

Regione Umbria



Provincia di Perugia



Comune di Foligno

Committente:



RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L.

via Andrea Doria, 41/G - 00192 Roma

P.IVA/C.F. 06400370968

PEC: rwerenewablesitaliasrl@legalmail.it

Titolo del Progetto:

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZADI 72 MW
DENOMINATO "MONTE BURANO" E UBICATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)**

Documento:

PROGETTO DEFINITIVO OPERE CIVILI

N° Documento:

PEFO - 04

ID PROGETTO:	PEFO	DISCIPLINA:		TIPOLOGIA:	R	FORMATO:	
--------------	------	-------------	--	------------	---	----------	--

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

FOGLIO:		SCALA:		Nome file:	PEFO - 04_RELAZIONE_GEOLOGICA		
---------	--	--------	--	------------	-------------------------------	--	--

Progettazione:



EGM PROJECT S.R.L.
VIA VERRASTRO 15/A
85100- POTENZA (PZ)
P.IVA 02094310766
REA PZ-206983

Progettista:

Ing. Carmen Martone
Iscr. n. 1872
Ordine Ingegneri Potenza
C.F. MRTCMN73D56H703E

Geol. Raffaele Nardone
Iscr. n. 243
Ordine Geologi Basilicata
C.F. NRDRFL71H04A509H

Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato

INDICE

1. Premessa	2
2. Inquadramento Geografico	3
3. Inquadramento Geologico e tettonico dell'area	7
3.1 Geologia dell'area	7
4. Analisi dei vincoli Geologico-Ambientali	11
5. Inquadramento Geomorfologico	12
6. Idrologia e idrogeologia dell'area	16
7. Sismicità dell'area	20
8. Indagini eseguite	23
8.1 Sondaggio S1_FO01	23
8.2 Prove dilatometriche cicliche	24
8.3 Stendimento sismico MASW 1(FO01)	25
8.4 Stendimento sismico MASW 2(FO02)	26
8.5 Stendimento sismico MASW 3(FO03)	27
8.6 Stendimento sismico MASW 4(FO04)	28
8.7 Stendimento sismico MASW 5(FO05)	29
8.8 Stendimento sismico MASW 6(FO06)	30
8.9 Stendimento sismico MASW 7(FO07)	31
8.10 Stendimento sismico MASW 8(FO08)	32
8.11 Stendimento sismico MASW 9(FO09)	33
8.12 Stendimento sismico MASW 10(FO10)	34
8.13 Prospezioni sismiche a rifrazione in onde P	35
9. Sezioni Litologiche	38
10 Modello Geotecnico	40
11. Interferenze aree in frana e cavidotto	41
12. Sottostazione elettrica	50
13. Conclusioni	52

	<p align="center">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p align="center">RELAZIONE GEOLOGICA</p>	<p align="center">DATA: APRILE 2024</p> <p align="center">Pag. 2 di 53</p>
---	--	---

1. PREMESSA

Su incarico della RWE, è stato condotto uno studio geologico-tecnico a supporto del **“PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DEL PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72MW DENOMINATO “MONTE BURANO” SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)”**.

Il presente studio ha lo scopo di fornire, sulla base di specifiche indagini geognostiche, le informazioni necessarie ai fini della determinazione della natura e della disposizione dei terreni, della struttura e dei caratteri fisici del sottosuolo; definisce il modello geologico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti idrogeologici e geomorfologici, nonché il conseguente livello di pericolosità geologica attraverso la redazione di una base cartografica tematica utilizzabile dai tecnici progettisti per la formazione di corrette e razionali scelte progettuali con particolare riferimento alle opere di fondazione degli aerogeneratori, al cavidotto e alla Sottostazione Elettrica Lato Utente.

Lo studio è stato eseguito seguendo le prescrizioni contenute nel:

- D.M. 17 gennaio 2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Circolare C.S.LL.PP. n° 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.;
- Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale - sede Umbria.

Per la costruzione del modello geologico-tecnico del sottosuolo e la caratterizzazione sismica dei terreni di fondazione sono state utilizzate fonti bibliografiche certe ed è stata esperita una campagna di indagini progettata e diretta dallo scrivente, consistita in:

- n° 1 Sondaggio a carotaggio continuo;
- n° 3 prove dilatometriche cicliche;
- n° 10 indagini sismiche di tipo Masw;
- n° 2 indagini sismiche a rifrazione in onde P.

In seguito alle indagini, al sopralluogo ed alle fonti bibliografiche è stato possibile procedere alla compilazione di una cartografia geologica e geomorfologica generale. A corredo degli elaborati cartografici sono stati, inoltre, compilati profili geologici in modo da

	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG) RELAZIONE GEOLOGICA	DATA: APRILE 2024 Pag. 3 di 53
---	---	---

rendere chiara l'estensione in profondità dei corpi litologici riconosciuti in superficie e delle principali discontinuità strutturali.

L'elaborazione dei dati acquisiti tramite dati bibliografici ha permesso di produrre degli elaborati grafici di sintesi comprendenti:

- Carta Geologica Area Parco in scala 1:10.000;
- Sezioni Geologiche in scala 1:500;
- Carta Geomorfologica Area Parco in scala 1:10.000;
- Carta Idrogeologica Area Parco in scala 1:10.000;
- Rapporto Tecnico delle indagini.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area interessata dal progetto ricade nel territorio comunale di Foligno, in provincia di Perugia e si estende dal confine comunale a Nord-Ovest sino all'area centro settentrionale dell'area comunale, ad est dell'abitato di Foligno.

Nello specifico, il Parco Eolico sarà ubicato su una serie di rilievi montuosi denominati, spostandosi da Nord verso Sud, Monte Poggio Liè, Monte Burano e Monte D'Afrile e Maestà della Staffa, in un intervallo di quote compreso tra 1129 m s.l.m. e 898 m s.l.m. In particolare l'aerogeneratore FO10 sarà ubicato su Poggio Liè in località Croce, gli aerogeneratori FO09, FO08 ed FO07 saranno ubicati presso M. Burano e in località Parigioli, gli aerogeneratori FO06, FO05, FO04, FO03 saranno ubicati su M. D'Afrile ed in prossimità dello stesso in località Laimezzi, ad est dell'abitato di Afrile, e gli aerogeneratori FO02 ed FO01 saranno ubicati tra le frazioni di Cavallara e Rio e l'abitato di Seggio.

Si specifica che il parco eolico sarà collegato, attraverso il tracciato del cavidotto con la sottostazione utente che verrà realizzata nello stesso territorio comunale di Foligno (PG) prevalentemente lungo strade esistenti, sino alla sottostazione lato utente in località Mad.na Bruciata, ad Est della SS3-Strada Statale Flaminia.

Nella tabella di seguito si riportano le coordinate relative agli aerogeneratori espresse con il sistema di riferimento ETRS89-UTM fuso 33N:

SISTEMA DI COORDINATE ETRS89-UTM FUSO 33N		
AEROGENERATORE	EST	NORD
FO01	322732.53	4764659.06
FO02	323225.55	4765792.82
FO03	323024.26	4766551.77
FO04	322317.22	4765909.22
FO05	322206.12	4766438.15
FO06	322226.78	4767012.08
FO07	321008.63	4766954.87
FO08	321351.50	4767686.37
FO09	321228.92	4768208.59
FO10	321788.61	4768895.95

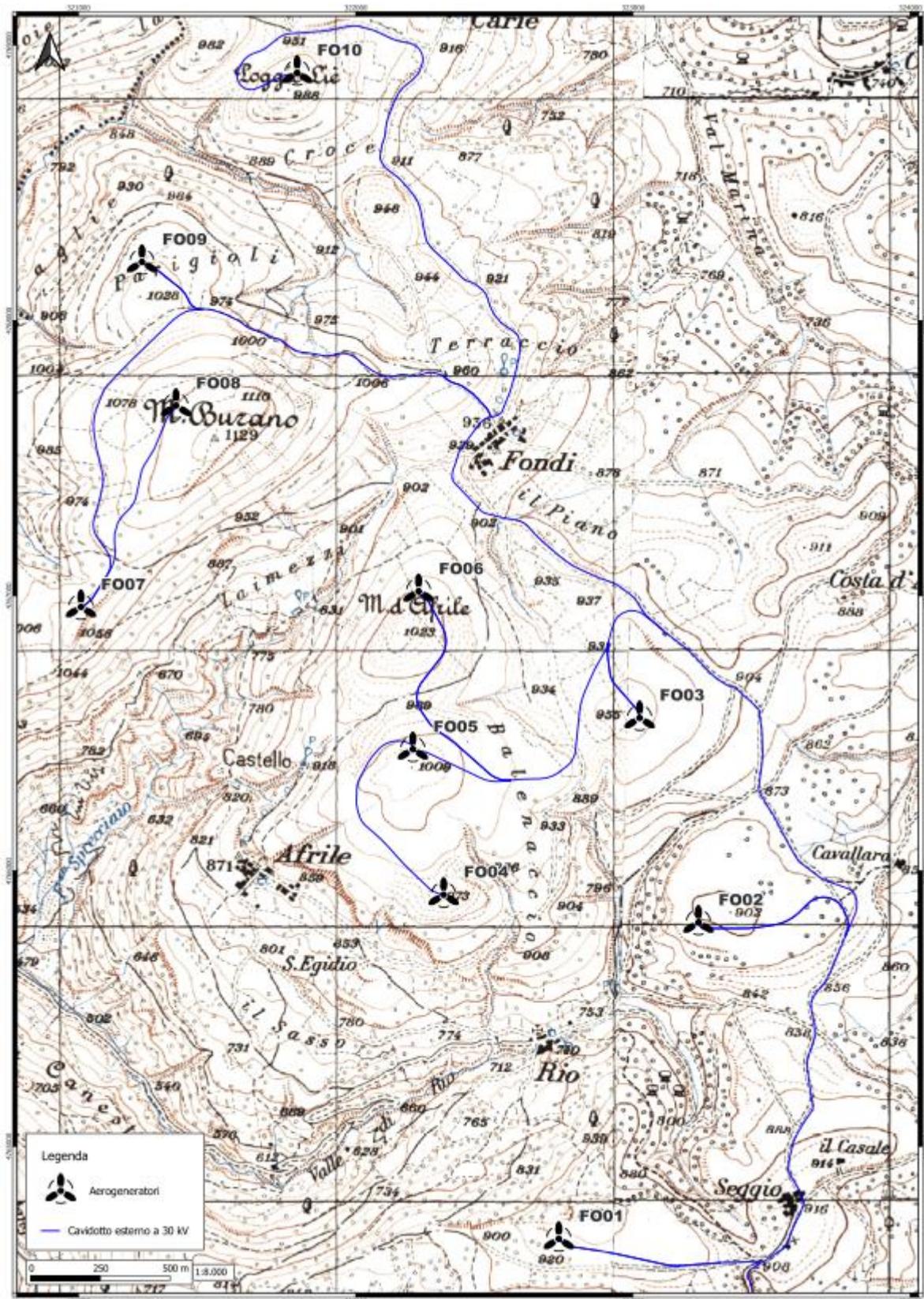


Figura 1 - Ubicazione dell'area parco in progetto su IGM.

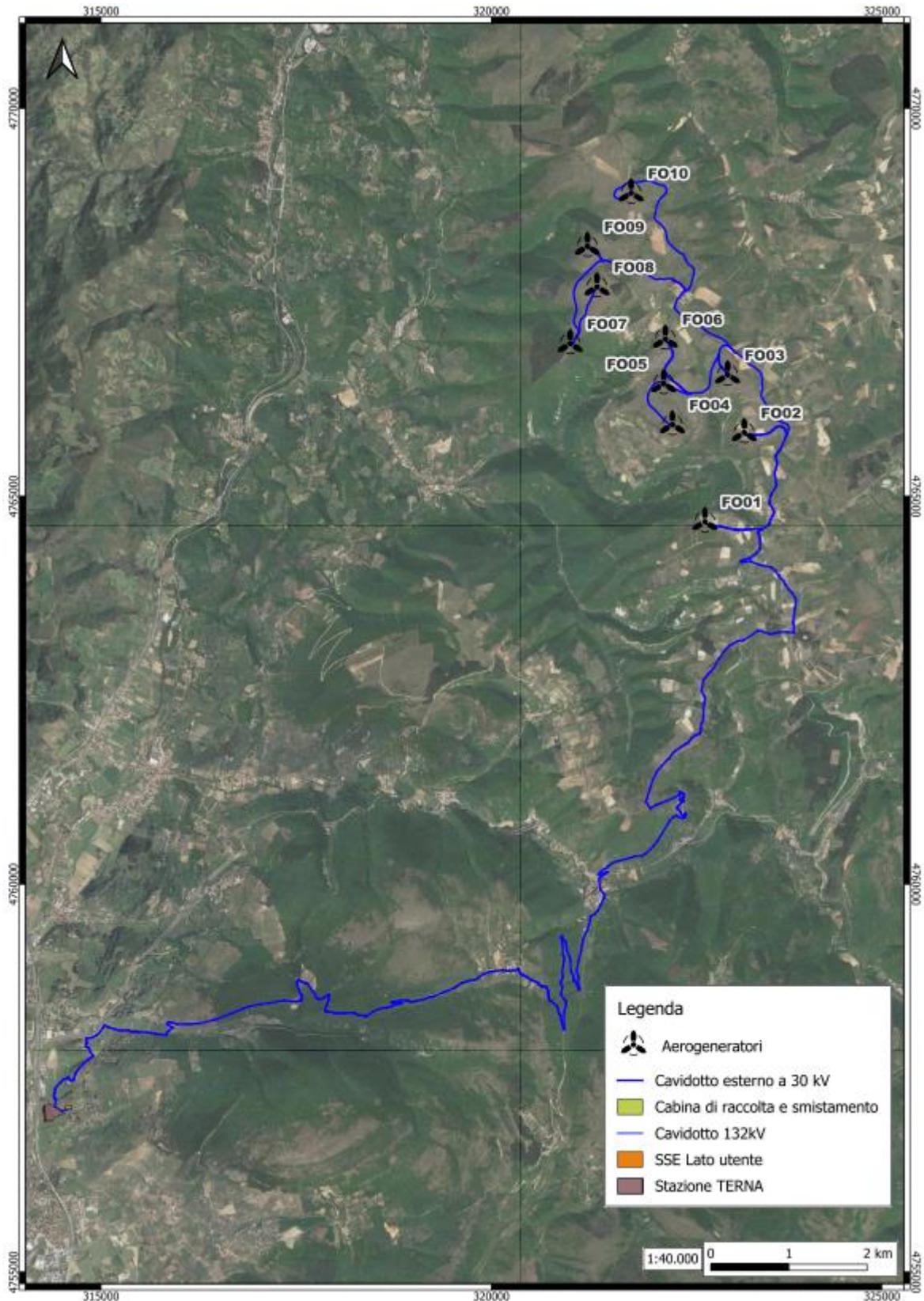


Figura 2-Ubicazione dell'area parco di progetto su immagine satellitare.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO DELL'AREA

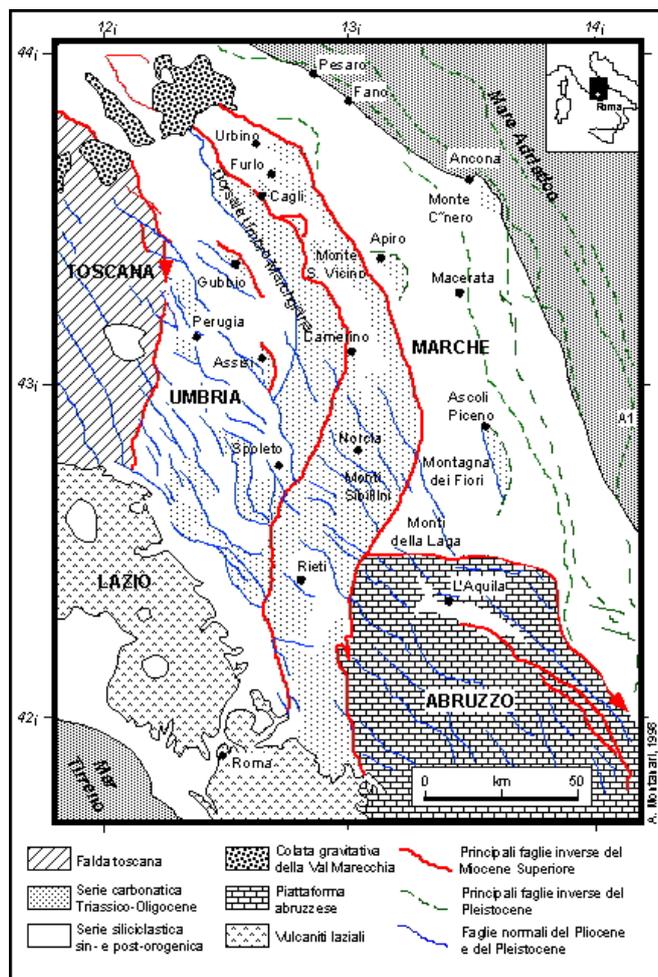
L'area in studio è compresa nel foglio geologico n° 123 "Assisi" e 131 "Foligno" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 e dal punto di vista geologico regionale ricade nell'area montana ubicata ad Est della Valle Umbra e ad ovest di Palude di Colfiorito.

Le unità stratigrafiche affioranti all'interno dei due fogli si possono raggruppare in due serie: marine e continentali. Le formazioni delle serie marine sono: il calcare massiccio, la corniola ed il rosso ammonitico del Giurassico Inf., gli scisti ad aptici del Giurassico medio e superiore, il calcare rupestre, gli scisti a fucoidi e la scaglia rossa e bianca del Cretacico-Eocene medio, la scaglia cinerea dell'Eocene superiore e dell'Oligocene ed il bisciaro e la marnoso-arenacea del Miocene.

I termini continentali sono rappresentati da formazioni lacustri (Pliocene sup-Pleistocene medio), travertini, depositi fluviali o fluvio-lacustri terrazzati, alluvioni attuali o recenti e coperture detritiche del Pleistocene sup-Olocene.

Queste unità paleogeografiche hanno subito eventi tettonici e plicativi che hanno portato alla strutturazione dell'Appennino Umbro-Marchigiano con alternanza di ampie anticlinali e strette sinclinali. Le strutture tettoniche risultano riconoscibili nella porzione settentrionale e centrale del foglio e scarsamente riconoscibili nella porzione meridionale, in cui verrà realizzata l'area parco, poiché gli assi tettonici si avvicinano tra di loro. Lo stile tettonico delle strutture è legato al ribaltamento di pieghe verso ENE e da fenomeni di pieghe-faglie e faglie inverse che interessano il fianco orientale delle pieghe stesse.

Figura 3 - Schema geologico-strutturale dell'Appennino umbro-Marchigiano.



	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG) RELAZIONE GEOLOGICA	DATA: APRILE 2024 Pag. 8 di 53
---	---	---

3.1 GEOLOGIA DELL'AREA

La Carta Geologica in scala 1:100.000 ha permesso di cartografare e distinguere le seguenti Unità litologiche affioranti nel territorio, di seguito descritte dal più antico al più recente:

U.L. 1 Formazione del Calcarea rupestre (cavidotto)

È costituita da calcari di colore bianco e bianco avorio, compatto, con frattura a concoide, ben stratificato e con noduli e lenti di selce e pirite di colore grigio scuro. Alla base sono presenti calcari leggermente marnosi di colore grigio-verdastro con aptici. Il passaggio agli scisti a fucoidi è segnato dalla presenza di calcari marnosi grigi o grigio-verdognoli con striature nerastre.

U.L. 2 Formazione degli Scisti a Fucoidi (cavidotto)

Si tratta di un'alternanza di calcari marnosi e marne argillose varicolori, a volte con sottili lenti di selce racchiudenti scisti marnosi neri bituminosi. Alla base calcari marnosi grigio-verdastri con strutture nerastre facenti passaggio al sottostante "Calcarea rupestre". Da punto di vista idrogeologico, costituiscono un livello impermeabile, tra due formazioni di natura calcarea, permettendo di immagazzinare grandi quantità di acqua che danno origine a sorgenti.

U.L. 3 Formazione della Scaglia rossa e bianca (FO01, FO02, FO03, FO04, FO05, FO06, FO07, FO08, FO09, FO10)

È costituita, alla base, da calcari e calcari più o meno marnosi di colore bianco a frattura scagliosa, ben stratificati, lastriformi e con sottili intercalazioni di marne argillose e noduli e liste di selce nera o rosa. Si passa gradualmente a calcari e calcari marnosi rosati, che evolvono in calcari marnosi rosso mattone con selce rossa. Verso il tetto aumenta il tenore argilloso e gli strati diventano più sottili e con frequenti interstrati marnosi.

Queste litologie si rinvengono in corrispondenza delle aree di sedime di tutti gli aerogeneratori.

U.L. 4 Alluvioni sabbioso-ghiaiose e sedimenti fluvio-palustri (sottostazione elettrica utente e cavidotto)

Si tratta di depositi continentali alluvionali caratterizzati da sedimenti sabbioso-ghiaiosi del I ordine dei terrazzi del fiume Nera. Al contrario i sedimenti fluvio-palustri si caratterizzano da sedimenti argilloso-sabbiosi ricchi in noduli e concrezioni calcaree e talvolta con materiale torboso.

U.L. 5 Detrito (cavidotto)

Risultano essere molto diffusi alla base dei rilievi calcarei e sono legati a zone di intensa fratturazione. Si presentano sciolti in superficie e molto spesso cementati in profondità.

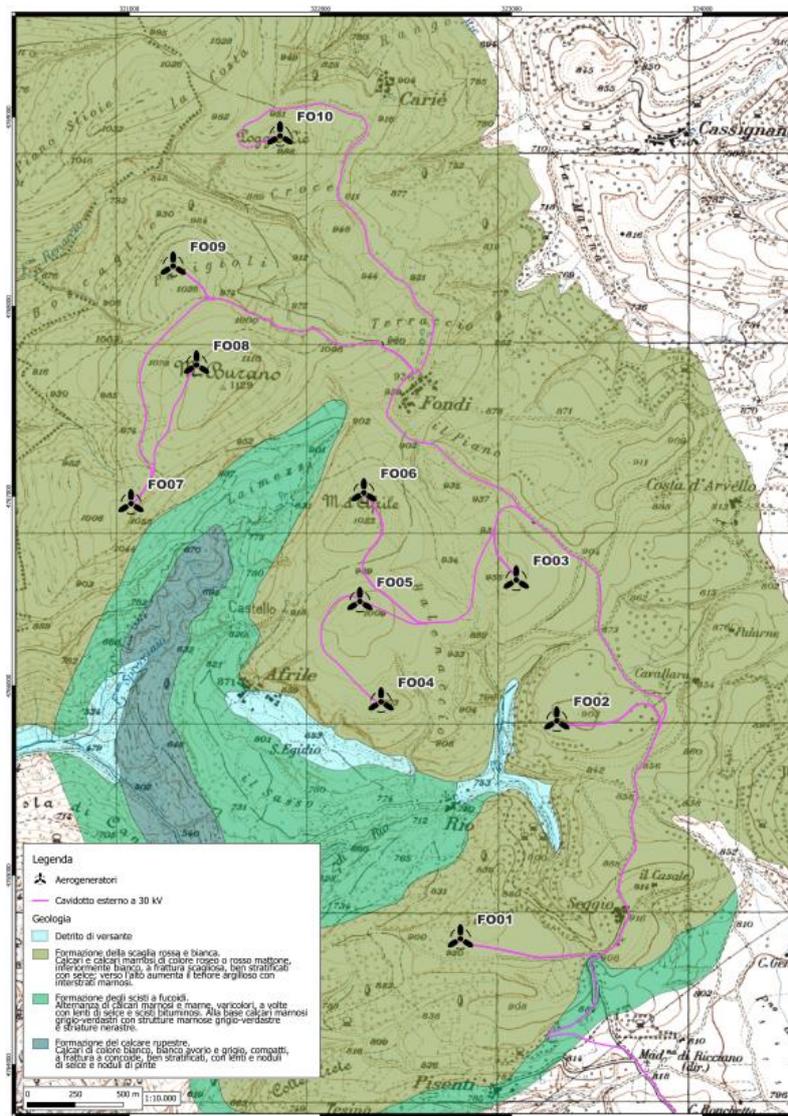


Figura 4 - Stralcio della Carta Geologica Area Parco.

RELAZIONE GEOLOGICA

In particolare, l'unità affiorante nell'area parco risulta essere la "Scaglia rossa e bianca" con un nucleo, osservabile alle pendici del Monte Burano, caratterizzato dal "Calcere rupestre" ammantato dagli "Scisti a fucoidi" di Afrile e Tesina.

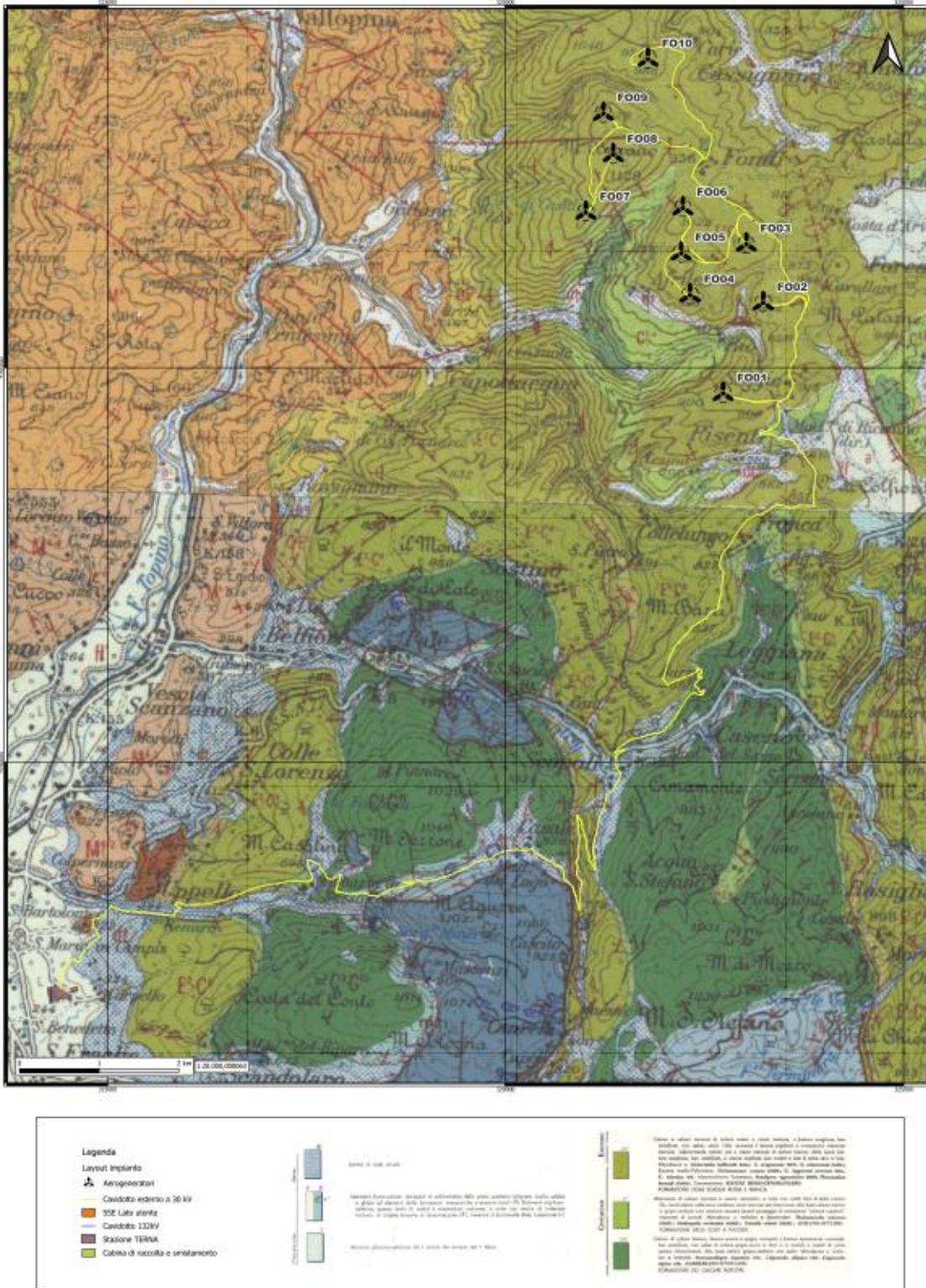


Figura 5 - Stralcio della carta geologica del parco eolico.

4. ANALISI DEI VINCOLI GEOLOGICO-AMBIENTALI

-Vincoli P.A.I. (Autorità di Bacino del Tevere)

Dalla consultazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino dell'Appennino Centrale - Bacino del Tevere – sede Umbria si evince che l'intera area parco, il cavidotto e la sottostazione utente non rientrano né in areali a rischio idraulico, né a rischio geomorfologico da frana come riportato nello stralcio sottostante.

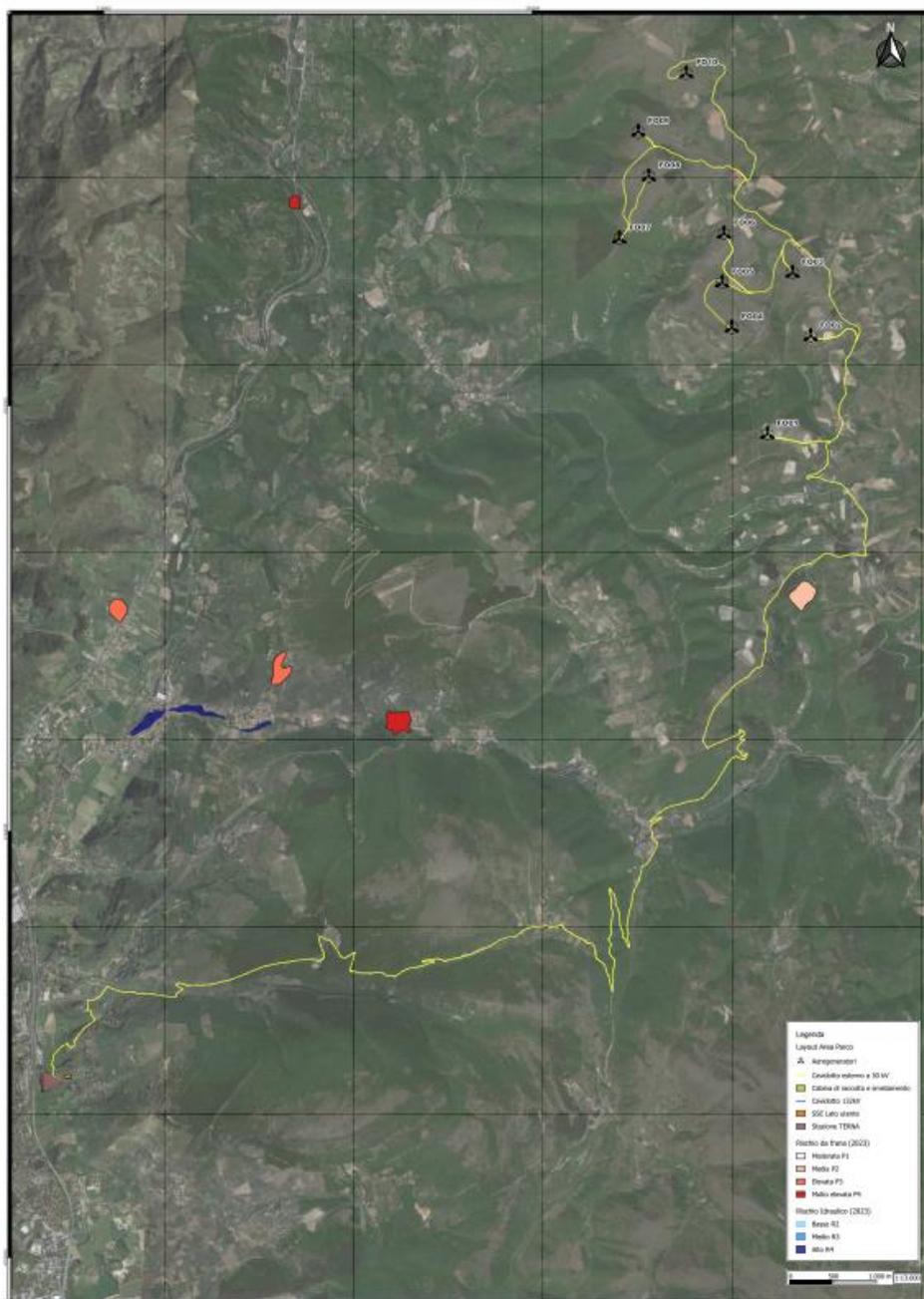


Figura 6 - Stralcio della Carta del Rischio idraulico e da frana.

	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG) RELAZIONE GEOLOGICA	DATA: APRILE 2024 Pag. 12 di 53
---	---	--

5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Lo studio dei caratteri geomorfologici è stato condotto su un'area relativamente ampia tale da mettere in evidenza i processi morfoevolutivi che si instaurano sui versanti interessati dalle opere in progetto. L'evoluzione geomorfologica dell'area rappresenta il risultato di diversi fattori quali le caratteristiche litologiche, l'assetto dei terreni e l'azione modellatrice delle acque.

Dal punto di vista geomorfologico, il parco verrà realizzato in una area caratterizzata da rilievi con quote comprese tra 895 m e 1104 m s.l.m. e valli fluviali profondamente incise. I versanti si presentano ricchi di vegetazione e molto scoscesi, mentre le zone sommitali sono caratterizzate da scarsa vegetazione.

Dal punto di vista tettonico-strutturale, il parco eolico verrà realizzato in una zona montana sulla parte sommitale della dorsale costituita da un'anticlinale rovesciata con piano assiale immerso a WSW, caratterizzata da una costante variazione dei valori angolari del piano assiale e di immersione dello stesso, costituita quasi interamente dalla "Scaglia rossa e bianca".

La valle denominata Fosso Sprecciaio ad ovest di Afrile e la sezione naturale tagliata dal Rio Capodacqua, che circondano questi rilievi montuosi, sono interessate dal passaggio di torrenti e fiumi e bordano l'area parco ad Ovest ed a Sud. Gli aerogeneratori FO01, FO02 ed FO04 sono ubicati ad una quota inferiore compresa tra 945 m ed 895 m s.l.m., nella porzione meridionale dell'area parco, e sono separati dalla valle attraversata da Rio Capodacqua.

L'analisi geomorfologica eseguito, integrato anche con lo studio di foto aeree dell'area ha permesso di riconoscere lungo l'areale del cavidotto morfotipi riconducibili a movimenti franosi che, sulla base della classifica di Varnes, sono stati classificati come scivolamenti rotazionali/traslativi.

Gli scivolamenti sono caratterizzati da una velocità di movimento variabile, da lento ad estremamente rapido e può svilupparsi su tutti i tipi di materiale. Le due tipologie di scivolamento presentano caratteristiche di rottura e movimento differenti.

Questi movimenti si impostano lungo aree di versante e le cause di innesco sono principalmente legate alla combinazione dei seguenti fattori:

	<p align="center">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p align="center">RELAZIONE GEOLOGICA</p>	<p align="center">DATA: APRILE 2024</p> <p align="center">Pag. 13 di 53</p>
---	--	---

- imbibizione a seguito di lunghi e intensi periodi piovosi, infiltrazioni o innalzamento della superficie piezometrica, che determinano un aumento degli sforzi di taglio con conseguente diminuzione delle caratteristiche geotecniche;
- decremento delle resistenze di taglio lungo le superfici di discontinuità;
- pendenza dei versanti e superfici di discontinuità primaria e/o secondaria a franapoggio;
- alternanza di litotipi con diverso grado di resistenza (ex. Marnoso-pelitiche),
- scalzamento al piede del versante causato dall'azione erosiva di un corso d'acqua;
- terremoti.

L'evoluzione di questi movimenti non interesserà l'area di sedime degli aerogeneratori, ma interessa un tratto di cavidotto in prossimità dell'aerogeneratore FO09 e lungo il tratto che collega l'area parco alla sottostazione lato utente, in cui sono presenti sporadiche frane da scivolamento che intersecano il cavidotto lungo strade esistenti.

Il paesaggio mostra un locale aumento dell'acclività in corrispondenza del reticolo idrografico di superficie prevalentemente riconoscibile nelle incisioni vallive. Nel dettaglio, in corrispondenza degli aerogeneratori si individua un'area con pendii e rilievi con inclinazione inferiore a 15°, ad eccezione dell'aerogeneratore FO06, la cui pendenza appare di 18°.

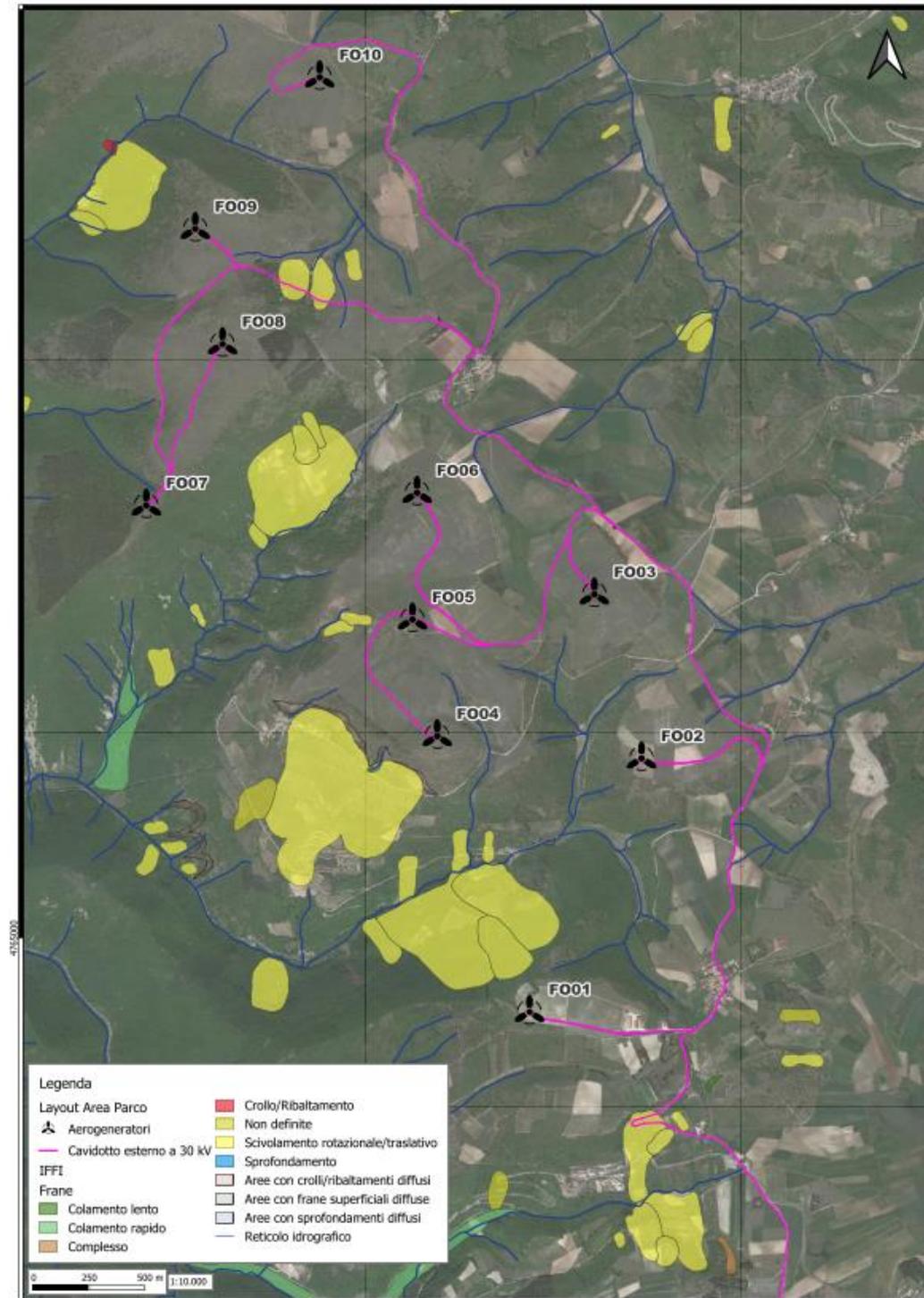


Figura 7 - Stralcio della carta con disesti geomorfologici dell'area parco e del cavidotto.

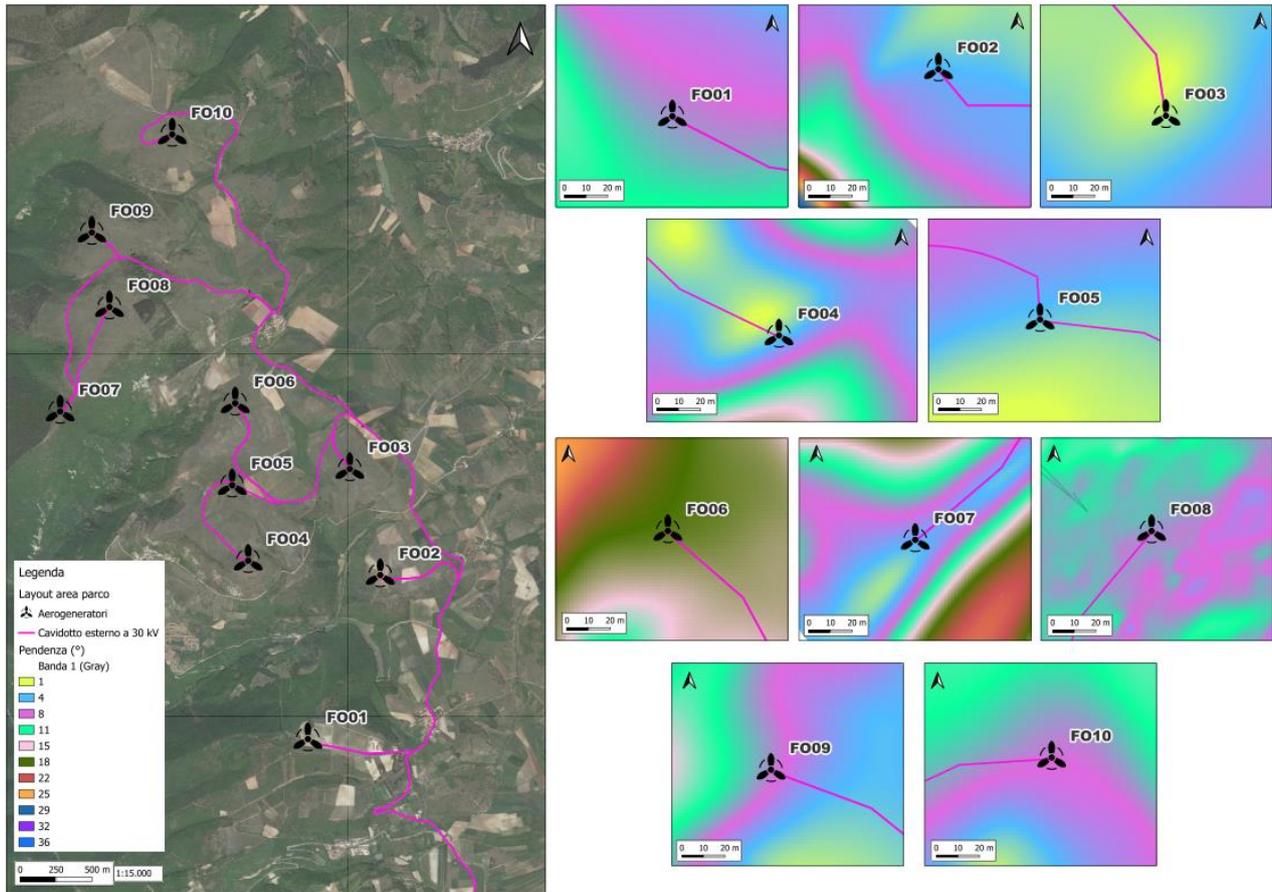


Figura 8 - Carta delle pendenze dell'Area Parco.

	<p style="text-align: center;">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE GEOLOGICA</p>	<p style="text-align: right;">DATA: APRILE 2024</p> <p style="text-align: right;">Pag. 16 di 53</p>
---	--	--

6. IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA DELL'AREA

Il territorio è caratterizzato dalla presenza di numerosi corsi d'acqua, prevalentemente a carattere torrentizio, in particolare l'area su cui sorge il Parco Eolico rappresenta uno spartiacque naturale tra i vari bacini idrografici.

Il "pattern" idrografico dei corsi d'acqua presenti nell'area risulta esse di tipo dendritico, si impostano all'interno dei terreni calcareo marnosi.

Per quanto riguarda l'aspetto idrogeologico l'area considerata è costituita da terreni contraddistinti da differenti caratteristiche idrogeologiche e valori di permeabilità dovuti principalmente alla variabilità granulometrica e tessiturale dei depositi.

Sulla base delle caratteristiche litologiche è stato possibile individuare un unico complesso idrogeologico:

Complesso calcareo e calcareo-marnoso: Costituito da calcari e calcari marnosi con un aumento del tenore argilloso verso il tetto della formazione. La permeabilità risulta essere variabile e fortemente condizionata dal contenuto argilloso-limoso e dal grado ed intensità di fratturazione del calcare. Infatti, il calcare è permeabile per fessurazione e carsismo e generalmente ospita una falda a profondità variabili limitata alla base da un substrato impermeabile, probabilmente coincidente con la Formazione degli scisti a fucoidi.

Dal sondaggio eseguito in prossimità dell'area di sedime dell'aerogeneratore FO01, **è risultato che, alla profondità di 22,65 m, è presente una falda.**

Considerando l'assenza di ulteriori dati diretti per definire la presenza di falda si è fatto anche riferimento sia all'Archivio Nazionale delle indagini del sottosuolo (Legge 464/1984) catalogate dal Dipartimento per il servizio geologico d'Italia ISPRA accessibile al sito (<https://sgi2.isprambiente.it/indagini>), sia al Repertorio Regionale dei dati pubblici aperti dell'Umbria ai sensi dell'art.15 della L.R. n.8/2011, realizzato nell'ambito della Community Network regionale (CN-Umbria) di cui all'art.10 della stessa legge, accessibile al sito [Carta idrogeologica dell'Umbria - Dataset - Open Data Umbria \(regione.umbria.it\)](http://Carta idrogeologica dell'Umbria - Dataset - Open Data Umbria (regione.umbria.it)).

Da quanto emerso dai dati dell'Archivio Nazionale delle indagini del sottosuolo (ISPRA):

- nei pressi dell'area parco in oggetto non sono presenti perforazioni per la ricerca idrica di acqua ed il pozzo più vicino si colloca ad una distanza di circa 6.5 km con un livello di falda statico a 31 m da piano campagna.

	<p align="center">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p align="center">RELAZIONE GEOLOGICA</p>	<p align="center">DATA: APRILE 2024</p> <p align="center">Pag. 17 di 53</p>
---	--	--

- in prossimità della Sottostazione Terna, a circa 170 m di distanza dalla stessa si individua un pozzo idrico con un livello di falda statico a 53 m dal piano campagna, che non andrà ad interferire con la realizzazione delle strutture.

I dati osservati presso il portale Open Data Umbria, in prossimità dell'area parco, mostra la presenza di:

- una sorgente, denominata "Sorgente Rio" a circa 815 m lineari dal cavidotto ed a 570 m di distanza lineare dall'aerogeneratore più vicino (FO02) con una portata (Q) di 5,9 l/s;
- una sorgente, denominata "Sorgente Polveragna" a circa 1.5 km dal cavidotto con una portata (Q) di 0,1 l/s;
- una sorgente, denomina "Sorgente Cassignano" a circa 2.8 km con una portata (Q) di 0,8 l/s.

Di seguito si riporta uno stralcio della carta dell'ubicazione dei pozzi idrici e delle sorgenti.

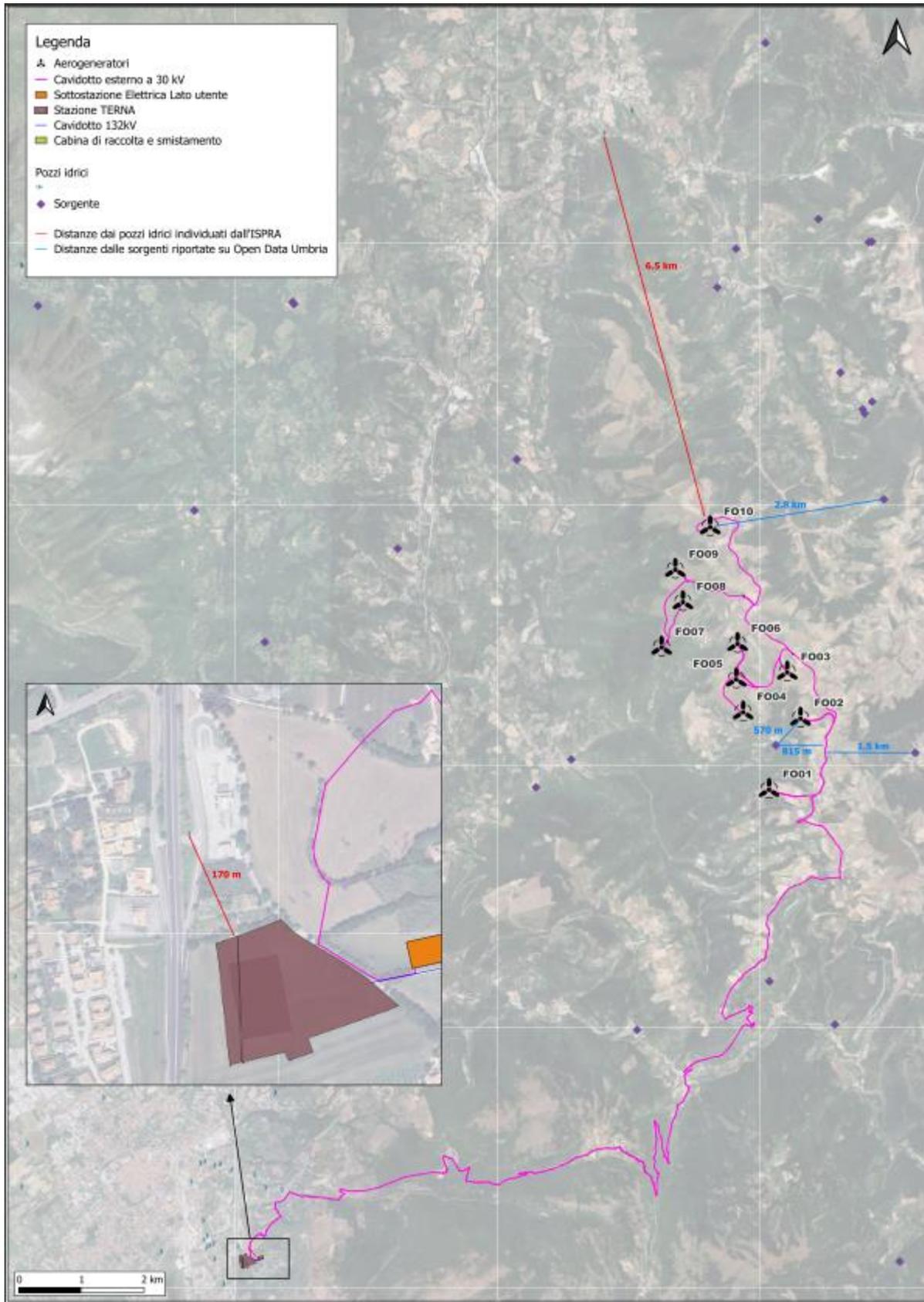


Figura 9 - Stralcio della carta dell'Ubicazione dei Pozzi idrici (ISPRA) e delle sorgenti (Open Data Umbria).

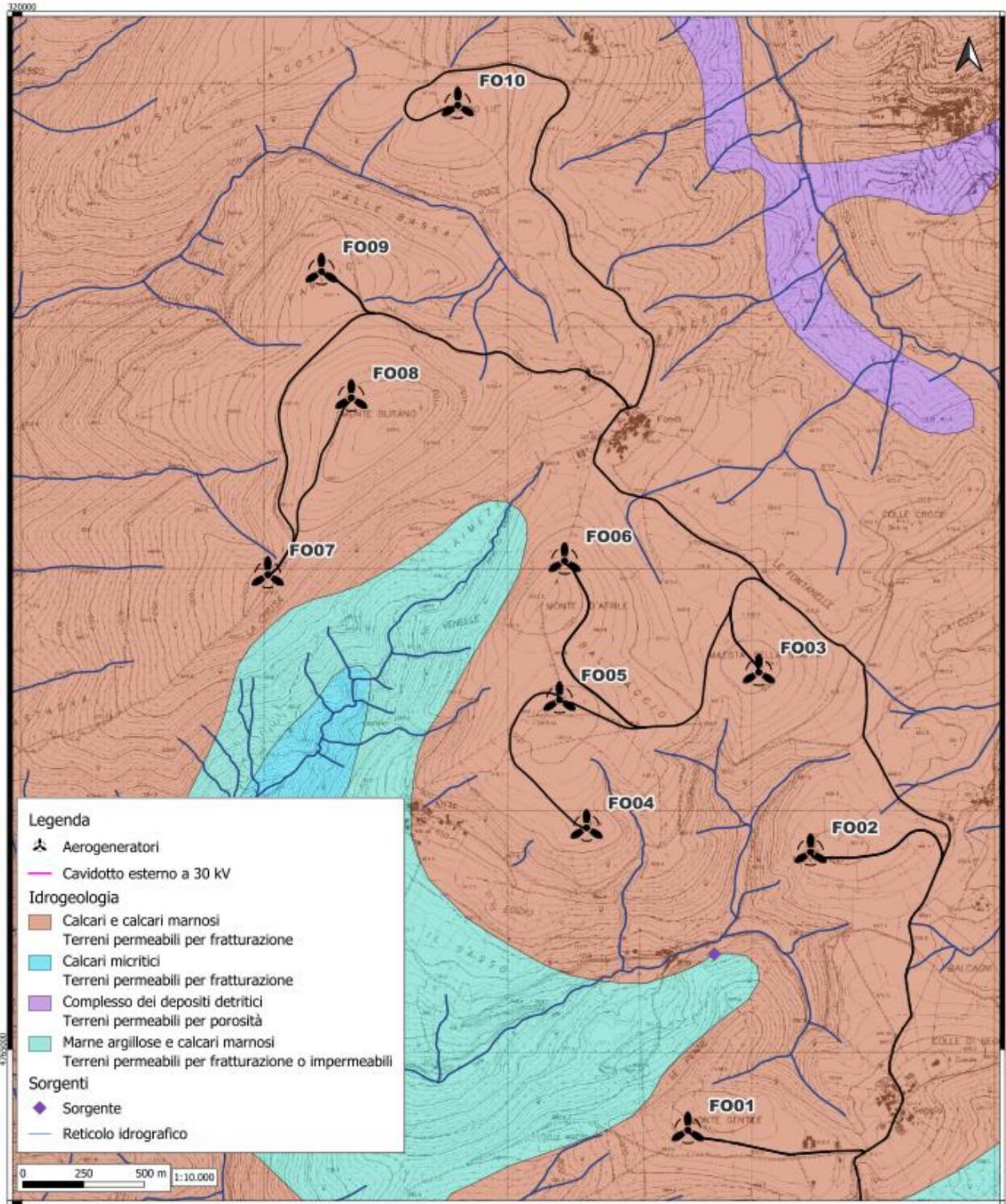


Figura 10 - Stralcio della Carta Idrogeologica dell'Area Parco.

7. SISMICITÀ DELL'AREA

L'area in oggetto è caratterizzata da un'attività sismica a rischio alto (Zona 1). Dalla consultazione del Database Macrosismico Italiano 2015 creato dal INGV nel periodo di tempo intercorso tra 1260 e il 2020 sono stati registrati e catalogati 143 terremoti con una magnitudo con una intensità epicentrale variabile da 4-5 a 11 e un momento magnitudo compreso tra 3.26 e 7.08. Di seguito si riportano gli eventi catalogati e il grafico della distribuzione temporale della magnitudo.

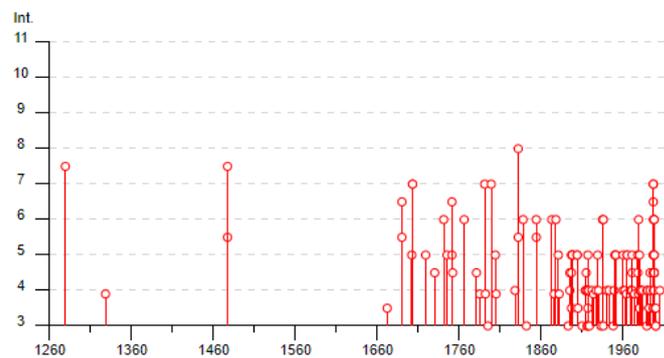


Grafico della distribuzione temporale/intensità dei terremoti che hanno interessato l'area.

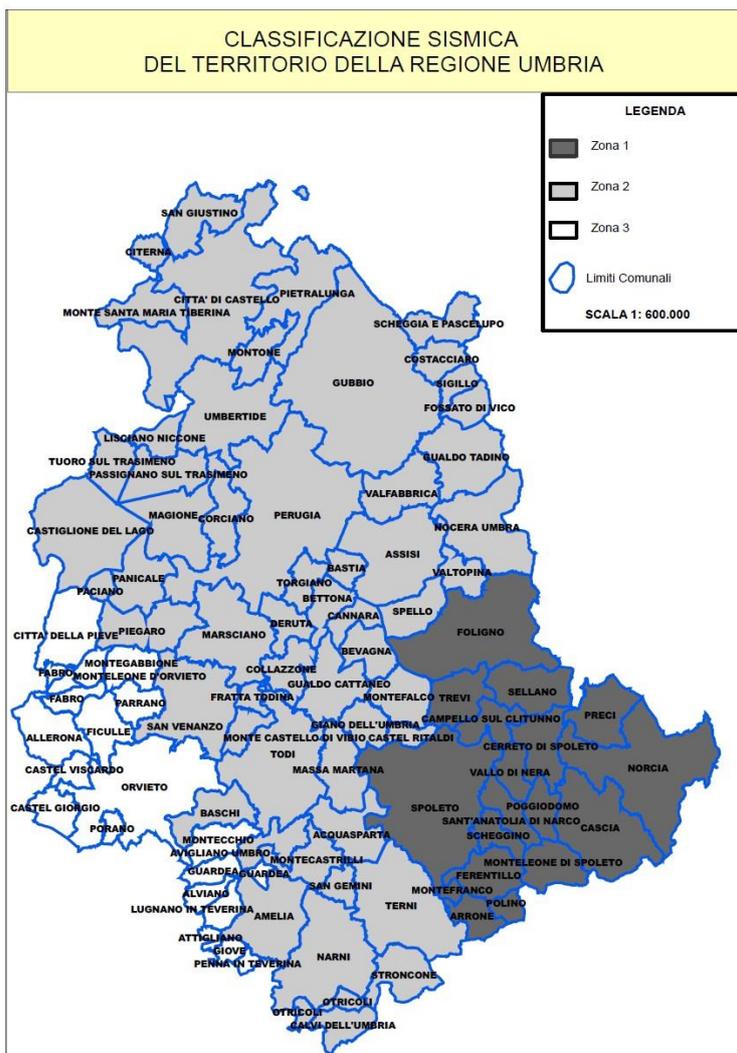
Effetti		In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMGP	Io Mw		
7-8	1279 04 30 18	Appennino umbro-marchigiano	17	9 6.20		
F	1328 12 01	Valnerina	13	10 6.49		
5-6	1477 01 30 16	Valle Umbra	1	5-6 4.40		
7-8	1477 02 03 01	Valle Umbra	3	6-7 4.86		
3-4	1672 04 14 15 45	Riminese	92	8 5.59		
6-7	1690 01 26	Valle Umbra	3	6 4.63		
5-6	1690 02 03 02 30	Valle Umbra	1	5-6 4.40		
5	1702 11 14	Valnerina	2	5-6 4.40		
7	1703 01 14 18	Valnerina	197	11 6.92		
7	1703 01 16 13 30	Appennino laziale-abruzzese	22			
5	1719 06 27 06 30	Valnerina	16	8 5.59		
4-5	1730 05 12 06	Valnerina	115	9 6.04		
6	1741 04 24 09 20	Fabrianese	135	9 6.17		
5	1745 03	Valle Umbra	2	7 5.10		
5	1751 06 11	Ternano	8	7 5.12		
6-7	1751 07 27 01	Appennino umbro-marchigiano	66	10 6.98		
4-5	1752 07 13 21 40	Appennino umbro-marchigiano	11	5 4.61		
6	1766 12 24 12 24	Valnerina	2	6 4.63		
4-5	1781 06 03	Cagliese	157	10 6.51		
F	1785 05 03 02 30	Appennino umbro-marchigiano	11	7 5.10		
7	1791 10 11 13 05	Appennino umbro-marchigiano	54	8 5.57		
F	1792 07 20	Ternano	9	6-7 5.06		
3	1795 06 19 23 30	Maceratese	17	6 4.70		
7	1799 09 09 10 30	Foligno	1	7 5.10		
5	1804 07 28 23	Valle Umbra	7	6-7 4.95		
F	1805 07 26 21	Molise	220	10 6.68		
4	1828 04 11 22 25	Appennino umbro-marchigiano	22	5-6 4.93		
8	1832 01 13 13	Valle Umbra	101	10 6.43		
5-6	1832 10 31	Foligno	1	5-6 4.40		
6	1838 02 14 07 30	Valnerina	24	8 5.48		
3	1842 01 23	San Severino Marche	10	4-5 4.41		
5-6	1854 01 17 09	Narni	6	5-6 4.71		
6	1854 02 12 05	Valle Umbra	21	8 5.57		
6	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8 5.85		
F	1876 05 22 00 30	Spoleto	14	5-6 4.57		
6	1878 05 15 07 20	Valle Umbra	34	8 5.46		
5	1881 03 11 22 50	Valle Umbra	15	5 4.51		
F	1892 05 26 04 15	Cascia	16	5 4.45		
3	1893 08 02 00 59	Valnerina	94	5-6 4.55		
NF	1895 05 18 19 55 1	Florentino	401	8 5.50		
4-5	1895 05 20 15 32 5	Valle Umbra	27	5-6 4.49		
4	1896 08 25 00 17 1	Sellano	13	5 4.25		
3-4	1897 01 19 19 20	Poggiodomo	19	6 4.68		
5	1897 09 12 00 55	Valle Umbra	12	5 4.19		
4-5	1897 12 18 07 24 2	Alta Valtiberina	132	7 5.09		
5	1898 06 27 23 38	Reatino	186	8 5.50		
5	1898 08 25 16 37 4	Valnerina	67	7 5.03		
5	1898 09 12 14 14 1	Valnerina	16	8 5.48		
5	1904 06 20 01 24	Assisi	24	5 4.10		
5	1904 09 24 09 30	Valle Umbra	15	5 4.24		
3-4	1905 12 09 21 41	Valle Umbra	42	5 4.24		
NF	1907 01 23 00 25	Adriatico centrale	93	5 4.75		
NF	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7 5.36		
3	1910 12 26 16 30	Monti della Lega	50	5-6 4.56		
4	1914 10 27 09 22	Luccchesia	660	7 5.63		
4-5	1915 01 13 06 52 4	Marsica	1041	11 7.08		
4	1915 03 15 11 23	Alta Valle del Chienti	24	7 4.97		
4	1915 03 26 23 37	Perugini	40	6 4.55		
3	1916 08 16 07 06 1	Riminese	257	8 5.82		
4	1917 04 26 09 35 5	Alta Valtiberina	134	9-10 5.99		
3-4	1917 05 12 16 34 3	Ternano	34	7-8 5.03		
3	1917 07 08 02	Appennino laziale-abruzzese	44	5-6 4.68		
5	1917 07 19 00 55	Valle Umbra	3	4 3.70		
4	1918 04 14 01 56	Monti Martani	21	6 4.48		
3	1919 06 29 15 06 1	Mugello	565	10 6.38		
NF	1919 09 10 16 57	Val di Paglia	67	7-8 5.36		
NF	1919 10 22 06 10	Anzio	142	6-7 5.32		
4	1922 06 08 07 47	Valle del Chienti	47	6 4.73		
F	1924 01 02 08 55 1	Senigallia	76	7-8 5.48		
3	1927 08 16 00 53	Valnerina	17	6 4.57		
5	1929 05 07 17 06	Valle Umbra	4	5 4.16		
4	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8 5.93		
3	1933 09 26 03 33 2	Maiella	325	9 5.90		
6	1935 06 06 11 05	Valle Umbra	4	5 4.16		
6	1936 04 05 18 10	Valle Umbra	3	5 4.16		
3	1936 12 09 07 34	Caldarola	101	6-7 4.76		
4	1940 10 16 13 17	Val di Paglia	316	7-8 5.39		
4	1943 01 29	Monti Sibillini	50	6-7 4.94		
3	1948 12 31 03 32	Monti Reatini	95	8 5.42		
4	1949 03 28 21 34 2	Valnerina	2	4 3.70		
5	1950 09 05 04 08	Gran Sasso	386	8 5.69		
5	1951 08 09 19 56	Gran Sasso	94	7 5.25		
5	1951 09 01	Monti Sibillini	80	7 5.25		
NF	1958 05 08 00 13 2	Valnerina	17	5 4.25		
5	1960 02 06 12 00 3	Valle Umbra	11	5 4.18		
4	1960 03 16 01 52 4	Monti della Lega	81	5 4.44		
4	1962 08 30 12 10	Valnerina	35	7 5.02		
F	1964 08 02 10 40	Valnerina	25	6 4.53		

RELAZIONE GEOLOGICA

5	1965 05 29 13 39 4	Valle Umbra	16	6-7	4.32
5	1965 05 31 09 22 1	Valle Umbra	9	5-6	4.48
2	1969 08 11 13 55	Lago Trasimeno	46	7	4.70
4	1969 09 26 23 40 3	Teramano	97	5	4.39
4	1970 09 07 14 02 2	Appennino umbro-marchigiano	56	5	4.35
4	1971 02 11 18 49 2	Valle del Chiascio	71	6	4.61
4-5	1971 02 12 04 54 5	Valle del Chiascio	47	7	4.89
5	1971 04 02 01 43 5	Valnerina	68	6	4.50
F	1974 01 05 07 33 2	Valle del Chiascio	18	7-8	5.28
5	1978 07 30 05 19 2	Ternano	28	7	4.32
4-5	1978 12 05 04 45	Nocera Umbra	4	4-5	4.22
F	1979 01 25 23 53 0	Valnerina	8	5	4.44
6	1979 09 19 21 35 9	Valnerina	694	8-9	5.83
5	1980 02 28 21 04 4	Valnerina	146	6	4.97
3-4	1980 05 24 20 16 0	Monti Sibillini	58	5-6	4.48
4	1980 11 23 18 34 5	Irpina-Basilicata	1394	10	6.81
4	1982 10 17 04 54 3	Perugino	16	6	4.42
4	1982 10 19 15 29 2	Perugino	15	6-7	4.56
4	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
2-3	1986 10 13 05 10 0	Monti Sibillini	322	5-6	4.46
3	1989 11 19 03 40 2	Valnerina	38	5	4.13
4	1989 12 22 06 48 1	Valle Umbra	114	5	4.44
4	1990 09 12 02 59 4	Valle Umbra	62	5-6	4.12
3-4	1992 02 18 09 20 2	Valle Umbra	13	5	3.48
4	1993 06 04 21 36 5	Valle del Topino	90	5-6	4.39
4-5	1993 06 05 19 16 1	Valle del Topino	326	6	4.72
NF	1997 07 15 08 51 1	Appennino umbro-marchigiano	22	4-5	3.34

3-4	1997 09 03 22 07 2	Appennino umbro-marchigiano	62	6	4.54
4-5	1997 09 07 23 28 0	Appennino umbro-marchigiano	57	5-6	4.19
3-4	1997 09 09 16 54 4	Appennino umbro-marchigiano	39	5-6	3.78
4	1997 09 10 06 46 5	Appennino umbro-marchigiano	47	5	3.85
6-7	1997 09 26 00 33 1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
7	1997 09 26 09 40 2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
5	1997 10 03 08 55 2	Appennino umbro-marchigiano	490	5	5.22
7	1997 10 06 23 24 5	Appennino umbro-marchigiano	437	5	5.47
6	1997 10 14 15 23 1	Valnerina	786	5	5.62
5	1997 10 23 08 58 4	Appennino umbro-marchigiano	56	3	3.86
4-5	1997 11 09 19 07 3	Valnerina	180	4	4.87
5	1998 02 07 00 59 4	Appennino umbro-marchigiano	62	4	4.41
4	1998 02 16 13 45 1	Valnerina	33	3	3.75
6	1998 03 21 16 45 0	Appennino umbro-marchigiano	141	5	5.00
6	1998 03 26 16 26 1	Appennino umbro-marchigiano	409	5	5.26
4-5	1998 04 05 15 52 2	Appennino umbro-marchigiano	395	4	4.78
4-5	1998 06 01 13 57 1	Appennino umbro-marchigiano	23	3	4.02
4-5	1998 06 02 23 11 2	Appennino umbro-marchigiano	83	4	4.25
5	1998 08 11 05 22 5	Appennino umbro-marchigiano	24	3	3.26
3-4	1999 11 29 03 20 3	Monti della Laga	62	5-6	4.15
3	2000 06 22 12 16 3	Bacino di Gubbio	107	5	4.47
3-4	2000 09 02 05 17 0	Appennino umbro-marchigiano	115	5	4.40
3	2000 12 16 07 31 0	Ternano	129	5-6	4.29
4	2005 12 15 13 28 3	Val Nerina	350	5	4.14
NF	2006 10 21 07 04 1	Anconetano	287	5	4.21
5	2016 08 24 01 36 3	Monti della Laga	221	10	6.18
5	2016 10 30 06 40 1	Valnerina	379	6	6.61
F	2017 01 18 10 14 0	Aquilano	280	5	5.70

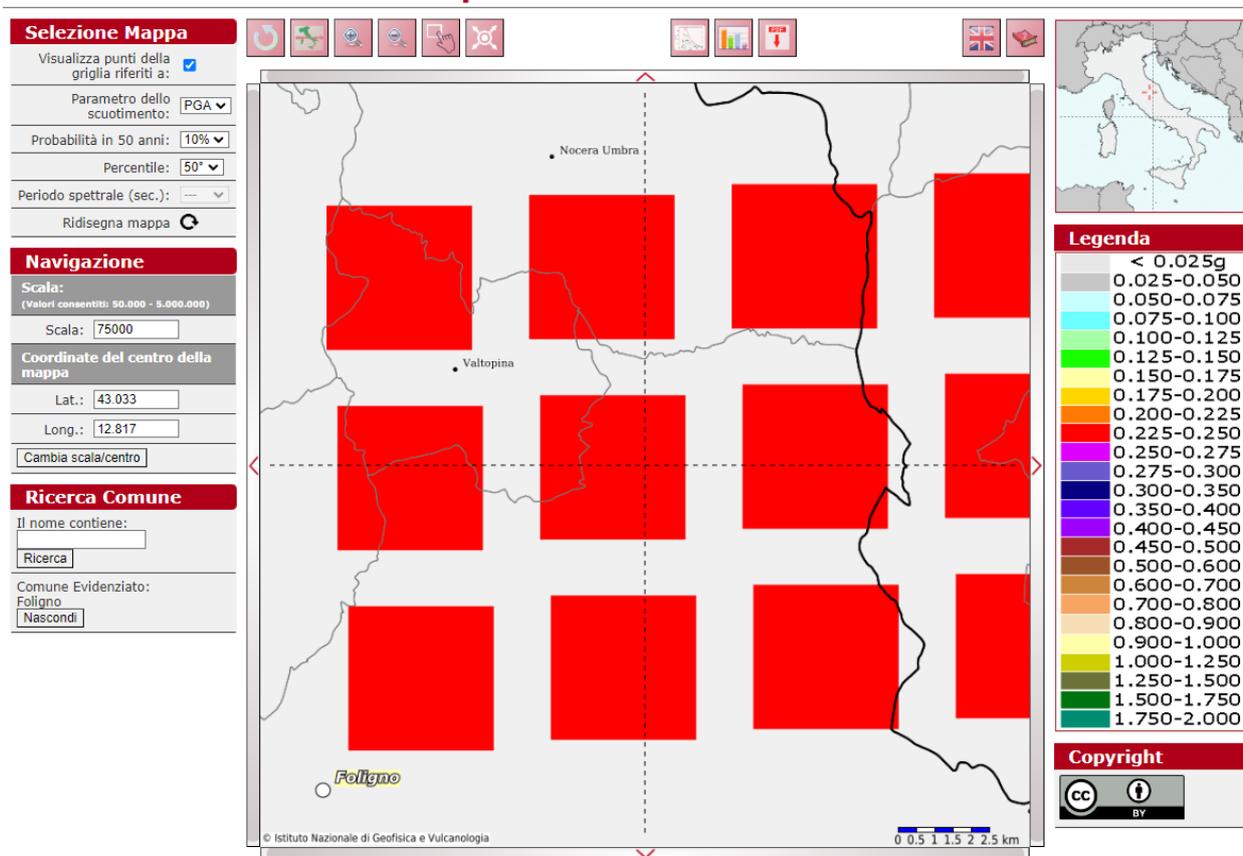
Elenco dei terremoti che hanno interessato l'area in oggetto



In relazione alla relativa vicinanza di importanti strutture sismo genetiche attivate frequentemente, soprattutto nella catena appenninica, le stime di pericolosità effettuate hanno fornito valori di accelerazioni di picco del suolo (PGA), con probabilità del 10% di essere superate in 50 anni, comprese tra 0.225 e 0.250 g.



Modello di pericolosità sismica MPS04-S1



8. INDAGINI ESEGUITE

Al fine di ricostruire il modello geologico tecnico e l'assetto litostratigrafico dell'area di sedime degli aerogeneratori sono state eseguite le seguenti indagini:

- n° 1 sondaggio a carotaggio continuo;
- n° 3 prove dilatometriche cicliche;
- n° 10 indagini sismiche di tipo Masw;
- n° 2 indagini sismiche a rifrazione in onde P.

8.1 SONDAGGIO S1_FO01

0,00 – 0,20 mt. Terreno vegetale di colore nero con all'interno abbondanti clasti di calcari marnosi;

-0,20 – 30,00 mt. Calcari e calcari marnosi di colore variabile dal bianco al rossiccio, che risultano essere molto fratturati fino alla profondità di 20 m, poi le fratture diminuiscono. All'interno delle fratture si osserva la presenza di calcite.

Durante la perforazione, nei primi 5 m, si rinvennero livelli con uno spessore massimo di 10 cm di materiale argilloso-limoso.

Alla fine della perforazione il foro di sondaggio è stato attrezzato con un piezometro a tubo aperto al fine di monitorare la presenza di acque circolanti all'interno dei terreni, ad oggi le letture piezometriche eseguite **hanno rilevato la presenza di falda alla profondità di -22,65 m.**

All'interno del Sondaggio **S1**, allo scopo di ottenere informazioni circa la resistenza e il comportamento deformativo dei terreni investigati, sono state eseguite n°3 prove dilatometriche cicliche così come riportato di seguito:

Prove dilatometriche cicliche eseguite nel corso della terebrazione del sondaggio S1		
Sond. N°	Litologia	Profondità
S1	Calcari e calcari marnosi di colore variabile dal bianco al rossiccio molto fratturati	-3,00
S1	Calcari e calcari marnosi di colore variabile dal bianco al rossiccio molto fratturati	-10,00
S1	Calcari e calcari marnosi di colore variabile dal bianco al rossiccio fratturati	-22,00

8.2 PROVE DILATOMETRICHE CICLICHE

Prova 1, Sondaggio S1_FO01 Profondità -3 m Data 10/04/2024

Ciclo	Loading Pente ECH	Unloading Pente EDR	G Loading (Mpa)	G Unloading (Mpa)
1	20.02	34.70	1021.22	1769.65
2	75.23	249.330	3836.83	12715.83
3	155.92	431.26	7952.07	21994.57

Ciclo	Loading Pente ECH	Unloading Pente EDR	E Loading (Mpa)	E Unloading (Mpa)
1	20.02	34.70	255.31	442.41
2	75.23	249.330	959.21	3178.96
3	155.92	431.26	1988.02	5498.64

Prova 2, Sondaggio S1_FO01 Profondità -10 m Data 10/04/2024

Ciclo	Loading Pente ECH	Unloading Pente EDR	G Loading (Mpa)	G Unloading (Mpa)
1	26.89	106.04	1359.74	5360.07
2	75.67	260.00	3825.32	13143.00
3	157.64	476.00	7969.11	24061.80

Ciclo	Loading Pente ECH	Unloading Pente EDR	E Loading (Mpa)	E Unloading (Mpa)
1	26.89	106.04	339.94	1340.02
2	75.67	260.00	956.33	3285.75
3	157.64	476.00	1992.28	6015.45

Prova 3, Sondaggio S1_FO01 Profondità -22 m Data 10/04/2024

Ciclo	Loading Pente ECH	Unloading Pente EDR	G Loading (Mpa)	G Unloading (Mpa)
1	50.32	150.25	2531.10	7557.58
2	140.25	320.30	7054.58	16111.09
3	200.32	686.23	1076.10	34517.37

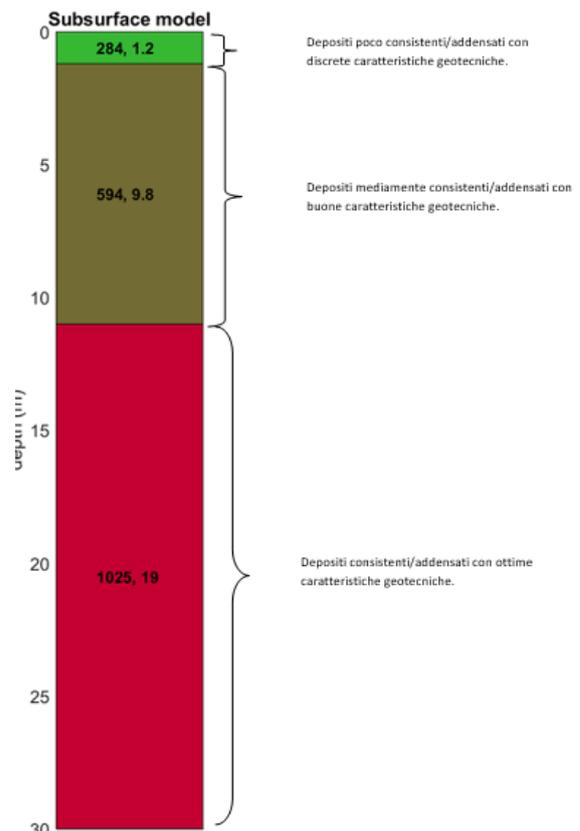
Ciclo	Loading Pente ECH	Unloading Pente EDR	E Loading (Mpa)	E Unloading (Mpa)
1	50.32	150.25	632.77	1889.39
2	140.25	320.30	1763.64	4027.77
3	200.32	686.23	2519.02	8629.34

8.3 STENDIMENTO SISMICO MASW 01 (FO01)

Di seguito si riporta il modello sismico del terreno ricavato in corrispondenza dell'area di fondazione:

La stratigrafia del sottosuolo può essere assimilata ad un modello costituito da tre sismostrati in cui:

- Il primo sismostrato presenta uno spessore di circa 1.2 m, con velocità media delle onde di taglio di 284 m/s a depositi poco consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di circa 9.8 m, con velocità media delle onde di taglio di 594 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti/addensati con buone caratteristiche geotecniche;
- Il terzo sismostrato, che si rinvia a profondità maggiori di 11 m dal p.c. e fino alla profondità di investigazione, superiore ai 25 m di profondità, presenta velocità V_s media di 1025 m/s, e rappresenta depositi consistenti e addensati con ottime caratteristiche geotecniche.



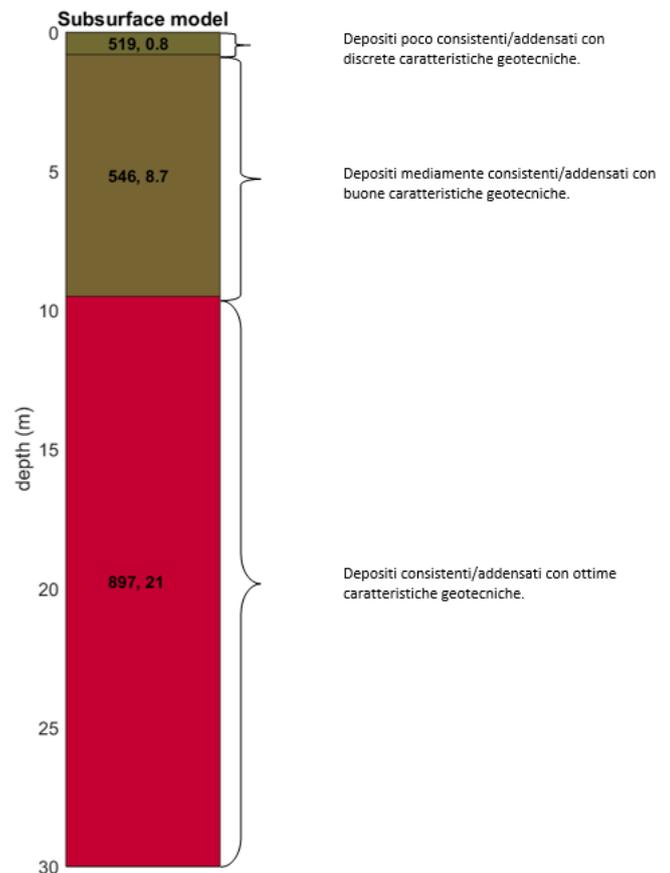
Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (**DM 17 gennaio 2018**) il sito in esame ha una $V_{s_{eq}}$ di **529** m/s poiché non è stata riscontrata la presenza del substrato sismico ovvero di terreni con una velocità $>$ di 800 m/s, rientra nella **categoria B**.

8.4 STENDIMENTO SISMICO MASW 02(F002)

Di seguito si riporta il modello sismico del terreno ricavato in corrispondenza dell'area di fondazione:

La stratigrafia del sottosuolo può essere assimilata ad un modello costituito da tre sismostrati in cui:

- Il primo sismostrato presenta uno spessore di circa 0.8 m, con velocità media delle onde di taglio di 519 m/s a depositi poco consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di circa 8.7 m, con velocità media delle onde di taglio di 546 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti/addensati con buone caratteristiche geotecniche;
- Il terzo sismostrato, che si rinviene a profondità maggiori di 9 m dal p.c. e fino alla profondità di investigazione, superiore ai 25 m di profondità, presenta velocità V_s media di 897 m/s, e rappresenta depositi consistenti e addensati con ottime caratteristiche geotecniche.



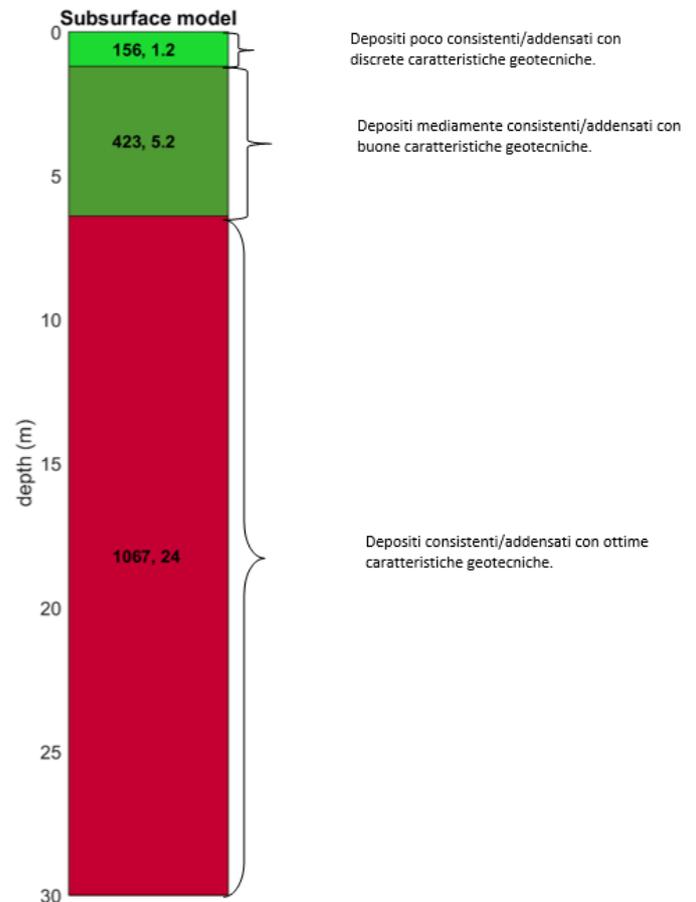
Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (**DM 17 gennaio 2018**) il sito in esame ha una $V_{s_{eq}}$ di **535** m/s poiché non è stata riscontrata la presenza del substrato sismico ovvero di terreni con una velocità $>$ di 800 m/s, rientra nella **categoria B**.

8.5 STENDIMENTO SISMICO MASW 03(FO03)

Di seguito si riporta il modello sismico del terreno ricavato in corrispondenza dell'area di fondazione:

La stratigrafia del sottosuolo può essere assimilata ad un modello costituito da tre sismostrati in cui:

- Il primo sismostrato presenta uno spessore di circa 1.2 m, con velocità media delle onde di taglio di 156 m/s a depositi poco consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di circa 5.2 m, con velocità media delle onde di taglio di 423 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti/addensati con buone caratteristiche geotecniche;
- Il terzo sismostrato, che si rinviene a profondità maggiori di 7 m dal p.c. e fino alla profondità di investigazione, superiore ai 25 m di profondità, presenta velocità V_s media di 1067 m/s, e rappresenta depositi consistenti e addensati con ottime caratteristiche geotecniche.



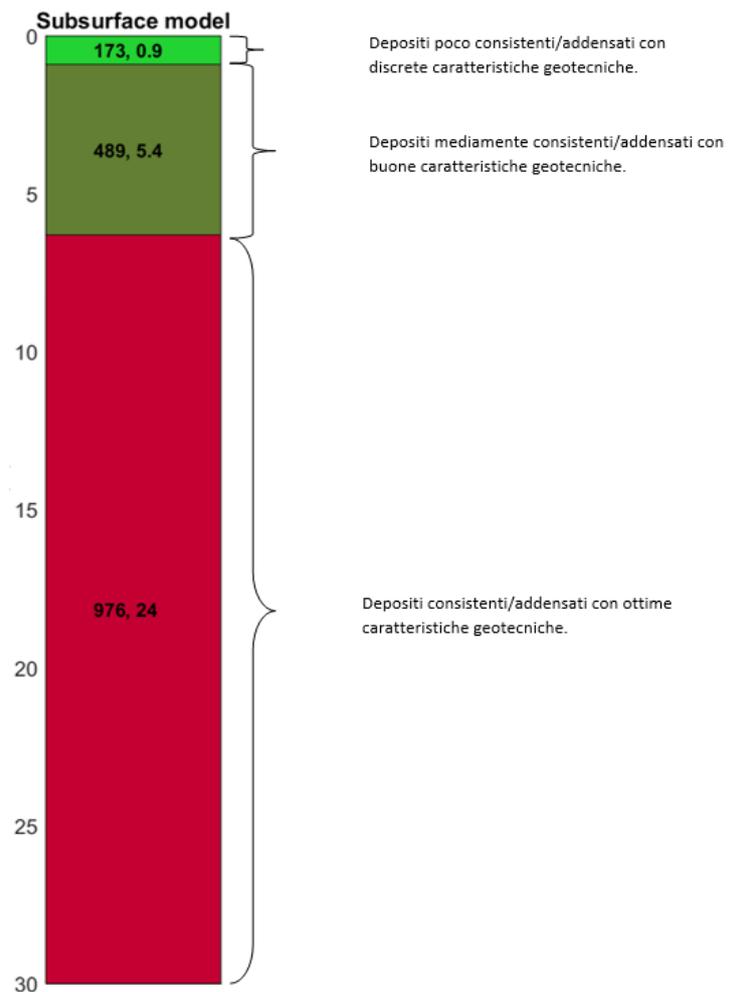
Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018) il sito in esame ha una V_{seq} di 321 m/s poiché non è stata riscontrata la presenza del substrato sismico ovvero di terreni con una velocità $>$ di 800 m/s, rientra nella categoria C.

8.6 STENDIMENTO SISMICO MASW 04(FO04)

Di seguito si riporta il modello sismico del terreno ricavato in corrispondenza dell'area di fondazione:

La stratigrafia del sottosuolo può essere assimilata ad un modello costituito da tre sismostrati in cui:

- Il primo sismostrato presenta uno spessore di circa 0.9 m, con velocità media delle onde di taglio di 173m/s a depositi poco consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di circa 5.4 m, con velocità media delle onde di taglio di 489 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti/addensati con buone caratteristiche geotecniche;
- Il terzo sismostrato, che si rinviene a profondità maggiori di 6.5 m dal p.c. e fino alla profondità di investigazione, superiore ai 25 m di profondità, presenta velocità V_s media di 976 m/s, e rappresenta depositi consistenti e addensati con ottime caratteristiche geotecniche.



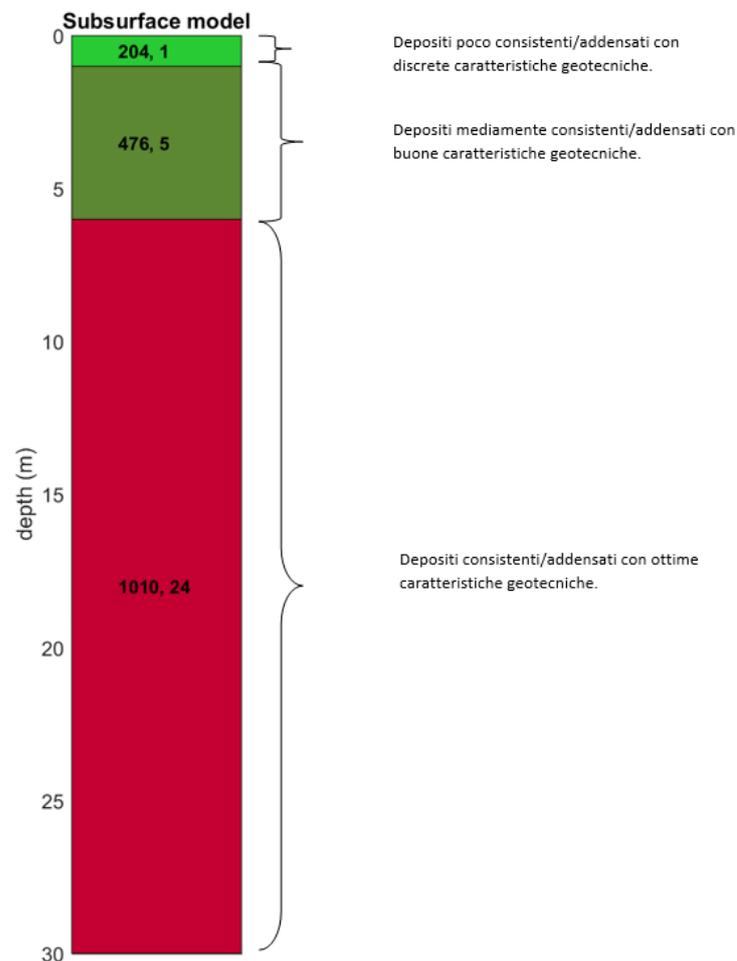
Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (**DM 17 gennaio 2018**) il sito in esame ha una $V_{s_{eq}}$ di **449 m/s** poiché non è stata riscontrata la presenza del substrato sismico ovvero di terreni con una velocità $>$ di 800 m/s, rientra nella **categoria B**.

8.7 STENDIMENTO SISMICO MASW 05(FO05)

Di seguito si riporta il modello sismico del terreno ricavato in corrispondenza dell'area di fondazione:

La stratigrafia del sottosuolo può essere assimilata ad un modello costituito da tre sismostrati in cui:

- Il primo sismostrato presenta uno spessore di circa 1 m, con velocità media delle onde di taglio di 204 m/s a depositi poco consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di circa 5 m, con velocità media delle onde di taglio di 476 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti/addensati con buone caratteristiche geotecniche;
- Il terzo sismostrato, che si rinviene a profondità maggiori di 6.5 m dal p.c. e fino alla profondità di investigazione, superiore ai 25 m di profondità, presenta velocità V_s media di 1010 m/s, e rappresenta depositi consistenti e addensati con ottime caratteristiche geotecniche.



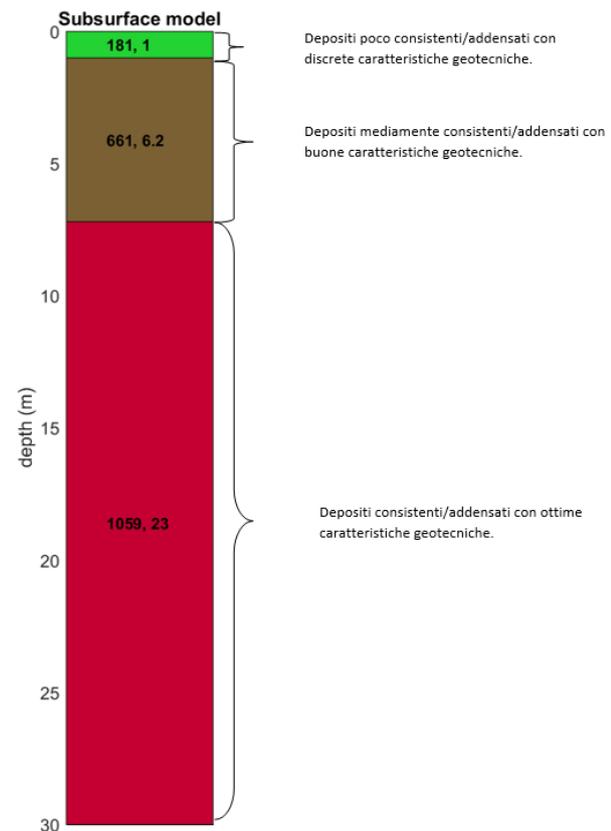
Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018) il sito in esame ha una V_{s30} di **380** m/s poiché non è stata riscontrata la presenza del substrato sismico ovvero di terreni con una velocità $>$ di 800 m/s, rientra nella **categoria B**.

8.8 STENDIMENTO SISMICO MASW 06(FO06)

Di seguito si riporta il modello sismico del terreno ricavato in corrispondenza dell'area di fondazione:

La stratigrafia del sottosuolo può essere assimilata ad un modello costituito da tre sismostrati in cui:

- Il primo sismostrato presenta uno spessore di circa 1 m, con velocità media delle onde di taglio di 181 m/s a depositi poco consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di circa 6.2 m, con velocità media delle onde di taglio di 661 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti/addensati con buone caratteristiche geotecniche;
- Il terzo sismostrato, che si rinviene a profondità maggiori di 7 m dal p.c. e fino alla profondità di investigazione, superiore ai 25 m di profondità, presenta velocità V_s media di 1059 m/s, e rappresenta depositi consistenti e addensati con ottime caratteristiche geotecniche.



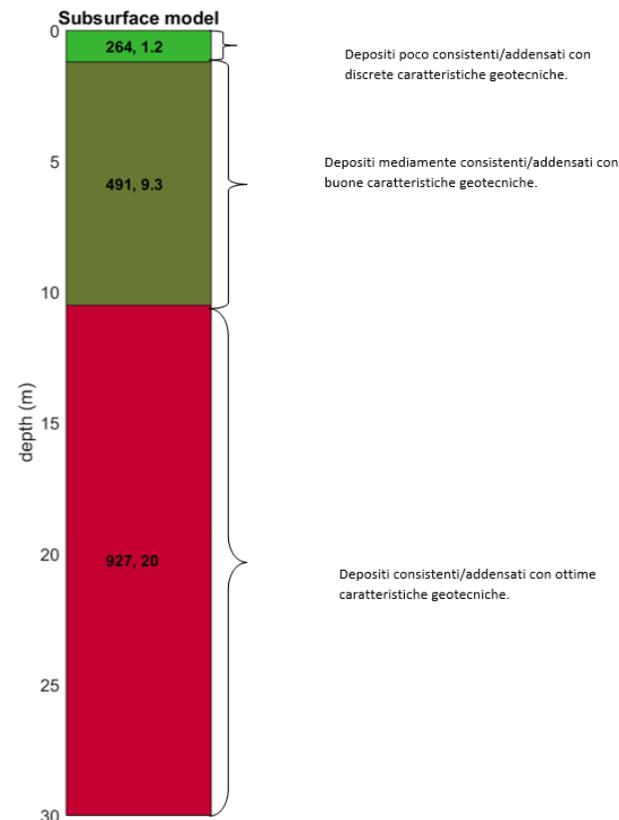
Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018) il sito in esame ha una $V_{s_{eq}}$ di **483** m/s poiché non è stata riscontrata la presenza del substrato sismico ovvero di terreni con una velocità > di 800 m/s, rientra nella **categoria B**.

8.9 STENDIMENTO SISMICO MASW 07(FO07)

Di seguito si riporta il modello sismico del terreno ricavato in corrispondenza dell'area di fondazione:

La stratigrafia del sottosuolo può essere assimilata ad un modello costituito da tre sismostrati in cui:

- Il primo sismostrato presenta uno spessore di circa 1.2 m, con velocità media delle onde di taglio di 264 m/s a depositi poco consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di circa 9.3 m, con velocità media delle onde di taglio di 491 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti/addensati con buone caratteristiche geotecniche;
- Il terzo sismostrato, che si rinviene a profondità maggiori di 10 m dal p.c. e fino alla profondità di investigazione, superiore ai 25 m di profondità, presenta velocità V_s media di 927 m/s, e rappresenta depositi consistenti e addensati con ottime caratteristiche geotecniche.



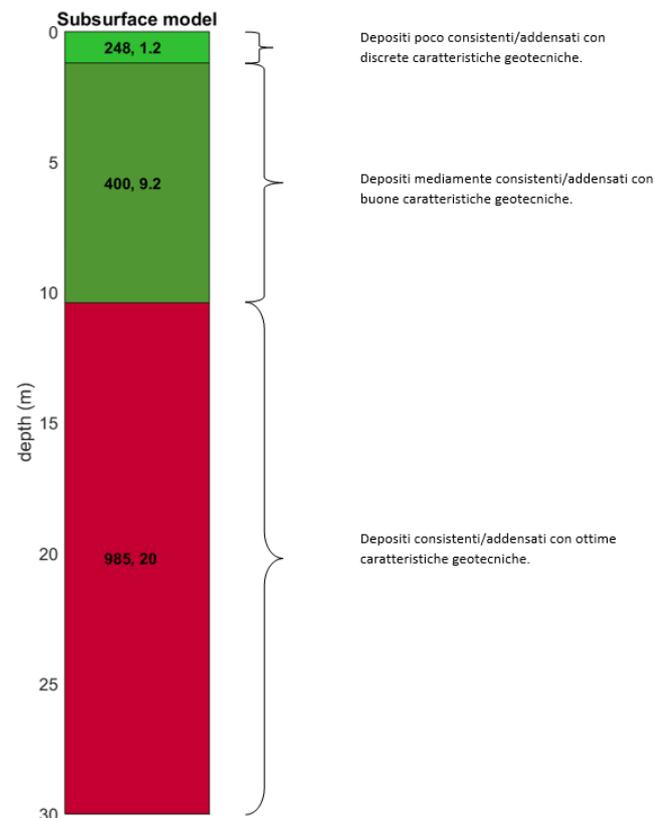
Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018) il sito in esame ha una V_{seq} di 461 m/s poiché non è stata riscontrata la presenza del substrato sismico ovvero di terreni con una velocità $>$ di 800 m/s, rientra nella categoria B.

8.10 STENDIMENTO SISMICO MASW 08(FO08)

Di seguito si riporta il modello sismico del terreno ricavato in corrispondenza dell'area di fondazione:

La stratigrafia del sottosuolo può essere assimilata ad un modello costituito da tre sismostrati in cui:

- Il primo sismostrato presenta uno spessore di circa 1.2 m, con velocità media delle onde di taglio di 248m/s a depositi poco consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di circa 9.2 m, con velocità media delle onde di taglio di 400 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti/addensati con buone caratteristiche geotecniche;
- Il terzo sismostrato, che si rinviene a profondità maggiori di 10 m dal p.c. e fino alla profondità di investigazione, superiore ai 25 m di profondità, presenta velocità V_s media di 985 m/s, e rappresenta depositi consistenti e addensati con ottime caratteristiche geotecniche.



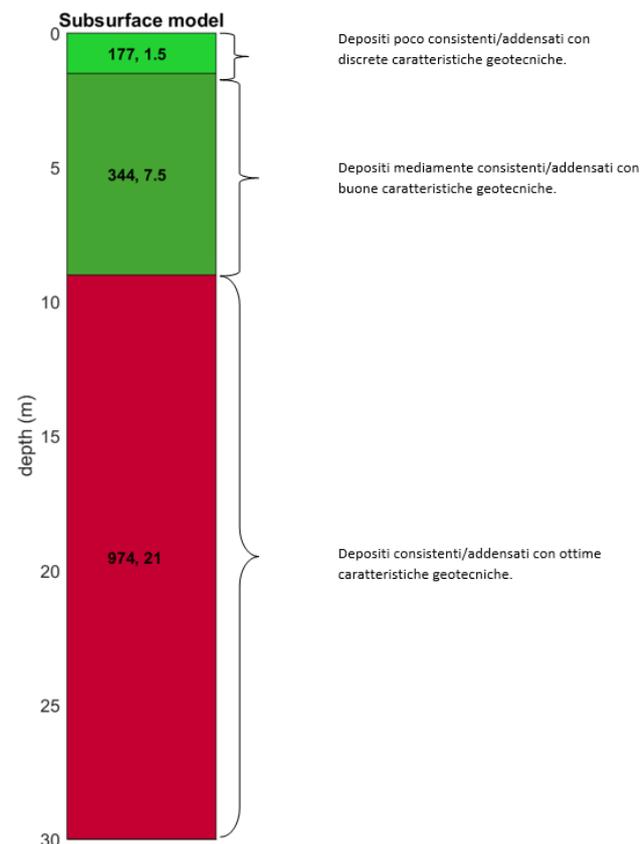
Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018) il sito in esame ha una V_{seq} di **383** m/s poiché non è stata riscontrata la presenza del substrato sismico ovvero di terreni con una velocità > di 800 m/s, rientra nella **categoria B**.

8.11 STENDIMENTO SISMICO MASW 09(FO09)

Di seguito si riporta il modello sismico del terreno ricavato in corrispondenza dell'area di fondazione:

La stratigrafia del sottosuolo può essere assimilata ad un modello costituito da tre sismostrati in cui:

- Il primo sismostrato presenta uno spessore di circa 1.5 m, con velocità media delle onde di taglio di 177 m/s a depositi poco consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di circa 7.5 m, con velocità media delle onde di taglio di 344 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti/addensati con buone caratteristiche geotecniche;
- Il terzo sismostrato, che si rinviene a profondità maggiori di 9 m dal p.c. e fino alla profondità di investigazione, superiore ai 25 m di profondità, presenta velocità V_s media di 974 m/s, e rappresenta depositi consistenti e addensati con ottime caratteristiche geotecniche.



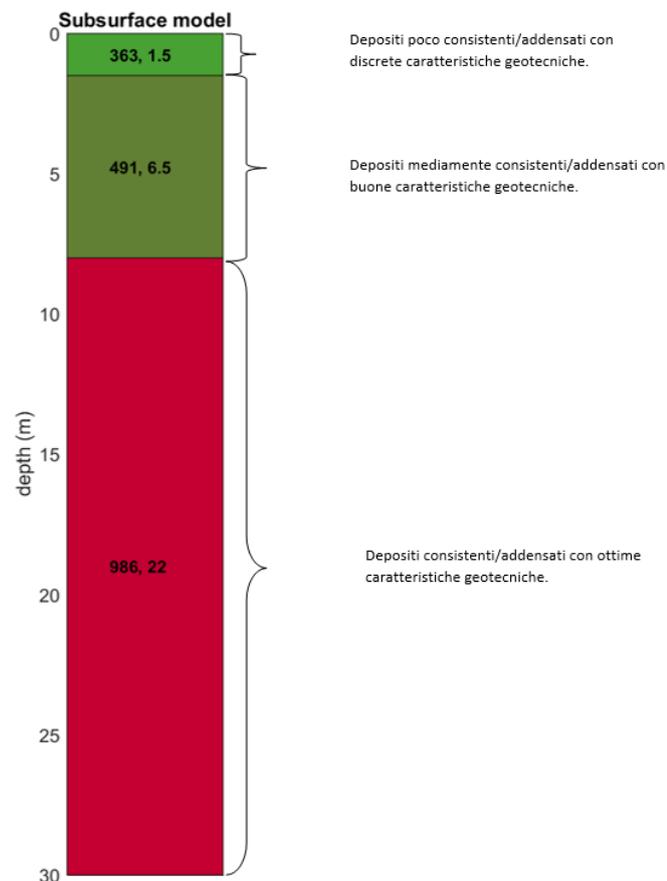
Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018) il sito in esame ha una $V_{s_{eq}}$ di **312** m/s poiché non è stata riscontrata la presenza del substrato sismico ovvero di terreni con una velocità > di 800 m/s, rientra nella **categoria C**.

8.12 STENDIMENTO SISMICO MASW 10(FO10)

Di seguito si riporta il modello sismico del terreno ricavato in corrispondenza dell'area di fondazione:

La stratigrafia del sottosuolo può essere assimilata ad un modello costituito da tre sismostrati in cui:

- Il primo sismostrato presenta uno spessore di circa 1.5 m, con velocità media delle onde di taglio di 363 m/s a depositi poco consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di circa 6.5 m, con velocità media delle onde di taglio di 491 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti/addensati con buone caratteristiche geotecniche;
- Il terzo sismostrato, che si rinviene a profondità maggiori di 7 m dal p.c. e fino alla profondità di investigazione, superiore ai 25 m di profondità, presenta velocità V_s media di 986 m/s, e rappresenta depositi consistenti e addensati con ottime caratteristiche geotecniche.



Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018) il sito in esame ha una V_{s30} di **438** m/s poiché non è stata riscontrata la presenza del substrato sismico ovvero di terreni con una velocità $>$ di 800 m/s, rientra nella **categoria B**.

	<p align="center">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p align="center">RELAZIONE GEOLOGICA</p>	<p align="right">DATA: APRILE 2024</p> <p align="right">Pag. 35 di 53</p>
---	--	--

8.13 PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE IN ONDE P

Come accennato in premessa, nell'ambito della campagna geofisica sono state eseguite n. **2** prospezione di sismica a rifrazione in onde P.

L'acquisizione è stata eseguita su profili della lunghezza di 115 m, utilizzando una configurazione a 24 geofoni equidistanziati di 5.0 m.

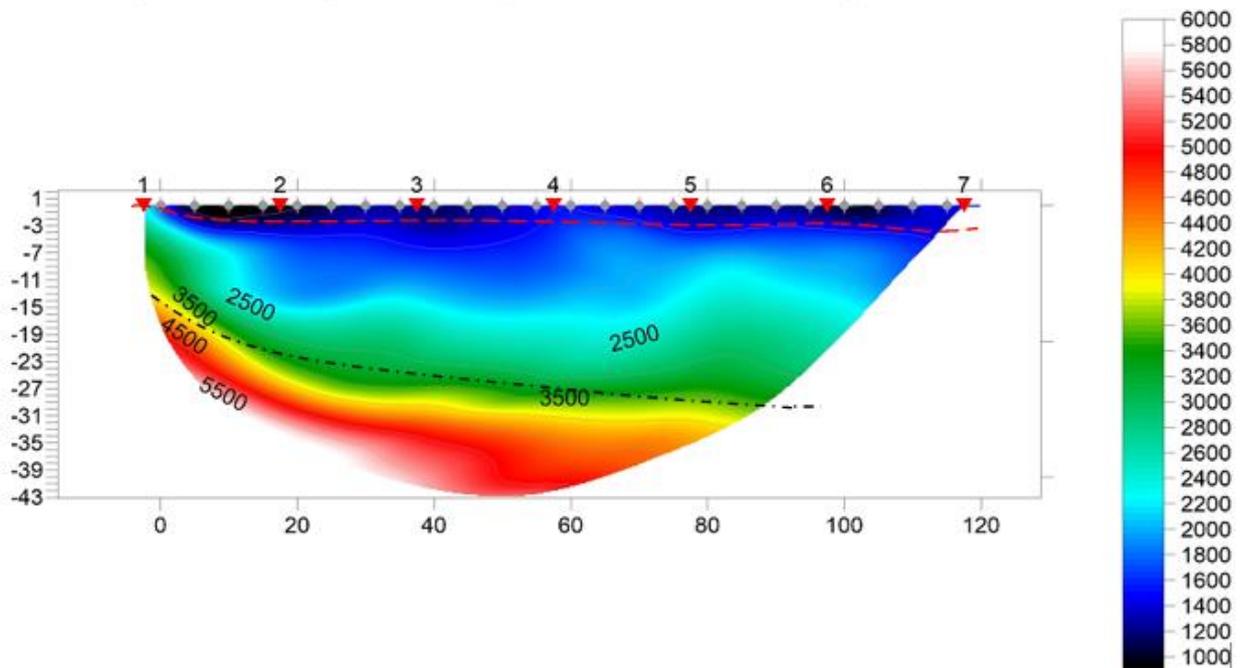
L'interpretazione dei dati acquisiti in campagna ha consentito di ricavare i profili sismostratigrafici, relativi alle aree di indagine, con suddivisione in strati aventi analoghe caratteristiche delle velocità di propagazione delle onde sismiche.

❖ Sismosezione: Sism01

L'analisi dei dati registrati lungo lo stendimento sismico in onde P (115 m) evidenzia la presenza di tre unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche misurate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- Il primo sismostrato, quello più superficiale, ha uno spessore massimi di 2 m, con velocità delle onde P compresa tra 1000 e 1600 m/s, riferibile a terreni superficiali con scarse capacità geotecniche;
- Il secondo sismostrato ha uno spessore medio di circa 20 m, con velocità delle onde P compresa tra 1650 e 3400 m/s che tende ad aumentare gradualmente con la profondità, ad un orizzonte molto consistente e con buone proprietà geotecniche.
- Il Terzo sismostrato è caratterizzato da una velocità VP compresa tra 3454 e 6000 m/s che tende ad aumentare gradualmente con la profondità, corrisponde ad un orizzonte molto consistente e con ottime proprietà geotecniche.

anemfol, 20 WET iterations, RMS error 0.6 %, 1D-Gradient smooth initial model, Version 3.33

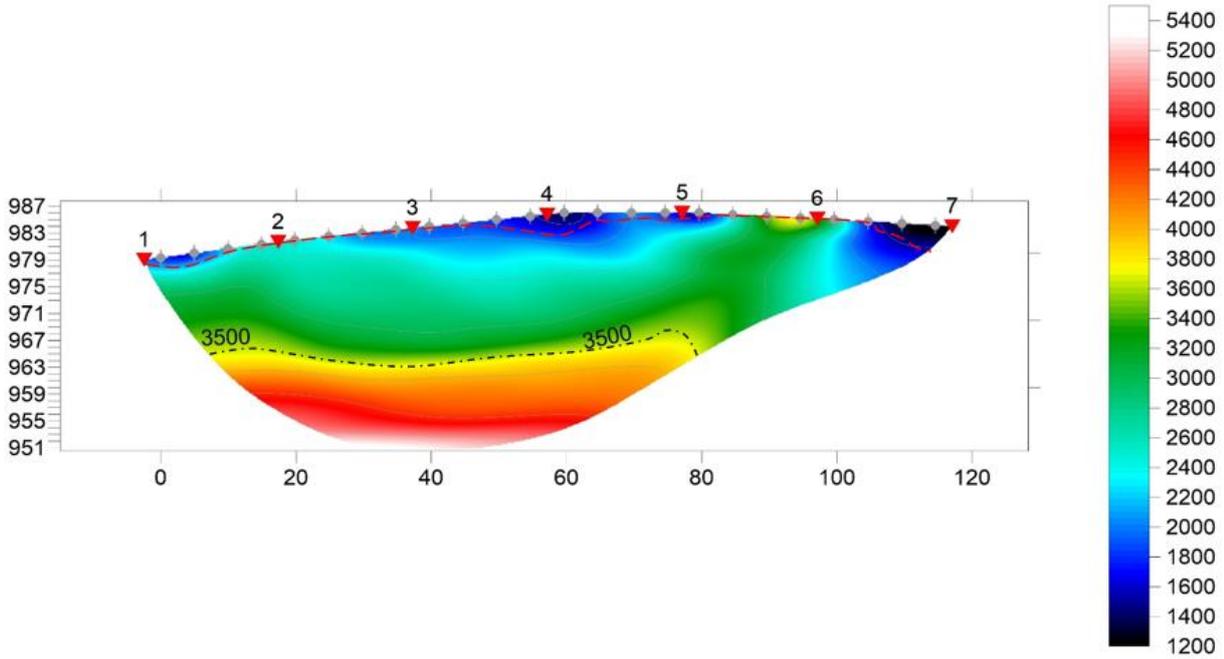


❖ **Sismosezione: Sism10**

L'analisi dei dati registrati lungo lo stendimento sismico in onde P (115 m) evidenzia la presenza di tre unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche misurate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- Il primo sismostrato, quello più superficiale, ha uno spessore massimo di 2 m, con velocità delle onde P compresa tra 1200 e 1600 m/s, riferibile a terreni superficiali con discrete capacità geotecniche;
- Il secondo sismostrato ha uno spessore medio di circa 20 m, con velocità delle onde P compresa tra 1650 e 3600 m/s che tende ad aumentare gradualmente con la profondità, ascrivibile a calcari molto fratturati e con buone proprietà geotecniche.
- Il Terzo sismostrato è caratterizzato da una velocità VP compresa tra 3650 e 5400 m/s che tende ad aumentare gradualmente con la profondità, corrisponde ai calcari più compatti con ottime proprietà geotecniche.

s10fol, 20 WET iterations, RMS error 0.6 %, 1D-Gradient smooth initial model, Version 3.33



9. SEZIONI LITOLOGICHE

La diretta osservazione dei terreni affioranti eseguita durante il rilevamento geologico dell'area d'intervento e le informazioni ricavate dalle indagini geologiche, geofisiche e geotecniche, hanno consentito di definire il modello litologico e stratigrafico del sottosuolo in corrispondenza dell'area di sedime dell'aerogeneratore.

FORMAZIONE DELLA SCAGLIA ROSSA E BIANCA

L'unità è costituita da calcari e calcari marnosi di colore da bianco a rosato-rosso mattone, con frattura scagliosa, ben stratificato, lastriforme e con presenza di intercalazioni di marne argillose e noduli e liste di selce nera, rosa e rossa. La componente argillosa tende ad aumentare verso il tetto della formazione.

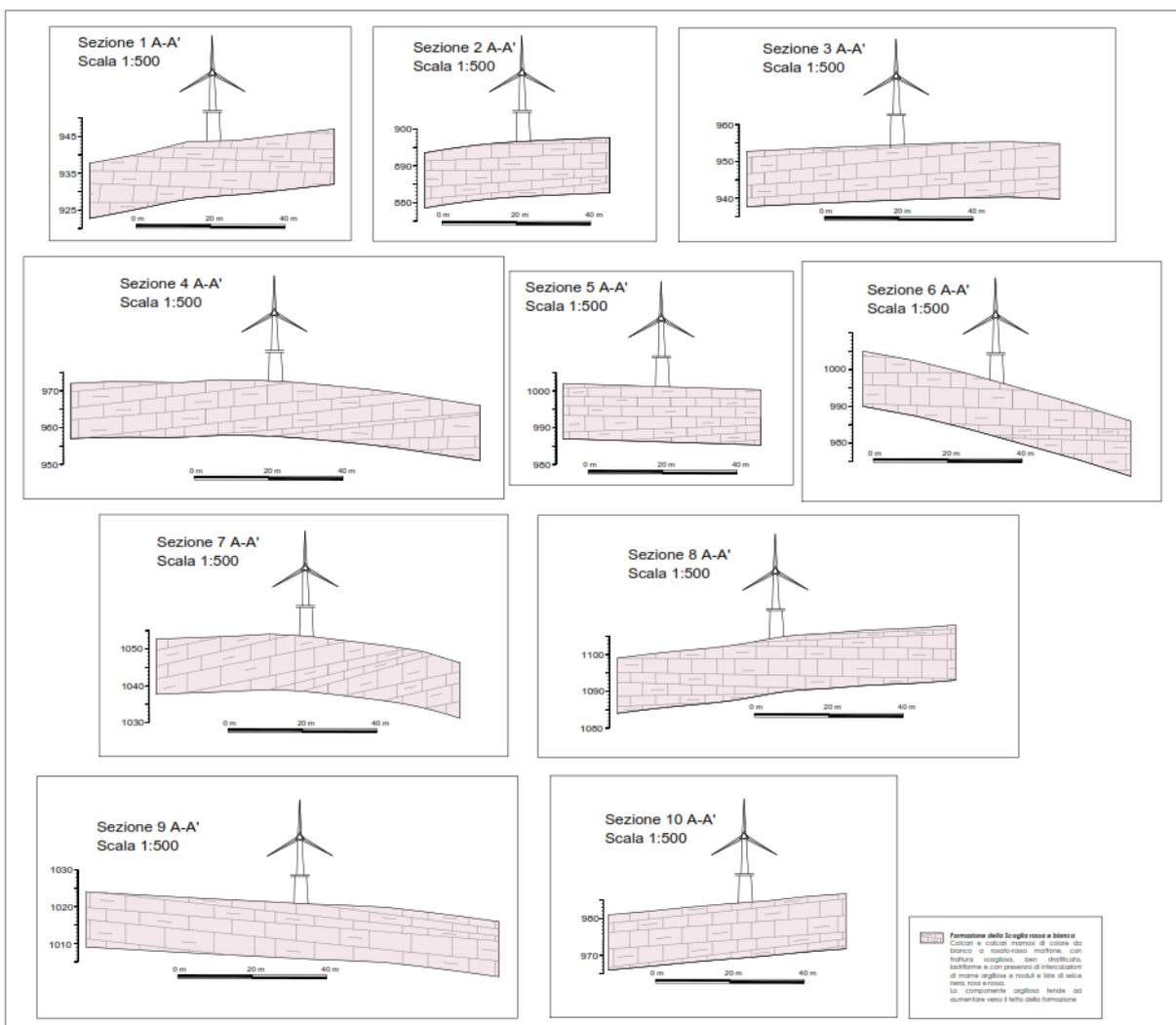


Figura 11 - Sezioni litologiche in scala 1:500

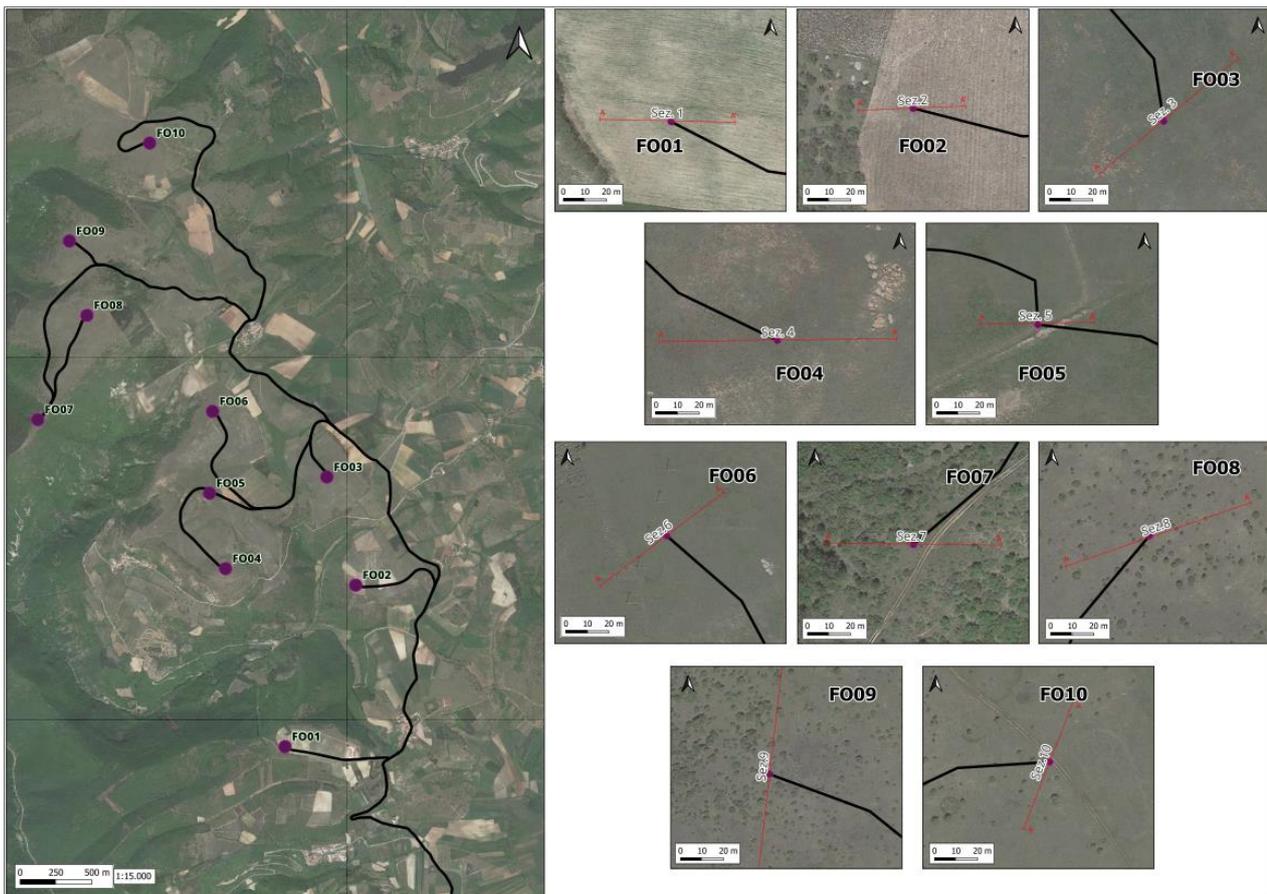


Figura 12 - Ubicazione tracce sezioni geologiche.

10 MODELLO GEOTECNICO

Sulla base delle indagini precedentemente elencate è stato possibile ricostruire il modello geologico tecnico del terreno assegnando a ciascuna delle unità litostratigrafiche i valori delle proprietà fisico-meccaniche che meglio ne descrivono il comportamento globale.

Nel modello geologico tecnico non sono stati assegnati parametri geotecnici alla copertura vegetale in quanto senz'altro non utilizzabile ai fini fondali.

Il sottosuolo può pertanto considerarsi costituito dalle seguenti unità geotecniche:

Unità	Descrizione litologica
Unità Geotecnica I (spessore 20m)	Calcari e Calcari marnosi di colore variabile dal bianco al rossiccio. Molto fratturati.
Unità Geotecnica II	Calcari e Calcari marnosi di colore variabile dal bianco al rossiccio. Fratturati.

Unità Geotecnica	γ_v (KN/m ³)	Φ' °	c' (KPa)
I	24	38.50	0
II	26	40	0

È importante sottolineare che in fase esecutiva andranno verificati gli spessori effettivi delle coperture e, i parametri riportati di sopra, dovranno essere convalidati.

	<p align="center">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p align="center">RELAZIONE GEOLOGICA</p>	<p align="right">DATA: APRILE 2024</p> <p align="right">Pag. 41 di 53</p>
---	--	--

11. INTERFERENZE AREE IN FRANA E CAVIDOTTO

In questo capitolo verranno affrontate le criticità geologiche e geomorfologiche presenti lungo il tracciato del cavidotto sia all'interno dell'area parco, che lungo il tratto che conduce alla sottostazione elettrica lato utente.

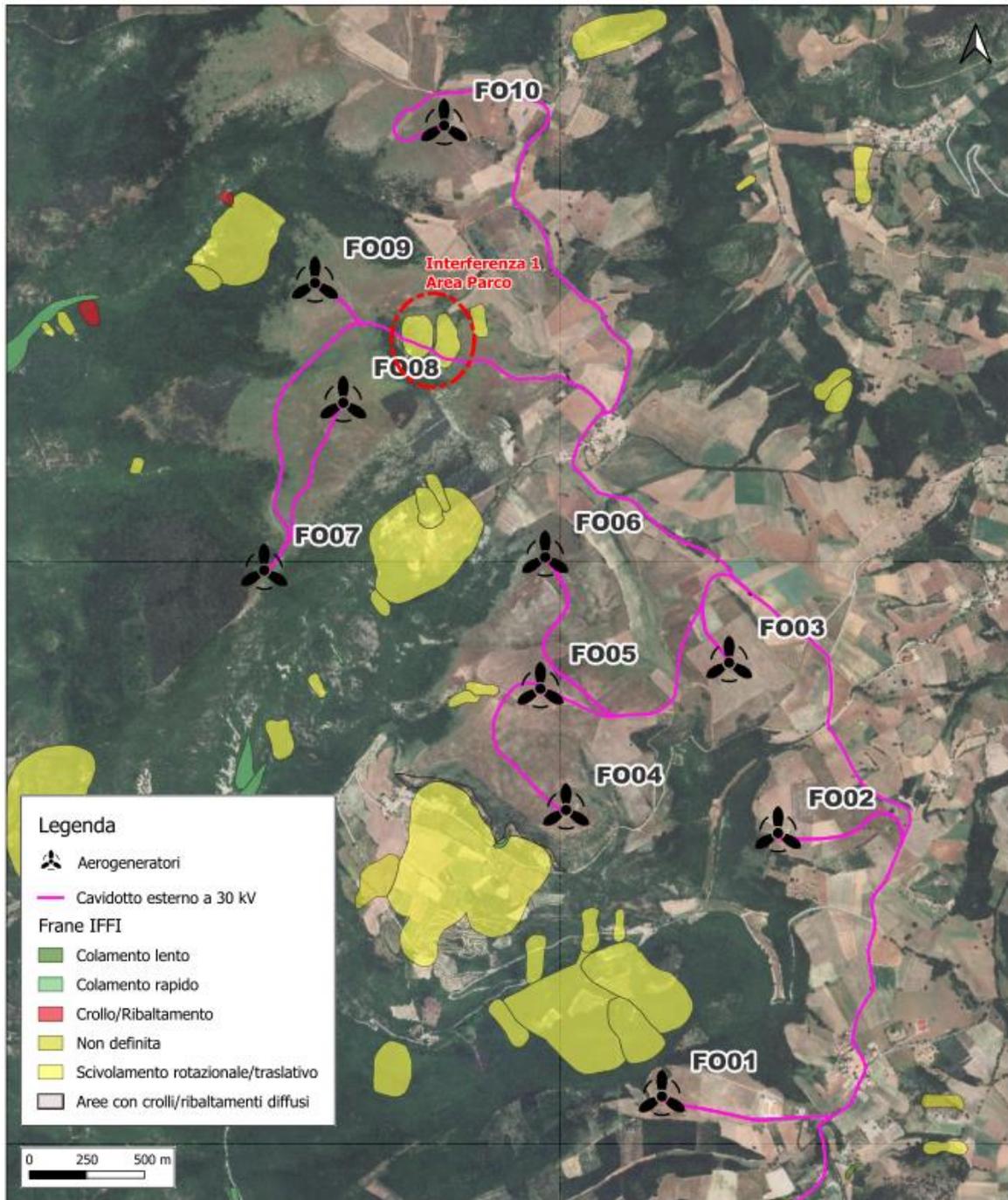
Il cavidotto sarà posto in opera seguendo il tracciato di varie strade interpoderali esistenti, tratturi, e lungo strade comunali quali, Strada Comunale di Barri, Via Str. Vecchia, Località Scopoli, Via Sassovivo, Via S. Bartolomeo e Via S. Maria di Betlem, sviluppate in parte lungo linee di cresta seguendo il tratto stradale sino a giungere a SE della Città di Foligno.

Dalla sovrapposizione del layout di progetto con la carta geomorfologica è stato possibile individuare le aree in cui l'elettrodotto verrà posto in opera all'interno di areali in frana suddividendo lo sviluppo dello stesso in tre tratti:

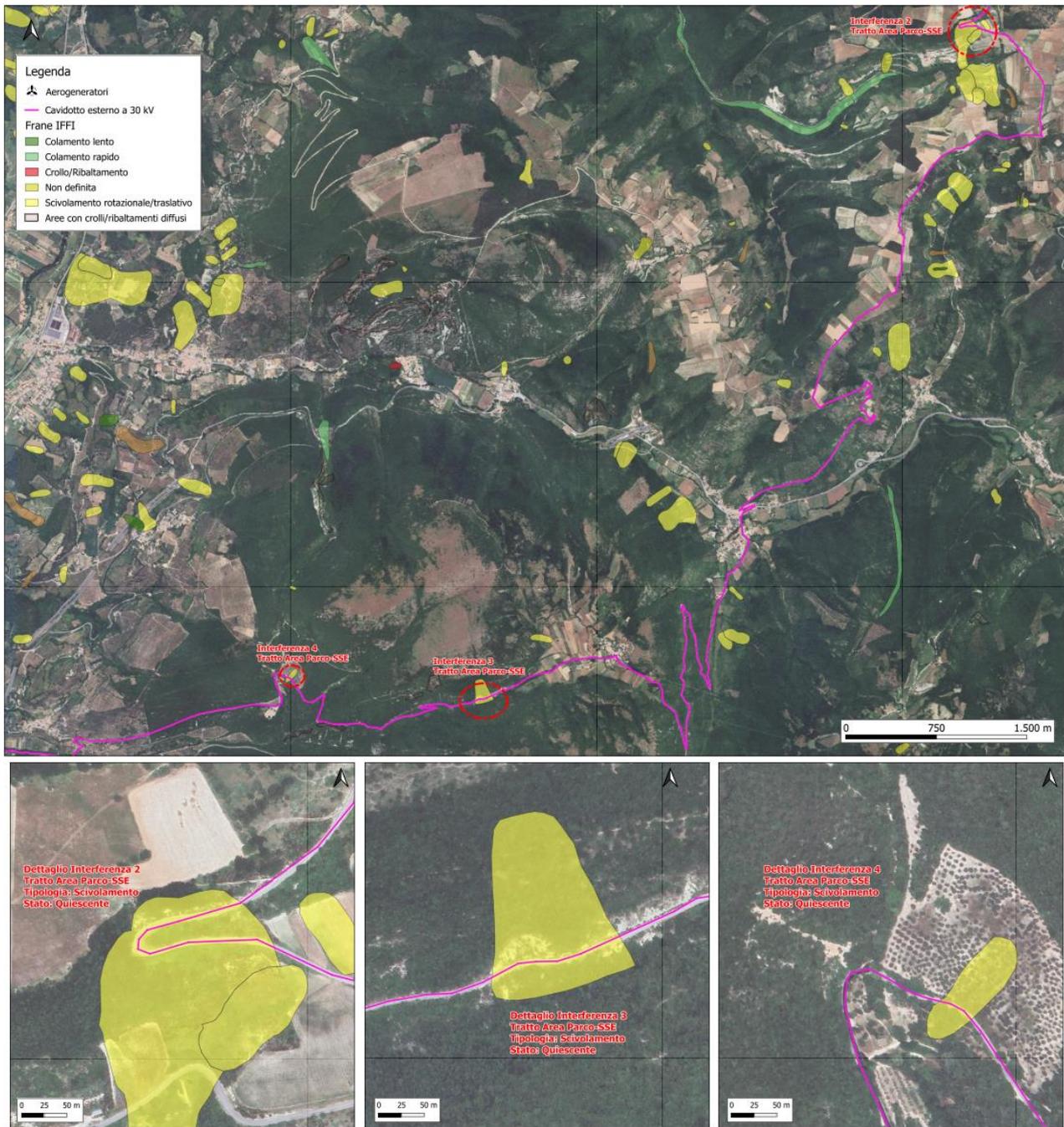
- ❖ Il tratto di elettrodotto interno all'area parco compreso tra gli aerogeneratori FO01 e FO10 non presenta criticità geologiche e geomorfologiche, ad eccezione del ramo di elettrodo compreso tra l'aerogeneratore FO09 ed il cavidotto principale in cui viene segnalata la presenza di uno scivolamento, e verrà posto in opera in parte all'interno di strade e tratturi esistenti e in parte all'interno di strade di nuova realizzazione che collegheranno gli aerogeneratori alla viabilità esistente;
- ❖ Il secondo tratto di cavidotto compreso tra l'area parco e la sottostazione elettrica verrà posto in opera all'interno di una trincea lungo la strada asfaltata esistente. Lungo il tracciato, il cavidotto intercetta tre areali soggetti a frane da scivolamento definite secondo l'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI) come quiescenti ed interessano tratti stradali esistenti. Questi areali sono stati precedentemente evidenziati nell'analisi di inquadramento geomorfologico.
- ❖ Nella porzione del cavidotto in prossimità della Sottostazione Elettrica non si evidenziano particolari criticità.

Di seguito vengono riportate delle carte di dettaglio per ciascuna delle tre aree considerate e viene evidenziata l'area di interferenza tra il tracciato del cavidotto e le frane presenti in sito.

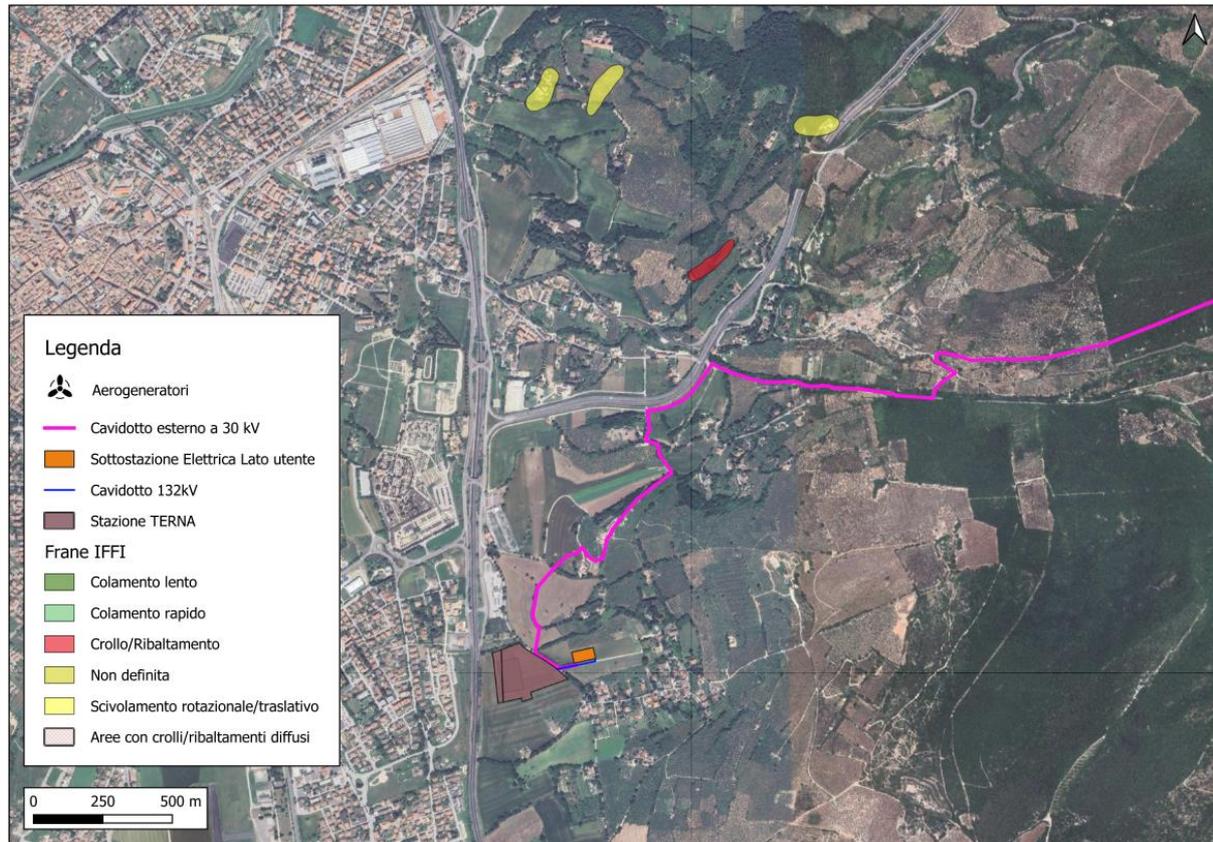
CARTA DELLE INTERFERENZE PRESENTI – AREA PARCO



CARTA DELLE INTERFERENZE PRESENTI
TRACCIATO AREA PARCO – SOTTOSTAZIONE ELETTRICA



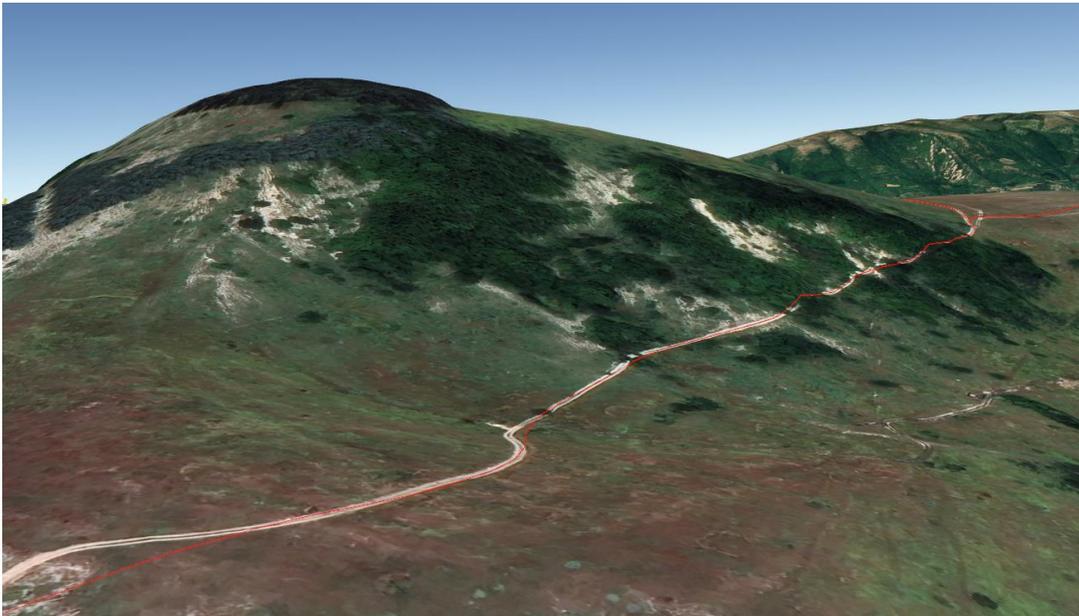
CARTA DELLE INTERFERENZE PRESENTI – SOTTOSTAZIONE ELETTRICA



Ogni area soggetta ad instabilità verrà analizzata tramite delle foto di seguito riportate.

Interferenza 1 – Tratto Area Parco

Il tratto in cui è stata identificata l'interferenza 1 non presenta foto disponibili, ma osservando l'area da ortofoto e tramite Google Earth Pro è stato possibile identificare la presenza di un trattuto che taglia il versante di un rilievo vegetato con visibili affioramenti rocciosi.



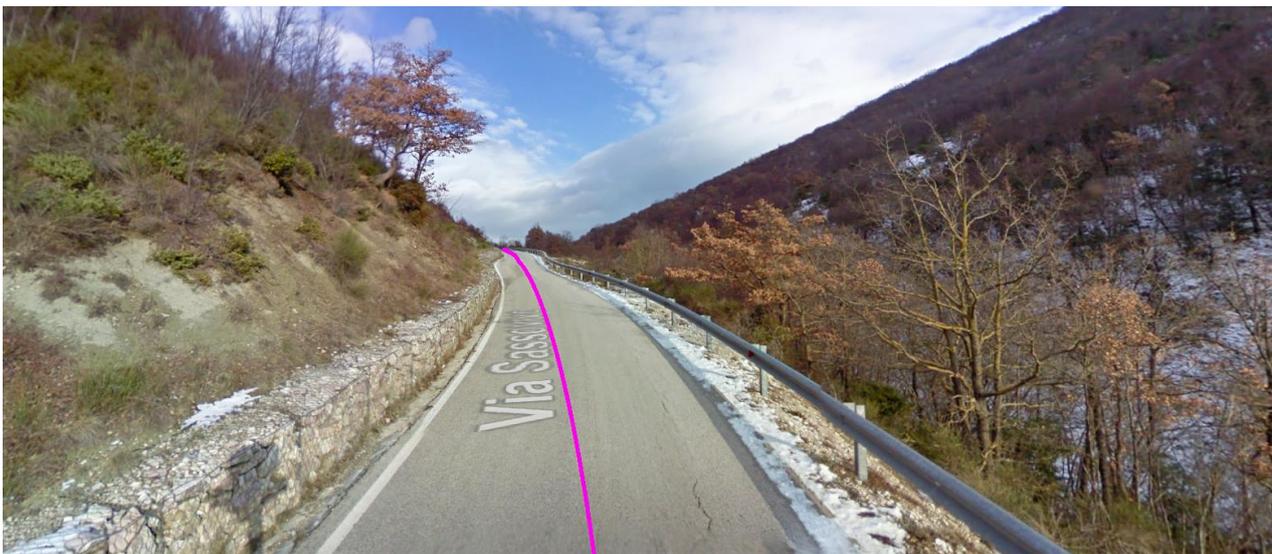
Interferenza 2 – Tratto Area Parco-SSE

La sede del dissesto si colloca lungo un tratto di strada esistente caratterizzato dalla presenza di strutture di protezione, quali un muretto in cemento con una rete al di sopra, che vanno a ridurre il rischio. Tale scivolamento, come precedentemente indicato, risulta in uno stato quiescente. Si suppone che la posa in opera del tratto di cavidotto ad una profondità di 1,00 m/1,50 m non andrà a creare o riattivare condizioni di instabilità. In fucsia viene riportato il tratto di cavidotto.



Interferenza 3 – Tratto Area Parco-SSE

Lungo via Sassovivo, che collega Borgo Casale a Borgo Uppello, si osservano in corrispondenza del versante soggetto a frane da scivolamento in stato quiescente, la presenza di sistemi di protezione, quali gabbionate su uno e su due livelli. La posa in opera del cavidotto potrà essere posta in sicurezza, ad una profondità di circa 1,00 m/1,50 m senza alterare l'equilibrio del versante. In fucsia viene riportato il tratto di cavidotto.



Interferenza 4 – Tratto Area Parco-SSE

Percorrendo via Sassovio in direzione Foligno, si incrocia l'ultima intersezione tra il cavidotto ed un'area soggetta ad instabilità, anche in questo caso uno scivolamento in stato quiescente. Lungo questo tratto non si osservano sistemi di protezione, né particolari deformazioni del manto stradale.



	<p>PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p>RELAZIONE GEOLOGICA</p>	<p>DATA: APRILE 2024</p> <p>Pag. 49 di 53</p>
---	--	--

Due dei tratti stradali interessati da interferenze presentano delle opere di sostegno quali gabbionate e muretti in cemento e si potrebbe intervenire con le stesse strutture anche sui due tratti privi di tali strutture di sostegno.

Per migliorare le condizioni di stabilità dei versanti si potrebbero prevedere delle opere di regimentazione idrica, quali drenaggi superficiali come realizzazione di canalette di scolo idrico in caso di piogge intense.

Per il monitoraggio dei versanti si potrebbe procedere con la realizzazione di inclinometri per osservare eventuali movimenti del versante e realizzazione di piezometri per verificare la reale presenza di una falda con le sue oscillazioni stagionali, che potrebbero influenzare eventuali instabilità.

Non è prevista la realizzazione di opere di ingegneria naturalistica in prossimità degli aerogeneratori, in quanto non intercettano areali con pericolosità da frana.

12. SOTTOSTAZIONE ELETTRICA

L'area in cui è prevista la realizzazione della sottostazione elettrica lato utente è situata nel territorio comunale di Foligno in loc. Mas.na Bruciata a SE dell'abitato di Foligno e ad E della SS3-Strada Statale Flaminia.

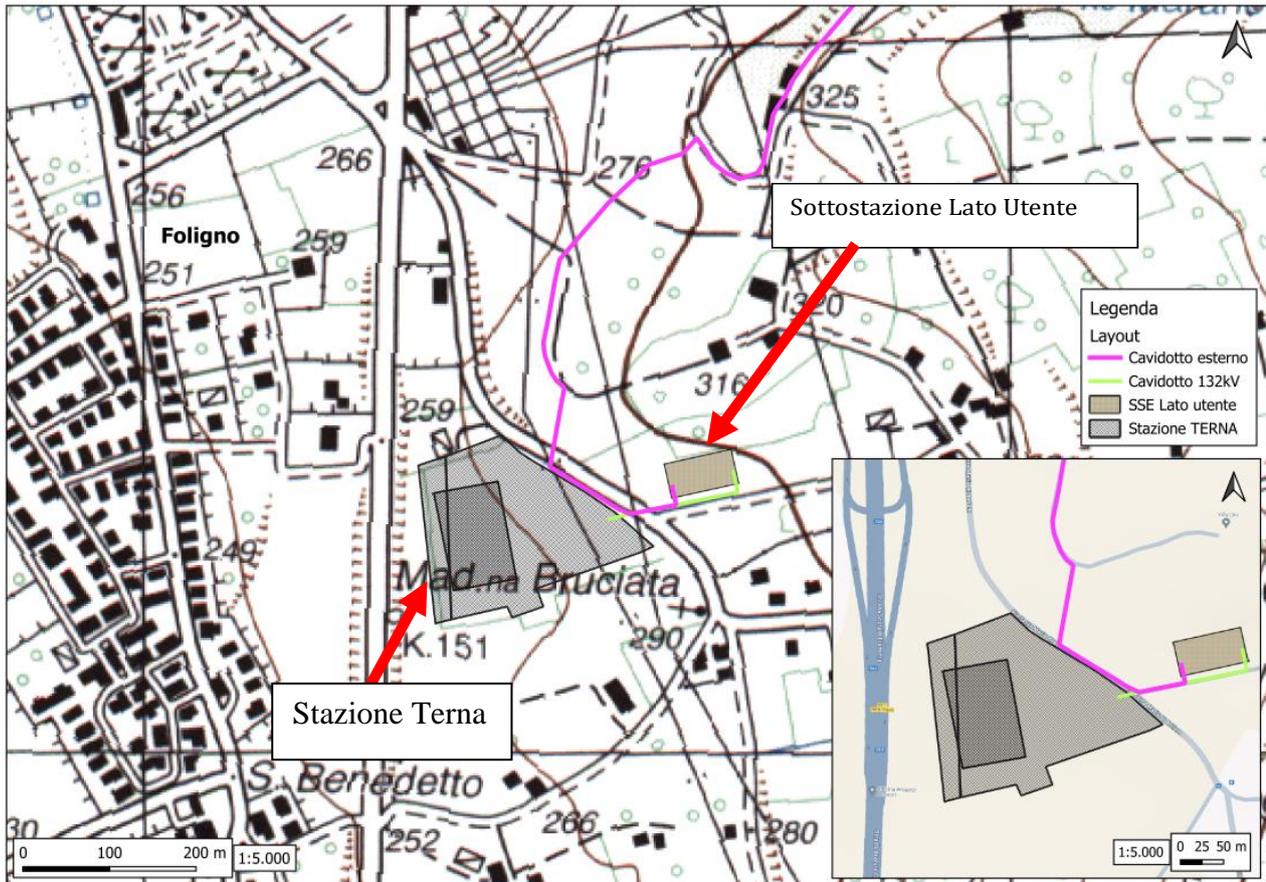


Figura 13 - Inquadramento Geografico Sottostazione Lato Urete e Terna.

La Sottostazione elettrica di utenza del parco in oggetto sarà realizzata su un'area suborizzontale. Nell'area affiorano sedimenti fluvio-palustri terrazzati, di colamento della piana spoletino-folignate, caratterizzati da argille, sabbie e ghiaie ed elementi delle formazioni mesozoiche e terziarie locali.

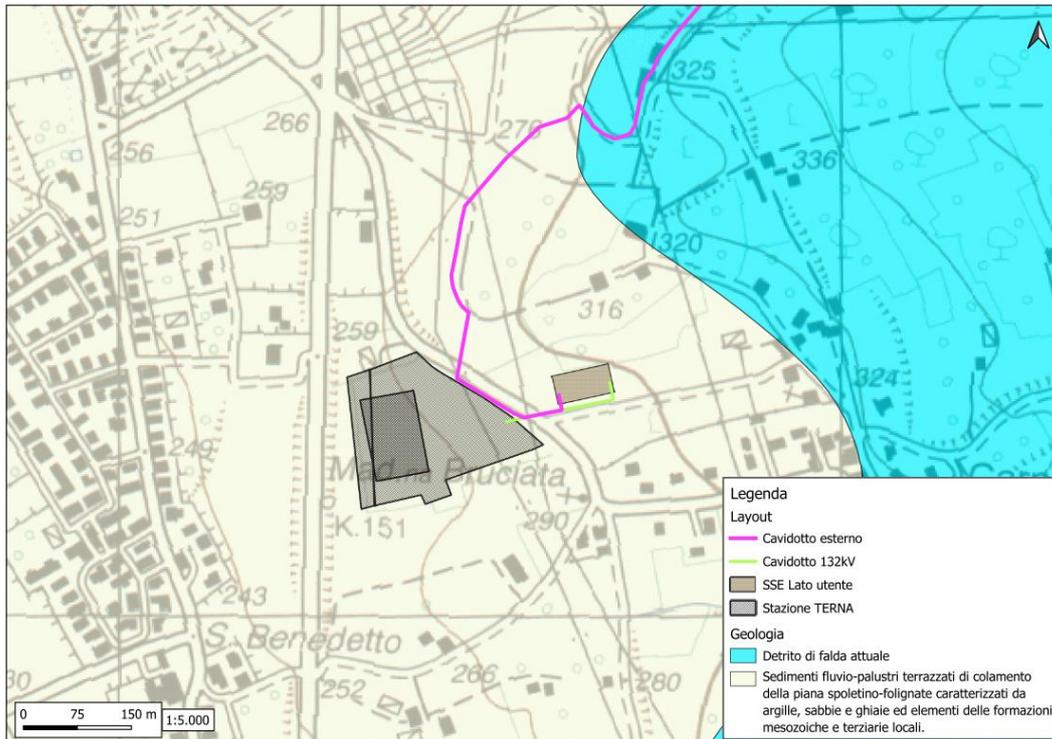


Figura 14 - Stralcio della carta geologica.

Dall'esame della cartografia del Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico (PAI) redatto dall'Autorità di Bacino della Regione Umbria, l'area in esame non ricade in aree di rischio da frane e da alluvioni, così come si evidenzia dallo stralcio di seguito riportato.

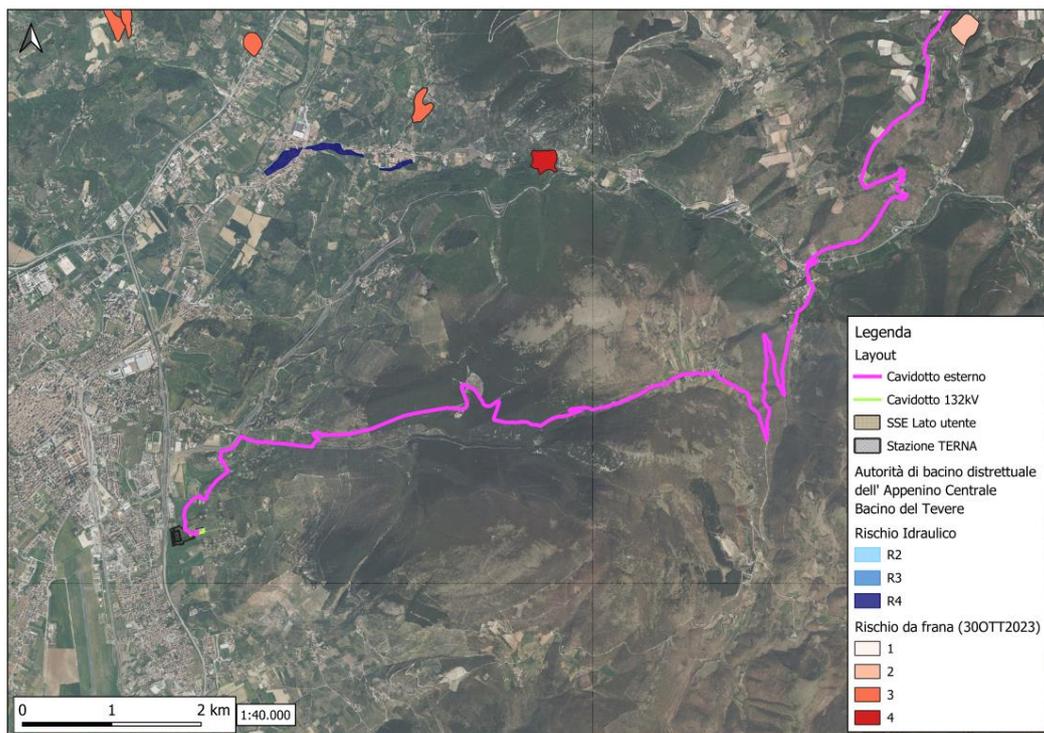


Figura 15 - Stralcio PAI carta del rischio frana e alluvione area sottostazione.

	<p align="center">PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p align="center">RELAZIONE GEOLOGICA</p>	<p align="right">DATA: APRILE 2024</p> <p align="right">Pag. 52 di 53</p>
---	--	--

13. CONCLUSIONI

Sulla base dei dati geologici e geomorfologici è stato possibile ricostruire l'assetto litostratigrafico dell'area in oggetto; in particolare, nell'area ove verrà realizzato il parco fotovoltaico affiora la Formazione della Scaglia bianca e rossa costituita da calcari e calcari più o meno marnosi di colore bianco e rosato a frattura scagliosa, ben stratificati, lastriformi e con sottili intercalazioni di marne argillose, noduli e liste di selce nera, rossa o rosa; verso il tetto aumenta il tenore argilloso e gli strati diventano più sottili e con frequenti interstrati marnosi.

L'analisi geomorfologica non ha mostrato la presenza di morfotipi riconducibili a movimenti franosi in atto o potenzialmente attivi che potrebbero riattivarsi in prossimità degli aerogeneratori e della sottostazione elettrica. Lungo il tracciato del cavidotto si evidenzia la presenza di una frana da scivolamento in prossimità di un tratturo e frane da scivolamento quiescenti su strade esistenti. La carta delle pendenze mostra un rilievo con inclinazione inferiore ai 15°, ad eccezione dell'aerogeneratore FO06 che mostra pendenze di 18°.

L'analisi dei vincoli sulla base del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino dell'Appennino Centrale - Bacino del Tevere non mostra condizioni di rischio geomorfologico da frana, né idraulico considerando la distanza dai principali corsi d'acqua.

Per quel che riguarda l'aspetto idrogeologico, sulla base delle caratteristiche litologiche è stato possibile individuare un'unica formazione calcareo e calcareo-marnosa.

Dalle indagini eseguite è risultato che, in prossimità dell'area di sedime dell'aerogeneratore FO01, è presente una falda alla profondità di 22,65 m dal p.c.

In aggiunta dalla consultazione dei dati ISPRA acquisiti dai pozzi profondi più vicini all'area parco (6.5 km di distanza) il livello di falda statico si attesta a 31 m da piano campagna, mentre i dati sulle sorgenti, acquisiti dal portale Open Data Umbria, mostrano la presenza di n°3 sorgenti in prossimità dell'area parco con distanza compresa tra 570 m e 2,80 km con una portata (Q) compresa tra 0,1 l/s e 5,9 l/s.

La diretta osservazione dei terreni affioranti eseguita durante il rilevamento geologico dell'area d'intervento e le informazioni ricavate dalle indagini geologiche,

	<p>PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW DENOMINATO "MONTE BURANO" SITUATO NEL COMUNE DI FOLIGNO (PG)</p> <p>RELAZIONE GEOLOGICA</p>	<p>DATA: APRILE 2024</p> <p>Pag. 53 di 53</p>
---	--	--

geofisiche e geotecniche, hanno consentito di definire il modello lito-stratigrafico e geologico-tecnico del sottosuolo in corrispondenza dell'area di sedime dell'aerogeneratore, assegnando a ciascuna delle unità litostratigrafiche i valori delle proprietà fisico-meccaniche che meglio ne descrivono il comportamento globale. Nuovamente si ricorda che i parametri geotecnici assegnati dovranno essere convalidati durante la successiva fase esecutiva, come anche la verifica degli spessori effettivi delle coperture.

Sulla base di quanto sopra esposto si può affermare che nell'area non si rileva la presenza di criticità geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche che possano compromettere la realizzazione del parco eolico e quindi si può asserire che le opere in progetto sono compatibili con l'assetto geologico, geomorfologico e idrogeologico dell'area.

Per ulteriori approfondimenti si rimanda ai paragrafi precedenti.

Il Geologo
Dott. Geol. Raffaele NARDONE