



Regione Basilicata
 Provincia di Potenza
 Comuni di Cancellara e Vaglio Basilicata



Impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica avente potenza di connessione pari a 37,2 MW e relative opere connesse denominato "Vento del Carpine" sito nei Comuni di Cancellara e Vaglio Basilicata (PZ)

Titolo:

RELAZIONE GEOLOGICA

Numero documento:

Commissa	Fase	Tipo doc.	Prog. doc.	Rev.
2 1 4 3 0 1	D	R	0 1 0 3	0 1

Proponente:

FRI-EL

FRI-EL S.p.A.
 Piazza della Rotonda 2
 00186 Roma (RM)
fri-elspa@legalmail.it
 P. Iva 01652230218
 Cod. Fisc. 07321020153

PROGETTO DEFINITIVO

A.2.

Progettazione:



PROGETTO ENERGIA S.R.L.

Via Serra 6 83031 Ariano Irpino (AV)
 Tel. +39 0825 891313
www.progettoenergia.biz - info@progettoenergia.biz



SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATI
 INTEGRATED ENGINEERING SERVICES

Geologo:

Dott. Antonio Petriccione

Progettista:

Ing. Massimo Lo Russo



Sul presente documento sussiste il DIRITTO di PROPRIETA'. Qualsiasi utilizzo non preventivamente autorizzato sarà perseguito ai sensi della normativa vigente

REVISIONI	N.	Data	Descrizione revisione	Redatto	Controllato	Approvato
	00	28.06.2021	EMISSIONE	A. PETRICCIONE	A. PETRICCIONE	M. LO RUSSO
01	15.07.2021	EMISSIONE PER AUTORIZZAZIONE	A. PETRICCIONE	A. PETRICCIONE	M. LO RUSSO	

INDICE

1	PREMESSA	3
1.1.	UBICAZIONE E CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO	3
1.2.	ARTICOLAZIONE DEL LAVORO	4
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO GENERALE	5
2.1.	GEOLOGICO E STRUTTURALE	5
2.2.	GEOMORFOLOGICO	9
2.3.	IDROGEOLOGICO.....	14
2.4.	PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA ED IDRAULICA DA NORMATIVA	16
3	INDAGINI GEOGNOSTICHE	18
3.1.	DEFINIZIONE DELLE INDAGINI	18
3.2.	INDAGINE SISMICA DI TIPO MASW.....	18
3.2.1.	ANALISI MULTICANALE DELLE ONDE SUPERFICIALI	21
3.2.2.	STRUMENTAZIONE ADOPERATA.....	25
4	MODELLAZIONE SISMICA.....	26
4.1.	CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	26
4.2.	MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES)	30
4.3.	RISULTATI INDAGINI SISMICHE MASW	30
4.4.	ANALISI DEL SUOLO DI FONDAZIONE.....	34
4.5.	CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	35
5	MODELLIZZAZIONE GEOTECNICA	36
5.1.	STABILITÀ DELL'AREA	36
5.2.	POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	36
6	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	38

1 PREMESSA

La presente relazione è stata redatta su incarico della società Progetto Energia s.r.l., la quale, dovendo procedere all'ottenimento dei permessi necessari alla costruzione ed esercizio di un impianto di produzione di energia rinnovabile da fonte eolica, costituito da n° 6 aerogeneratori per una potenza complessiva massima di 37,2 MW e delle relative opere connesse, mi ha incaricato di eseguire uno studio per valutare in via preliminare i caratteri geologici e geomorfologici dell'area in esame nonché il proprio comportamento sismico e le caratteristiche geotecniche dei terreni.

1.1. UBICAZIONE E CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO

Il parco eolico si svilupperà nell'ambito dei comprensori comunali di Cancellara e Vaglio Basilicata, in provincia di Potenza, a sud del rilievo "Serra del Carpine", ed è interessato da quote variabili da circa 690 a circa 1030 metri sul livello del mare.

Circa l'inquadramento catastale, si evince quanto segue:

L'impianto eolico (aerogeneratori, piazzole e viabilità d'accesso), il cavidotto MT, stazione elettrica di utenza, l'impianto di utenza per la connessione e l'impianto di rete per la connessione ricadono all'interno dei comuni di Cancellara e Vaglio Basilicata sulle seguenti particelle catastali:

- *Comune di Cancellara (PZ)* : Foglio 32, particelle 69, 65, 49, 50, 51, 56, 24, 52, 58, 32, 37, 38, 14; Foglio 24, particelle 327, 443, 567, 339, 338, 352, 337, 340, 331, 493, 569, 492, 324, 494, 556, 557; Foglio 31, particelle 71, 79, 72, 80, 20, 47, 85, 49, 55; Foglio 30 particelle 50, 47, 46, 45, 43, 44, 49, 35, 41, 36, 58, 28, 30, 15, 14, 16, 38, 10, 8, 37, 11, 9, 64, 19, 53, 20, 18, 22, 57, 61; Foglio 35, particelle 5, 4, 6, 143, 205, 144, 145, 240, 239, 237, 238, 147, 3, 2; Foglio 29, particelle 79, 78, 30, 29, 28, 51, 118, 21, 25, 27, 116, 26, 117, 23 ;Foglio 21, particelle 70,116, 69, 64, 67, 105, 104, 108, 68, 81; Foglio 23, particella 15 ; Foglio 34, particella 1 ,2 , 27, 97, 17, 105, 179, 185, 203, 206, 281, 127, 73, 125, 129, 92, 71, 235, 273, 174 202, 201, 205, 274, 232, 208, 175, 213, 212, 177, 176, 180, 183, 186, 184, 214, 216, 215, 242, 218, 219, 226, 225, 220, 249, 247, 250, 23, 223, 245, 229, 89, 228, 189, 240, 190, 258, 195,192, 230, 231, 194, 260, 263, 265, 84, 68, 69, 173, 254; Foglio 33, particelle 22, 10, 362, 377, 356, 34, 383, 402, 53 ;Foglio 26, particelle 474, 282 ,281, 177
- *Comune di Vaglio Basilicata (PZ)* : Foglio 3, particelle 52, 198, 196, 57, 189, 46, 269, 268, 253, 51, 251, 50, 246, 243 ; Foglio 7, particelle 574, 557, 386

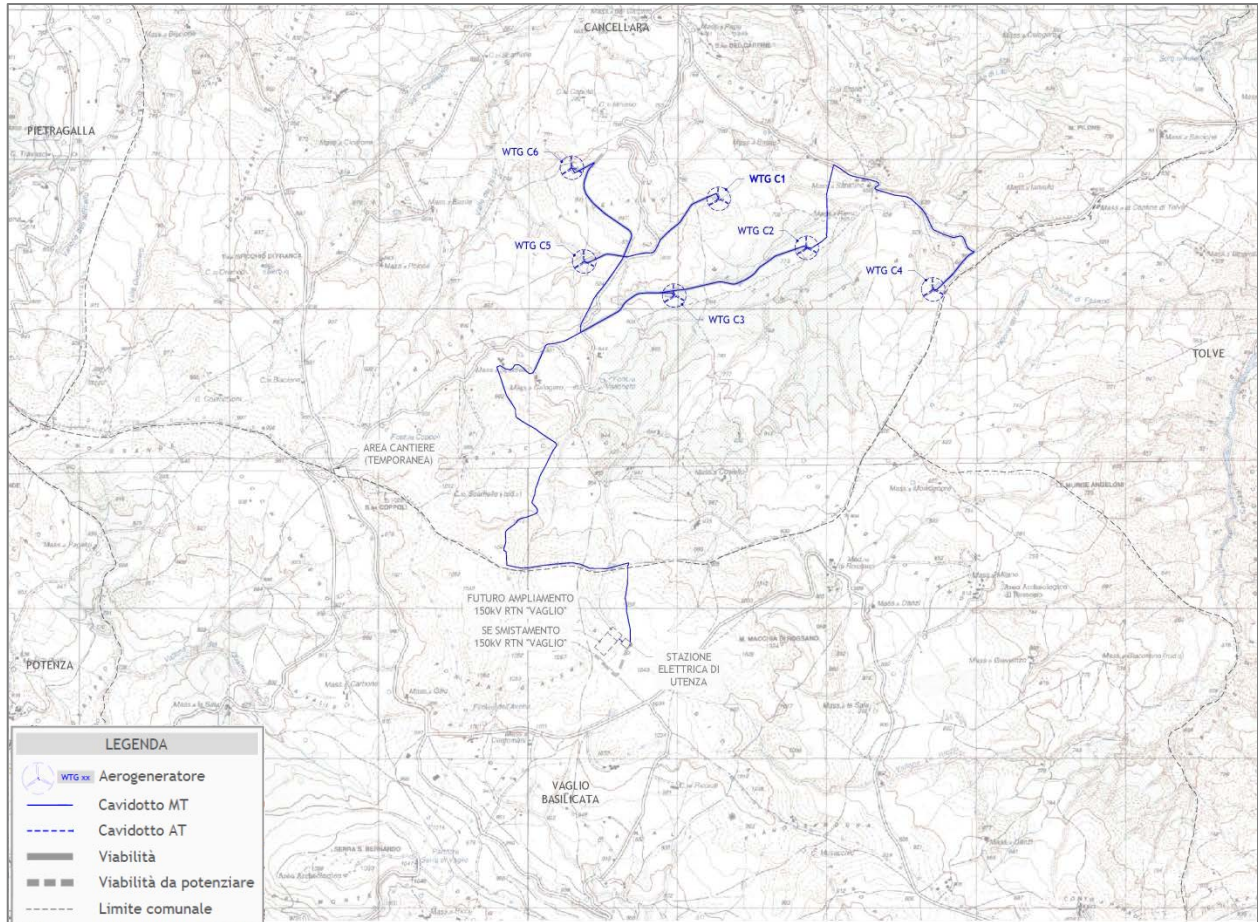
AEROGENERATORE	COORDINATE GAUSS BOAGA Roma 40 - FUSO EST		Identificativo catastale		
	Long. E [m]	Lat. N [m]	Comune	Foglio	Particella
WTG C1	2.598.218	4.507.554	Cancellara	30	19
WTG C2	2.598.807	4.507.226	Cancellara	31	35-36
WTG C3	2.597.921	4.506.907	Cancellara	30	14-16
WTG C4	2.599.652	4.506.948	Cancellara	32	49-65
WTG C5	2.597.320	4.507.135	Cancellara	29	25
WTG C6	2.597.237	4.507.762	Cancellara	21	64-67

L'area oggetto di studio cartograficamente ricade nel Foglio 470 in scala 1:50.000 della Carta Geologica d'Italia (Ispra), denominato "Potenza" e nel Foglio n. 187 Scala 1:100.000 della Carta Geologica d'Italia denominato "Melfi".

Dal punto di vista degli scenari di rischio idrogeologico, l'intero impianto attraversa il territorio di competenza dell'Autorità di bacino della Basilicata.

L'intervento consiste nella realizzazione di un impianto di produzione di energia rinnovabile da fonte eolica, costituito da n° 6 aerogeneratori per una potenza complessiva massima di 37,2 MW, da realizzare nei comprensori comunali di Cancellara e Vaglio Basilicata (PZ).

Si riporta di seguito lo stralcio della corografia di inquadramento con indicazione del parco eolico:



Corografia di inquadramento con individuazione del parco eolico "Cancellara"

1.2. ARTICOLAZIONE DEL LAVORO

L'indagine è stata articolata, previa consultazione del progetto, nelle seguenti fasi:

- 1) Rilevamento delle caratteristiche geomorfologiche e geolitologiche di superficie integrato dalla lettura delle carte geologiche d'Italia foglio Potenza N°470 Scala 1:50.000 e Foglio n. 187 Scala 1:100.000 "Melfi", fogli nei quali ricade l'area in esame.
- 2) Acquisizione di dati dal piano regolatore generale e da altre indagini eseguite in zona dallo scrivente.
- 3) Analisi della cartografia a corredo del piano stralcio per l'assetto idrogeologico (carta degli scenari di rischio)
- 4) Reperimento indagini geognostiche eseguite nelle immediate vicinanze di quella in studio e raccolta di dati bibliografici
- 5) Esecuzione di una campagna di indagini geognostiche consistenti in 4 indagini sismiche di superficie di tipo M.A.S.W.

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

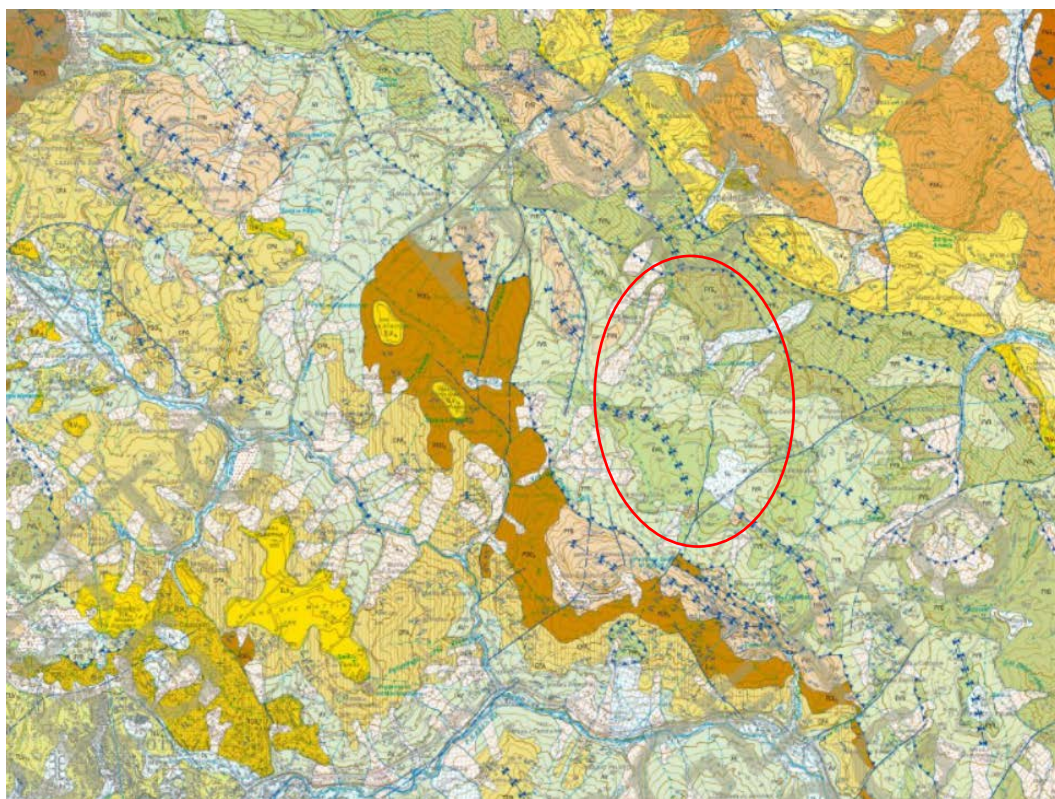
Si riporta, di seguito, l'elenco documenti di riferimento per la presente relazione:

- A.16.a.6. Planimetria dell'impianto con l'ubicazione delle centraline di misurazione utilizzate (anemometri);
- A.16.a.7. Planimetria ubicazioni indagini geologiche;
- A.16.a.8. Carta geologica;
- A.16.a.9. Carta geomorfologica;
- A.16.a.10. Carta idrogeologica;
- A.16.a.11. Profili geologici.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO GENERALE

2.1. GEOLOGICO E STRUTTURALE

Al fine di una più immediata comprensione dei caratteri litologici delle unità geologiche affioranti nel territorio studiato, si ritiene opportuno effettuare un inquadramento preliminare geologico-strutturale a scala regionale. Con riferimento alla cartografia geologica CARG 1:50.000, l'area interessata dal progetto ricade interamente nel Foglio n.470 "Potenza".



Foglio CARG n.470 "Potenza" (1:50.000) con ubicazione dell'area del parco.

Dal punto di vista geologico-regionale l'area ricade nell'Appennino meridionale al limite tra le Unità di piattaforma carbonatica (Piattaforma Appenninica o Campano-Lucana) e le Unità costituite da sedimenti di mare profondo (Bacino di Lagonegro).

Il sistema catena-avanfossa-avampaese nell'Italia Meridionale è attualmente rappresentato da: Catena Sudappenninica, Fossa Bradanica e Avampaese Apulo-Garganico (Selli, 1962; D'Argenio et alii, 1973).

La Catena Sudappenninica è composta da una struttura a falde, generatasi per successive fasi deformative. Queste hanno realizzato la sovrapposizione tettonica di diverse unità stratigrafico-strutturali che in precedenza componevano un quadro paleogeografico molto articolato.

La Fossa Bradanica (Migliorini, 1937) è un bacino di sedimentazione terrigena sviluppatosi durante il Plio-Pleistocene in un'area della piattaforma Apula attualmente ribassata verso la catena.

L'Avampaese Apulo-Garganico è costituito da quelle ampie porzioni della Piattaforma Apula non ancora raggiunte dalla deformazione orogena appenninica.

L'assetto attuale dell'appennino meridionale è dovuto alle fasi compressive e traslative avvenute tra il Tortoniano superiore e il Pleistocene inferiore, controllate dall'arretramento flessurale della piastra di avampaese cui si accompagnava l'ampliarsi del bacino di retroarco tirrenico.

La Catena appenninica costituisce un orogene a pieghe e thrust, originatosi a partire dall'Oligocene superiore-Miocene inferiore a causa della deformazione compressiva dei paleodomini oceanici che occupavano la fascia a ridosso del confine tra la Placca africana a sud e la Placca europea a nord. La Basilicata occupa il settore centrale del tratto meridionale della Catena

appenninica il quale è noto nella letteratura specialistica come Appennino lucano.

L'appennino lucano si compone di potenti falde tettoniche dell'ordine di 10 km che seguono una vergenza E-NE, esse sono costituite da successioni sedimentarie di età compresa tra il Triassico e il Pliocene medio, poggianti sulla successione carbonatica, flessurata e deformata, riferibile al settore interno dell'avampaese Apulo.

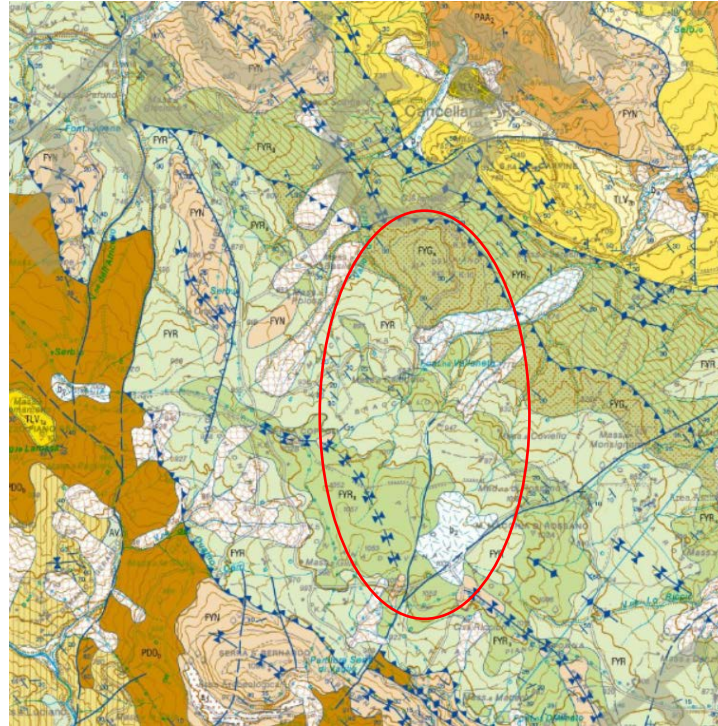
Le unità tettoniche, di età meso-cenozoica, deposte in bacini interni alla catena (bacini intrappenninici), deformatesi durante le fasi tettogenetiche tardive nel corso del Pliocene e del Pleistocene, queste sono: le Unità Lagonegresi, le Unità Sicilidi, i flysch terrigeni miocenici le Unità di Vaglio Basilicata, le Unità di Monte Arioso e l'Unità dei bacini pliocenici intrappenninici.

Geologia del sito di progetto

Le formazioni geologiche affioranti nell'area del parco eolico, come riportato dal Foglio n.470 "Potenza", appartengono esclusivamente alle Unità Appenniniche e in particolare all'Unità tettonica di Vaglio Basilicata e all'Unità Tettonica di Monte Arioso. Di seguito ne verranno descritti i caratteri litostratigrafici, a partire dai depositi più antichi, fino ai più recenti.

– UNITÀ TETTONICA DI VAGLIO BASILICATA

- *Flysch Galestrino (FYG) – Alternanze in strati sottili di argilliti silicee grigie a frattura prismatica, marne silicifere grigio-azzurre, o se alterate, di colore ocreo a frattura concoide con radiolari e spicole di spugne, in strati da centimetrici a decimetrici, calcilutiti grigie o nerastre in strati centimetrici, calcisiltiti e calcari siliciferi, in strati decimetrici. Gli spessori sono compresi tra 200 e 350 m. (Cretacico Inf.)*
- *Flysch Rosso (FYR)– Alternanza di argille, argilliti marnose e marne di colore rosso, grigio e verde, talora parzialmente silicizzate, con subordinate intercalazioni di calcilutiti e calcari marnosi bianchi e rosati, spesso bioturbati, e calcareniti torbiditiche bioclastiche grigie e biancastre o rosate con stratificazione sottile e tabulare; allabase sono presenti sottili livelli di radiolariti, argille marnose talora silicizzate rosse e brune. Presenta uno spessore complessivo di 450 m.(Cretacico Sup. – Miocene Inf.)*
- *Flysch Rosso – Litofacies calcareo-clastica (FYRa)– Alternanza di calcareniti a grana media e grossa, bioclastiche con frammenti di alveoline e nummuliti, in strati e banchi spesso gradati e laminati, e calcilutiti, con intercalati a più altezze corpi calcirudittici lenticolari, spessi fino ad un metro, ad elementi costituiti prevalentemente da calcari neritici a microforaminiferi, briozoi, litotamni e spugne.*
- *Flysch Rosso - Litofacies pelitica (FYRb) – Argille, argille marnose ed argilliti brune e grigiastre, a luoghi rosso-verdastre con frequenti patine manganesifere, e con intercalazioni di marne biancastre e rosate, calcilutiti e calcareniti a grana fine torbiditiche bioclastiche a macroforaminiferi, che si presentano variamente silicizzate, diaspri rossastri e verdastrati in strati millimetrici e centimetrici.*



Foglio CARG n.470 "Potenza" (1:50.000) con ubicazione dell'area del parco.

– UNITÀ TETTONICA DI MONTE ARIOSO

- *Flysch Galestrino (FYG)*– Alternanze in strati sottili, di spessore variabile da qualche centimetro a pochi decimetri, di calcilutiti e calcisiltiti grigie e giallastre localmente silicizzate, marne calcaree e silicifere, con radiolari e spicole di spugne, a frattura concoide, argilliti silicee fogliettate a frattura prismatica nere, grigie e verdastre a rare calcareniti. Le calcareniti e le calcilutiti presentano spesso laminazione parallele e convolute e sono di natura torbiditica. (Cretacico Inf.)
- *Flysch Galestrino – Facies calcareo-pelitica silicizzata (FYGa)* costituita da un'alternanza di marne silicee grigio-verdastre, argilliti con fratturazione aciculare grigio-scure, violacee, verdastre e color vinaccia, completamente silicizzate e di calcilutiti grigie e giallastre .
- *Flysch Rosso(FYR)* – Alternanze di calcareniti torbiditiche bioclastiche grigie e biancastre, calcilutiti e calcari marnosi bianchi e rosati, spesso bioturbati, con stratificazione sottile e tabulare, argille, argilliti marnose e marne di colore rosso, grigio e verde, talora parzialmente silicizzate; e lenti di calciruditi bioclastiche. La formazione FYR, nell'ambito di Monte Arioso, presenta uno spessore complessivo di circa 350m. (Cretacico Sup. – Miocene Inf.).

Sul Flysch Rosso appartenente all'Unità tettonica di Vaglio Basilicata e l'Unità tettonica di Monte Arioso è prevista la realizzazione degli aerogeneratori WTG C1, WTG C4, parte del cavidotto e l'R.T.N., in particolare essi interesseranno la formazione del Flysch Rosso (FYR), la litofacies calcareo – clastica (FYRa) e la litofacies a bentoniti (FYRb).

Sul Flysch Galestrino appartenente all'Unità di Monte Arioso è prevista la realizzazione degli aerogeneratori WTG C5 e WTG C6 e parte del cavidotto.

– UNITA' DEI BACINI PLIOCENICI INTRAPPENNINICI: IL SUPERSISTEMA DI CANCELLARA

- *Sistema di Tolve (TLV)* – E' formato da successioni conglomeratico-sabbioso-argillose, distinte in due subsistemi: subsistema di Potenza e subsistema di Aceranza. Lo spessore complessivo del sistema non supera i 1300 metri. Pliocene Medio

- **Subsistema di Aceranza (TLV2)**- Comprende due litofacies con rapporti parzialmente eteropici. Alla base si rinvengono generalmente facies sabbiose talora conglomeratiche (TLV_{2a}), cui segue una porzione pelitica (TLV_{2b}) parzialmente eteropica.
- **Subsistema di Aceranza litofacies sabbiosa (TLV_{2a})** – E' formata da sabbie ed arenarie a grana media e grossa, in strati medio-fini e banchi, con livelli microconglomerati con base erosiva ed areniti bioclastiche ricche di frammenti e gusci di lamellibranchi. Lo spessore in genere varia da 50 a 80 metri.

Sul Subsistema di Aceranza (TLV2), è prevista parte del cavidotto, in particolare è interessata la litofacies sabbiosa (TLV2a).

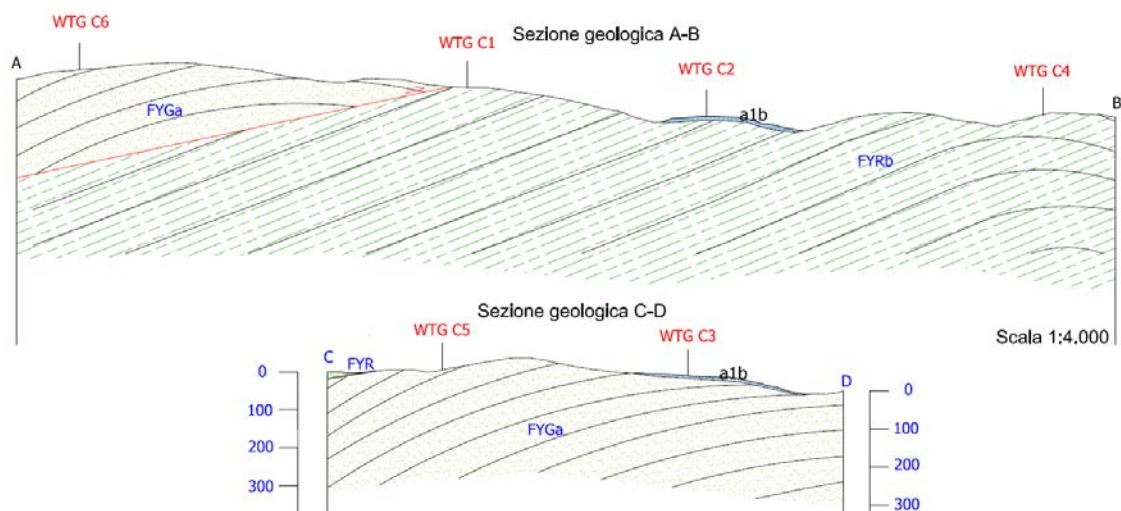
– DEPOSITI CONTINENTALI

- **Coltre eluvio-colluviale (b2)** – Terreni bruni o bruno nerastri sabbiosi e limosi con piccoli ciottoli di natura calcareo-marnoso-arenacea, frammisti a depositi piroclastici rimaneggiati e pedogenizzati. Le colluvioni si rinvengono prevalentemente come riempimenti di depressioni di medie dimensioni lungo i versanti, frammiste ad alluvioni ciottolose e a cumuli di frana. Lo spessore di questi depositi varia sensibilmente da luopgo a luogo, attestandosi sui valori dell'ordine di 1-2 metri, e raggiungendo talora anche la decina di metri.
- **Deposito di frana antico (a1b)** – Depositi costituiti da un detrito caotico, a luoghi pedogenizzato ed alterato, da ghiaioso ad argilloso in dipendenza della successione originaria coinvolta; lo spessore può giungere fino ad alcune decine di metri. (Pleistocene Sup. – Olocene)







Sulla Coltre eluvio-colluviale (b2) è prevista la realizzazione della Stazione Utente e parte del cavidotto.

Sul Deposito di frana antico (a1b) è prevista la realizzazione degli aereogeneratori WTG C2 e WTG C3 e parte del cavidotto.

In allegato si riporta lo stralcio della carta geologica con individuazione dell'impianto eolico in esame, di seguito le sezioni geologiche rappresentative dell'area in esame.



Sezioni geologiche A-B e C-D

LEGENDA	
 <p>a1b</p> <p>Deposito di frana antico (a1b) - Depositi costituiti da un detrito caotico, a luoghi pedogenizzato ed alterato, da ghialoso ad argilloso in dipendenza della successione originaria coinvolta; lo spessore può giungere fino ad alcune decine di metri. (Pleistocene Sup. - Olocene)</p>	 <p>FYRb</p> <p>Flysch Rosso - Litofacies pelitica (FYRb) - Argille, argille marnose ed argilliti brune e grigiastre, a luoghi rosso-verdastre con frequenti patine manganesifere, e con intercalazioni di marna biancastre e rosate, calcilutiti e calcareniti a grana fine torbiditiche blocastiche a macroforaminiferi, che si presentano variamente silicizzate, diaspril rossastri e verdastri in strati millimetrici e centimetrici.</p>
 <p>FYR</p> <p>Flysch Rosso - (FYR)- Alternanza di argilli, argilliti marnose e marna di colore rosso, grigio e verde, talora parzialmente silicizzate, con subordinate intercalazioni di calcilutiti e calcari marnosi bianchi e rosati, spesso bloturbati, e calcareniti torbiditiche blocastiche grigie e biancastre o rosate con stratificazione sottile e tabulare; all'base sono presenti sottili livelli di radiolariti, argille marnose talora silicizzate rosse e brune. Presenta uno spessore complessivo di 450 m. (Cretacico Sup. - Miocene Inf.)</p>	 <p>FYGa</p> <p>Flysch Galestrino - Facies calcareo-pelitica silicizzata (FYGa) costituita da un'alternanza di marna silicee grigio-verdastre, argilliti con fratturazione aciculare grigio-scure, violacee, verdastre e color vinaccia, completamente silicizzate e di calcilutiti grigie e giallastre</p>
 <p>Contatto Stratigrafico</p>	 <p>Sovrascorrimento</p>
<p>WTG C4 Aerogeneratore</p>	<p>A-B Sezione geologica</p>

Legenda sezioni geologiche rappresentative del parco eolico in esame

2.2. GEOMORFOLOGICO

Per caratterizzare in chiave geomorfologica l'area che sarà interessata dal parco eolico, è stato condotto uno studio dei caratteri geomorfologici a più ampia scala, così da mettere in evidenza i processi morfologici che interessano il territorio in analisi.

In questa porzione dell'Appennino lucano i versanti sono caratterizzati da differenze morfologiche legate sia al diverso comportamento geologico delle litologie affioranti che all'azione erosiva delle acque superficiali ed incanalate. Inoltre l'acclività dei versanti esercita un controllo primario nell'evoluzione geomorfologica dei pendii, in particolar modo per le aree caratterizzate dall'affioramento di litologie a maggior componente argillosa.

Dall'analisi del rilevamento geomorfologico eseguito lungo l'intero areale che ospiterà l'impianto eolico, considerando alcuni fattori geomorfologici quali la stabilità e le pendenze in gioco è possibile distinguere due unità fisiografiche con problematiche geomorfologiche e di stabilità differenti:

- Unità fisiografica di crinale

Comprende le aree di sella e dosso morfologico sulle quali le tendenze morfologiche indicano l'assenza di processi morfologici in atto o potenziali ovvero la scarsa probabilità di destabilizzazioni globali dal pendio per la zona assiale del crinale. Per i loro margini, invece, al passaggio verso valle con impluvi a morfogenesi accelerata, non è da escludere un arretramento della corona sommitale per fenomeni erosivi e denudazionali.

- Unità fisiografica di versante

Caratterizzate dall'accumulo di terreni detritico-colluviali prevalentemente argilloso-limosi formanti un deposito autoctono, dello spessore fino a 5m.

In queste aree il profilo di superficie è molto irregolare con accumuli di depositi detritici che danno luogo ad un pendio ondulato specialmente nella porzione mediana e di valle mentre nel tratto di monte il profilo topografico appare più regolare con pendenze medie nel tratto superiore di circa 10-15°.

Il processo di evoluzione del pendio è controllato da tre principali fattori: la capacità erosiva delle acque di ruscellamento, le caratteristiche geologico-strutturali della coltre colluviale e le condizioni idrogeologiche locali.

Da un'analisi morfodinamica dei versanti, si può asserire che la dinamica deformativa dell'area si esplica attraverso un processo regressivo sequenziale, nel senso che ogni unità di frana si attiva solo quando viene a mancare la contropinta litostatica del terreno di valle. In tale processo il ruscellamento superficiale esercita una funzione primaria; una volta asportati i detriti accumulati nella parte bassa del pendio, l'azione del deflusso idrico è quella di approfondire il suo stesso alveo e, conseguentemente, indurre nella massa colluviale condizioni di equilibrio limite.

In particolare, i movimenti franosi che principalmente interessano l'area di studio, tenendo conto del contesto morfologico e delle litologie presenti sono ascrivibili principalmente a soliflussi e/o creep, frane roto-traslazionali che evolvono in colate.

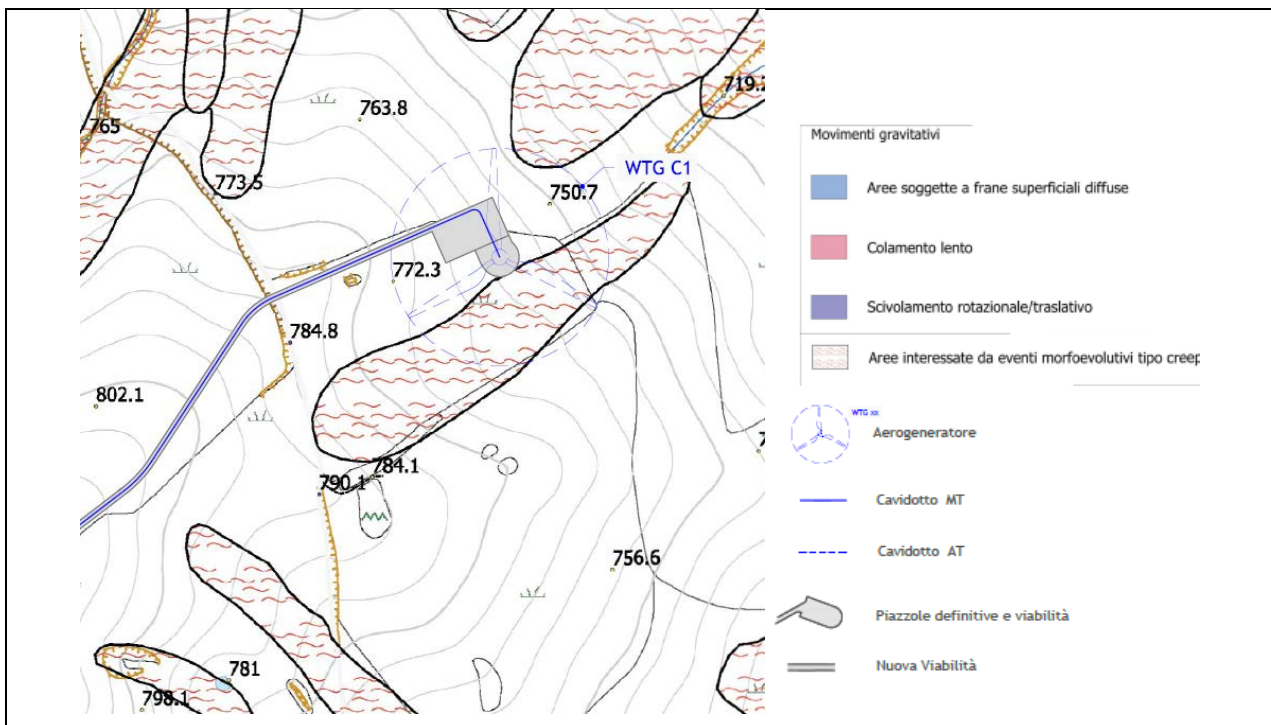
Per quanto riguarda i soliflussi e creep, essi si sintetizzano come deformazioni plastiche superficiali diffuse che si manifestano con la presenza di piccoli rigonfiamenti e depressioni morfologiche e che interessano principalmente la copertura detritica. Tali fenomeni appaiono particolarmente estesi ed intensi lungo i versanti dove affiorano litotipi a prevalente componente argillosa e

sono dovuti sia alle escursioni termiche stagionali che ai processi di imbibizione ed essiccamento e provocano dei piccoli movimenti di versante (variabili da alcuni mm a diverse decine di cm l'anno) con tendenza ad aumentare soprattutto al crescere della pendenza e della componente argillosa, con massimi spostamenti stagionali coincidenti o immediatamente successivi a periodi particolarmente piovosi.

Le frane roto-traslazionali che evolvono in colate, presentano dimensioni variabili, si sviluppano in corrispondenza di terreni argillosi plastici e si rilevano anche su pendii poco acclivi (circa 15°). I cumuli di frana sono quasi sempre smantellati sia dall'azione erosiva dei corsi d'acqua che dall'azione antropica; le nicchie di distacco si presentano con elementi morfologici degradati, principalmente nei casi di frane antiche che interessano i depositi prevalentemente argillosi.

Dalla consultazione della carta geomorfologica eseguita per il seguente lavoro si sottolinea che l'aerogeneratore WTG C1 è ubicato lungo il versante collinare nord orientale "Aia del Piano", a monte di una incisione torrentizia che defluisce in direzione nord est verso il Vallone denominato "Masseria Saraceno".

L'area di sedime che ospiterà il suddetto aerogeneratore è bordata sia lateralmente che verso nord da una serie di movimenti superficiali che generano gibbosità e forme mammellonari tipiche di tali versanti.

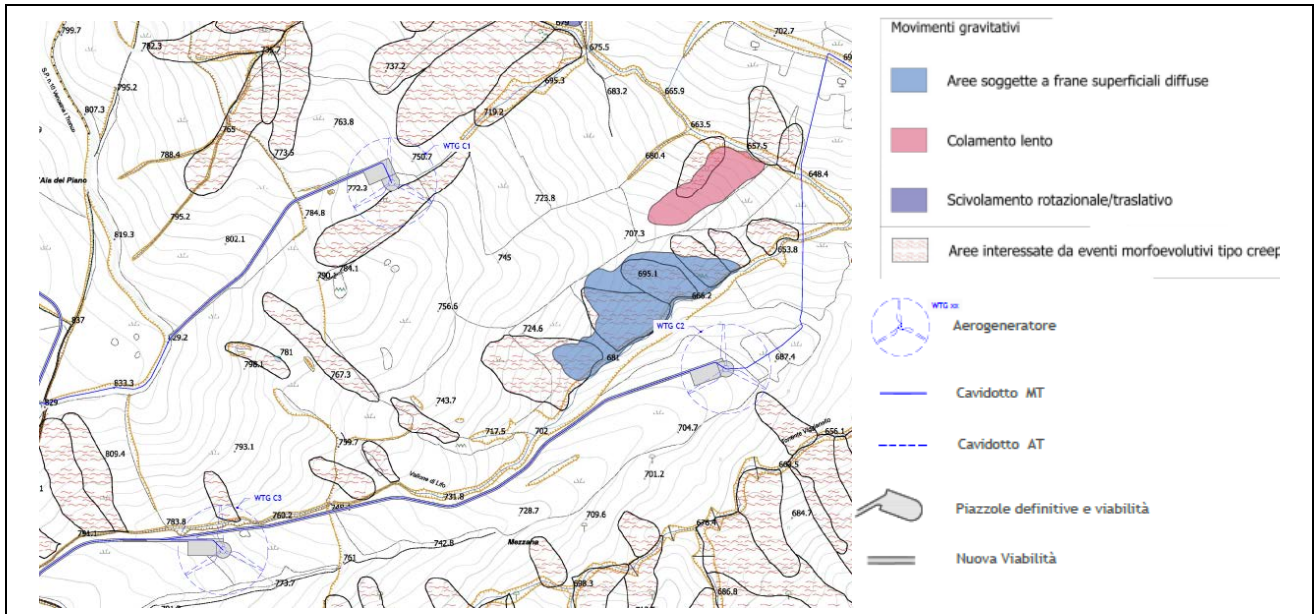


Stralcio carta geomorfologica con individuazione aerogeneratore WTG C1



Versante collinare "Aia del Piano" con indicazione area di sedime che ospiterà l'aerogeneratore

Gli aerogeneratori WTG C2 e WTG C3 si stagliano lungo una direttrice allungata in direzione sud ovest – nord est, in destra orografica del Vallone di Lifo; essi sono ubicati nella porzione basale del versante collinare sud orientale "Aia del Piano" caratterizzato da deboli pendenze dell'ordine dei 5°-6°. Tali versanti si caratterizzano per la presenza di forme morfologiche tipo "creep" che si esauriscono nei primi metri di profondità nell'ambito della coltre di alterazione superficiale.



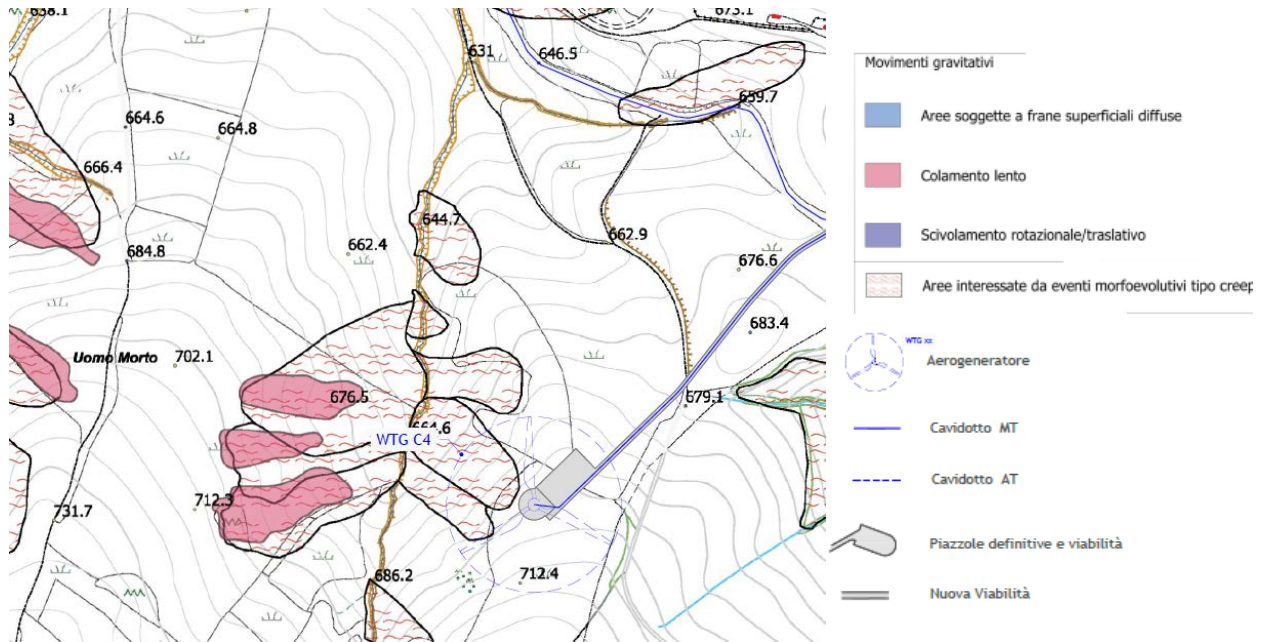
Stralcio carta geomorfologica con individuazione aerogeneratori WTG C2 – WTG C3



Versante collinare sud orientale "Aia del Piano" con indicazione area di sedime che ospiterà gli aerogeneratori WTG C2 e WTG C3

L'aerogeneratore WTG C4 è ubicato lungo il versante collinare nord occidentale denominato "Uomo Morto", in destra orografica di una incisione torrentizia che defluisce in direzione nord verso la Valle di Lifo.

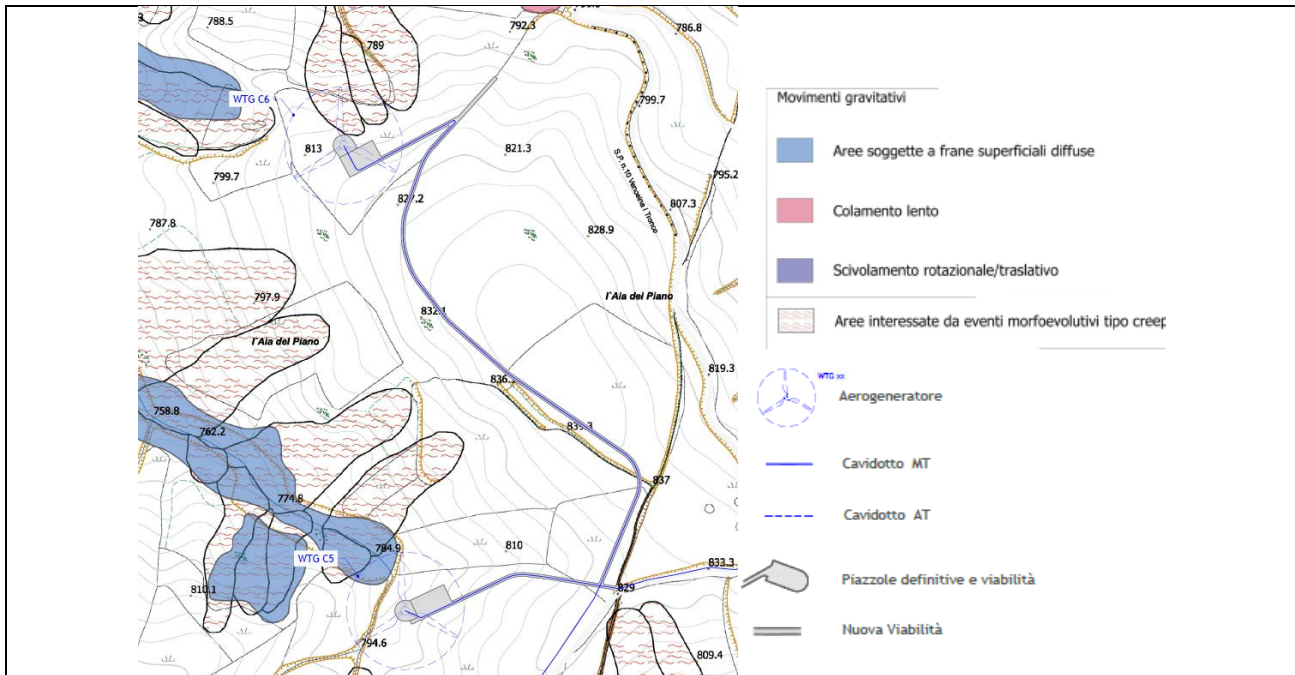
L'area di sedime che ospiterà il suddetto aerogeneratore è interessata verso nord da una serie di movimenti superficiali che generano gibbosità e forme mammellonari tipiche di tali versanti che convergono verso una incisione torrentizia che defluisce verso il Vallone di Lifo.



Stralcio carta geomorfologica con individuazione aerogeneratore WTG C4

Infine gli aerogeneratori WTG C5 e WTG C6 si collocano lungo il versante collinare occidentale "Aia del Piano" caratterizzato da deboli pendenze dell'ordine dei 5°-6°. Tali versanti si caratterizzano per la presenza di forme morfoevolutive tipo "creep" che si esauriscono nei primi metri di profondità nell'ambito della coltre di alterazione superficiale.

In particolare, l'aerogeneratore WTG C5 è ubicato a circa 50 metri a monte di un'area caratterizzata da frane superficiali diffuse che interessano materiali argilloso limosi saturi, plastici e poco consistenti.



Stralcio carta geomorfologica con individuazione aerogeneratori WTG C5 - WTG C6



Versante collinare occidentale "Aia del Piano" con indicazione area di sedime che ospiterà l' aerogeneratore WTG C5



Versante occidentale "Aia del Piano" interessato da movimenti superficiali diffusi.

Per quanto riguarda il percorso del cavidotto si sottolinea che esso si sviluppa a partire dalla stazione utente, ubicata nel comprensorio comunale di Vaglio, seguendo un andamento in direzione nord ovest per poi procedere nel territorio comunale di Cancellara, in direzione nord est attraversando una serie di versanti collinari caratterizzati da termini litologici argilloso limosi, limoso argilloso con intercalazioni di livelli rocciosi di natura marnosa, calcareo marnosa e calcareo arenacea e interessati da forme erosionali superficiali quali creep/soliflussi che si manifestano come deformazioni plastiche superficiali diffuse con piccoli rigonfiamenti e depressioni morfologiche che interessano principalmente la copertura di alterazione superficiale.

2.3. IDROGEOLOGICO

Dalla consultazione delle carte tematiche e dall'analisi ed interpretazione del rilevamento geologico eseguito lungo l'intero areale che ospiterà l'impianto eolico, si evince che dal punto di vista idrogeologico l'area in studio si caratterizza per la presenza di cinque complessi idrogeologici principali:

- Complesso idrogeologico detritico
- Complesso idrogeologico eluvio-colluviale
- Complesso idrogeologico conglomeratico sabbioso argilloso
- Complesso idrogeologico del Flysch Rosso – Litofacies Pelitica
- Complesso idrogeologico calcareo-pelitico

Il complesso idrogeologico detritico è caratterizzato dalla presenza di depositi di frana antica, detriti caotici ed eterometrici dotati di una permeabilità medio-alta per porosità.

Su tale complesso è prevista la realizzazione degli aerogeneratori WTG C2 – WTG C3 e parte del tracciato del cavidotto.

Il complesso idrogeologico eluvio-colluviale è caratterizzato dalla presenza di sabbie e limi con ciottoli calcarei, marnosi e arenacei, frammentati a depositi piroclastici rimaneggiati dotati di una permeabilità medio-alta per porosità.

Su tale complesso è prevista la realizzazione della Stazione Utente e di parte del tracciato del cavidotto.

Il complesso idrogeologico conglomeratico sabbioso argilloso è costituito da sabbie e arenarie a grana media e grossa con intercalazioni di calcareniti e areniti bioclastiche, caratterizzate da una permeabilità medio alta per porosità e fratturazione.

Su tale complesso è prevista la realizzazione di parte del tracciato del cavidotto.

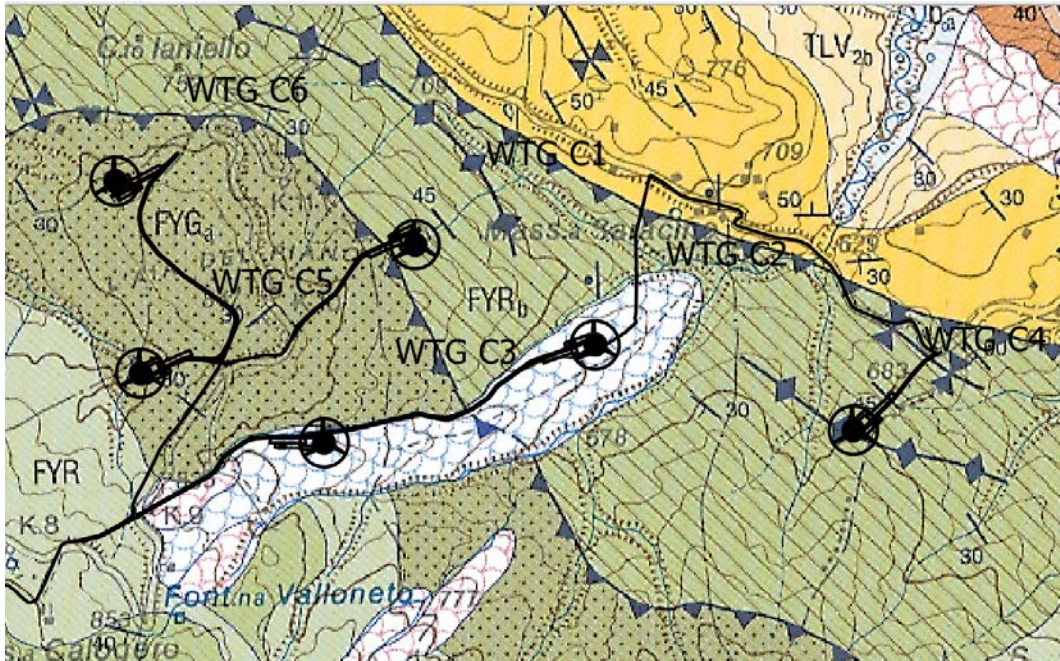
Il complesso del Flysch Rosso – litofacies pelitica comprende le litologie a prevalente componente marnosa ed argillosa con una permeabilità in grande molto bassa, anche se non mancano locali ed effimeri accumuli idrici in corrispondenza di orizzonti e "nuclei" più litoidi e nell'ambito della fascia superficiale più allentata e disarticolata. La circolazione delle acque si concentra soprattutto all'interno dei primi metri della coltre. Infatti nelle zone sub pianeggianti, sono presenti diversi laghetti artificiali che si originano a seguito della rimozione della coltre superficiale e della conseguente intercettazione e raccolta delle acque circolanti.

Su tale complesso è prevista la realizzazione degli aerogeneratori WTG C1 – WTG C4 – Stazione RTN e di parte del tracciato del cavidotto.

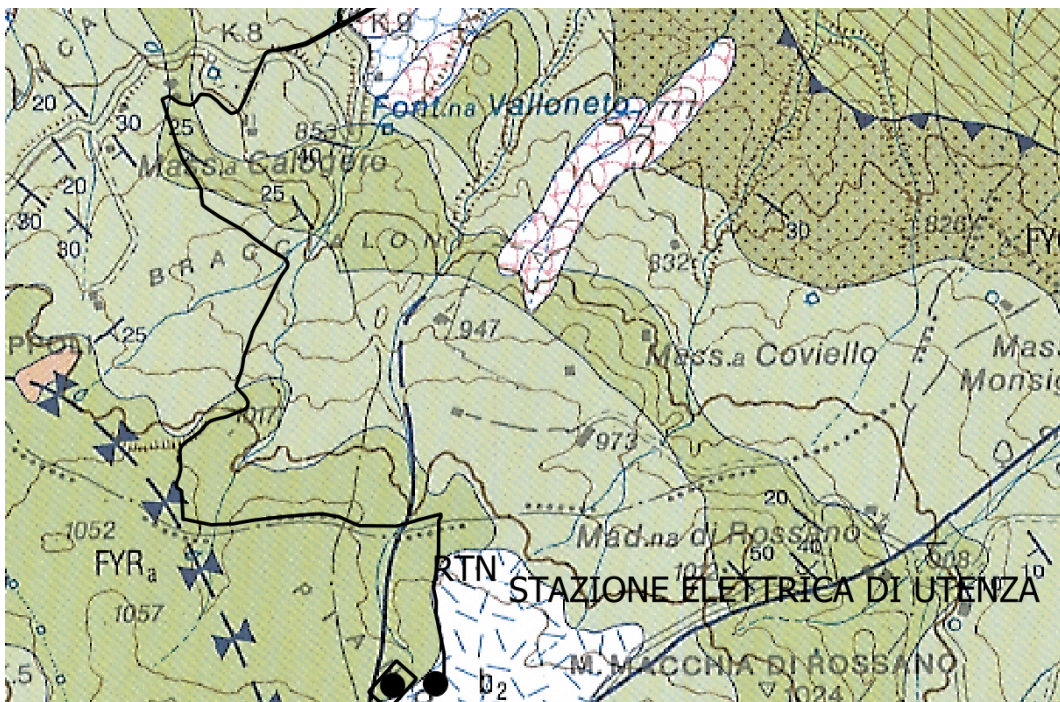
Infine il complesso idrogeologico calcareo-pelitico è costituito da alternanze di marne, argilliti e calcilutiti grigie e giallastre caratterizzate da una permeabilità medio-alta per fratturazione e carsismo.

Su tale complesso è prevista la realizzazione degli aerogeneratori WTG C5 – WTG C6 – Stazione RTN e di parte del tracciato del cavidotto.






Di seguito si riporta lo stralcio della carta idrogeologica con indicazione dei complessi idrogeologici rinvenuti.



Stralcio Carta idrogeologica con individuazione degli aerogeneratori WTG C1- WTG C2- WTG C3- WTG C4- WTG C5- WTG C6 e parte delavidotto



Stralcio Carta idrogeologica con individuazione della stazione utente, stazione RTN e parte delavidotto

LEGENDA	
	<p>COMPLESSO IDROGEOLOGICO DETRITICO</p> <p>Depositi di frana antica, detriti caotici ed eterometrici, a luoghi pedogenizzati. Permeabilità medio-alta per porosità.</p> <p>Aerogeneratori WTG C2 - WTG C3 - Parte del tracciato del cavidotto.</p>
	<p>COMPLESSO IDROGEOLOGICO ELUVIO-COLLUVIALE</p> <p>Sabbie e limi con ciottoli calcarei, marnosi e arenacei, frammenti a depositi piroclastici rimaneggiati. Permeabilità medio-alta per porosità</p> <p>Stazione Utente - Parte del tracciato del cavidotto.</p>
	<p>COMPLESSO IDROGEOLOGICO CONGLOMERATICO SABBIOSO ARGILLOSO</p> <p>Sabbie e arenarie a grana media e grossa con intercalazioni di calcareniti e areniti bioclastiche. Permeabilità medio alta per porosità e fratturazione.</p> <p>Parte del tracciato del cavidotto.</p>
	<p>COMPLESSO IDROGEOLOGICO FLYSCH ROSSO - LITOFACIES PELITICA</p> <p>Argille, argille marnose ed argilliti grigiastre, con intercalazioni di marne, calcilutiti e calcareniti. Permeabilità medio bassa per porosità e fratturazione.</p> <p>Aerogeneratori WTG C1 - WTG C4 - Stazione RTN - Parte del tracciato del cavidotto.</p>
	<p>COMPLESSO IDROGEOLOGICO CALCAREO-PELITICO</p> <p>Alternanza di marne, argilliti e calcilutiti grigie e giallastre Permeabilità medio-alta per fratturazione e carsismo</p> <p>Aerogeneratori WTG C5 - WTG C6 - Parte del tracciato del cavidotto.</p>

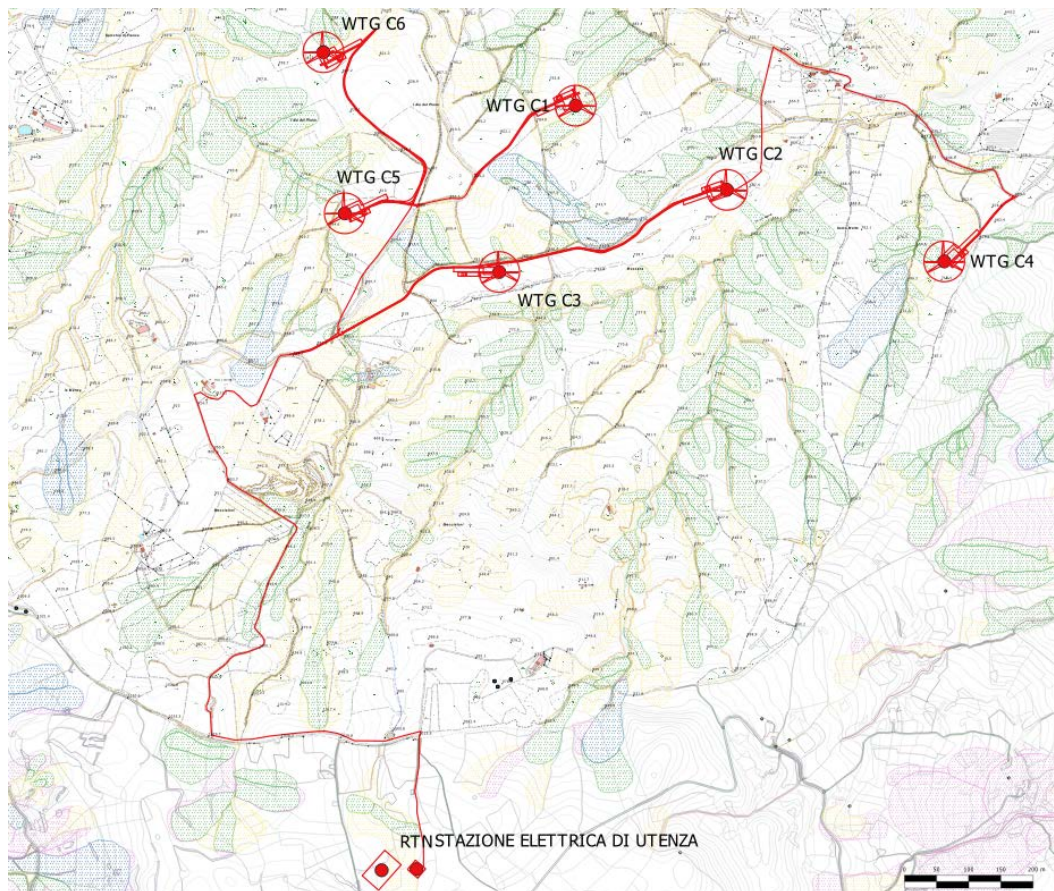
Legenda carta idrogeologica

2.4. PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA ED IDRAULICA DA NORMATIVA

Nell'ambito della definizione degli scenari di rischio da frane contenute nel Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico (PAI) presenti sul territorio in esame, le autorità di Bacino Distrettuali della Basilicata hanno individuato aree a diverso grado di rischio.

In particolare, dalla consultazione della cartografia tematica è emerso che nessun aerogeneratore ricade in aree interessate rischio idrogeologico e/o pericolosità geomorfologica.


Per quanto riguarda le opere accessorie si evidenzia che parte del tracciato del cavidotto, la stazione utente e parte della stazione RTN, attraversano tratti cartografati come aree a rischio idrogeologico, R1 "Aree a rischio idrogeologico moderato" e "Aree a rischio idrogeologico medio R2". Di seguito si riporta uno stralcio della cartografia tematica con individuazione del parco in esame.




Stralcio carta degli scenari di Rischio Autorità di Bacino della Basilicata


LEGENDA


PAI_vigente


 Aree assoggettate a verifica idrogeologica

 Aree pericolose

 R1 Rischio moderato

 R2 rischio medio

 R3 Rischio elevato

 R4 Rischio molto elevato

 Aerogeneratore

 Stazione RTN e Stazione Utente

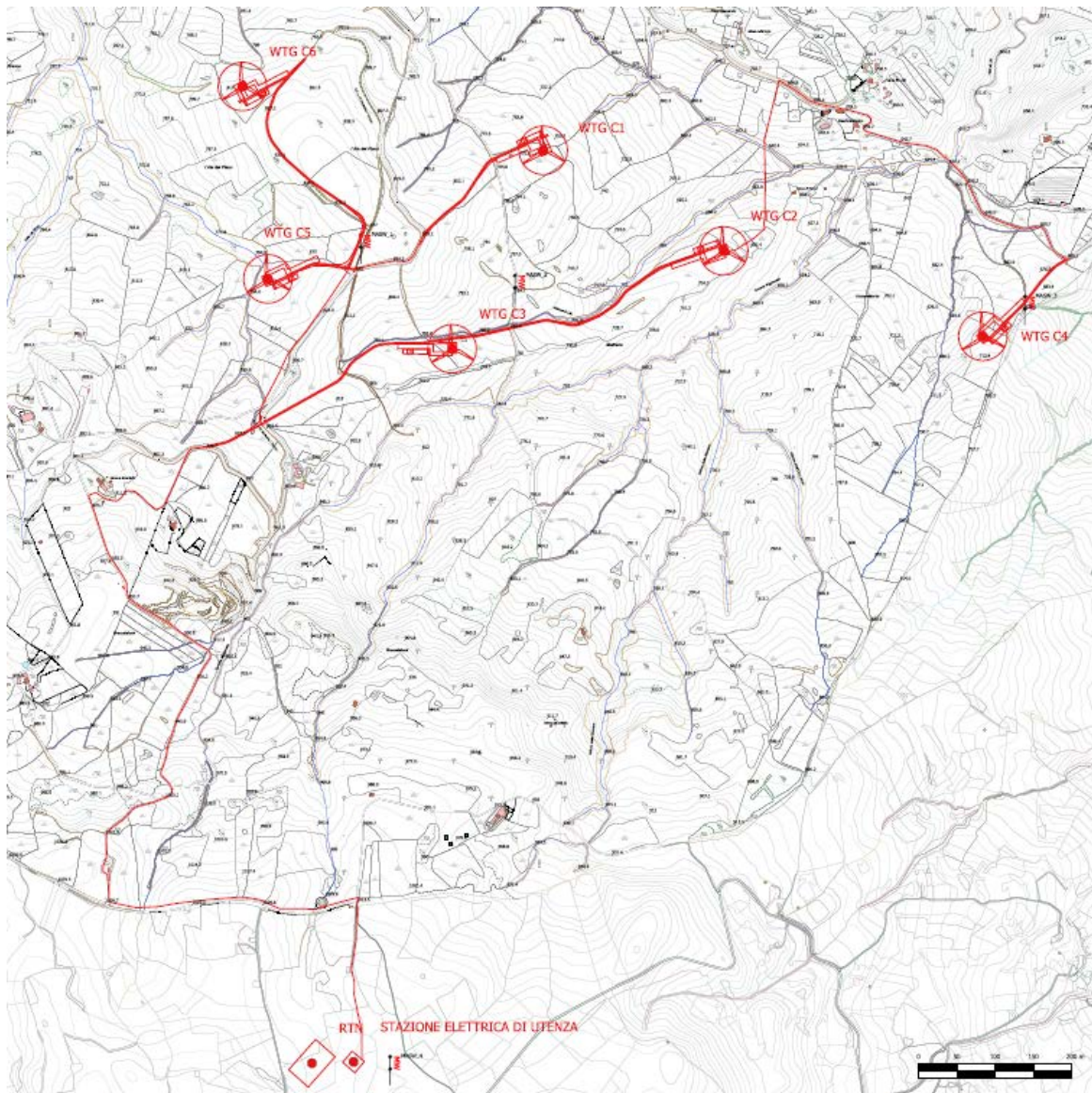
Legenda carta scenari di rischio area in esame

4 INDAGINI GEOGNOSTICHE

3.1. DEFINIZIONE DELLE INDAGINI

Considerata l'entità dell'intervento, le conoscenze geologiche pregresse e le indagini geognostiche eseguite dal sottoscritto in zone limitrofe all'area di interesse, per la sismica dell'area in esame è stata eseguita la seguente campagna di indagini geofisiche consistente in:

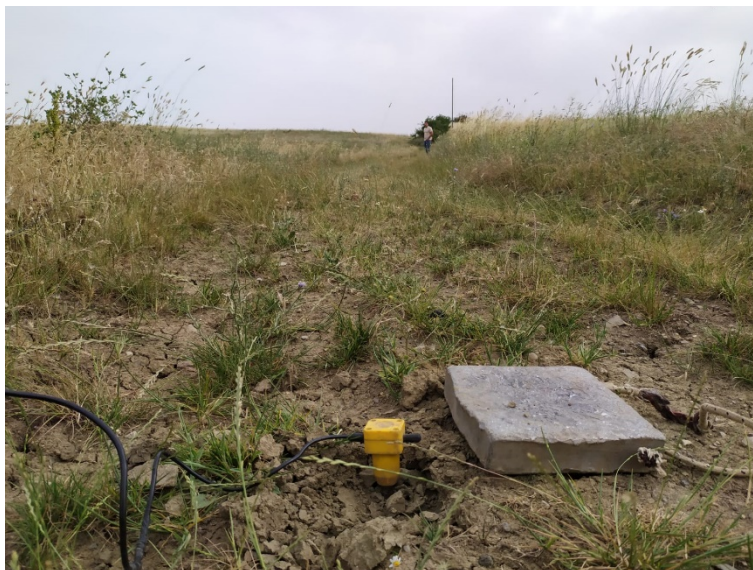
- 1 N. 4 indagine sismica MASW



Planimetria con ubicazione indagini eseguite

3.2. INDAGINE SISMICA DI TIPO MASW

Sull'area in studio sono state eseguite n° 4 indagini sismiche M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde superficiali di Rayleigh) al fine di individuare gli spessori e le geometrie dei litotipi, le caratteristiche sismostratigrafiche degli stessi e classificare sismicamente il suolo come previsto dalla recente normativa antisismica (D.M. 14/01/08). In allegato si riportano gli elaborati dell'indagine.



Postazione indagine sismica MASW M1



Postazione indagine sismica MASW M2



Postazione indagine sismica MASW M3



Postazione indagine sismica MASW M4

3.2.1. ANALISI MULTICANALE DELLE ONDE SUPERFICIALI

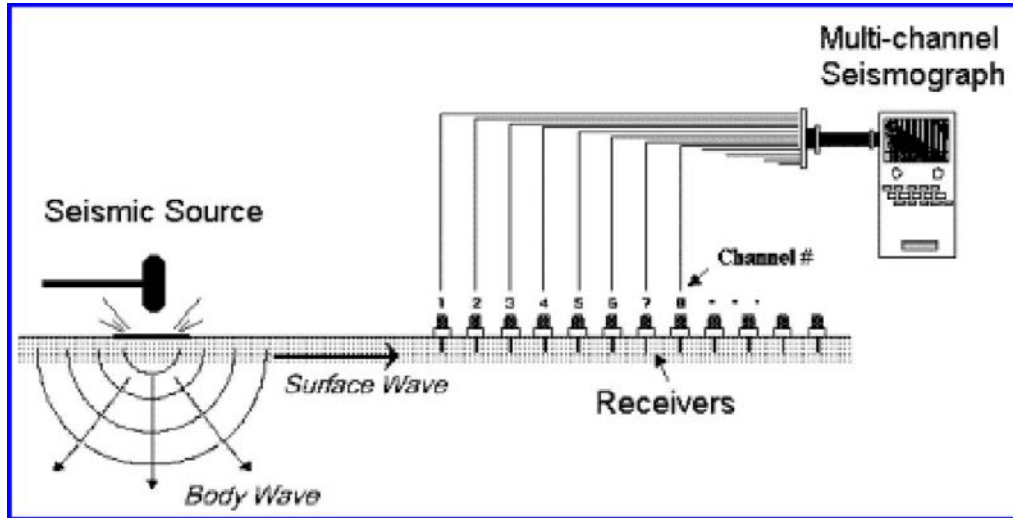
Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

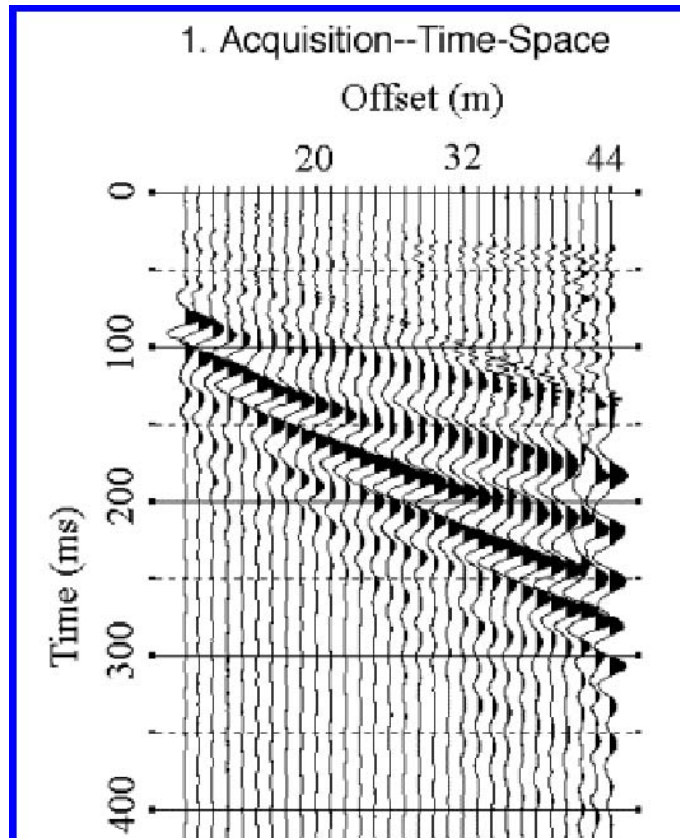
La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.

L'intera procedura per una MASW consiste di 4 passi fondamentali:

- 1) Ripetute acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (mazza battente su piastra o fucile sismico), lungo uno stendimento rettilineo di sorgentegeofoni che viene spostato lungo la linea dello stendimento stesso dopo ogni acquisizione;

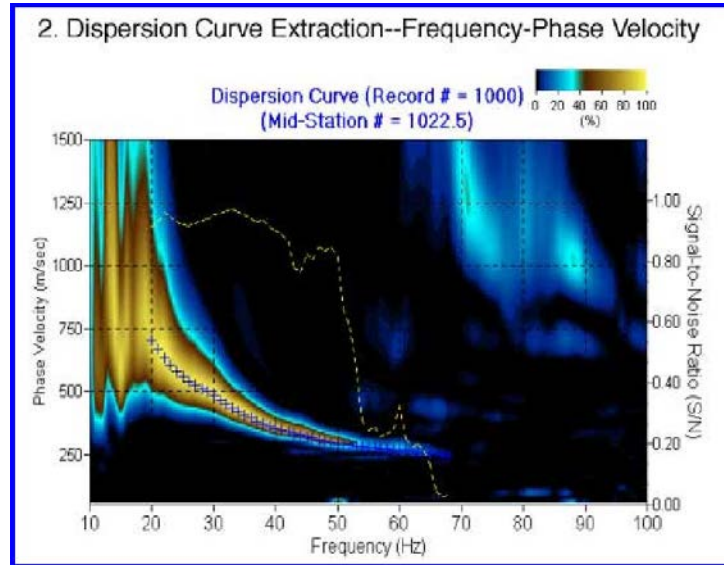


Schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo MASW.



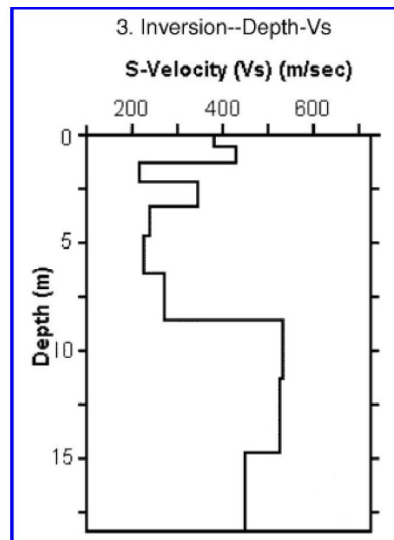
Segnali sismici acquisiti dai geofoni lungo uno stendimento.

- 2) Estrazione del modo fondamentale dalle curve di dispersione delle velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione);

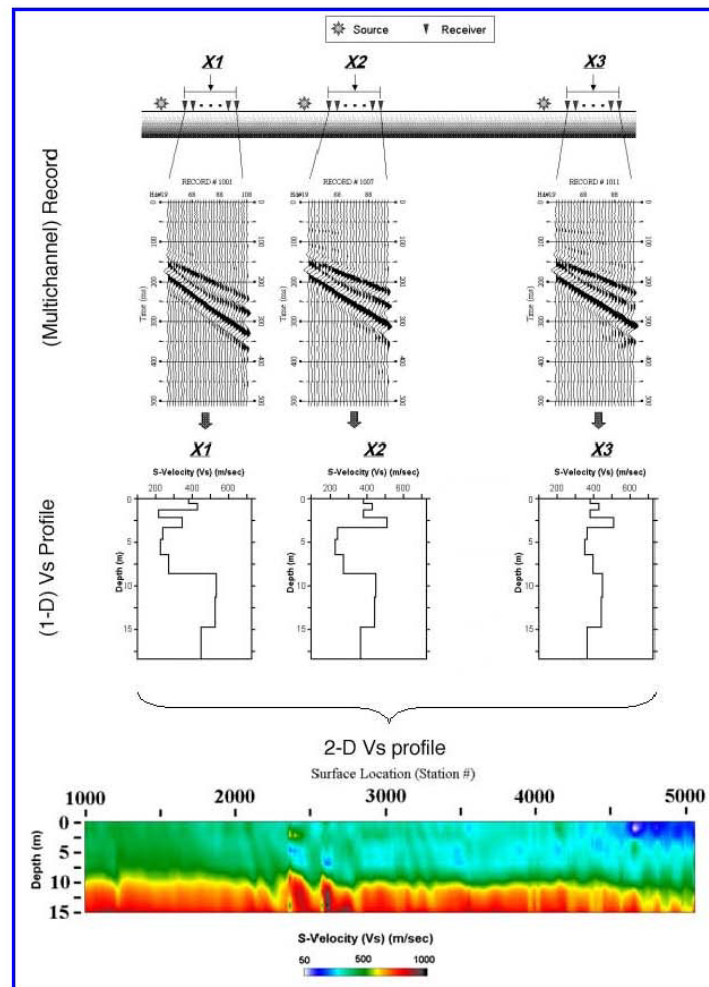


Curva di dispersione delle velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh.

- 3) Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle Vs (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico);
- 4) Ricostruzione di una sezione (modello 2D) delle Vs dei terreni con approccio multicanale (con almeno due acquisizioni dei segnali, ovvero due spostamenti lungo la linea dello stendimento).



Modello di velocità delle onde di taglio Vs ottenuto dalla curva di dispersione delle velocità di fase delle onde di Reylegh attraverso l'inversione di un modello multistrato del terreno



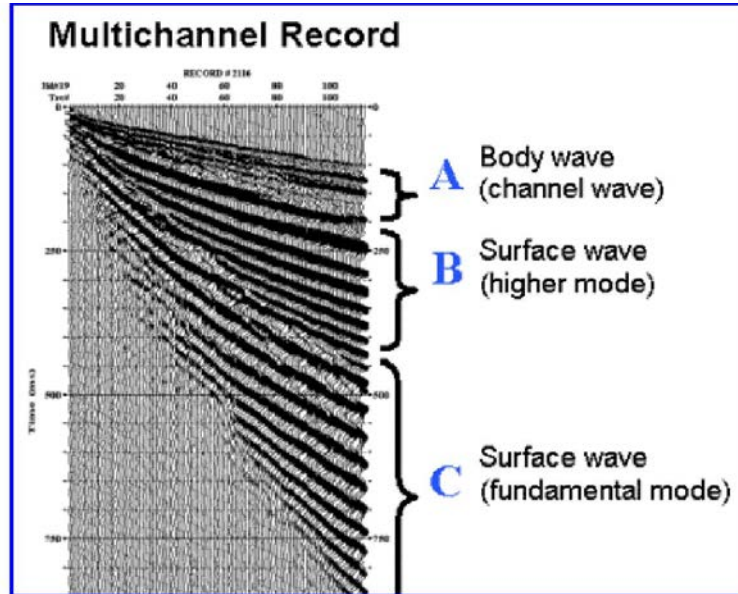
Modello 2D di velocità delle onde di taglio Vs ottenuto da inversioni delle curve di dispersione dello velocità di fase delle onde di Rayleigh

Quando vengono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra vengono generate sia onde di volume (P e S), sia onde di superficie (Rayleigh e Love), che si propagano in tutte le direzioni. Alcune di queste onde vengono riflesse e disperse quando incontrano oggetti superficiali o poco profondi (ad esempio, fondazioni di edifici, canali sotterranei, trovanti lapidei, ecc.) e diventano rumore.

Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività umana.

Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella sua intrinseca capacità di distinguere tutte queste onde dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni. L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali

Le proprietà della dispersione di tutti i tipi di onde (di volume e superficiali) sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti in una immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni.



Segnali sismici con acquisizione multicanale e riconoscimento delle varie fasi sismiche (onde di volume, modo fondamentale e modi superiori delle onde superficiali)

Successivamente, il modo fondamentale (proprietà fondamentale della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico. Tutte le altre onde (riflesse, disperse, modi superiori delle onde superficiali, noise ambientale) vengono quindi rimosse durante il processo di elaborazione.

3.2.2. STRUMENTAZIONE ADOPERATA

La strumentazione geosismica utilizzata comprende:

Sismografo digitale PASI 16S24-P con PC integrato. Di seguito si riporta una scheda tecnica dello strumento utilizzato.



Mod. 16S24-P

SCHEDA TECNICA

Trattamento dati Floating	Point 32-bit
Ambiente operativo	Windows XP Embedded e software acquisizione 32 bit
Numero canali	24
Display	VGA colour on LCD-TFT 10.4", Touch-Screen
Supporto di memorizzazione	3.2 Gb Hard Disk or above
Risoluzione di acquisizione	24 bit con sovracampionamento e post processing
Porte dati esterne	USB, keyboard/mouse
Sonde ambiente interne	temperatura
Protezioni termiche	prevenzione e controllo surriscaldamenti interni (warning sul display e blocco)
Compatibilità dati acquisiti	SEG-2
Connettori geofoni	1 o 2 standard NK-27-21C
Alimentazione	12 Vdc (batteria o alimentatore, opz.)
Temperatura Funzionamento	da 0°C a 55°C
Filtri antialiasing	attivi, LPF, 8°ordine Butterworth Attenuazione-48dB/oct (-160dB/dec) fo=5/8 fnyq accuratezza ±1% freq.di taglio
Start acquisizione	trigger esterno o comando software (ASAP)
Trigger	hammer o geofono starter
Guadagni	tutti selezionabili da software
SPECIFICHE DI ACQUISIZIONE	
Risoluzione	24 bit con algoritmo proprietario
Max.frequenza di camp.to	100.000 camp/sec
Tempi di campionamento	da 125 µs a 2 ms per tutti i canali
Lunghezza registrazione	da 32 ms a 65536 ms
Accuratezza relativa	±0.75LSB (tip.);±1LSB (max)

5 MODELLAZIONE SISMICA

4.1. CLASSIFICAZIONE SISMICA

Le norme per le costruzioni in zona sismica (Ordinanza del O.P.C.M. 3274 e Decreto 14 settembre 2005), avevano suddiviso il territorio nazionale in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore del parametro a_g = accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A. I valori convenzionali di a_g , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale erano riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni ed assumono i valori riportati nella Tabella che segue:

Zona	Valore di a_g
1	0.35 g
2	0.25 g
3	0.15 g
4	0.05 g

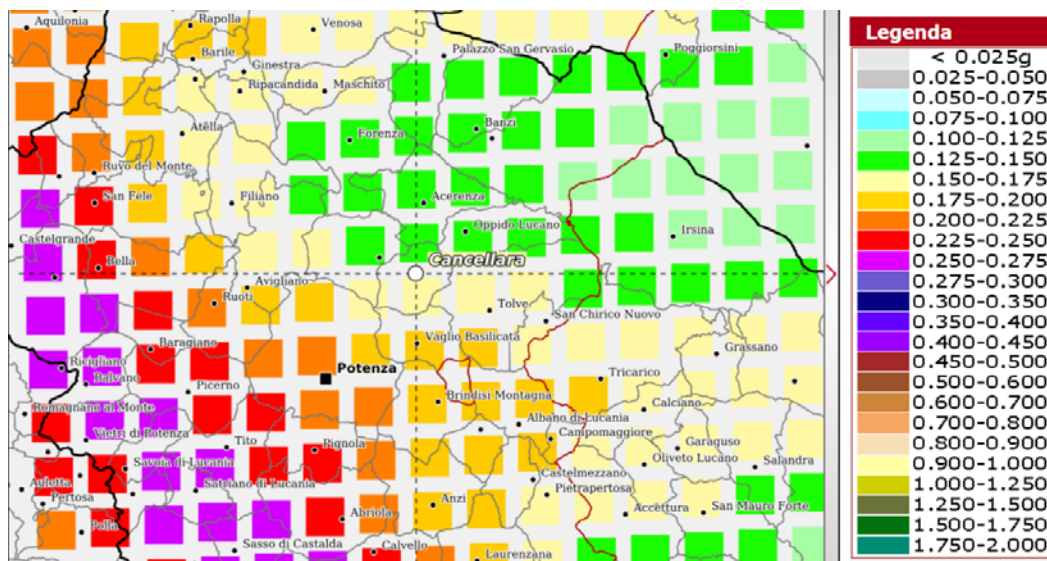
I comuni di Cancellara e Vaglio Basilicata, con D.G.R. n. 1626 del 15/09/2009 che approvò l'aggiornamento della classifica sismica, vennero classificati di **categoria 2**.

Con l'entrata in vigore del D.M. 17/01/2018 e ancor prima del D.M. 14/01/2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". Quindi per la stima della pericolosità sismica di base, si determinano le coordinate geografiche del sito di interesse, si sceglie la maglia di riferimento, e si ricavano i valori dei parametri spettrali come media pesata dei valori corrispondenti ai vertici della maglia (forniti in allegato al D.M. 17.01.2018), moltiplicati per le distanze dal punto.

Le nuove Norme Tecniche per le costruzioni del 2008 forniscono, per l'intero territorio nazionale, i parametri da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica. Tali parametri sono forniti in corrispondenza dei nodi, posti ad una distanza massima di 10 km, all'interno di un reticolo che copre l'intero territorio nazionale. I valori forniti di a_g , T_r , F_0 e T_c da utilizzare per la risposta sismica del sito sono riferiti al substrato, inteso come litotipo con $V_s > 800$ m/sec.

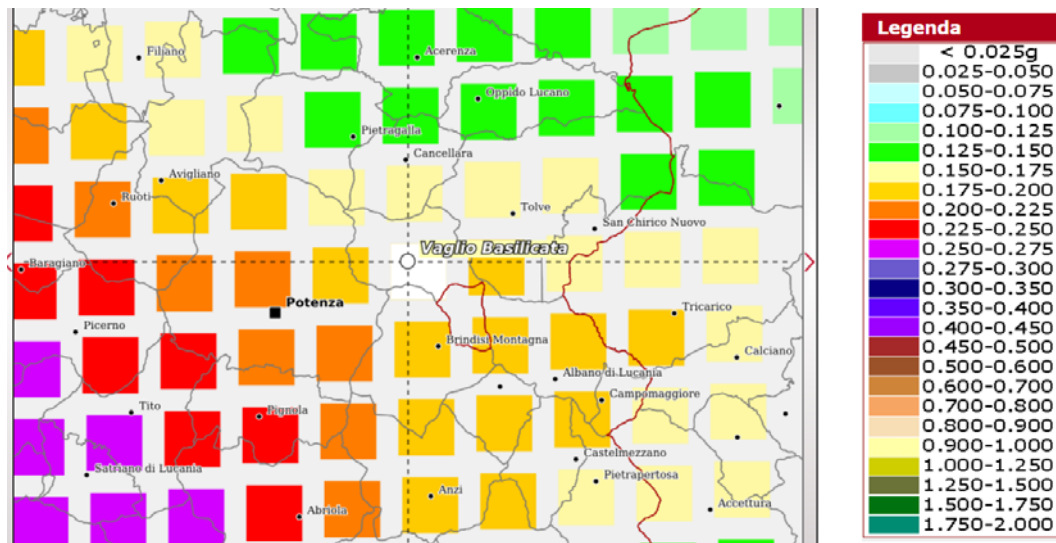
Tale griglia è costituita da 10.751 nodi (distanziati di non più di 10 km) e copre l'intero territorio nazionale ad esclusione delle isole (tranne Sicilia, Ischia, Procida e Capri) dove, con metodologia e convenzioni analoghe vengono forniti parametri spettrali costanti per tutto il territorio (tabella 2 nell'allegato B del D.M. 14 gennaio 2008).

Di seguito si riporta la mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, per i vari siti interessati dall'impianto in progetto:



Comune di Cancellara Mappa di pericolosità sismica e relativa legenda e Grafico di disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

(<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)



Comune di Vaglio Basilicata Mappa di pericolosità sismica e relativa legenda e Grafico di disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
(<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

Secondo le mappe di pericolosità sismica del territorio nazionale, per il sito in esame l'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico a_g varia tra 0.175 e 0.200 g (g espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi) - ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005).

La disaggregazione dei valori di a_g con la medesima probabilità di eccedenza, mostra come il contributo percentualmente maggiore alla pericolosità sismica di base dell'impianto eolico e delle opere connesse sia determinato da sismi con **magnitudo massima pari a 6.13** con epicentri individuati ad una distanza di 30.7 km per il territorio comunale di Cancellara, mentre per il territorio di comunale di Vaglio Basilicata all'interno del quale ricade la stazione RTN e la stazione Utente, il contributo percentualmente maggiore alla pericolosità sismica di base è determinato da sismi con **magnitudo massima pari a 5.5** con epicentri individuati ad una distanza di 14.00 km

L'azione sismica sulle costruzioni viene dunque valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido, con superficie topografica orizzontale (categoria A nelle NTC). La "pericolosità sismica di base" costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. Come anzi detto, essa, in un generico sito viene descritta in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale, sopra definito, in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno T_R ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, nei modi precisati dalle NTC, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale. Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri: a_g accelerazione orizzontale massima del terreno; F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; T_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale. Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_R considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo ad:

- a_g il valore previsto dalla pericolosità sismica,

- F_0 e T_C i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento, previste dalle NTC, scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica (la condizione di minimo è impostata operando ai minimi quadrati, su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun sito e ciascun periodo di ritorno).

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare: la vita di riferimento V_R della costruzione, le probabilità di superamento nella vita di riferimento P_{VR} , associate a ciascuno degli stati limite considerati. Si possono così individuare, partendo dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

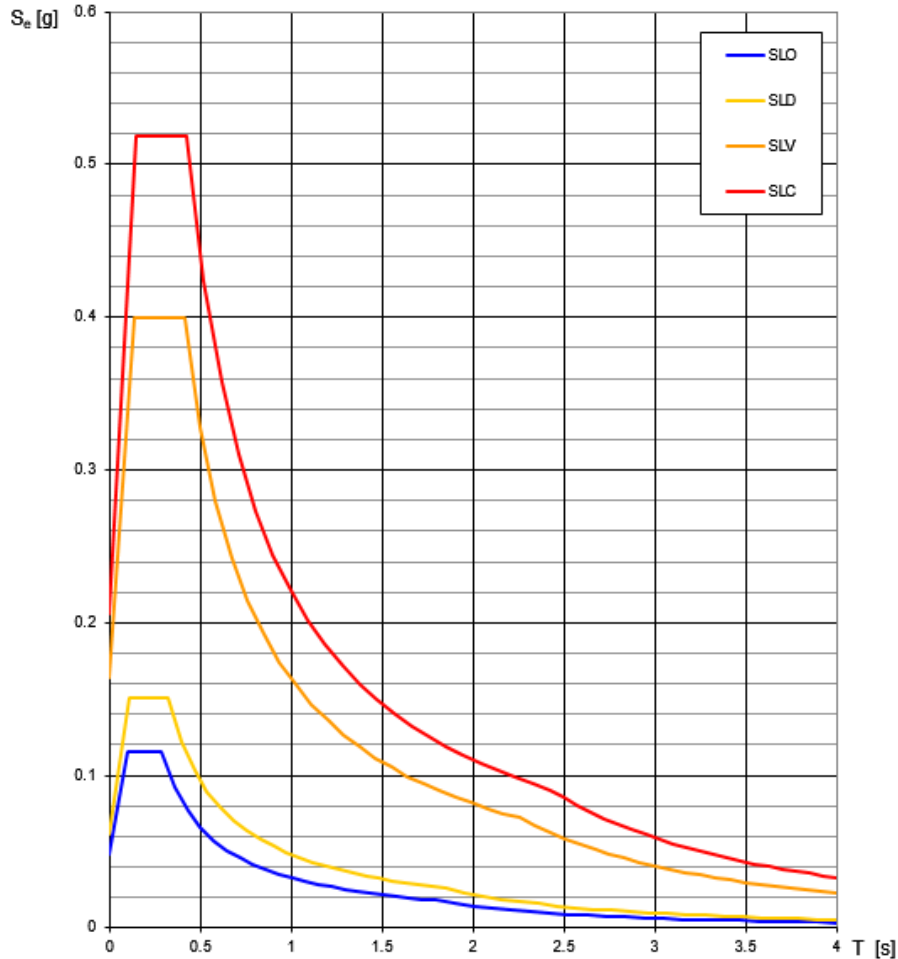
Considerando che lo sviluppo complessivo delle opere in progetto appartengono alle categorie sismiche B e C e alle categorie topografiche T1, si riportano i valori di tali parametri ai vari stati limite previsti dalla normativa, (SLO stato limite di operatività, SLD stato limite di danno, SLV stato limite di salvaguardia della vita, SLC stato limite di prevenzione del collasso), calcolati al centro dell'impianto eolico futuro.

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.048	2.393	0.286
SLD	50	0.061	2.452	0.320
SLV	475	0.164	2.442	0.409
SLC	975	0.206	2.523	0.424

Gli stessi valori sono di seguito riportati sotto forma di grafico

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Grafici spettri di risposta per i diversi stati limite

4.2. MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES)

Per la caratterizzazione sismica dei litotipi caratteristici dell'area che ospiterà il futuro impianto eolico, sono state eseguite n° 4 indagini sismiche M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde superficiali di Rayleigh) al fine di individuare gli spessori e le geometrie dei litotipi, le caratteristiche sismostratigrafiche degli stessi e classificare sismicamente il suolo come previsto dalla recente normativa antisismica (D.M. 17/01/18).

4.3. RISULTATI INDAGINI SISMICHE MASW

I risultati delle indagini sismiche MASW, riportati negli allegati sia in forma numerica che grafica presentano velocità delle onde di taglio compatibili con le litologie presenti.

Il valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$, è definito dall'espressione:

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

dove h_i e $V_{S,i}$ sono gli spessori e le velocità delle onde di taglio dei singoli strati e H è la profondità del substrato,

definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s. Quando la profondità H del substrato è superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq è definita dal parametro VS,30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Per la prova MASW M1 il Vs,eq calcolato a partire del piano campagna risulta pari a 380 m/s.

Profondità (m)		Velocità	Spess/Veloc
Da	a	(m/sec)	Hi/Vi
0.00	3.00	210	0.0143
3.00	8.00	280	0.0179
8.00	18.00	430	0.0233
18.00	28.00	500	0.0200
28.00	35.00	550	0.0127

Tabella delle velocità rilevate dal MASW M1

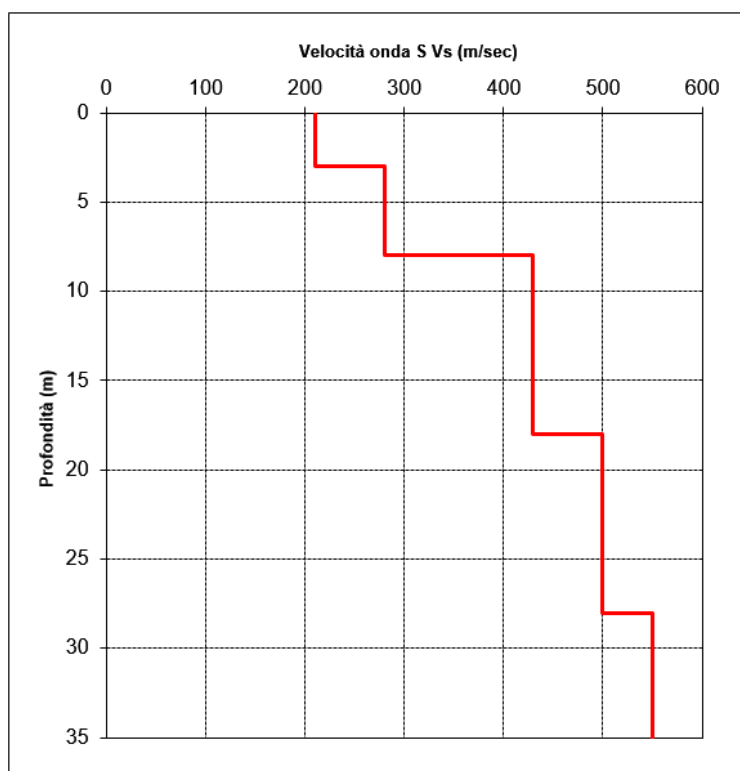


Grafico velocità-profondità dal MASW M1

Per la prova MASW M2 il Vs,eq calcolato a partire del piano campagna risulta pari a 508 m/s.

Profondità (m)		Velocità	Spess/Veloc
Da	a	(m/sec)	Hi/Vi
0.00	3.00	280	0.0107
3.00	7.80	410	0.0117
7.80	17.80	500	0.0200
17.80	22.80	680	0.0074
22.80	35.00	780	0.0156

Tabella delle velocità rilevate dal MASW M2

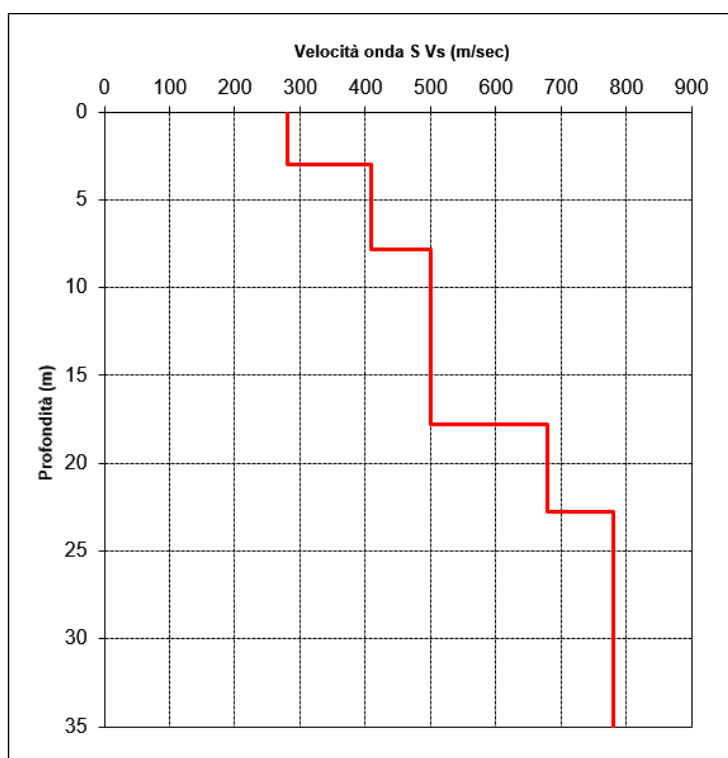


Grafico velocità-profondità dal MASW M2

Per la prova MASW M3 il Vs,eq calcolato a partire del piano campagna risulta pari a 512 m/s.

Profondità (m)		Velocità	Spess/Veloc
Da	a	(m/sec)	Hi/Vi
0.00	3.00	270	0.0111
3.00	7.50	400	0.0113
7.50	17.50	500	0.0200
17.50	22.50	750	0.0067
22.50	35.00	780	0.0160

Tabella delle velocità rilevate dal MASW M3

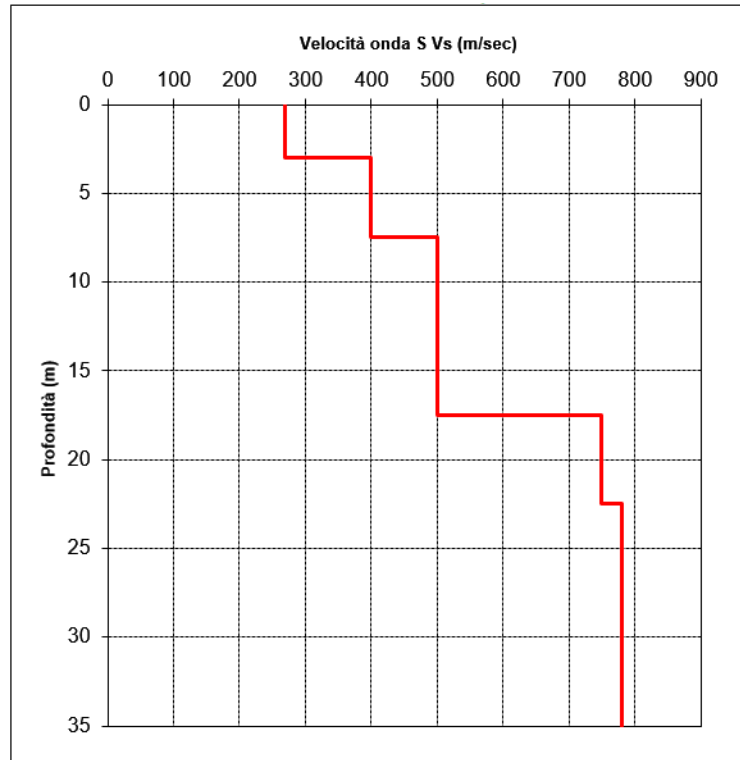


Grafico velocità-profondità dal MASW M3

Per la prova MASW M4 il Vs,eq calcolato a partire del piano campagna risulta pari a 315 m/s.

Profondità (m)		Velocità	Spess/Veloc
Da	a	(m/sec)	Hi/Vi
0.00	3.00	200	0.0150
3.00	8.00	250	0.0200
8.00	18.00	300	0.0333
18.00	23.00	350	0.0143
23.00	35.00	550	0.0218

Tabella delle velocità rilevate dal MASW M4

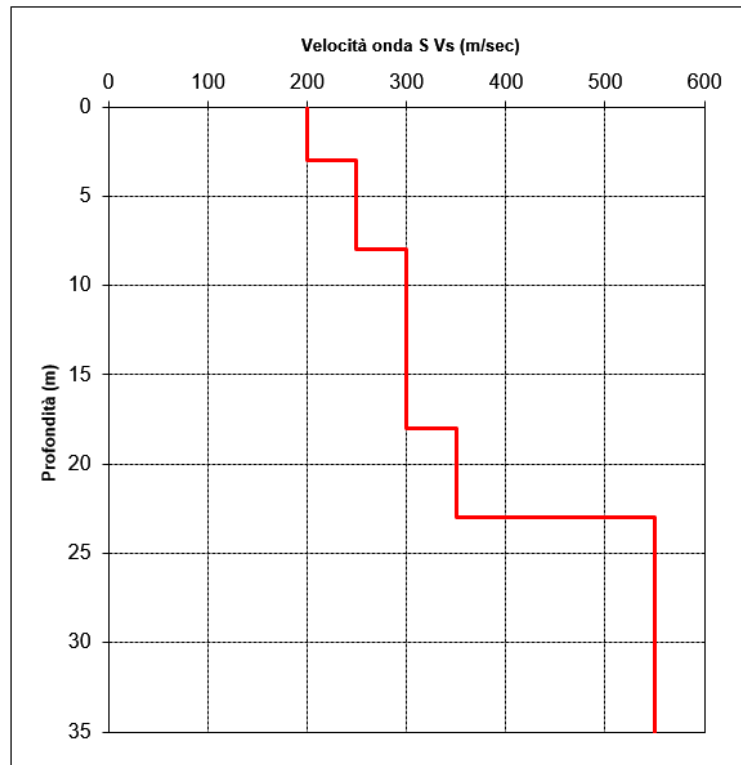


Grafico velocità-profondità dal MASW M4

4.4. ANALISI DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Per la caratterizzazione sismica dell'area interessata dalla realizzazione dell'impianto eolico e delle opere connesse sono state prese in esame sia una serie di dati raccolti da fonti bibliografiche; in particolare, sono state eseguite n° 4 indagini sismiche di tipo MASW, dalle quali emerge che le velocità delle onde di taglio sono compatibili con le litologie presenti con valori di V_{seq} attribuibili alle categorie di suolo B e C.

Il valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$, è definita dall'espressione:

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

dove h_i e $V_{S,i}$ sono gli spessori e le velocità delle onde di taglio dei singoli strati e H è la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s. Quando la profondità H del substrato è 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.

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	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.
B	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.
C	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.
D	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.
E	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.

Categorie di sottosuolo sismico per l'approccio semplificato

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Espressioni di S_s e C_c

4.5. CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

La norma citata, per la risposta sismica del sito, stabilisce 4 categorie, in relazione alle caratteristiche topografiche dell'area in esame. Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale, mentre per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

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

Le suddette categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se presentano altezze maggiori di 30 m.

Per ciò che concerne l'area in studio, considerando che il parco eolico ricoprirà un'area più o meno estesa caratterizzata da morfologie piuttosto variegata, dall'analisi dei valori di inclinazione media dei tratti di versante e/o dorsale collinare ove andranno posizionati gli aerogeneratori e le opere connesse il coefficiente topografico da adottare è quello relativo alle categorie topografiche T1.

6 MODELLIZZAZIONE GEOTECNICA

Dalle conoscenze pregresse e dal modello geologico risultante dell'area di studio si è proceduto ad analizzare una serie di indagini eseguite nel corso degli anni in aree limitrofe al sito in esame e su terreni con caratteristiche simili.

In particolare, sono state consultate una serie di indagini geognostiche in sito e prove geotecniche di laboratorio su campioni indisturbati prelevati nell'ambito delle stesse formazioni geologiche che caratterizzano l'intero impianto eolico.

Inoltre, la massiccia raccolta di dati bibliografici rappresentativi dell'area in esame e delle principali litologie affioranti ha rappresentato un valido e ulteriore strumento per la definizione dei parametri geotecnici locali.

Le aree di sedime sulle quali verranno ubicate le opere in progetto sostanzialmente sono riconducibili a depositi argilloso limosi da moderatamente consistenti a consistenti, talora plastici, saturi e poco consistenti (primi 3-4 metri di profondità dal p.c.), con presenza sia in forma diffusa che localizzata di inclusi litici eterometrici di natura calcareo marnosa, marnosa e calcareo arenacea, e intercalazioni di trovanti e banchi rocciosi da compatti a moderatamente fratturati.

Dall'analisi delle indagini geognostiche reperite, si evidenzia che i materiali presenti nel sottosuolo sono costituiti prevalentemente da:

- argille limose subordinatamente sabbiosa con pezzame detritico di varia natura (prevalentemente calcareo marnoso e subordinatamente arenaceo) di colore variabile dal marrone beige al marrone giallastro, a struttura caotica. (*unità litotecnica 1*)
- argille marnose di colore grigio con veli rossastri con inclusi clastici spigolosi di natura calcareo-marnosa di dimensioni da millimetrici a centimetrici, debolmente umide, molto consistenti e poco plastiche, afferenti alla formazione del Flysch Rosso. (*unità litotecnica 2*)

Le caratteristiche geotecniche di questi terreni possono essere sintetizzate come nella tabella che segue:

5.1. STABILITÀ DELL'AREA

Dal punto di vista della stabilità dell'area, la franosità è funzione delle caratteristiche geotecniche, litologiche, idrogeologiche e morfologiche dell'area, è quindi in relazione a parametri quali la litologia, l'angolo di attrito interno, il contenuto d'acqua, la coesione, la giacitura dei terreni e, soprattutto, la pendenza dei versanti dove essi affiorano.

Gli aerogeneratori in progetto ricadono tutte in aree stabili, caratterizzate solamente da da movimenti lenti superficiali tipo creep e soliflusso, i quali generano una serie di ondulazioni, gibbosità e forme mammellonari tipiche dei versanti collinari a matrice coesiva.

Pertanto, su quasi tutta l'area sono ben evidenti le forme di dissesto della porzione più superficiale del versante che talvolta limitano l'uso del territorio, causando disagi all'agricoltura e alla viabilità.

Particolare attenzione deve essere posta alla regimentazione delle acque meteoriche per evitare che, il loro ruscellamento selvaggio e la loro infiltrazione negli strati più superficiali possa innescare fenomeni di instabilità.

In fase esecutiva devono essere eseguite specifiche indagini geognostiche e geotecniche nonché verifica di stabilità dei versanti sia ex ante che ex post. Allo stato non esiste alcuna alterazione antropica (gallerie o cavità artificiali) che possa mutare completamente il regime statico dei terreni sedime di fondazione e la sua capacità portante.

5.2. POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Per liquefazione di un terreno si intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi. Se si esprime la resistenza al taglio attraverso la relazione di Coulomb:

$$\tau = c + (\sigma_{v0} - u) \tan \varphi$$

dove:

c = coesione del terreno

σ_{v0} = pressione litostatica totale agente alla profondità d'indagine

u = pressione interstiziale dell'acqua

φ = angolo di resistenza al taglio del terreno,

È evidente che la grandezza " τ " si può annullare solo nel caso in cui siano verificate le condizioni:

a) $c = 0$;

b) $(\sigma_{v0} - u) = 0$;

(il caso $\varphi = 0$ non ha importanza pratica, perché può verificarsi solo in terreni coesivi in condizioni non drenate, dove però la condizione " $c=0$ " non può ovviamente verificarsi).

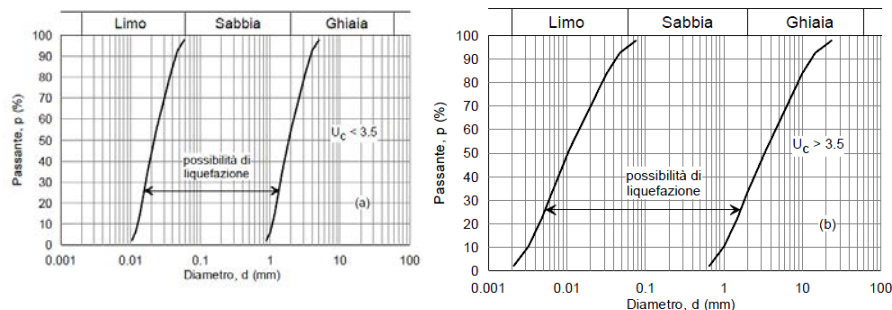
La condizione a) vieta che il fenomeno della liquefazione possa verificarsi in terreni coesivi o incoerenti ma con una significativa frazione argillosa o limosa plastica.

La condizione b) si verifica, quando la pressione interstiziale uguaglia la pressione totale esercitata ad una data profondità dalla colonna di terreno sovrastante e dagli eventuali sovraccarichi presenti in superficie ($\sigma_{v0} = u$). In definitiva il fenomeno della liquefazione si può manifestare preferibilmente in depositi sciolti non coesivi posti sotto falda, in seguito ad eventi che producono un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua.

Il D.M. 17/01/2018 Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018), richiede di effettuare la verifica a liquefazione nel caso in cui siano presenti, nel sottosuolo indagato, terreni granulari saturi (sabbie e sabbie limose) predisposti al fenomeno della liquefazione in caso di sisma.

Nelle stesse NTC è riportato che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

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



Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Alla luce di queste considerazioni, dall'analisi di tutti i dati presi in considerazione è emerso che i terreni che rappresentano l'area in esame sono riconducibili a litologie per lo più coesive a granulometria argilloso limosa, limoso argillosa debolmente sabbiose, fortemente ricche di inclusi litici e livelli rocciosi da moderatamente fratturati a fratturati, talora in completa assenza di falda.

Pertanto, in questo primo approccio potrebbe escludersi la verifica a liquefazione in caso di evento sismico; ciò nonostante la possibilità o meno di esclusione verrà valutata caso per caso nelle successive fasi di progettazione.

7 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La presente relazione è stata redatta su incarico della società Progetto Energia, la quale, dovendo procedere all'ottenimento dei permessi necessari alla costruzione ed esercizio di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica avente potenza di connessione pari a 37,2 MW e relative opere connesse, mi ha incaricato di eseguire uno studio per valutare in via preliminare i caratteri geologici e geomorfologici dell'area in esame nonché il proprio comportamento sismico e le caratteristiche geotecniche dei terreni.

Il parco eolico si svilupperà nell'ambito dei comprensori comunali di Cancellara e Vaglio Basilicata, in provincia di Potenza, a sud del rilievo "Serra del Carpine", ed è interessato da quote variabili da circa 690 a circa 1030 metri sul livello del mare.

L'area oggetto di studio cartograficamente ricade nel Foglio 470 in scala 1:50.000 della Carta Geologica d'Italia (Ispra), denominato "Potenza" e nel Foglio n. 187 Scala 1:100.000 della Carta Geologica d'Italia denominato "Melfi".

Dal punto di vista degli scenari di rischio idrogeologico, l'intero impianto attraversa il territorio di competenza dell'Autorità di bacino della Basilicata.

Le formazioni geologiche affioranti nell'area del parco eolico, come riportato dal Foglio n.470 "Potenza", appartengono esclusivamente alle Unità Appenniniche e in particolare all'Unità tettonica di Vaglio Basilicata e all'Unità Tettonica di Monte Arioso.

In particolare l'area in esame si contraddistingue per la presenza di alternanze di argille, argilliti marnose e marne di colore rosso, grigio e verde, con subordinate intercalazioni di calcilutiti e calcari marnosi bianchi e rosati e calcareniti grigie e biancastre, calcilutiti e calcari marnosi bianchi e rosati, argille, argilliti marnose e marne di colore rosso, grigio e verde.

Per la caratterizzazione sismica dell'area interessata dalla realizzazione dell'impianto eolico e delle opere connesse sono state eseguite n. 4 indagini sismiche di superficie di tipo Masw, dalle quali emerge che le velocità delle onde di taglio sono compatibili con le litologie presenti con valori di V_{seq} attribuibili alle categorie di suolo C e B.

Per caratterizzazione geotecnica dei terreni, si è proceduto ad analizzare una serie di indagini eseguite nel corso degli anni in aree limitrofe al sito in esame e su terreni con caratteristiche simili.

In particolare, sono state consultate una serie di indagini geognostiche in sito e prove geotecniche di laboratorio su campioni indisturbati prelevati nell'ambito delle stesse formazioni geologiche che caratterizzano l'intero impianto eolico.

Le aree di sedime sulle quali verranno ubicate le opere in progetto sostanzialmente sono riconducibili a depositi argilloso limosi da moderatamente consistenti a consistenti, talora plastici, saturi e poco consistenti (primi 3-4 metri di profondità dal p.c.), con presenza sia in forma diffusa che localizzata di inclusi litici eterometrici di natura calcareo marnosa, marnosa e calcareo arenacea, e intercalazioni di trovanti e banchi rocciosi da compatti a moderatamente fratturati.

Dall'analisi delle indagini geognostiche reperite, si evidenzia che i materiali attraversati sono costituiti prevalentemente da:

- argille limose subordinatamente sabbiosa con pezzame detritico di varia natura (prevalentemente calcareo marnoso e subordinatamente arenaceo) di colore variabile dal marrone beige al marrone giallastro, a struttura caotica. ***(unità litotecnica 1)***
- argille marnose di colore grigio con veli rossastri con inclusi clastici spigolosi di natura calcareo-marnosa di dimensioni da millimetriche a centimetriche, debolmente umide, molto consistenti e poco plastiche, afferenti alla formazione del Flysch Rosso. ***(unità litotecnica 2)***

Le caratteristiche geotecniche di questi terreni possono essere sintetizzate come nella tabella che segue:

TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI DEI TERRENI PRESENTI NEL SOTTOSUOLO DELL'AREA IN ESAME

Prof. della Falda -3.00 metri dal p.c.

Profondità dal piano	Unità Litotecnica	Peso di volume naturale	Angolo di attrito di	Coesione drenata	Coesione non drenata	Modulo edometrico
(m)	(Litologia)	g/cm ³	(°)	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²
0.00 - 5.00	Materiale di colore beige avana a granulometria limoso argillosa con presenza di inclusi litici arenacei. Materiale poco consistente. (1)	1.80	20	0.20	0.60	30
5.00 - 30.00	Materiale di colore grigiastro a granulometria argilloso limosa con inclusi litoidi calcarei. Materiale da consistente a molto consistente a tratti scaglioso. (2)	2.00	22	0.30	1.40	100

Dal punto di vista della stabilità dell'area, la franosità è funzione delle caratteristiche geotecniche, litologiche, idrogeologiche e morfologiche dell'area, è quindi in relazione a parametri quali la litologia, l'angolo di attrito interno, il contenuto d'acqua, la coesione, la giacitura dei terreni e, soprattutto, la pendenza dei versanti dove essi affiorano.

Gli aerogeneratori in progetto ricadono tutte in aree stabili, caratterizzate solamente da movimenti lenti superficiali tipo creep e soliflusso, i quali generano una serie di ondulazioni, gibbosità e forme mammellonari tipiche dei versanti collinari a matrice coesiva.

Pertanto, su quasi tutta l'area sono ben evidenti le forme di dissesto della porzione più superficiale del versante che talvolta limitano l'uso del territorio, causando disagi all'agricoltura e alla viabilità.

Particolare attenzione deve essere posta alla regimentazione delle acque meteoriche per evitare che, il loro ruscellamento selvaggio e la loro infiltrazione negli strati più superficiali possa innescare fenomeni di instabilità.

In fase esecutiva devono essere eseguite specifiche indagini geognostiche e geotecniche nonché verifica di stabilità dei versanti sia ex ante che ex post. Allo stato non esiste alcuna alterazione antropica (gallerie o cavità artificiali) che possa mutare completamente il regime statico dei terreni sedime di fondazione e la sua capacità portante.

Per ciò che riguarda la possibilità o meno che i terreni investigati possano essere interessati da fenomeni di liquefazione in caso di evento sismico, dall'analisi del modello geologico dell'area in esame, è emerso che tali terreni sono riconducibili a litologie per lo più coesive a granulometria argilloso limosa, limoso argillosa debolmente sabbiose, fortemente ricche di inclusi litici e livelli rocciosi da moderatamente fratturati a fratturati, talora in completa assenza di falda.

Pertanto, in questo primo approccio potrebbe escludersi la verifica a liquefazione in caso di evento sismico; ciò nonostante la possibilità o meno di esclusione verrà valutata caso per caso nelle successive fasi di progettazione.

In definitiva vista la morfologia, la strutturazione geologica dell'area in studio, si può asserire che questi offrono sufficienti garanzie ai fini della loro utilizzazione e quindi, tenuto conto di tutte le indicazioni riportate nella presente, non esiste alcuna controindicazione circa la fattibilità di quanto previsto nell'ipotesi progettuale.

Si rimanda alle fasi progettuali successive la predisposizione di una campagna geognostica atta a determinare i parametri geotecnicici dei terreni che costituiranno fondazione delle opere.

Tanto dovevasi per l'incarico ricevuto.

Castel Morrone, 15/07/2021

Antonio Petriccione
 Dott. Antonio Petriccione

