

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

PROGETTO SSU AGRIVOLTAICO "ORDONA" E SSE TERNA SATELLITE

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_SSE

Timbro e firma Autore



Timbro e firma Responsabile AS

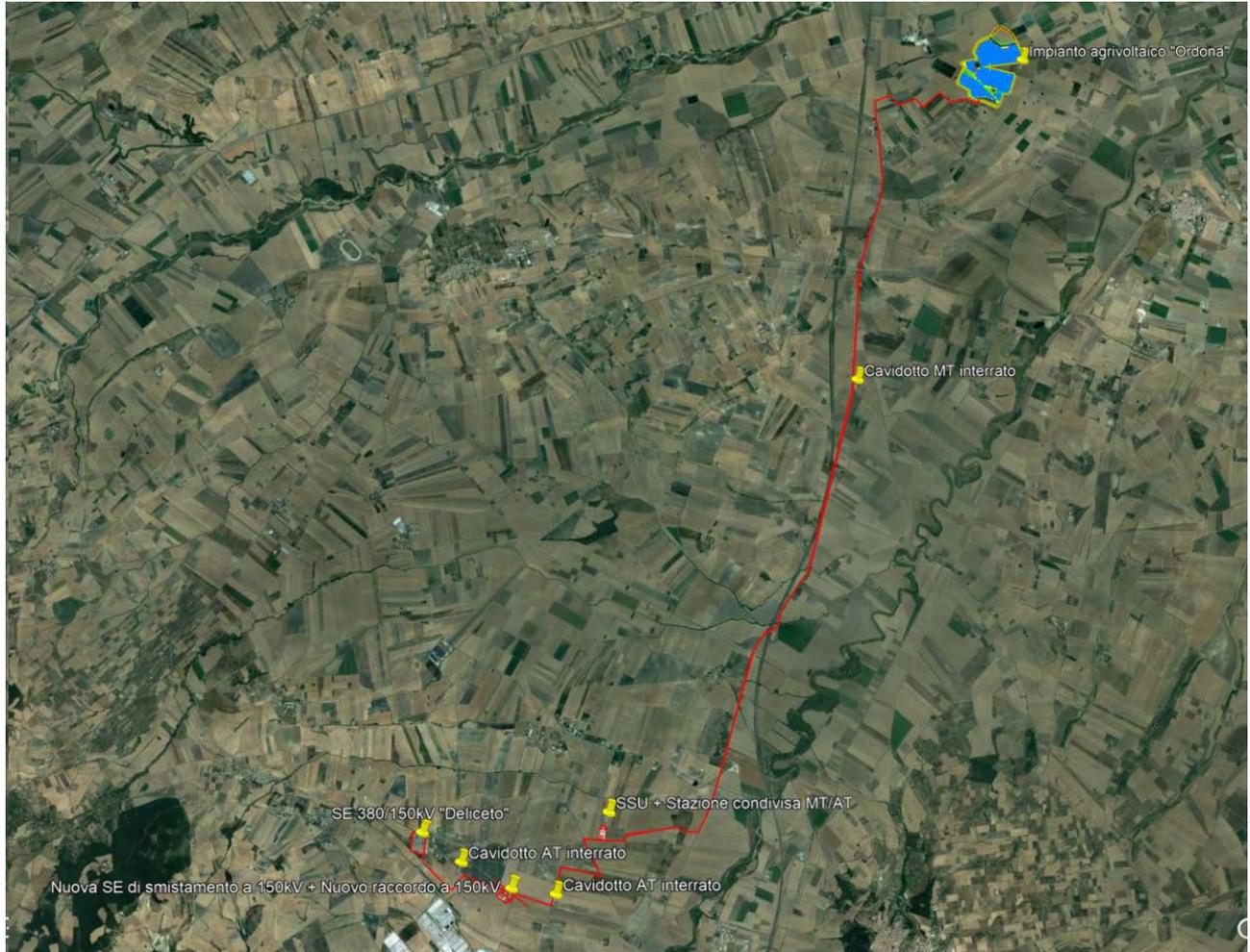
Timbro e firma Xelio

Sommario

- Premessa	2
- Localizzazione.....	3
- Riferimenti geologici.....	5
- Sismicità	7
- Piano indagini geognostiche.....	20
- Penetrometrica.....	20
- Prova Masw.....	24
- Verifica di stabilità pendii.....	27
- Verifica di liquefazione dei terreni in condizioni sismiche.....	31
- Conclusioni	34

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".

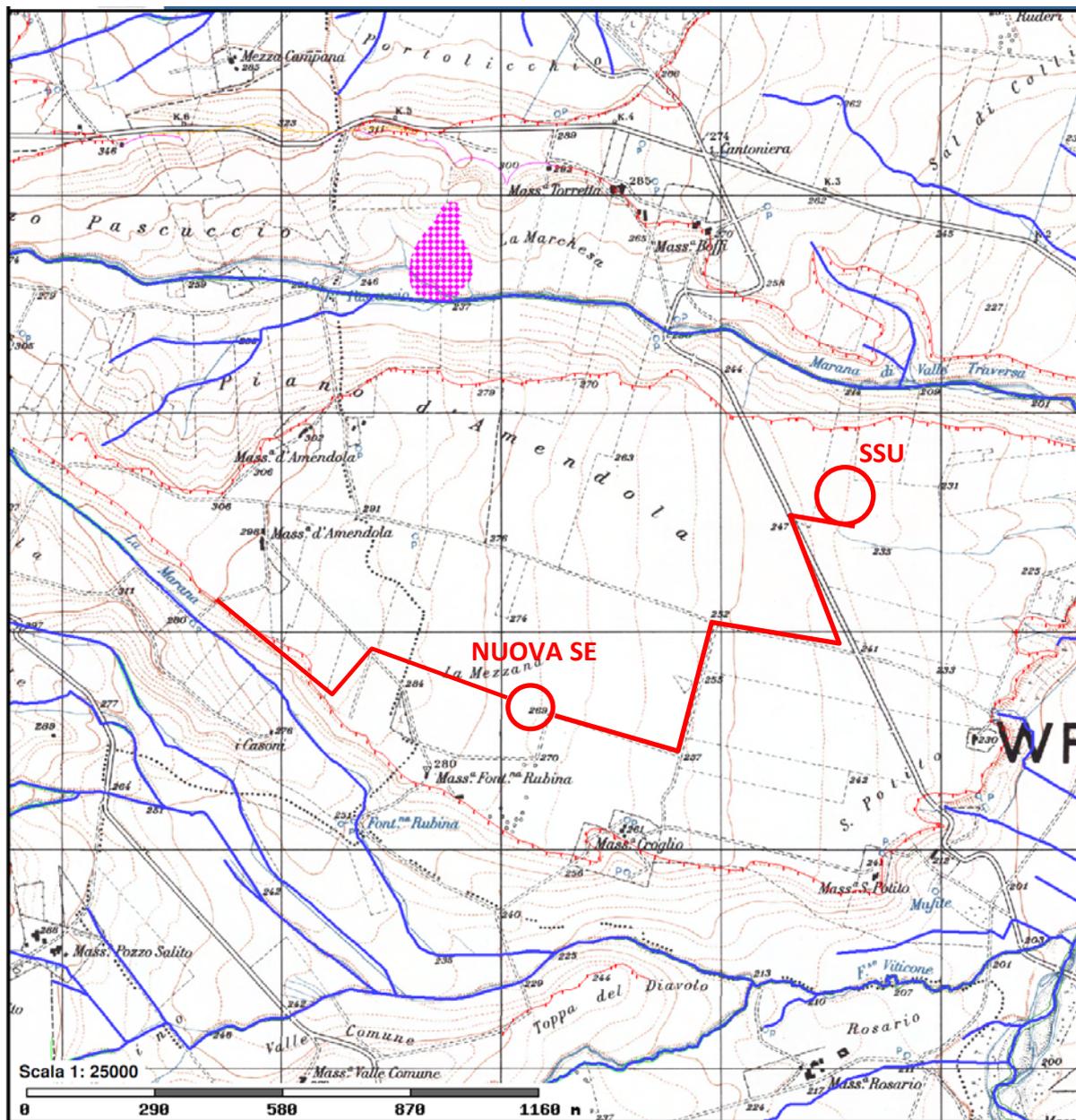
Localizzazione

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 benestariate da Terna, costituiscono parte integrante del presente progetto "Ortona".

Dal punto di vista cartografico, il Campo agrovoltaioco 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 X: Y: 33N 549291.90207 4576344.79954 WGS84 UTM X: Y: 32N 1051476.81825 4597171.31754 Gauss Boaga X: Y: Est 2569294.14694 4576425.00155 lat/lon WGS84 X: 15.58911 Y: 41.33708	WGS84 UTM X: 542551.84038 Y: 4563315.80542 33N 1045633.33592 4583657.47881 WGS84 UTM X: Y: 32N 1045633.33592 4583657.47881 Gauss Boaga X: Y: Est 2562553.77706 4563395.62376 lat/lon WGS84 X: 15.50765 Y: 41.22011
SE "Deliceto"	Nuova SE
WGS84 UTM X: 539683.43223 Y: 4563235.27396 33N 1042766.99823 4583377.82809 WGS84 UTM X: Y: 32N 1042766.99823 4583377.82809 Gauss Boaga X: Y: Est 2559685.23836 4563315.08967 lat/lon WGS84 X: 15.47343 Y: 41.21953	WGS84 UTM X: 541006.63983 Y: 4562387.35688 33N 1044150.64231 4582620.67822 WGS84 UTM X: Y: 32N 1044150.64231 4582620.67822 Gauss Boaga X: Y: Est 2561008.5061 4562467.14782 lat/lon WGS84 X: 15.48915 Y: 41.21182



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

Dati catastali

Riguardo I dati catastali, la SSU ricade nella p.lla 285 del foglio di mappa n° 22, mentre la Nuova SE Deliceto nella particella 62 del foglio 57, entrambe nel comune di Ascoli Satriano (Fg).

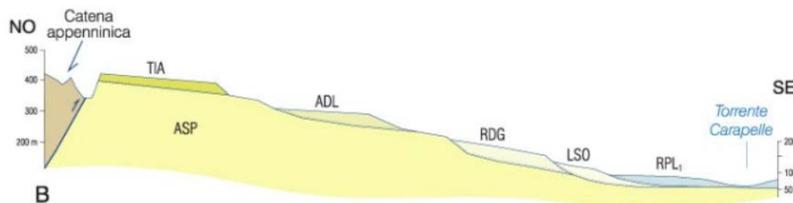
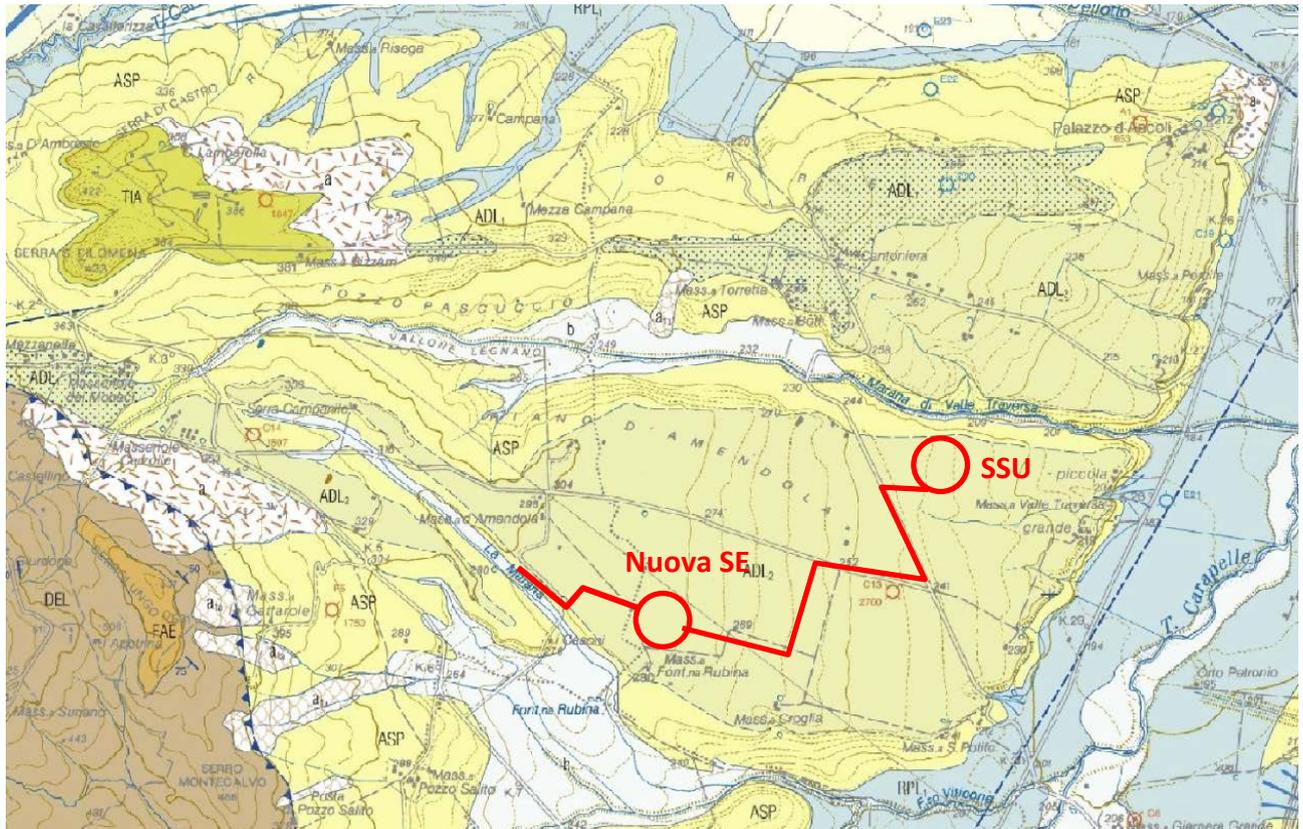


Ortofoto su base catastale, F° 22 e 57, comune di Ascoli Satriano

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 ghiaie sabbioso-limose con strati argillosi presenti a quote diverse. Questo pacchetto, spesso circa 30 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 200 m.



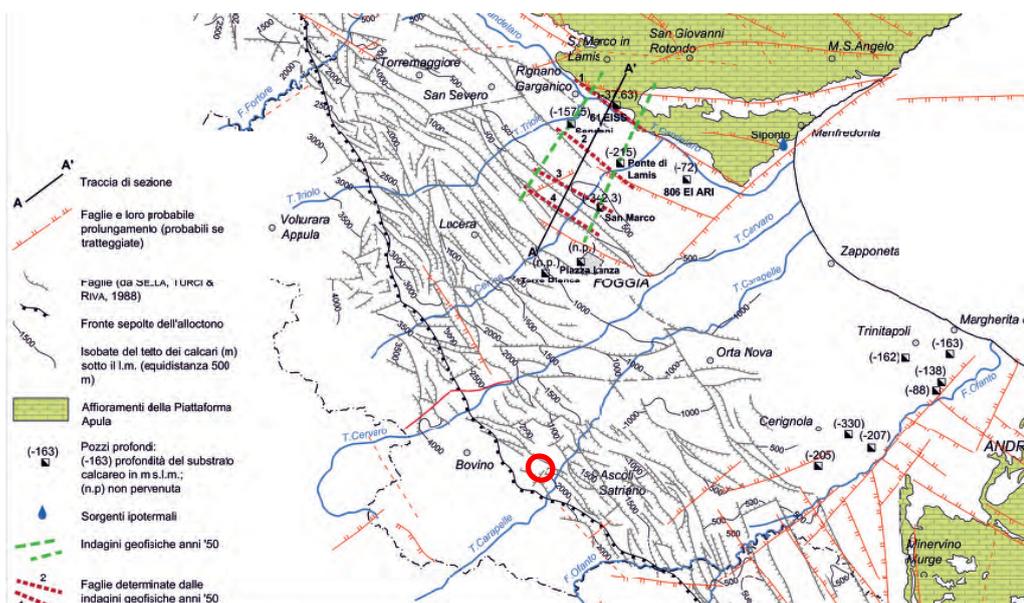
Carta geologica F° 421 "Ascoli Satriano"

- Deposito alluvionale**
Ghiaie e sabbie attualmente in evoluzione in alveo.
OLOCENE
- Subsistema dell'Incoronata**
Silt argillosi, silt, sabbie siltose e lenti di ghiaie poligeniche; a luoghi livelli di limi nerastri con coperture decimetriche di sabbie con gradazione diretta, laminate e con al tetto sottili livelli argillosi.
PLEISTOCENE SUPERIORE ? - OLOCENE
- Subsistema di La Mezzana**
Conglomerati poligenici a grana media mediamente cementati in matrice sabbiosa; con clasti subarrotolati di rocce provenienti dalle unità della Catena appenninica.
PLEISTOCENE MEDIO
- ARGILLE SUBAPPENNINE**
Silt argillosi e marne siltose grigie a stratificazione poco evidente, con intercalazioni di argille siltose e, verso l'alto, di sottili strati di sabbia medio-fine. Lo spessore complessivo ricostruito in affioramento è di circa 200 m, quello dei singoli affioramenti varia da alcuni metri a circa 50 m nei fronti di cava. L'ambiente deposizionale indicato dai caratteri di facies e dalle macrofaune è la scarpata superiore, per la porzione medio-bassa della successione, e la piattaforma per la parte sommitale.
A tetto si riconosce una litofacies denominata sabbie marine e conglomerati di Ascoli Satriano (ASP₁). Il contenuto micropaleontologico della formazione, generalmente abbondante e diversificato con numerose forme rimaneggiate, è rappresentato da associazioni a foraminiferi riferibili alla Zona *Bulimina marginata* e a quella a *Globigerina calabra*. Le associazioni a nannofossili indicano un intervallo compreso tra le Zone MNN19b e MNN19c.
CALABRIANO

Stratigrafia media (m)	
0.00-1.00	terreno organico sabbioso-limoso
1.00-30	Sabbia e ghiaia limosa con livelli argillosi
30.00-40.00	Argilla gialla con livelli ghiaiosi e sabbiosi
40.00 in poi	Argilla grigio-azzurre

SISMICITÀ

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.



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.

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.

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".

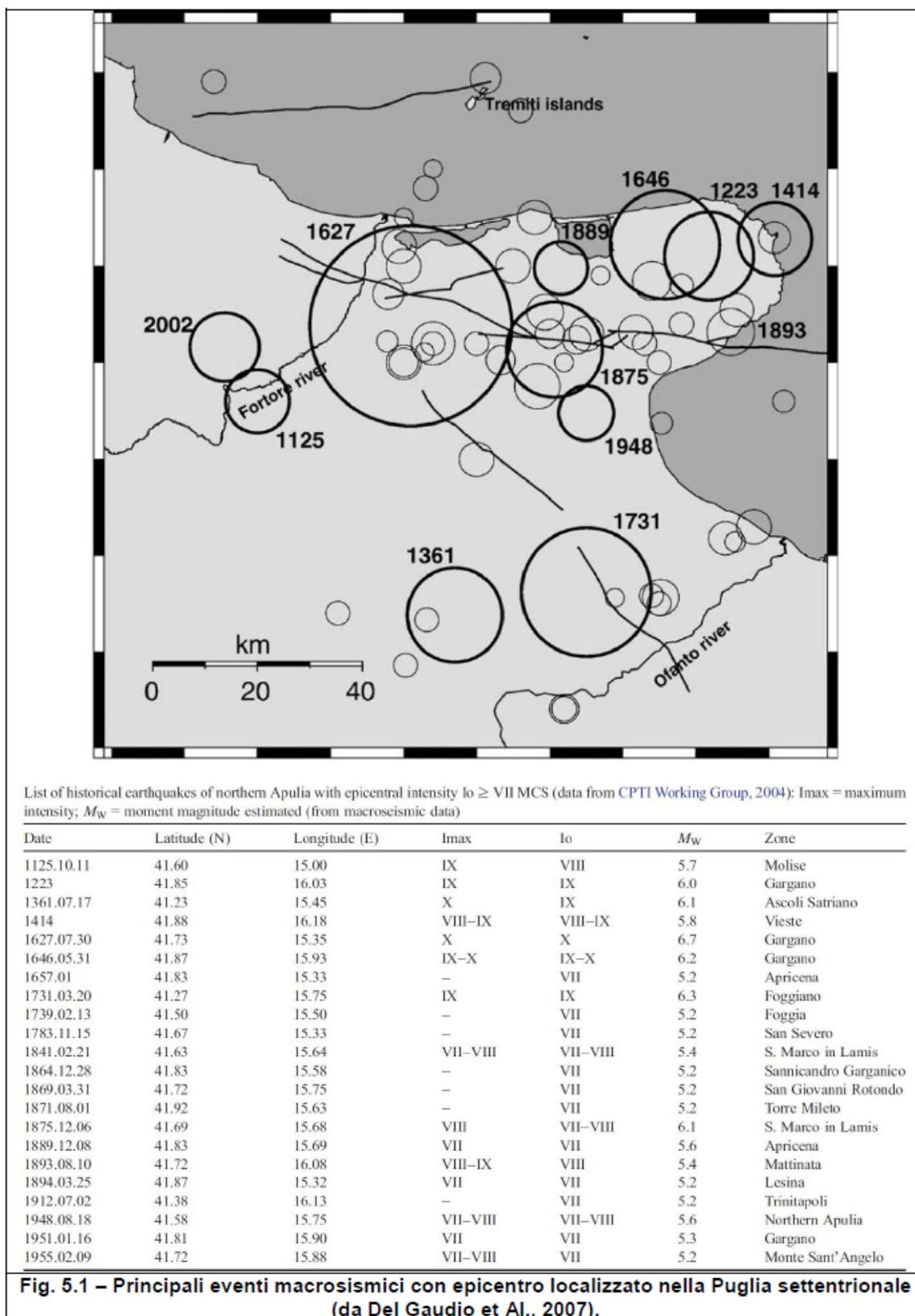
Dal punto di vista sismico, il Tavoliere foggiano si configura come un'area che, oltre ad essere caratterizzata dalla presenza di alcune potenziali sorgenti sismogenetiche, risente anche dell'elevata sismicità di alcune zone contermini quali quelle del Matese, del Beneventano, dell'alta Irpinia e Garganico-molisana, 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.

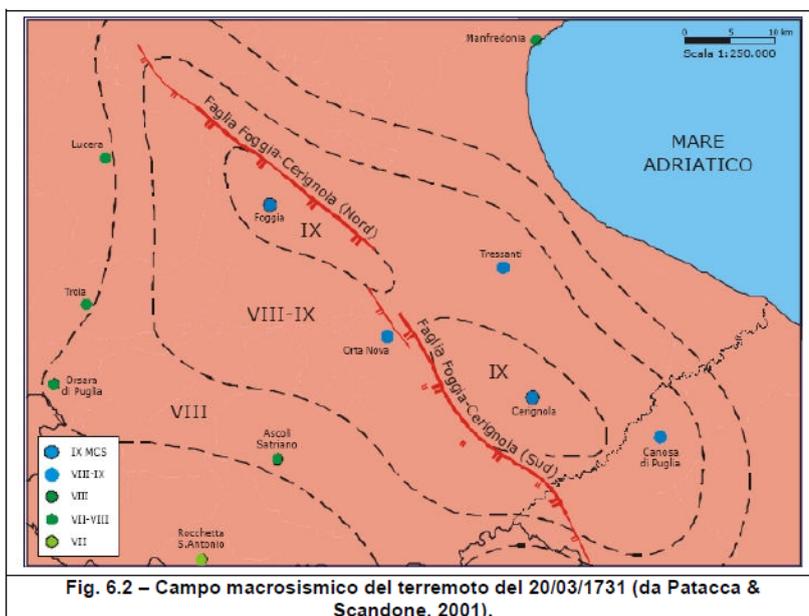
Nel caso degli eventi distruttivi che hanno colpito la Capitanata, un ruolo importante nel determinarne le pesanti conseguenze l'hanno avuto sia l'effetto moltiplicativo del danno prodotto dalla risposta di sito che l'attivazione di strutture sismogenetiche locali. Quest'ultimo fattore è di rilevante 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 ≥ 5 o magnitudo ≥ 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 ≥ 5 nella finestra temporale 1000-2014.

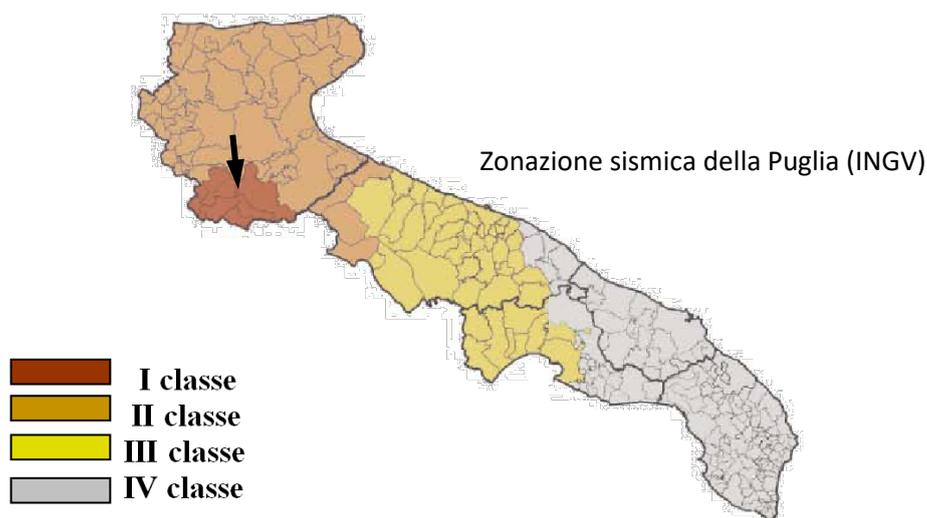




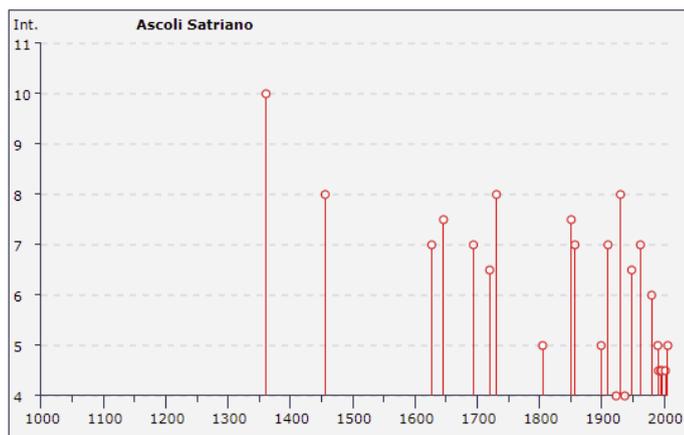
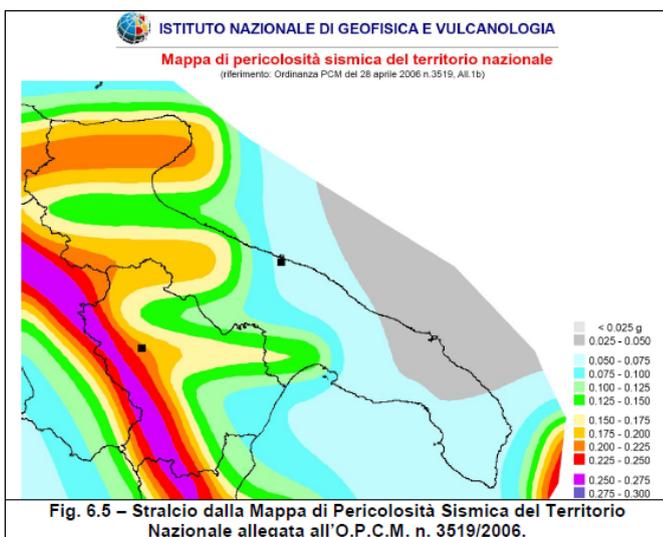
Il database DBMI15 ha consentito di verificare che, all'interno dell'area perimetrata nella figura a fianco, si sono verificati complessivamente n. 11 eventi di intensità macrosismica compresa tra 5 e 10, così come elencati nella tabella annessa. Dal catalogo CPTI15 si è invece potuto appurare che, nella 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 1", ovvero in area a sismicità 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.



Storia sismica di Ascoli Satriano [41.205, 15.561]

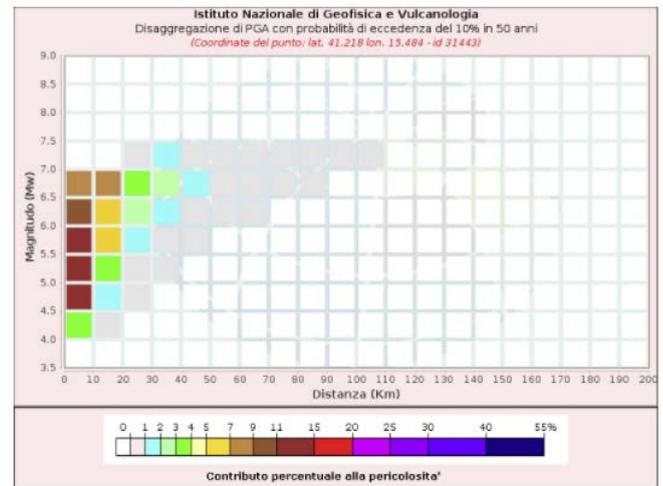
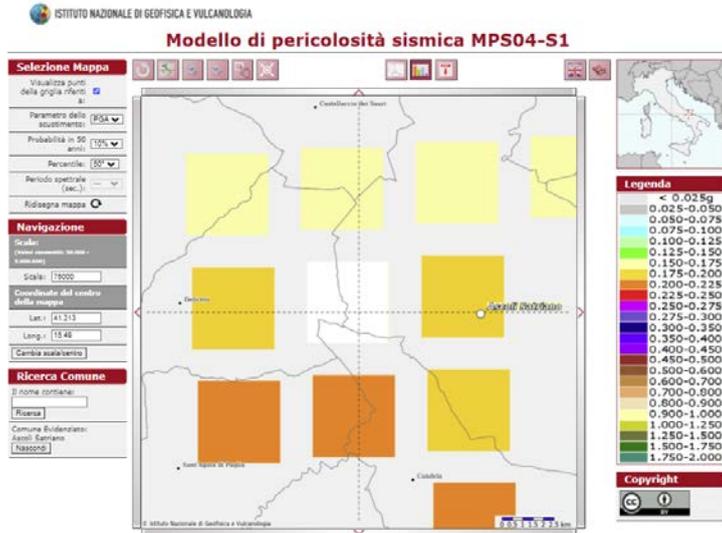
Numero di eventi: 33

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw	
10	1361 07 17 17:15	Ascoli Satriano	2	9 5.99 ±0.34	
8	1456 12 05	MOLISE	199	11 7.22 ±0.13	
7	1627 07 30 10:50	Gargano	65	10 6.66 ±0.20	
7-8	1646 05 31	Gargano	35	9-10 6.61 ±0.45	
7	1694 09 08 11:40	Irpinia-Basilicata	251	10 6.79 ±0.10	
6-7	1720 06 07	PUGLIA SETTENTRIONALE	7	6-7 5.32 ±0.61	
8	1731 03 20 03:00	Foggiano	50	9 6.53 ±0.25	
5	1805 07 26 21:00	Molise	223	10 6.62 ±0.11	
7-8	1851 08 14 13:20	Basilicata	103	10 6.38 ±0.17	
7	1857 12 16 21:15	Basilicata	340	11 7.03 ±0.08	
NF	1882 06 06 05:40	Monti del Matese	52	7 5.27 ±0.25	
5	1899 08 16 00:05	IRPINIA	32	6 4.65 ±0.41	
NF	1905 03 14 19:16	BENEVENTANO	94	6-7 4.90 ±0.16	
3-4	1905 11 26 06:48	Irpinia	136	7-8 5.21 ±0.13	
7	1910 06 07 02:04	Irpinia-Basilicata	376	8 5.73 ±0.09	
3	1913 10 04 18:26	Matese	205	7-8 5.37 ±0.11	
2-3	1915 01 13 06:52	Avezzano	1041	11 7.00 ±0.09	
4	1923 11 08 12:28	MURO LUCANO	28	6 4.96 ±0.23	
2-3	1927 12 27 08:49	DELICETO	2	5-6 4.51 ±0.34	
8	1930 07 23 00:08	Irpinia	547	10 6.62 ±0.09	
4	1937 07 17 17:11	SAN SEVERO	40	6 5.05 ±0.19	
6-7	1948 08 18 21:12	Puglia settentrionale	59	7-8 5.64 ±0.21	
7	1962 08 21 18:19	Irpinia	262	9 6.13 ±0.10	
6	1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.89 ±0.09	
5	1990 05 05 07:21	Potentino	1374	5.80 ±0.09	
4-5	1991 05 26 12:26	Potentino	597	7 5.11 ±0.09	
NF	1992 11 05 13:34	Gargano	32	5 4.64 ±0.18	
4-5	1995 09 30 10:14	Gargano	145	6 5.18 ±0.09	
4-5	1996 04 03 13:04	Irpinia	557	6 4.93 ±0.09	
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	
NF	2003 12 30 05:31	Monti dei Frentani	339	5-6 4.57 ±0.09	
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.



**Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
(Coordinate del punto: lat. 41.218 lon. 15.484 - id 31443)**

Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	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	0.0000	3.8300	11.6000	13.0000	12.3000	10.0000	7.1900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.2310	1.4800	3.3000	5.3400	6.8500	7.1500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0197	0.3740	1.3200	2.6400	3.9500	0.5060	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0051	0.2780	1.0900	2.2100	1.3000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0132	0.3650	1.1200	0.9610	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0640	0.4860	0.5190	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0019	0.1450	0.1940	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0354	0.0825	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0042	0.0330	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0098	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0015	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.87	12.4	0.649

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_o 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 la base sismica S1 (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
MASW	296	C

strato	Prof. (m)	Spessore (m)	V_s (m/s)
1	5	5	234
2	12	7	255
3	16	4	278
4	21	5	320
5	32	11	390
6	--	--	600

V_{seq}	296
-----------	-----

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):

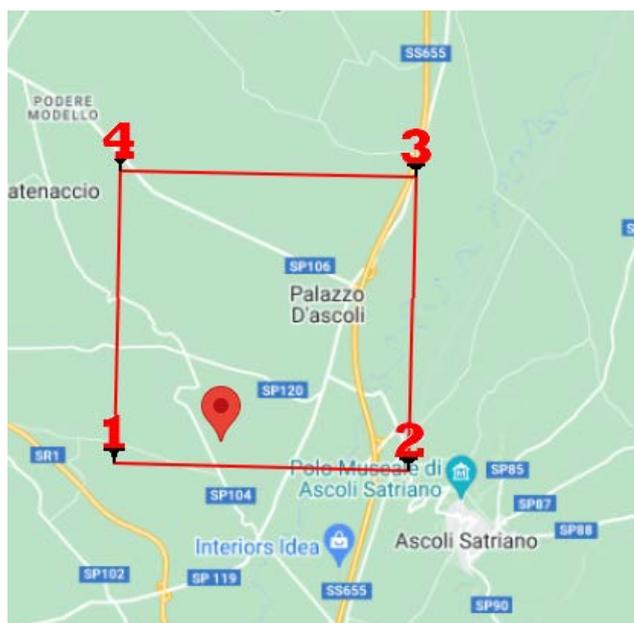
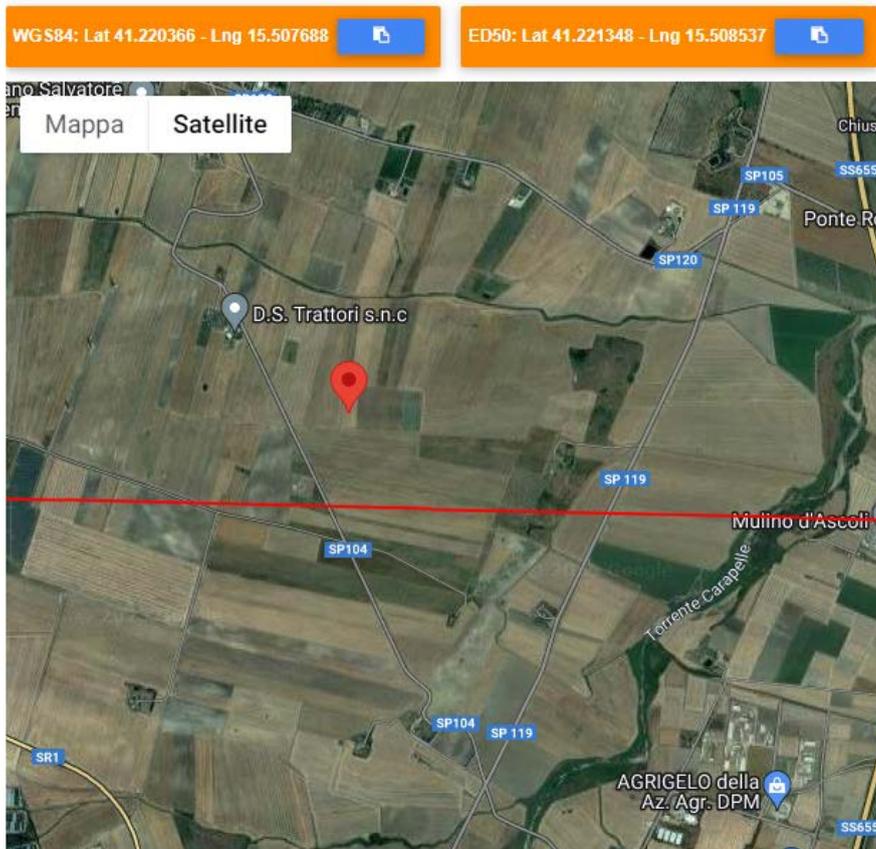
Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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



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.

Parametri sismici

determinati con GeoStru PS

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 41,221348 [°]

longitudine: 15,508537 [°]

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	31443	41,217560	15,484270	2072,9
Sito 2	31444	41,216370	15,550740	3573,0
Sito 3	31222	41,266360	15,552330	6201,4
Sito 4	31221	41,267540	15,485840	5475,7

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,048	2,438	0,290
Danno (SLD)	63	50	0,060	2,567	0,318
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,185	2,476	0,411
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,257	2,422	0,421

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,580	1,000	0,014	0,007	0,702	0,200
SLD	1,500	1,530	1,000	0,018	0,009	0,883	0,200
SLV	1,430	1,410	1,000	0,063	0,032	2,589	0,240
SLC	1,330	1,400	1,000	0,096	0,048	3,350	0,280

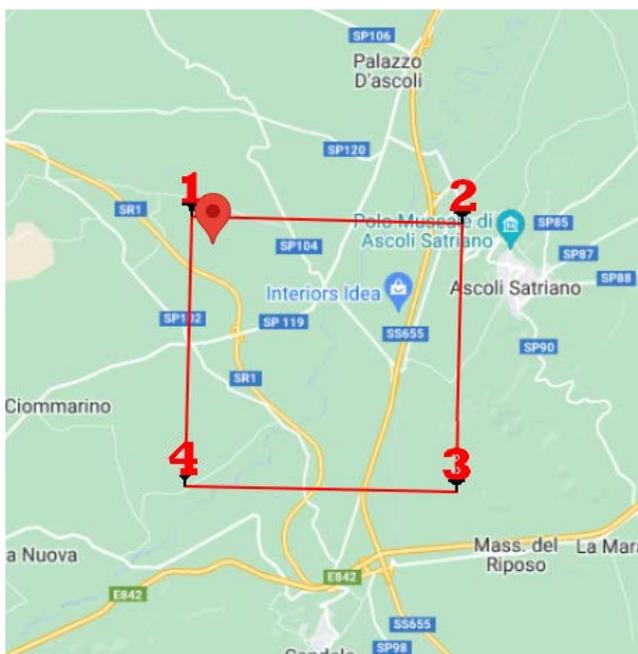
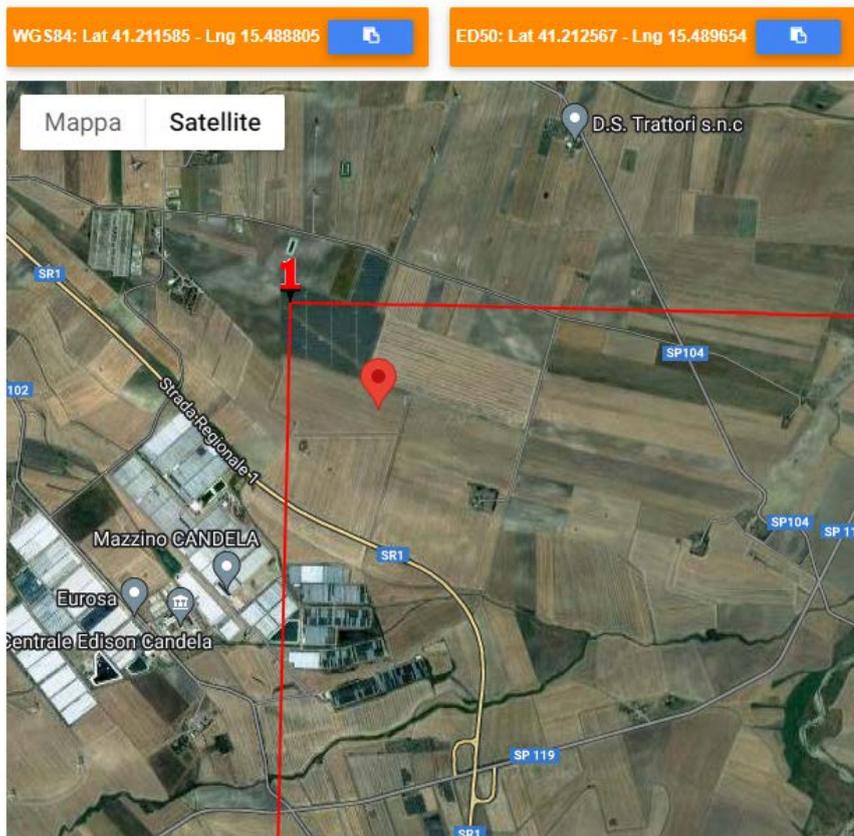
X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.

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 e coefficienti sismici determinati con GeoStru PS

Località "Nuova SE"



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.

Parametri sismici

determinati con GeoStru PS

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 41,212955 [°]

longitudine: 15,490041 [°]

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	31443	41,217560	15,484270	703,7
Sito 2	31444	41,216370	15,550740	5091,4
Sito 3	31666	41,166390	15,549100	7157,7
Sito 4	31665	41,167570	15,482720	5083,6

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,049	2,441	0,289
Danno (SLD)	63	50	0,061	2,563	0,317
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,192	2,460	0,409
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,268	2,407	0,419

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,580	1,000	0,015	0,007	0,714	0,200
SLD	1,500	1,530	1,000	0,018	0,009	0,902	0,200
SLV	1,420	1,410	1,000	0,065	0,033	2,668	0,240
SLC	1,310	1,400	1,000	0,098	0,049	3,438	0,280

X-ELIO ITALIA 4 S.R.L.

PIANO INDAGINI GEOGNOSTICHE

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

- Prova penetrometrica;
- indagine sismica MASW;



Ubicazione indagini

Prova penetrometrica

La prova penetrometrica continua è stata eseguita utilizzando un penetrometro dinamico pesante, modello TG 63-200 PAGANI. Tale prova penetrometrica dinamica continua DPSH consiste nel conteggio del

numero di colpi necessari per infiggere, per intervalli di 20 cm, la batteria di aste nel terreno, mediante un maglio, del peso di 63,5 kg per un'altezza di caduta di 75 cm, con una successione di energizzazione dinamica per battitura a frequenza costante. Il terreno oppone una resistenza dinamica alla penetrazione della punta conica funzione diretta delle proprie caratteristiche fisico-meccaniche. La valutazione dei parametri geomeccanici dei terreni attraversati dalla prova risulta correlando i dati della prova penetrometrica eseguita con la prova dinamica SPT mediante relazioni comprovate.



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.

Elaborazione e analisi dei risultati

La prova DPSH1, effettuata in corrispondenza dell'affioramento dei depositi conglomeratici di conoide alluvionale della formazione geologica ADL, ha evidenziato la presenza di diversi strati di spessore variabile caratterizzati da terreni incoerenti che passano da depositi poco addensati a depositi addensati; a partire da 4.6 metri dal p.c. sino a fine prova sono stati incontrati due strati di natura coesiva, da consistenti ad estremamente consistenti secondo la classificazione AGI 1977. La prova si è spinta sino a 9.6 m dal p.c..

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data
 Profondità prova 9.60 mt
 Falda non rilevata
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

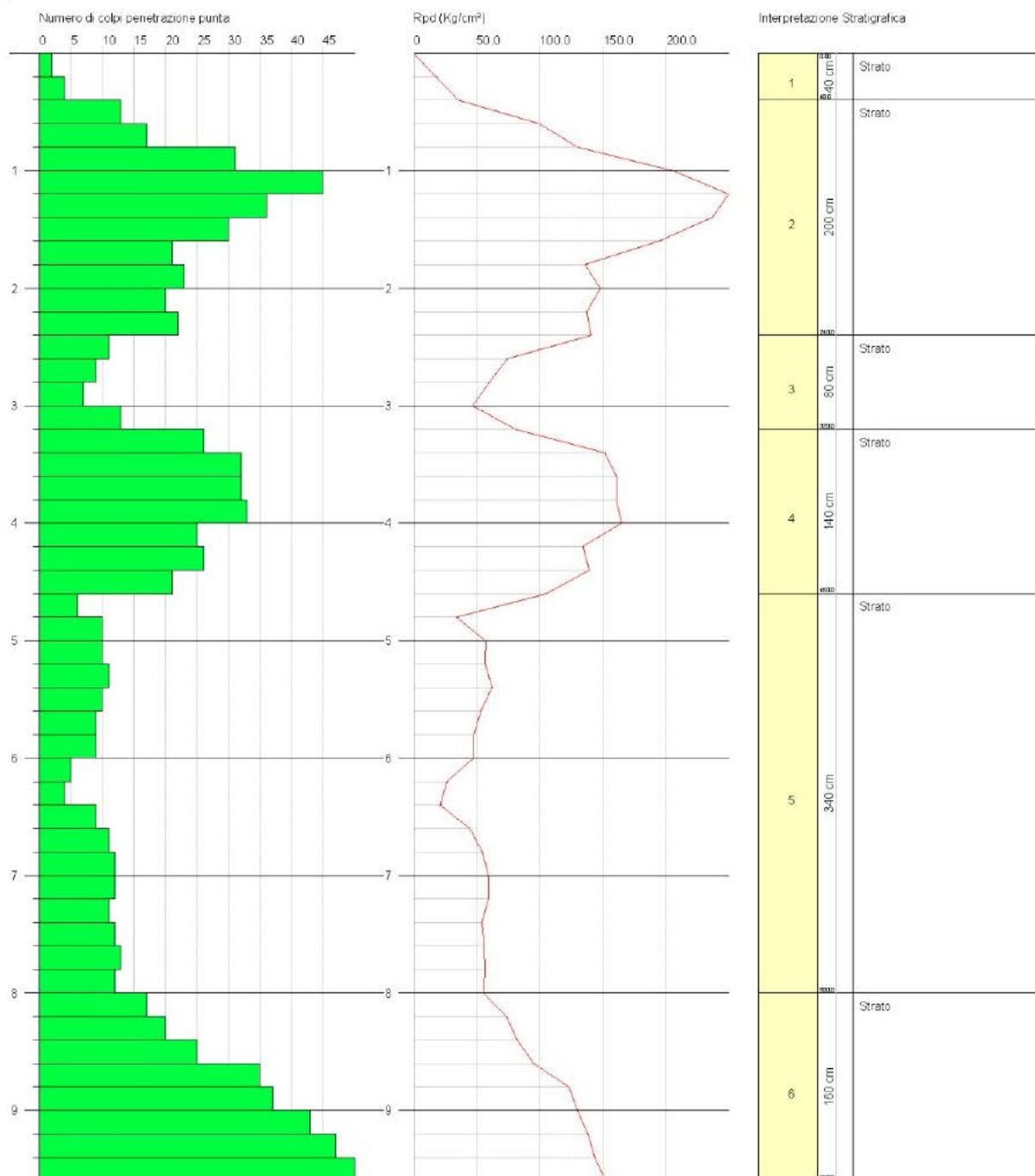
Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	2	0.855	17.96	21.01	0.90	1.05
0.40	4	0.851	35.76	42.03	1.79	2.10
0.60	13	0.797	99.92	125.36	5.00	6.27
0.80	17	0.793	130.06	163.94	6.50	8.20
1.00	31	0.690	206.20	298.95	10.31	14.95
1.20	45	0.636	276.11	433.95	13.81	21.70
1.40	36	0.683	237.07	347.16	11.85	17.36
1.60	30	0.730	195.03	267.33	9.75	13.37
1.80	21	0.726	135.92	187.13	6.80	9.36
2.00	23	0.723	148.22	204.95	7.41	10.25
2.20	20	0.770	137.25	178.22	6.86	8.91
2.40	22	0.717	140.59	196.04	7.03	9.80
2.60	11	0.814	74.18	91.10	3.71	4.55
2.80	9	0.811	60.48	74.54	3.02	3.73
3.00	7	0.809	46.88	57.97	2.34	2.90
3.20	13	0.756	81.39	107.66	4.07	5.38
3.40	26	0.703	151.46	215.32	7.57	10.77
3.60	32	0.651	161.11	247.54	8.06	12.38
3.80	32	0.648	160.51	247.54	8.03	12.38
4.00	33	0.646	164.91	255.27	8.25	12.76
4.20	25	0.694	134.15	193.39	6.71	9.67
4.40	26	0.691	139.06	201.12	6.95	10.06
4.60	21	0.689	105.04	152.40	5.25	7.62
4.80	6	0.787	34.27	43.54	1.71	2.18
5.00	10	0.785	56.97	72.57	2.85	3.63
5.20	10	0.783	56.82	72.57	2.84	3.63
5.40	11	0.781	62.35	79.83	3.12	3.99
5.60	10	0.779	53.25	68.34	2.66	3.42
5.80	9	0.777	47.81	61.51	2.39	3.08
6.00	9	0.775	47.70	61.51	2.38	3.08
6.20	5	0.774	26.44	34.17	1.32	1.71
6.40	4	0.772	21.10	27.34	1.06	1.37
6.60	9	0.770	44.77	58.12	2.24	2.91
6.80	11	0.769	54.61	71.04	2.73	3.55
7.00	12	0.767	59.45	77.49	2.97	3.87
7.20	12	0.766	59.33	77.49	2.97	3.87
7.40	11	0.764	54.28	71.04	2.71	3.55
7.60	12	0.763	56.02	73.45	2.80	3.67
7.80	13	0.711	56.60	79.57	2.83	3.98

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.

8.00	12	0.760	55.82	73.45	2.79	3.67
8.20	17	0.709	73.73	104.05	3.69	5.20
8.40	20	0.707	86.58	122.42	4.33	6.12
8.60	25	0.656	95.40	145.43	4.77	7.27
8.80	35	0.605	123.12	203.61	6.16	10.18
9.00	37	0.603	129.89	215.24	6.49	10.76
9.20	42	0.555	139.15	250.11	6.81	12.51
9.40	47	0.551	150.68	273.41	7.53	13.67
9.60	50	0.550	152.40	277.12	7.62	13.86

Scala 1:50



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.

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT
0.4	3	31.52	Incoerente	1.51	1.88	0.03	1.47	4.42
2.4	25.8	240.31	Incoerente	2.19	2.09	0.28	1.47	37.98
3.2	10	82.82	Incoerente	1.87	1.95	0.57	1.47	14.72
4.6	27.86	216.08	Incoerente	2.21	2.11	0.8	1.47	41.01
8	9.76	64.88	Incoerente - coesivo	2.06	2.27	1.31	1.47	14.37
9.6	32	187.76	Incoerente - coesivo	2.5	2.5	1.86	1.47	47.1

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata secondo la correlazione di Schmertmann 1975

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Cu (Kg/cm ²)
Strato (5)	14.37	4.60-8.00	1.42
Strato (6)	47.1	8.00-9.60	4.71

Modulo Edometrico secondo la correlazione di Stroud e Butler (1975)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Eed (Kg/cm ²)
Strato (5)	14.37	4.60-8.00	65.93
Strato (6)	47.1	8.00-9.60	216.10

Classificazione AGI 1977

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Classificazione
Strato (5)	14.37	4.60-8.00	CONSISTENTE
Strato (6)	47.1	8.00-9.60	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume secondo la correlazione di Meyerhof

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (5)	14.37	4.60-8.00	2.06
Strato (6)	47.1	8.00-9.60	2.50

Peso unità di volume saturo secondo la correlazione di Meyerhof

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato (5)	14.37	4.60-8.00	2.27
Strato (6)	47.1	8.00-9.60	2.50

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa secondo la correlazione di Skempton 1986

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Densità relativa (%)
Strato (1)	4.42	0.00-0.40	4.42	19.27
Strato (2)	37.98	0.40-2.40	37.98	70.73
Strato (3)	14.72	2.40-3.20	14.72	42.51
Strato (4)	41.01	3.20-4.60	41.01	73.17
Strato (5)	14.37	4.60-8.00	14.37	41.86
Strato (6)	47.1	8.00-9.60	47.1	77.98

Angolo di resistenza al taglio secondo la correlazione di Shioi-Fukuni 1982

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Angolo d'attrito (°)
Strato (1)	4.42	0.00-0.40	4.42	23.14
Strato (2)	37.98	0.40-2.40	37.98	38.87
Strato (3)	14.72	2.40-3.20	14.72	29.86
Strato (4)	41.01	3.20-4.60	41.01	39.8
Strato (5)	14.37	4.60-8.00	14.37	29.68
Strato (6)	47.1	8.00-9.60	47.1	41.58

Modulo Edometrico secondo la correlazione di Menzenbach e Malcev

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (1)	4.42	0.00-0.40	4.42	57.71
Strato (2)	37.98	0.40-2.40	37.98	207.39
Strato (3)	14.72	2.40-3.20	14.72	103.65
Strato (4)	41.01	3.20-4.60	41.01	220.90
Strato (5)	14.37	4.60-8.00	14.37	102.09
Strato (6)	47.1	8.00-9.60	47.1	248.07

Classificazione AGI 1977

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Classificazione AGI
Strato (1)	4.42	0.00-0.40	4.42	POCO ADDENSATO
Strato (2)	37.98	0.40-2.40	37.98	ADDENSATO
Strato (3)	14.72	2.40-3.20	14.72	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (4)	41.01	3.20-4.60	41.01	ADDENSATO
Strato (5)	14.37	4.60-8.00	14.37	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (6)	47.1	8.00-9.60	47.1	ADDENSATO

Peso unità di volume secondo la correlazione di Meyerhof et al.

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Peso Unità di Volume (t/m ³)
Strato (1)	4.42	0.00-0.40	4.42	1.51
Strato (2)	37.98	0.40-2.40	37.98	2.19
Strato (3)	14.72	2.40-3.20	14.72	1.87
Strato (4)	41.01	3.20-4.60	41.01	2.21
Strato (5)	14.37	4.60-8.00	14.37	1.86
Strato (6)	47.1	8.00-9.60	47.1	2.23

Peso unità di volume saturo secondo la correlazione di Terzaghi-Peck 1948-1967

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
Strato (1)	4.42	0.00-0.40	4.42	1.88
Strato (3)	14.72	2.40-3.20	14.72	1.95
Strato (5)	14.37	4.60-8.00	14.37	1.95

Prova "MASW"

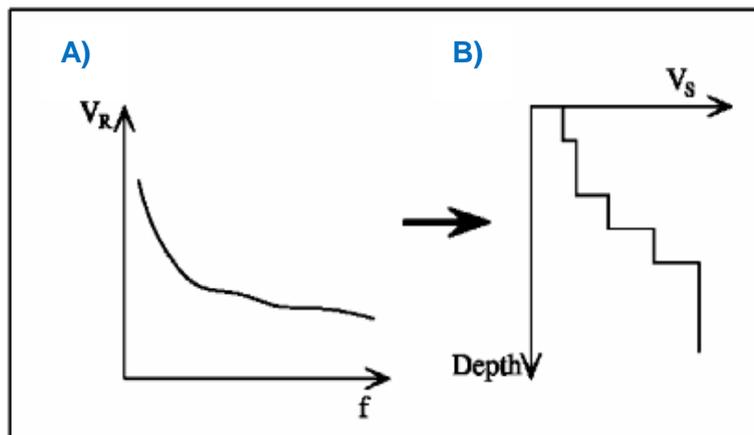
Cenni metodologici

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 Vs, 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 48 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 42 m);

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

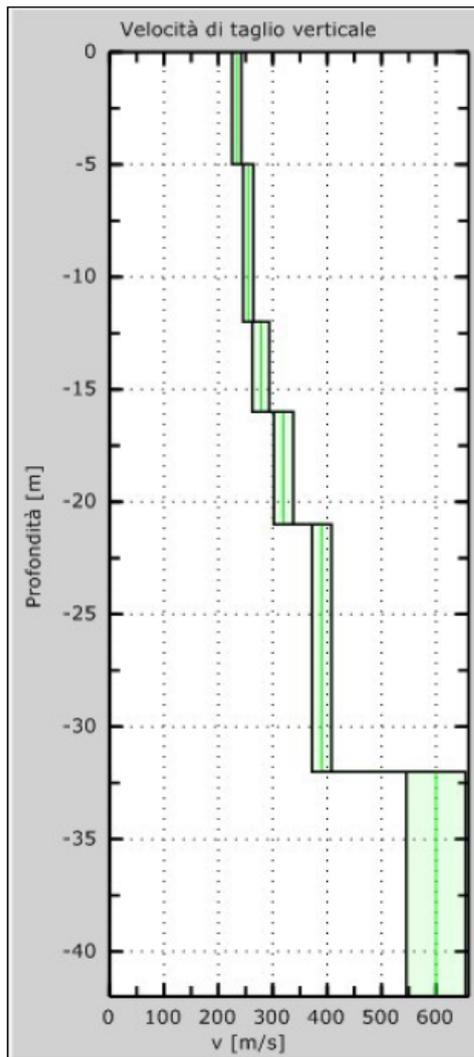
Elaborazione e analisi dei risultati

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.

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. (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)
1	5	5	234
2	12	7	255
3	16	4	278
4	21	5	320
5	32	11	390
6	--	--	600

$V_{s_{eq}}$	296
--------------	-----



MASW – Sismostratigrafia, Vs

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. In base all'andamento morfologico della zona è possibile affermare quanto segue:

- le attività si svolgeranno in maniera tale da non incrementare il livello di pericolosità geomorfologica presente, né comprometteranno eventuali futuri interventi di sistemazione e/o mitigazione del rischio;
- non ci sarà accumulo di materiale o qualsiasi forma di incremento dei carichi lungo i versanti;

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.

- gli scavi saranno tempestivamente richiusi e ripristinati a regola d'arte evitando infiltrazioni d'acqua all'interno sia durante i lavori che in fase di esercizio;
- il materiale di risulta qualora non riutilizzato, sarà conferito in ossequio alla normativa vigente;
- l'intervento, seppur privato, risulta di interesse pubblico e sociale e viene realizzato come potenziamento della rete infrastrutturale presente;
- la morfologia originaria del terreno non sarà in alcun modo modificata;
- le opere a realizzarsi dureranno circa 6 giorni lavorativi.

Per quanto riguarda le aree a rischio PG1, l'analisi morfologica evidenzia una generale inclinazione della superficie topografica che, nei tratti più inclinati, non supera il 3-4%. Non sono presenti fronti di instabilità e/o scarpate a rischio di smottamento o zone che potrebbero essere mobilitate dai lavori di realizzazione del cavidotto all'interno dell'asse stradale.

L'art. 15 delle NTA del PAI prevede per le Aree a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1):

1. Nelle aree a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1) sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio purché l'intervento garantisca la sicurezza, non determini condizioni di instabilità e non modifichi negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici nell'area e nella zona potenzialmente interessata dall'opera e dalle sue pertinenze.

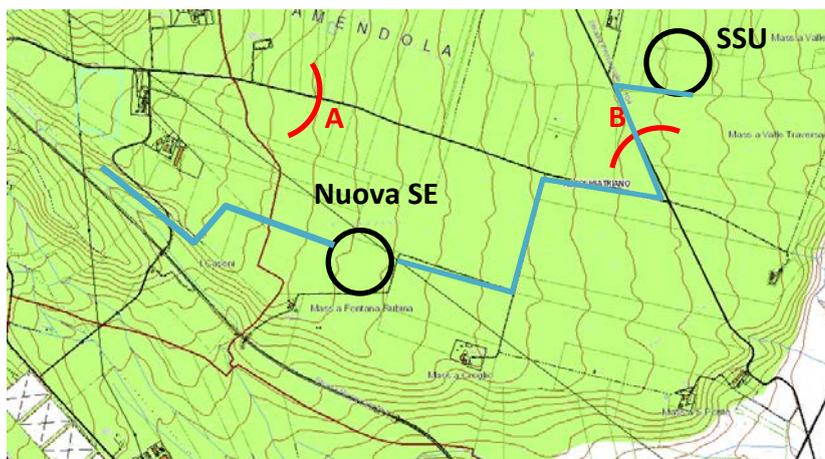
Pertanto, non avendo rilevato, lungo il tracciato del cavidotto, aree a rischio geomorfologico, è possibile affermare che la realizzazione del cavidotto non causerà condizioni di instabilità.



Andamento morfologico generale

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.



Punti di presa fotografico su base fotogrammetrica



+



Per quanto riguarda la Nuova SE e la SSU, entrambe ricadono in ampi pianori caratterizzati da una leggera e uniforme inclinazione verso est, con pendenza pari al 2% circa.

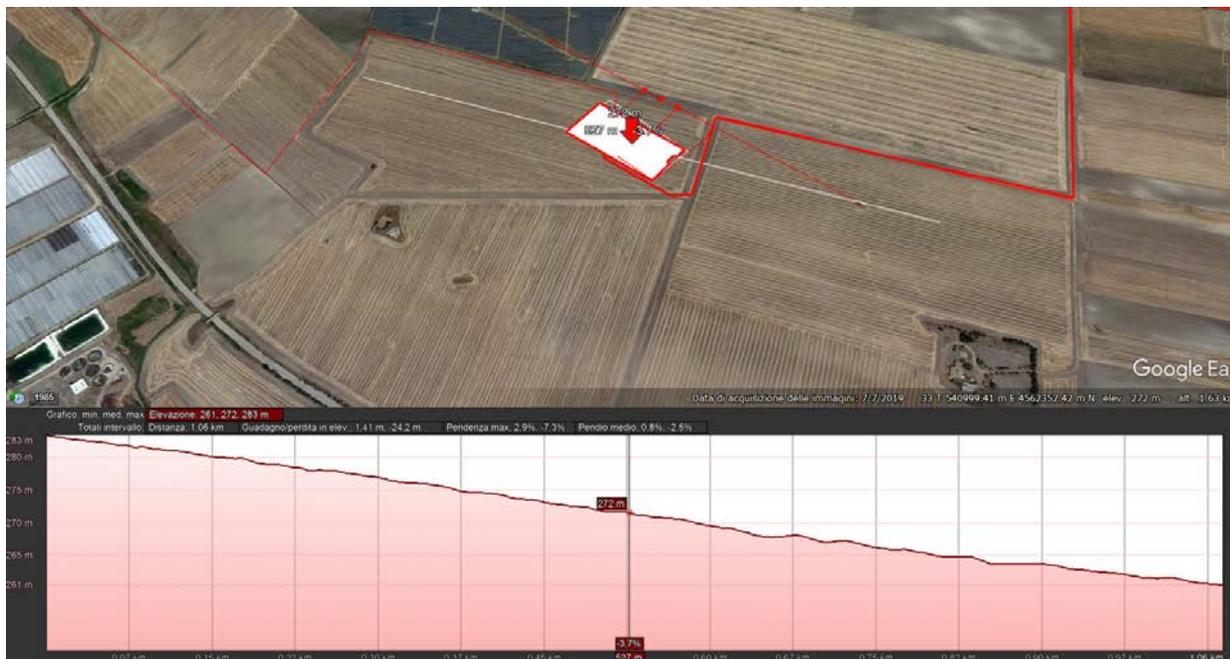
In relazione alla limitata inclinazione del pendio, alla mancanza di elementi di criticità statica nell'arco di centinaia di metri ed alla natura del terreno in posto, è possibile affermare che non sussistono rischi di natura geomorfologica.

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.

Nuova SE

In corrispondenza della Nuova SE la morfologia è caratterizzata da un leggero declivio verso est con pendenza pari al 2%.



SSU

In corrispondenza della Nuova SE la morfologia è caratterizzata da un leggero declivio verso est con pendenza pari al 2%.



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.

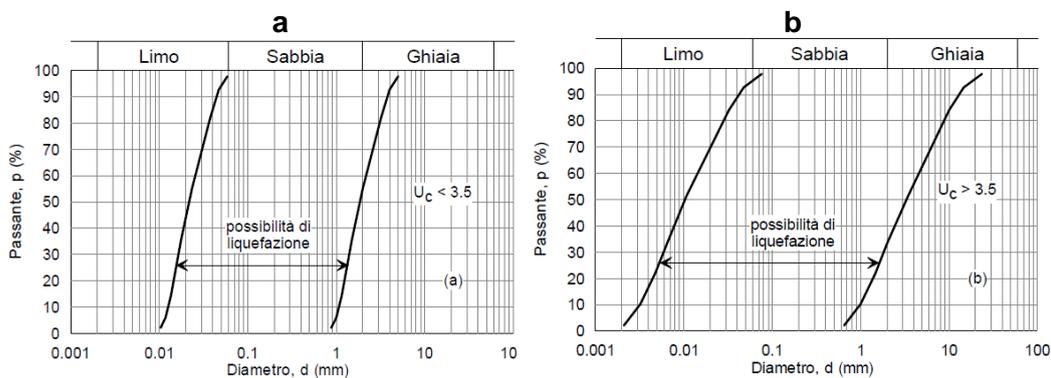
VERIFICA DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI IN CONDIZIONI SISMICHE

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 $qc_{1N} > 180$ 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 qc_{1N} 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 stagionale è stata considerata pari a 9 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: Ascoli Satriano

Località: La Mezzana

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 [%];

σ'_v , pressione verticale efficace espressa in [Kg/cm²].

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

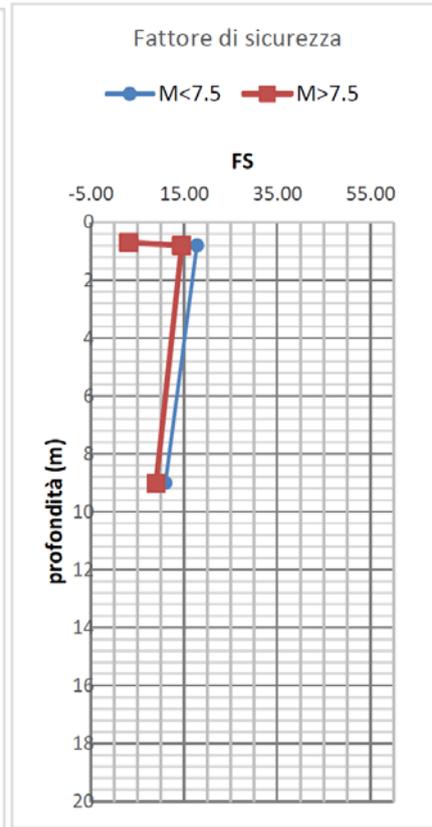
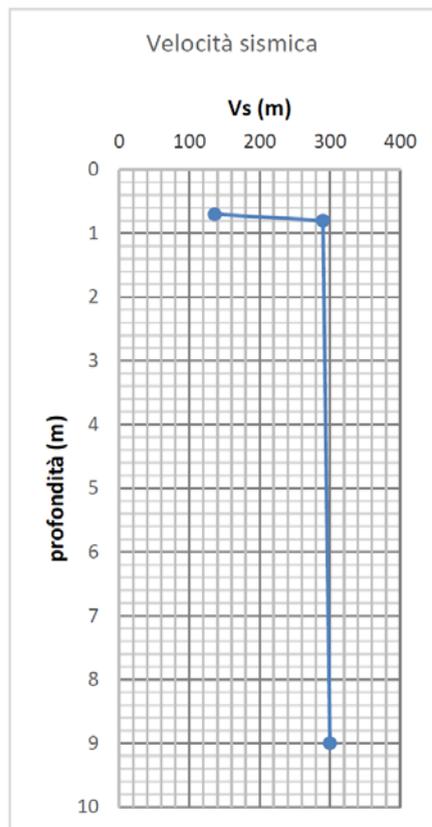
STRATIGRAFIA						
strati		1	2	3	4	5
peso specifico γ	g/cm ³	1.51	1.8	2.08		
σ_{vo}	kg/cm ²	0.1057	0.144	1.872		
press. vert. σ_{vo}'	kg/cm ²	0.1057	0.144	0.972		
prof. prova Z	cm	70	80	900		
prof. falda Z_F	cm	830	800	0		
p.s. acqua γ_{H_2O}	g/cm ³	1	1	1		
press. neutra p	kg/cm ²	0	0	0.9		
fraz. fine FC	%	40	20	40		
vel. Sismica V_S	m/s	136	290	300		
V_{S1C}	m/s	200	210	200		
V_{S1}	m/s	238.52	470.77	302.14		
CRR		0.1428	0.6571	0.2605		

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			
MSF	2.47	2.47	2.47			se M≤7.5
	2.02	2.02	2.02			se M>7.5
a _{max} /g	0.15	0.15	0.15			
r _d	0.946	0.939	0.312			
CSR	0.0373	0.0370	0.0236			se M≤7.5
	0.0457	0.0454	0.0290			se M>7.5

FS	3.83	17.76	11.02			se M≤7.5
	Verificato	Verificato	Verificato			
	3.12	14.49	8.99			se M>7.5
	Verificato	Verificato	Verificato			



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.

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 9 m di profondità;
- l'area rientra in una zona a sismicità Z1;
- la natura litologica del sottosuolo è sabbioso-ghiaioso-limosa, con presenza di livelli e strati litificati e argillosi;
- la classe di sottosuolo è la "C";
- I terreni non presentano rischi da liquefazione.

In conclusione, l'area in esame risulta geologicamente idonea per il progetto di Sottostazione.