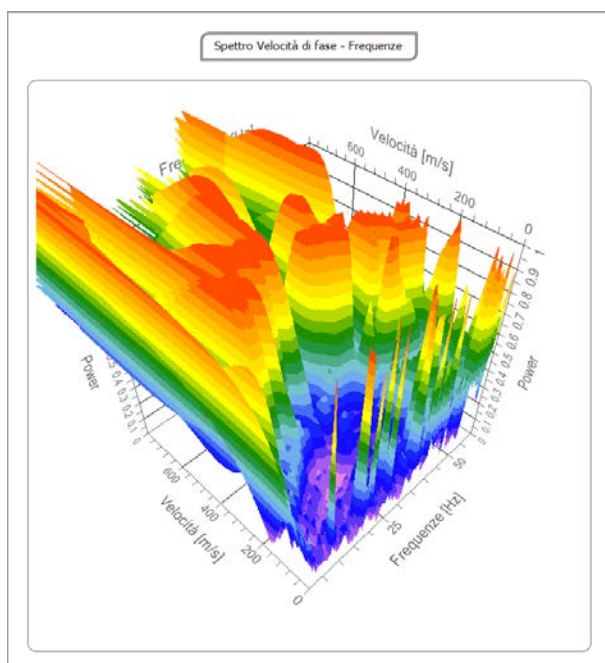
|              |  |     |
|--------------|--|-----|
| $V_{s_{eq}}$ |  | 525 |
|--------------|--|-----|



Base S1 - MASW – spettri velocità ed inversione e sismigramma



Base S1 - MASW – sismostratigrafia (Vs)



Base S1 - MASW – spettri velocità ed inversione

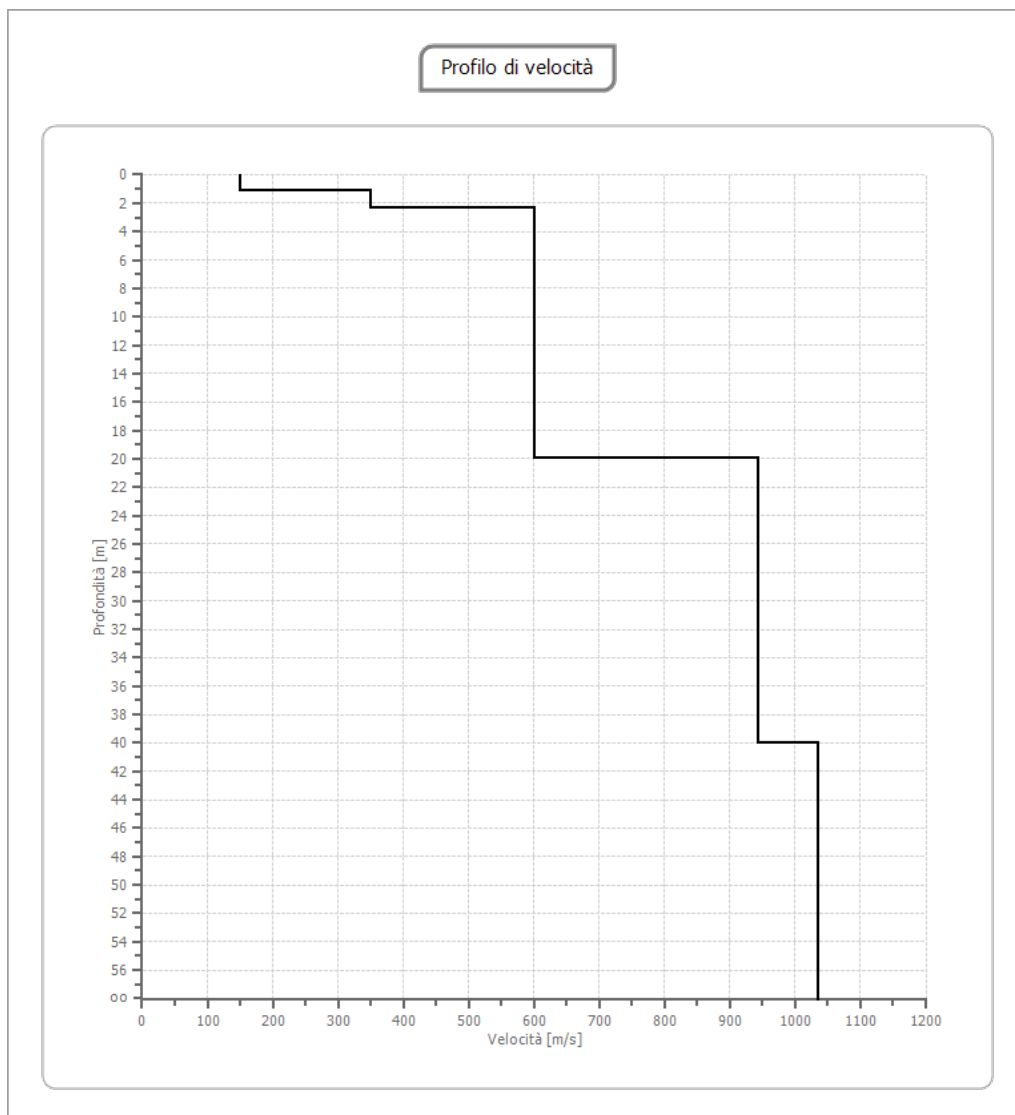
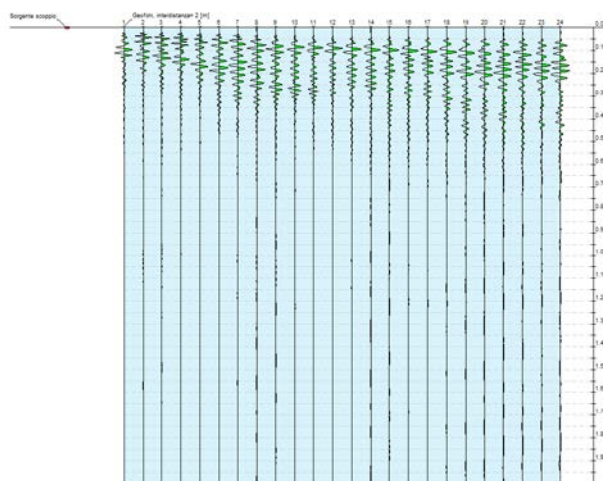
**X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726  
 Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.



| strato | Prof.<br>(m) | Spessore<br>(m) | Vs<br>(m/s) |
|--------|--------------|-----------------|-------------|
| 1      | 1.10         | 1.10            | 150         |
| 2      | 2.30         | 1.20            | 350         |
| 3      | 19.98        | 17.68           | 600         |
| 4      | 39.98        | 20              | 943         |
| 5      | 58.24        | 18.26           | 1035        |
| 6      | --           | --              | 1200        |

|           |     |
|-----------|-----|
| $V_{Seq}$ | 497 |
|-----------|-----|



Base S2 - MASW – sismogramma e sismostratigrafia (Vs)

**X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726  
 Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

## Parametri geofisici

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

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

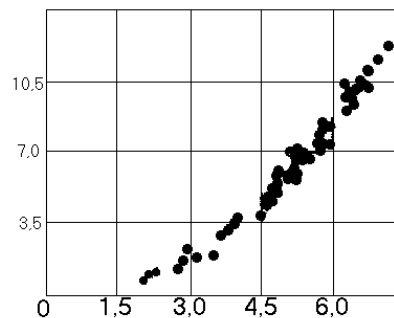
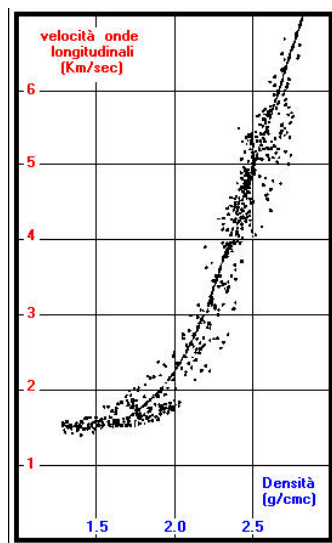
- **G** (modulo di taglio) - Ohta & Goto  $G = Ed / 2 \cdot (1 + \mu)$

- **$\gamma$**  (densità geofisica del terreno)  $\gamma_{din} = 0,51 \cdot V_p^{0,19}$

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

- **$\mu$**  (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  $V_p/\gamma$  (Nate- Drake) e  $V_p/Ed$  (Brown e Roberthshaw)

| Parametri sismici          |                     | I orizzonte | II orizzonte | III-IV orizzonte | V orizzonte |
|----------------------------|---------------------|-------------|--------------|------------------|-------------|
| spessore                   | m                   | 1,10        | 1,25         | 9,00             | >20         |
| velocità onde P            | m/s                 | 304         | 625          | 1148             | 2005        |
| velocità onde S            | m/s                 | 128         | 257          | 580              | 777         |
| modulo di Poisson $\mu$    | -                   | 0,39        | 0,40         | 0,33             | 0,41        |
| densità geofisica $\gamma$ | g/cm <sup>3</sup>   | 1,51        | 1,73         | 1,95             | 2,16        |
| modulo di taglio G         | MPa                 | 25          | 115          | 655              | 1307        |
| mod. dinamico Young Ed     | MPa                 | 69          | 321          | 1741             | 3689        |
| rigidità sismica R         | t/cm <sup>2</sup> s | 193         | 446          | 1129             | 1681        |



X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726  
 Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

## TRIVELLAZIONI A CAROTAGGIO CONTINUO



Nell'area interessata dal progetto agrovoltico sono state eseguite n° 14 sondaggi geognostici profondi 4.00 m a carotaggio continuo. Le operazioni di trivellazione sono state effettuate con una perforatrice idraulica C6 Casagrande, con un diametro  $\varnothing$ 101 mm. Dopo il prelievo, i campioni sono stati conservati nelle cassette catalogatrici per il riconoscimento e la redazione della stratigrafia.

In corrispondenza di ogni sondaggio è stata eseguita l'analisi stratigrafica, una prova penetrometrica dinamica S.P.T. (Standard Penetration Test) ed il prelievo dei campioni di terreno da sottoporre alle analisi di laboratorio geotecnico e/o chimico. Inoltre, è stata verificata la presenza di eventuali falde idriche e predisposto il prelievo di campioni di acqua da inoltrare al laboratorio di analisi. Le colonne stratigrafiche sono riportate in calce alla presente relazione.

| <b>Perforazione T1</b>  |              |  |
|---|--------------|--|
|  |              |  |
| strato  | Spessore (m) | litologia  |
| 1   | 0.00-1.00    | Terreno vegetale limoso colore marrone   |
| 2   | 1.00-1.20    | Sabbia e ghiaia limosa colore rossastra  |
| 3   | 1.20-3.00    | Argilla biancastra con ciottoli  |
| 4   | 3.00-4.00    | Sabbia e ghiaia limosa colore beige  |





**Perforazione T2**



| strato | Spessore (m) | litologia                              |
|--------|--------------|--|
| 1      | 0.00-0.70    | Terreno vegetale limoso colore marrone |
| 2      | 0.70-1.70    | Limo sabbioso colore beige             |
| 3      | 1.70-2.30    | Sabbia limosa colore rossiccio         |
| 4      | 2.30-3.20    | Ghiaia limosa colore beige             |
| 5      | 3.20-4.00    | Sabbia colore grigio                   |

**Perforazione T3**



| strato | Spessore (m) | litologia                              |
|--------|--------------|--|
| 1      | 0.00-0.80    | Terreno vegetale limoso colore marrone |
| 2      | 0.80-1.80    | Limo sabbioso colore beige             |
| 3      | 1.80-4.00    | Argilla biancastra                     |

**Perforazione T4**



| strato | Spessore (m) | litologia                              |
|--------|--------------|--|
| 1      | 0.00-0.70    | Terreno vegetale limoso colore marrone |
| 2      | 0.70-0.80    | Limo sabbioso colore beige             |
| 3      | 0.80-1.70    | Argilla biancastra                     |
| 4      | 1.70-2.40    | Ghiaia                                 |
| 5      | 2.40-4.00    | Ghiaia con limo colore beige           |



**Perforazione T5**

| strato | Spessore (m) | litologia                              |
|--------|--------------|--|
| 1      | 0.00-0.70    | Terreno vegetale limoso colore marrone |
| 2      | 0.70-0.90    | Sabbia limosa colore beige             |
| 3      | 0.90-1.90    | Argilla biancastra                     |
| 4      | 1.90-4.00    | Sabbia limosa rossiccia                |



| <b>Perforazione T6</b>  |              |  |
|---|--------------|--|
|  |              |  |
| strato  | Spessore (m) | litologia  |
| 1   | 0.00-0.40    | Terreno vegetale limoso aerato con ciottoli colore marrone                         |
| 2   | 0.40-1.90    | Terreno limoso con ciottoli colore marrone   |
| 3   | 1.90-4.00    | Argilla colore beige   |

| <b>Perforazione T7</b>  |              |  |
|---|--------------|--|
|  |              |  |
| strato  | Spessore (m) | litologia  |
| 1   | 0.00-0.50    | Terreno vegetale limoso aerato con ciottoli colore marrone                           |
| 2   | 0.50-2.00    | Terreno vegetale limoso con ciottoli colore marrone                                  |
| 3   | 2.00-3.20    | Argilla colore beige   |
| 4   | 3.20-4.00    | Ghiaia   |

### Perforazione T8





| strato | Spessore (m) | litologia   |
|--------|--------------|---|
| 1      | 0.00-0.70    | Terreno vegetale limoso con ciottoli colore marrone |
| 2      | 0.70-3.30    | Sabbia limosa rossiccia                             |
| 3      | 3.30-4.00    | Ghiaia con limo colore beige                        |



### Perforazione T9







| strato | Spessore (m) | litologia   |
|--------|--------------|---|
| 1      | 0.00-0.50    | Terreno vegetale limoso con ciottoli colore marrone |
| 2      | 0.50-4.00    | Sabbia limosa con ghiaia colore beige               |





| <b>Perforazione T10</b>   |              |  |
|---|--------------|--|
|  |              |  |
| strato  | Spessore (m) | litologia  |
| 1   | 0.00-0.50    | Terreno vegetale limoso con ciottoli colore marrone                                |
| 2   | 0.50-2.50    | Sabbia limosa con ghiaia colore beige  |
| 3   | 2.50-3.50    | Ghiaia con limo colore beige   |
| 4   | 3.50-4.00    | Sabbia colore giallo   |

| <b>Perforazione T11</b>   |              |  |
|---|--------------|--|
|  |              |  |
| strato  | Spessore (m) | litologia  |
| 1   | 0.00-0.40    | Terreno vegetale limoso aerato colore marrone  |
| 2   | 0.40-4.00    | Sabbia e ghiaia con limo colore beige  |

| <b>Perforazione T12</b>   |              |  |
|---|--------------|--|
|  |              |  |
| strato  | Spessore (m) | litologia  |
| 1   | 0.00-1.00    | Terreno vegetale nerastro  |
| 2   | 1.00-1.20    | Ghiaia con limo colore beige   |
| 3   | 1.20-4.00    | Sabbia limosa colore giallo  |

| <b>Perforazione T13</b>   |              |  |
|---|--------------|--|
|  |              |  |
| strato  | Spessore (m) | litologia  |
| 1   | 0.00-0.80    | Terreno vegetale limoso colore marrone   |
| 2   | 0.80-3.80    | Sabbia limosa colore giallo  |
| 4   | 3.80-4.00    | Ghiaia con limo colore beige   |



| <b>Perforazione T14</b>   |              |  |
|---|--------------|--|
|  |              |  |
| strato  | Spessore (m) | litologia  |
| 1   | 0.00-0.50    | Terreno vegetale limoso aerato colore marrone                                      |
| 2   | 0.50-2.00    | Sabbia limosa litificata colore beige  |
| 3   | 2.00-3.00    | Sabbia e ghiaia con limo colore beige  |
| 4   | 3.00-4.00    | Ghiaia con limo colore beige   |

## PROVE PENETROMETRICHE



Come detto in precedenza, in corrispondenza di ogni trivellazione, è stata eseguita una prova S.P.T. (Standard Penetration Test) in avanzamento, facendo riferimento agli standard ASTM 1586/68, "Penetration Test and Split- Barrel Sampling of Soil". La prova Standard Penetration Test consiste nel far penetrare nel terreno, sotto i colpi di un maglio con peso prefissato, un campionatore standardizzato, detto campionatore di Raymond dal nome della società che lo adottò originariamente.

Le caratteristiche del campionatore sono:

- lunghezza totale            813 mm            - peso aste                        7 Kg
- diametro esterno            51 mm                - diametro interno            35 mm

Il dispositivo a percussione è costituito da un maglio di 140 libbre (63,5 Kg) con altezza di caduta pari a 76.2 cm. La prova consiste nel registrare il numero di colpi (N) necessari per l'avanzamento di un piede (30 cm) dopo una penetrazione a vuoto di 15 cm a partire dal fondo del foro preventivamente spurgato.

Si contano il numero di colpi (N1, N2, N3) necessari per fare penetrare il maglio lungo tre tratti successivi lunghi 15 cm. Il primo valore N1 è considerato di avviamento e la somma di N2 e N3, chiamata N<sub>spt</sub>, è il parametro che serve per valutare la resistenza del terreno.

**X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726  
 Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

Il risultato della prova S.P.T. è influenzato dalla tecnica di perforazione, dall'attrezzatura utilizzata e dalla metodologia di esecuzione della prova.

Fattori correttivi:

1) In base al diametro della perforazione: Skempton ha suggerito i seguenti fattori correttivi:

$$N' = N_{spt} \cdot C_d$$

In cui:

$$C_d = 1,00 \text{ se } d = 65 \div 115$$

$$C_d = 1,05 \text{ se } d = 150$$

$$C_d = 1,15 \text{ se } d = 200$$

2) In base alla lunghezza delle aste vi sono i seguenti fattori di correzione:

| Lunghezza aste | Coefficiente C |
|----------------|----------------|
| Da 3 m a 4 m   | 0.75           |
| Da 4 m a 6 m   | 0.85           |
| Da 6 m a 10 m  | 0.95           |
| Da 10 m a 30 m | 1.00           |
| Maggiore 30 m  | >1.0           |

3) In presenza di falda:

$$N' = 15 + 0,5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

4) In base all'energia trasmessa dal campionatore mediante le aste:

$$N' = N_{spt} \frac{E}{E^S}$$

5) Se il campionatore non è standard:

- Campionatore standard: C = 1,0
- Campionatore senza astuccio: C = 1,2

$$N' = N_{spt} \cdot C$$

| N° | Profondità | N° colpi (15 cm) | N° colpi (30 cm) | N° colpi (45 cm) | N <sub>SPT</sub> | N' |
|----|------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----|
| 01 | 2.00-2.45  | 25               | 24               | 21               | 45               | 34 |
| 02 | 2.30-2.75  | 14               | 18               | 25               | 43               | 32 |
| 03 | 2.00-2.45  | 8                | 10               | 9                | 19               | 14 |
| 04 | 2.30-2.75  | 22               | R                |                  | R                | R  |
| 05 | 2.50-2.95  | 11               | 20               | 25               | 45               | 34 |
| 06 | 2.40-2.85  | 8                | 12               | 14               | 26               | 20 |
| 07 | 2.20-2.65  | 7                | 13               | 17               | 30               | 23 |
| 08 | 2.50-2.95  | 22               | R                |                  | R                | R  |
| 09 | 2.00-2.45  | R                |                  |                  | R                | R  |

**X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726  
 Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.



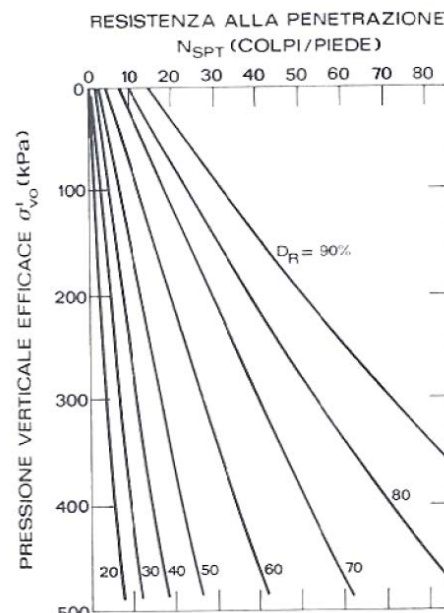
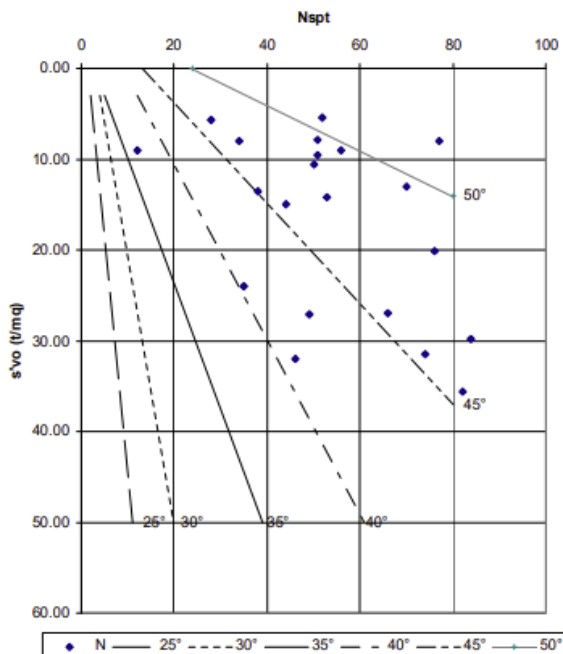
|    |           |    |    |    |    |    |
|----|-----------|----|----|----|----|----|
| 10 | 2.50-2.95 | 24 | R  |    | R  | R  |
| 11 | 2.00-2.45 | 31 | 42 | R  | R  | R  |
| 12 | 2.50-2.95 | 12 | 16 | 21 | 37 | 28 |
| 13 | 2.00-2.45 | 12 | 19 | 21 | 40 | 30 |
| 14 | 2.60-3.05 | 29 | R  |    | R  | R  |

## Correlazioni geotecniche

In letteratura ci sono moltissime correlazioni tra il numero dei colpi SPT ed i principali parametri meccanici.

In relazione alla natura dei terreni attraversati, sono state scelti i seguenti modelli matematici:

- Angolo di attrito  $\varphi$ : De Mello
- Densità relativa  $D_R$ : Gibbs & Holtz
- Modulo Elastico E: Schmertmann
- Modulo di taglio  $G_0$ : Ohsaki & Iwasaki
- Modulo Edometrico M: Farrent



Per quanto riguarda il peso di volume, è possibile adottare:

- peso di volume ( $t/m^3$ ):  $1.80 t/m^3$
- peso di volume saturo ( $t/m^3$ ):  $1.90 t/m^3$

**X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726  
 Partita IVA n° 15361381005 - n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

Trattandosi di terreni sabbioso-ciottolosi, il valore della coesione tende a zero.

| N° | N' spt | Profondità da p.c. (m) | Angolo di attrito | Densità relative D <sub>R</sub> % | Modulo di Young (MPa) | Modulo di Taglio (MPa) | Mod. Edometrico (MPa) |
|----|--------|------------------------|-------------------|-----------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| 01 | 34     | 2.00                   | 32°               | 108                               | 40.0                  | 169.0                  | 23.7                  |
| 02 | 32     | 2.30                   | 32°               | 104                               | 37.6                  | 161.3                  | 22.3                  |
| 03 | 14     | 2.00                   | 29°               | 78                                | 16.5                  | 86.1                   | 9.7                   |
| 04 | R      | 2.30                   | 35°               | 151                               | 117.6                 | 383.6                  | 69.6                  |
| 05 | 34     | 2.50                   | 32°               | 105                               | 40.0                  | 169.0                  | 23.7                  |
| 06 | 20     | 2.40                   | 30°               | 87                                | 23.5                  | 112.9                  | 13.9                  |
| 07 | 23     | 2.20                   | 31°               | 93                                | 27.0                  | 125.5                  | 16.0                  |
| 08 | R      | 2.50                   | 35°               | 150                               | 117.6                 | 383.6                  | 69.6                  |
| 09 | R      | 2.00                   | 35°               | 153                               | 117.6                 | 383.6                  | 69.6                  |
| 10 | R      | 2.50                   | 35°               | 150                               | 117.6                 | 383.6                  | 69.6                  |
| 11 | R      | 2.00                   | 35°               | 153                               | 117.6                 | 383.6                  | 69.6                  |
| 12 | 28     | 2.50                   | 32°               | 98                                | 32.9                  | 145.8                  | 19.5                  |
| 13 | 30     | 2.00                   | 32°               | 103                               | 35.3                  | 153.6                  | 20.9                  |
| 14 | R      | 2.60                   | 35°               | 149                               | 117.6                 | 383.3                  | 69.6                  |

## VERIFICA DI STABILITÀ DEI PENDII

Il paragrafo 6.3 del D.M. 17.01.2018 prevede lo studio delle condizioni di stabilità dei pendii naturali e dello stato di progetto. I dati riguardo alla morfologia, geologia ed idrogeologia dell'area in esame escludono possibili pericoli di instabilità.

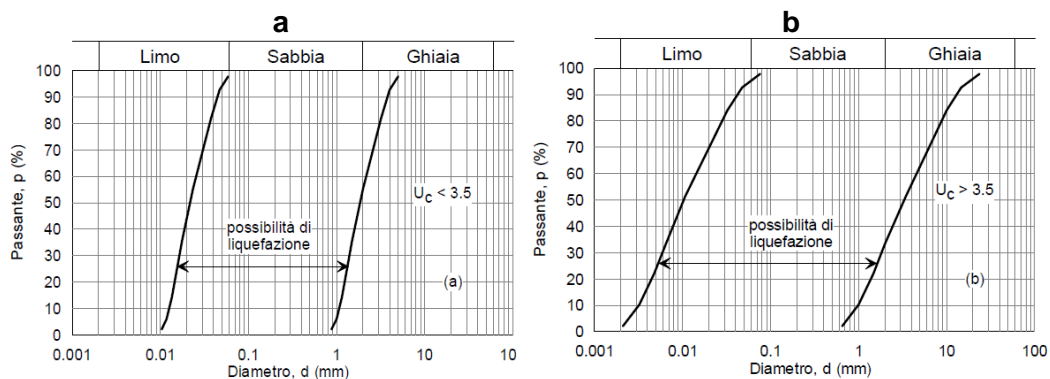
## VERIFICA DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI IN CONDIZIONI SISMICHE

Dal momento che i terreni di fondazione risultano caratterizzati da sabbie, è stata eseguita una verifica riguardo la potenziale liquefacibilità dello stesso.

Il paragrafo "7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a liquefazione" del DM 2018 stabilisce i criteri per cui la verifica a liquefazione può essere omessa.

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)60 > 30$  oppure  $qc1N > 180$  dove  $(N1)60$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc1N$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 34(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura 34(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .



Distribuzione granulometrica

Nel caso in esame:

- la profondità della falda idrica è stata considerata pari a 15 m.
- Il risultato ottenuto dalla verifica a liquefazione ha fornito un fattore di sicurezza.

## VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE Metodo semplificato

Metodo di Andrus e Stokoe (1997) modificato

Città: Ortona/Foggia

Località: La Quercia-Crusta

La valutazione della capacità di resistenza alla liquefazione (CRR) da prove sismiche ( $V_s$ ) viene stimata dagli autori con la seguente espressione:

$$CRR = 0.03 \cdot \left(\frac{V_{S1}}{100}\right)^2 + \frac{0.9}{V_{S1C} - V_{S1}} - \frac{0.9}{V_{S1C}}$$

dove

$$V_{S1} = V_s \cdot \left(\frac{1}{\sigma'_v}\right)^{0.25}$$

$$V_{S1C} = \begin{cases} 220 & FC < 5\% \\ 210 & FC = 20\% \\ 200 & FC > 35\% \end{cases}$$

Con

$V_s$ , velocità misurata dell'onda di taglio S espressa in [m/s];

FC, frazione di fine contenuto nella sabbia, espressa in [%];

$\sigma'_v$ , pressione verticale efficace espressa in [Kg/cm<sup>2</sup>].

Il deposito sabbioso saturo è potenzialmente liquefacibile se risulta  $F_s \leq 1.0$ .

| STRATIGRAFIA                |                    |         |        |        |        |   |
|-----------------------------|--------------------|---------|--------|--------|--------|---|
| strati                      |                    | 1       | 2      | 3      | 4      | 5 |
| peso specifico $\gamma$     | g/cm <sup>3</sup>  | 1.51    | 1.73   | 1.95   | 2.16   |   |
| $\sigma_{vo}$               | kg/cm <sup>2</sup> | 0.151   | 0.346  | 0.585  | 2.592  |   |
| press. vert. $\sigma_{vo}'$ | kg/cm <sup>2</sup> | 0.151   | 0.346  | 0.585  | 1.692  |   |
| prof. prova Z               | cm                 | 100     | 200    | 300    | 1200   |   |
| prof. falda $Z_F$           | cm                 | 1400    | 1300   | 1200   | 300    |   |
| p.s. acqua $\gamma_{H2O}$   | g/cm <sup>3</sup>  | 1       | 1      | 1      | 1      |   |
| press. neutra p             | kg/cm <sup>2</sup> | 0       | 0      | 0      | 0.9    |   |
| fraz. fine FC               | %                  | 50      | 50     | 20     | 50     |   |
| vel. Sismica $V_s$          | m/s                | 128     | 257    | 580    | 777    |   |
| $V_{S1C}$                   | m/s                | 200     | 200    | 210    | 200    |   |
| $V_{S1}$                    | m/s                | 205.34  | 335.09 | 663.19 | 681.27 |   |
| <b>CRR</b>                  |                    | -0.0467 | 0.3257 | 1.3132 | 1.3860 |   |

**X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726

Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.



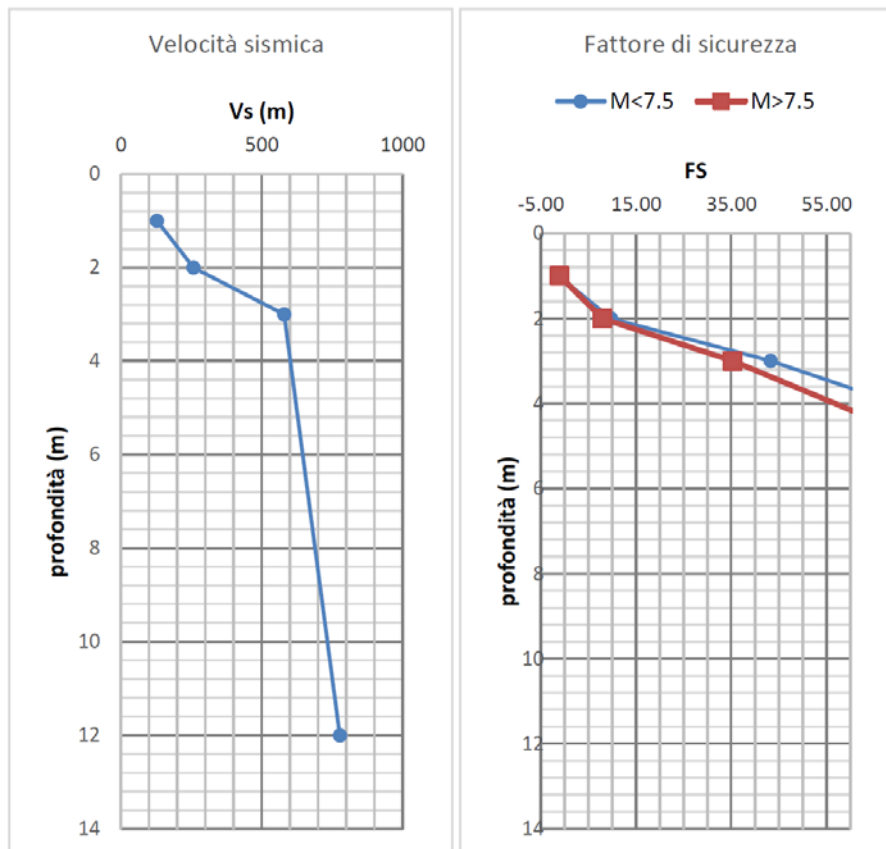
Il potenziale di liquefazione viene stimato secondo l'approccio deterministico, calcolando, per ciascuno degli strati investigati, il fattore di sicurezza FS, ottenuto come rapporto tra la resistenza alla liquefazione CCR e la domanda sismica attesa CSR.

$$CSR = 0.65 \cdot \left(\frac{a_{max}}{g}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{v0}}{\sigma_{v0'}}\right) \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

| strati              | 1      | 2      | 3      | 4      | 5 |          |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|---|----------|
| M                   | 5.7    | 5.7    | 5.7    | 5.7    |   |          |
| MSF                 | 2.47   | 2.47   | 2.47   | 2.47   |   | se M≤7.5 |
|                     | 2.02   | 2.02   | 2.02   | 2.02   |   | se M>7.5 |
| a <sub>max</sub> /g | 0.15   | 0.15   | 0.15   | 0.15   |   |          |
| r <sub>d</sub>      | 0.924  | 0.847  | 0.771  | 0.082  |   |          |
| CSR                 | 0.0364 | 0.0334 | 0.0304 | 0.0050 |   | se M≤7.5 |
|                     | 0.0446 | 0.0409 | 0.0372 | 0.0061 |   | se M>7.5 |

|    |             |            |            |            |  |          |
|----|-------------|------------|------------|------------|--|----------|
| FS | -1.28       | 9.76       | 43.24      | 279.92     |  | se M≤7.5 |
|    | Liquefacibi | Verificato | Verificato | Verificato |  |          |
|    | -1.05       | 7.96       | 35.28      | 228.39     |  | se M>7.5 |
|    | Liquefacibi | Verificato | Verificato | Verificato |  |          |



---

## CONCLUSIONI

A conclusione dello studio geotecnico e sismico eseguito nell'area in oggetto, è possibile esprimere le seguenti considerazioni:

- I terreni di progetto sono tutti caratterizzati da una morfologia pianeggiante;
- non sono presenti rischi morfologici;
- la falda idrica si trova oltre i 15 m;
- l'area rientra in una zona a sismicità Z2;
- la natura litologica del sottosuolo è sabbioso-ghiaioso-limosa, con presenza di livelli e strati litificati e argillosi;
- la classe di sottosuolo è la "B";
- le prove penetrometriche indicano un sottosuolo mediamente compatto, i valori medi dei colpi si aggirano intorno ai 30 con diverse zone a rifiuto.
- I terreni non presentano rischi da liquefazione, tranne lo strato superficiale di terreno agrario che sarà eliminato;

In conclusione, le aree in esame risultano geologicamente idonee per il progetto di impianto agrovoltico.

## COLONNE STRATIGRAFICHE

|                                |               |       |                        |              |       |              |
|--------------------------------|---------------|-------|------------------------|--------------|-------|--------------|
| Committente                    | X-ELIO        |       |                        |              |       |              |
| Località                       | Ortona-Foggia |       |                        | Sondaggio N° | 1     |              |
| Profondità Sondaggio           | 4             | [ m ] | Metodo di perforazione | Rotazione    |       |              |
| Prof. falda dal piano campagna | 18.00         | [ m ] | φ di perforazione      | 101          | Quota | 111.50 s.l.m |

| Stratigrafia | Falda | Descrizione  | Prof.        | Prof. Camp | Camp. | SPT   |                |
|--------------|-------|--|--------------|------------|-------|-------|----------------|
|              |       |  |              |            |       | Prof. | N colpi        |
|              |       | Terreno vegetale limoso ciottoloso, colore marrone |              |            |       |       |                |
|              |       | sabbia e ghiaia limosa, colore rossastro           | 1.00<br>1.20 |            |       |       |                |
|              |       | argilla biancastra                                 |              | 1.50       | C01   |       |                |
|              |       |  |              |            |       | 2.00  | 25<br>24<br>21 |
|              |       |  |              |            |       | 2.45  |                |
|              |       | sabbia e ghiaia limosa, colore beige               | 3.00         |            |       |       |                |
|              |       | FINE FORO  | 4.00         |            |       |       |                |

**X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726  
 Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.



|                                |               |       |                        |              |                    |
|--------------------------------|---------------|-------|------------------------|--------------|--------------------|
| Committente                    | X-ELIO        |       |                        |              |                    |
| Località                       | Ortona-Foggia |       |                        | Sondaggio N° | 2                  |
| Profondità Sondaggio           | 4             | [ m ] | Metodo di perforazione | Rotazione    |                    |
| Prof. falda dal piano campagna | 18.00         | [ m ] | φ di perforazione      | 101          | Quota 113.50 s.l.m |

| Stratigrafia | Falda | Descrizione                             | Prof. | Prof. Camp | Camp. | SPT   |         |
|--------------|-------|---|-------|------------|-------|-------|---------|
|              |       |   |       |            |       | Prof. | N colpi |
| 0            |       | Terreno vegetale limoso, colore marrone |       |            |       |       |         |
| 0.5          |       |   | 0.70  |            |       |       |         |
| 1            |       | limo sabbioso, colore rossastro         |       |            |       |       |         |
| 1.5          |       |   | 1.70  |            |       |       |         |
| 2            |       | sabbia limosa, colore rossiccio         |       | 1.80       | C02   |       |         |
| 2.5          |       |   | 2.30  |            |       | 2.30  | 14      |
|              |       |   |       |            |       | 2.75  | 18      |
|              |       | ghiaia limosa. Colore beige             |       |            |       |       | 25      |
| 3            |       |   | 3.20  |            |       |       |         |
| 3.5          |       | sabbia, colore grigio                   |       |            |       |       |         |
| 4            |       | FINE FORO                               | 4.00  |            |       |       |         |

**X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726  
 Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

|                                |               |       |                        |              |                    |
|--------------------------------|---------------|-------|------------------------|--------------|--------------------|
| Committente                    | X-ELIO        |       |                        |              |                    |
| Località                       | Ortona-Foggia |       |                        | Sondaggio N° | 3                  |
| Profondità Sondaggio           | 4             | [ m ] | Metodo di perforazione | Rotazione    |                    |
| Prof. falda dal piano campagna | 18.00         | [ m ] | φ di perforazione      | 101          | Quota 114.50 s.l.m |

| Stratigrafia | Falda | Descrizione                             | Prof. | Prof. Camp | Camp. | SPT   |         |
|--------------|-------|---|-------|------------|-------|-------|---------|
|              |       |   |       |            |       | Prof. | N colpi |
| 0            |       | Terreno vegetale limoso, colore marrone |       |            |       |       |         |
| 0.5          |       |   | 0.80  |            |       |       |         |
| 1            |       | limo sabbioso, colore beige             |       |            |       |       |         |
| 1.5          |       |   | 1.80  |            |       |       |         |
| 2            |       |   |       |            |       | 2.00  | 8       |
| 2.5          |       |   |       |            |       | 2.45  | 10      |
| 3            |       | argilla biancastra                      |       |            |       |       | 9       |
| 3.5          |       |   |       |            |       |       |         |
| 4            |       | FINE FORO                               | 4.00  |            |       |       |         |

X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726

Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

|                                |               |       |                        |              |                    |
|--------------------------------|---------------|-------|------------------------|--------------|--------------------|
| Committente                    | X-ELIO        |       |                        |              |                    |
| Località                       | Ortona-Foggia |       |                        | Sondaggio N° | 4                  |
| Profondità Sondaggio           | 4             | [ m ] | Metodo di perforazione | Rotazione    |                    |
| Prof. falda dal piano campagna | 18.00         | [ m ] | φ di perforazione      | 101          | Quota 117.00 s.l.m |

| Stratigrafia | Falda | Descrizione                             | Prof.        | Prof. Camp | Camp. | SPT   |              |
|--------------|-------|---|--------------|------------|-------|-------|--------------|
|              |       |   |              |            |       | Prof. | N colpi      |
|              |       | Terreno vegetale limoso, colore marrone |              |            |       |       |              |
|              |       | limo sabbioso, colore beige             | 0.70<br>0.80 | 0.80       | C04   |       |              |
|              |       | argilla biancastra                      |              |            |       |       |              |
|              |       | ghiaia                                  |              | 1.70       |       |       |              |
|              |       | ghiaia con limo, colore beige           |              | 2.40       |       |       | 2.30<br>2.75 |
|              |       | FINE FORO                               | 4.00         |            |       |       |              |

**X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726  
 Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

|                                |               |       |                        |              |                    |
|--------------------------------|---------------|-------|------------------------|--------------|--------------------|
| Committente                    | X-ELIO        |       |                        |              |                    |
| Località                       | Ortona-Foggia |       |                        | Sondaggio N° | 5                  |
| Profondità Sondaggio           | 4             | [ m ] | Metodo di perforazione | Rotazione    |                    |
| Prof. falda dal piano campagna | 18.00         | [ m ] | φ di perforazione      | 101          | Quota 114.00 s.l.m |

| Stratigrafia | Falda | Descrizione                             | Prof. | Prof. Camp | Camp. | SPT   |                |
|--------------|-------|---|-------|------------|-------|-------|----------------|
|              |       |   |       |            |       | Prof. | N colpi        |
|              |       | Terreno vegetale limoso, colore marrone | 0.70  |            |       |       |                |
|              |       | sabbia limosa, colore beige             | 0.90  |            |       |       |                |
|              |       | argilla biancastra                      | 1.90  | 2.00       | C05   |       |                |
|              |       | sabbia limosa rossiccia                 | 4.00  |            |       | 2.50  | 11<br>20<br>25 |
|              |       | FINE FORO                               |       |            |       | 2.95  |                |

**X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726  
 Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.



|                                |               |       |                        |              |                    |
|--------------------------------|---------------|-------|------------------------|--------------|--------------------|
| Committente                    | X-ELIO        |       |                        |              |                    |
| Località                       | Ortona-Foggia |       |                        | Sondaggio N° | 6                  |
| Profondità Sondaggio           | 4             | [ m ] | Metodo di perforazione | Rotazione    |                    |
| Prof. falda dal piano campagna | 18.00         | [ m ] | φ di perforazione      | 101          | Quota 100.00 s.l.m |

| Stratigrafia | Falda | Descrizione                                    | Prof. | Prof. Camp | Camp. | SPT   |         |
|--------------|-------|--|-------|------------|-------|-------|---------|
|              |       |  |       |            |       | Prof. | N colpi |
| 0            |       | Terreno vegetale limoso aerato, colore marrone | 0.4   |            |       |       |         |
| 0.5          |       |  |       |            |       |       |         |
| 1            |       | Terreno limoso con ciottoli, colore marrone    |       |            |       |       |         |
| 1.5          |       |  |       |            |       |       |         |
| 2            |       |  | 1.90  | 1.90       | C06   |       |         |
| 2.5          |       |  |       |            |       | 2.40  | 8       |
|              |       |  |       |            |       |       | 12      |
|              |       |  |       |            |       | 2.85  | 14      |
| 3            |       | argilla, colore beige                          |       |            |       |       |         |
| 3.5          |       |  |       |            |       |       |         |
| 4            |       | FINE FORO                                      | 4.00  |            |       |       |         |

X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726  
 Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

|                                |               |              |                        |           |       |        |       |
|--------------------------------|---------------|--------------|------------------------|-----------|-------|--------|-------|
| Committente                    | X-ELIO        |              |                        |           |       |        |       |
| Località                       | Ortona-Foggia | Sondaggio N° | 7                      |           |       |        |       |
| Profondità Sondaggio           | 4             | [ m ]        | Metodo di perforazione | Rotazione |       |        |       |
| Prof. falda dal piano campagna | 18.00         | [ m ]        | φ di perforazione      | 101       | Quota | 101.00 | s.l.m |

| Stratigrafia | Falda | Descrizione                                    | Prof. | Prof. Camp | Camp. | SPT   |         |
|--------------|-------|--|-------|------------|-------|-------|---------|
|              |       |  |       |            |       | Prof. | N colpi |
| 0            |       | Terreno vegetale limoso aerato, colore marrone |       |            |       |       |         |
| 0.5          |       |  | 0.50  |            |       |       |         |
| 1            |       | Terreno limoso con ciottoli, colore marrone    |       |            |       |       |         |
| 1.5          |       |  |       |            |       |       |         |
| 2            |       |  | 2.00  |            |       | 2.20  | 7       |
| 2.5          |       | argilla, colore beige                          |       |            |       | 2.65  | 13      |
| 3            |       |  |       |            |       |       | 17      |
| 3.5          |       | ghiaia   | 3.20  |            |       |       |         |
| 4            |       | FINE FORO                                      | 4.00  |            |       |       |         |

**X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726

Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

|                                |               |       |                        |              |                    |
|--------------------------------|---------------|-------|------------------------|--------------|--------------------|
| Committente                    | X-ELIO        |       |                        |              |                    |
| Località                       | Ortona-Foggia |       |                        | Sondaggio N° | 8                  |
| Profondità Sondaggio           | 4             | [ m ] | Metodo di perforazione | Rotazione    |                    |
| Prof. falda dal piano campagna | 18.00         | [ m ] | φ di perforazione      | 101          | Quota 112.00 s.l.m |

| Stratigrafia | Falda | Descrizione                             | Prof. | Prof. Camp | Camp. | SPT   |         |
|--------------|-------|---|-------|------------|-------|-------|---------|
|              |       |   |       |            |       | Prof. | N colpi |
| 0            |       | Terreno vegetale limoso, colore marrone |       |            |       |       |         |
| 0.5          |       |   | 0.70  |            |       |       |         |
| 1            |       |   |       |            |       |       |         |
| 1.5          |       |   |       |            |       |       |         |
| 2            |       | sabbia limosa rossiccia                 |       | 2.00       | C08   |       |         |
| 2.5          |       |   |       |            |       | 2.50  |         |
| 3            |       |   |       |            |       | 2.95  |         |
| 3.5          |       |   | 3.30  |            |       |       |         |
|              |       | ghiaia con limo, colore beige           |       |            |       |       |         |
| 4            |       | FINE FORO                               | 4.00  |            |       |       | 22<br>R |

X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726  
 Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

|                                |               |       |                        |              |       |              |
|--------------------------------|---------------|-------|------------------------|--------------|-------|--------------|
| Committente                    | X-ELIO        |       |                        |              |       |              |
| Località                       | Ortona-Foggia |       |                        | Sondaggio N° | 9     |              |
| Profondità Sondaggio           | 4             | [ m ] | Metodo di perforazione | Rotazione    |       |              |
| Prof. falda dal piano campagna | 18.00         | [ m ] | φ di perforazione      | 101          | Quota | 111.50 s.l.m |

| Stratigrafia | Falda | Descrizione                             | Prof. | Prof. Camp | Camp. | SPT   |         |
|--------------|-------|---|-------|------------|-------|-------|---------|
|              |       |   |       |            |       | Prof. | N colpi |
| 0            |       | Terreno vegetale limoso, colore marrone |       |            |       |       |         |
| 0.5          |       |   | 0.50  |            |       |       |         |
| 1            |       |   |       |            |       |       |         |
| 1.5          |       |   |       |            |       |       |         |
| 2            |       | sabbia limosa con ghiaia, colore beige  |       |            |       | 2.00  | R       |
| 2.5          |       |   |       |            |       | 2.45  |         |
| 3            |       |   |       |            |       |       |         |
| 3.5          |       |   |       |            |       |       |         |
| 4            |       | FINE FORO                               | 4.00  |            |       |       |         |

**X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726

Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.



|                                |               |              |                        |                        |
|--------------------------------|---------------|--------------|------------------------|------------------------|
| Committente                    | X-ELIO        |              |                        |                        |
| Località                       | Ortona-Foggia | Sondaggio N° | 10                     |                        |
| Profondità Sondaggio           | 4             | [ m ]        | Metodo di perforazione | Rotazione              |
| Prof. falda dal piano campagna | 18.00         | [ m ]        | φ di perforazione      | 101 Quota 109.00 s.l.m |

| Stratigrafia | Falda | Descrizione  | Prof. | Prof. Camp | Camp. | SPT   |         |
|--------------|-------|--|-------|------------|-------|-------|---------|
|              |       |  |       |            |       | Prof. | N colpi |
| 0            |       | Terreno vegetale limoso con ciottoli, colore marrone |       |            |       |       |         |
| 0.5          |       |  | 0.50  |            |       |       |         |
| 1            |       |  |       |            |       |       |         |
| 1.5          |       |  |       |            |       |       |         |
| 2            |       | sabbia limosa con ghiaia, colore beige               |       | 2.00       | C10   |       |         |
| 2.5          |       |  | 2.50  |            |       | 2.50  |         |
| 3            |       | ghiaia con limo, colore beige                        |       |            |       | 2.95  | 24 R    |
| 3.5          |       | sabbia, colore giallo                                | 3.50  |            |       |       |         |
| 4            |       | FINE FORO  | 4.00  |            |       |       |         |

**X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726  
 Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

|                                |               |       |                        |              |       |               |
|--------------------------------|---------------|-------|------------------------|--------------|-------|---------------|
| Committente                    | X-ELIO        |       |                        |              |       |               |
| Località                       | Ortona-Foggia |       |                        | Sondaggio N° | 11    |               |
| Profondità Sondaggio           | 4             | [ m ] | Metodo di perforazione | Rotazione    |       |               |
| Prof. falda dal piano campagna | 18.00         | [ m ] | φ di perforazione      | 101          | Quota | 107.50 s.l.m. |

| Stratigrafia | Falda | Descrizione                                    | Prof. | Prof. Camp | Camp. | SPT   |         |
|--------------|-------|--|-------|------------|-------|-------|---------|
|              |       |  |       |            |       | Prof. | N colpi |
| 0            |       | Terreno vegetale limoso aerato, colore marrone | 0.4   |            |       |       |         |
| 0.5          |       |  |       |            |       |       |         |
| 1            |       |  |       |            |       |       |         |
| 1.5          |       |  |       |            |       |       |         |
| 2            |       | sabbia e ghiaia con limo, colore beige         |       |            |       | 2.00  | 31      |
| 2.5          |       |  |       |            |       | 2.45  | 42      |
| 3            |       |  |       |            |       |       | R       |
| 3.5          |       |  |       |            |       |       |         |
| 4            |       | FINE FORO                                      | 4.00  |            |       |       |         |

**X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726

Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

|                                |               |              |                        |                        |
|--------------------------------|---------------|--------------|------------------------|------------------------|
| Committente                    | X-ELIO        |              |                        |                        |
| Località                       | Ortona-Foggia | Sondaggio N° | 12                     |                        |
| Profondità Sondaggio           | 4             | [ m ]        | Metodo di perforazione | Rotazione              |
| Prof. falda dal piano campagna | 18.00         | [ m ]        | φ di perforazione      | 101 Quota 105.00 s.l.m |

| Stratigrafia | Falda | Descrizione                   | Prof. | Prof. Camp | Camp. | SPT   |         |
|--------------|-------|-------------------------------|-------|------------|-------|-------|---------|
|              |       |                               |       |            |       | Prof. | N colpi |
| 0            |       |                               |       |            |       |       |         |
| 0.5          |       | Terreno vegetale nerastro     |       |            |       |       |         |
| 1            |       | ghiaia con limo, colore beige | 1.00  |            |       |       |         |
| 1.20         |       |                               | 1.20  |            |       |       |         |
| 1.5          |       |                               |       |            |       |       |         |
| 2            |       |                               |       | 2.00       | C12   |       |         |
| 2.5          |       | sabbia limosa, colore beige   |       |            |       | 2.50  | 12      |
| 3            |       |                               |       |            |       |       | 16      |
| 3.5          |       |                               |       |            |       | 2.95  | 21      |
| 4            |       | FINE FORO                     | 4.00  |            |       |       |         |

**X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726  
 Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.

|                                |               |              |                        |                        |
|--------------------------------|---------------|--------------|------------------------|------------------------|
| Committente                    | X-ELIO        |              |                        |                        |
| Località                       | Ortona-Foggia | Sondaggio N° | 13                     |                        |
| Profondità Sondaggio           | 4             | [ m ]        | Metodo di perforazione | Rotazione              |
| Prof. falda dal piano campagna | 18.00         | [ m ]        | φ di perforazione      | 101 Quota 119.50 s.l.m |

| Stratigrafia | Falda | Descrizione                                | Prof.                        | Prof. Camp | Camp. | SPT   |         |
|--------------|-------|--|------------------------------|------------|-------|-------|---------|
|              |       |  |                              |            |       | Prof. | N colpi |
|              |       | Terreno vegetale limoso, colore marrone    | 0.80                         |            |       |       |         |
|              |       |  |                              |            |       | 2.00  | 12      |
|              |       |  |                              |            |       | 2.45  | 19      |
|              |       |  | sabbia limosa, colore giallo |            |       |       | 21      |
|              |       |  | 3.80                         |            |       |       |         |
|              |       | ghiaia con limo, colore beige<br>FINE FORO | 4.00                         |            |       |       |         |

**X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726  
 Partita IVA n° 15361381005 – n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.



|                                |               |       |                        |              |                    |
|--------------------------------|---------------|-------|------------------------|--------------|--------------------|
| Committente                    | X-ELIO        |       |                        |              |                    |
| Località                       | Ortona-Foggia |       |                        | Sondaggio N° | 14                 |
| Profondità Sondaggio           | 4             | [ m ] | Metodo di perforazione | Rotazione    |                    |
| Prof. falda dal piano campagna | 18.00         | [ m ] | φ di perforazione      | 101          | Quota 120.00 s.l.m |

| Stratigrafia | Falda | Descrizione                                    | Prof. | Prof. Camp | Camp. | SPT   |         |
|--------------|-------|--|-------|------------|-------|-------|---------|
|              |       |  |       |            |       | Prof. | N colpi |
| 0            |       | Terreno vegetale limoso aerato, colore marrone |       |            |       |       |         |
| 0.5          |       |  | 0.50  |            |       |       |         |
| 1            |       | sabbia limosa litificata, colore beige         |       |            |       |       |         |
| 1.5          |       |  |       |            |       |       |         |
| 2            |       |  | 2.00  | 2.00       | C14   |       |         |
| 2.5          |       | sabbia e ghiaia con limo, colore beige         |       |            |       | 2.50  | 29      |
|              |       |  |       |            |       | 2.95  | R       |
| 3            |       |  | 3.00  |            |       |       |         |
| 3.5          |       | ghiaia con limo, colore beige                  |       |            |       |       |         |
| 4            |       | FINE FORO                                      | 4.00  |            |       |       |         |

**X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.**

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726  
 Partita IVA n° 15361381005 - n. REA 1619058 - Società sottoposta a direzione e controllo di X-ELIO Energy, S.L.