



REGIONE CAMPANIA PROVINCIA DI AVELLINO

COMUNE DI FRIGENTO
COMUNE DI GUARDIA LOMBARDI
COMUNE DI ROCCA SAN FELICE
COMUNE DI STURNO
COMUNE DI BISACCIA



AUTORIZZAZIONE UNICA ex d.lgs. 387/2003

Costruzione ed esercizio di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica denominato "Taverna del Principe" da realizzarsi nei comune di FRIGENTO (AV), GUARDIA LOMBARDI (AV), ROCCA SAN FELICE (AV), STURNO (AV) e BISACCIA (AV), avente potenza nominale pari a 39,6 MW

Titolo elaborato

Relazione Geologica

Codice elaborato

COMMESSA	FASE	ELABORATO	REV.
F0474	B	R01	A

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

Scala

Dott. Geol. Maurizio Giacomino

Via del Ginepro, 23-75100 Matera
Tel. 3409134882 - mauriziogiacomino@pec.it



Proponente

Camelia Rinnovabili s.r.l.

Largo Augusto 3
20122 Milano



Progettazione



F4 Ingegneria srl

Via Di Giura - Centro direzionale, 85100 Potenza
Tel: +39 0971 1944797 - Fax: +39 0971 55452
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico
(ing. Giovanni DI SANTO)



Società certificata secondo la norma UNI-EN ISO 9001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria nei settori: civile, idraulica, acustica, energia, ambiente (settore IAF: 34).



1. Premessa

Su incarico conferitomi dalla Società F4 Ingegneria S.r.l., è stata condotta una Campagna di Indagine Geognostica, al fine di accertare le condizioni geologiche, morfologiche, idrogeologiche, sismiche e geotecniche dei terreni presenti a ovest dell'abitato di Frigento (AV), dove si intende realizzare un parco eolico, denominato "Taverna del Principe", composto da n. 6 aerogeneratori con annesse piste, piazzole di stoccaggio, cavidotto.

L'esame delle caratteristiche sopra descritte, permette di esprimere una serie di considerazioni sui terreni di sedime interessati dalla costruzione degli aerogeneratori in modo da valutare il loro comportamento in relazione con le strutture di fondazione.

L'acquisizione dei dati tiene conto della vigente normativa tecnica, quale: il D.M. 11.03.1988, la L.R. n.38 del 06/08/1997, la L.R. 9/2011 sulla caratterizzazione sismica dei terreni e il D.M. 17 gennaio 2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni), inoltre, rispetta le norme dell'Autorità di Bacino del Fiume Liri-Quagliesa Volturno.

L'indagine geognostica è consistita in rilievi geologici e geomorfologici di superficie, in indagini geognostiche in sito e nella verifica della pericolosità geologica, geomorfologica ed idrogeologica dell'area.

I parametri fisico meccanici dei terreni interessati dalle strutture in progetto sono stati ottenuti dalle indagini dirette ed indirette eseguite nell'area e da indagini consultate, come lo studio geologico eseguito dal Dott. Geol Sassone per Il progetto di Potenziamento dell'Impianto eolico di Rocca San Felice (AV) in contrada Carmasciano località Monte Forcuso.

Le indagini eseguite sono:

- n. 6 stendimenti sismici a rifrazione eseguiti con tecnica MASW ubicati nell'area di sedime degli aerogeneratori e nell'area di sedime della sottostazione elettrica;
- n. 6 stendimenti sismici a rifrazione eseguiti in Onde P e SH ubicati nell'area di sedime degli aerogeneratori e nell'area di sedime della sottostazione elettrica;

L'ubicazione di tutte le indagini eseguite è riportata nell'Allegato A16.a7 "Planimetria Ubicazione Indagini" mentre l'intero lavoro si compone dei seguenti elaborati descrittivi e cartografici:

- | | |
|--|--------------|
| - R01 - Relazione Geologica | |
| - R02 - Relazione di Fine Campagna Geognostica | |
| - T01 - Planimetria ubicazione indagini | Scala 1:5000 |
| - T02 - Carta Geolitologica | Scala 1:5000 |
| - T03 - Carta Geomorfologica | Scala 1:5000 |
| - T04 - Carta Idrogeologica | Scala 1:5000 |

- T05 – Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico	Scala 1:5000
- T06 – Profili Geologici	Scala 1:5000
- T07 – Carta della Microzonazione Sismica	Scala 1:5000
- T08 - Carta di Sintesi Finale della Criticità e Pericolosità geologica e Geomorfologica	Scala 1:5000

Documentazione specialistica

- Anno 2018: Relazione geologica e geotecnica a corredo del progetto di potenziamento dell'impianto eolico di Rocca san Felice in C.da Carmasciano Località Monte Forcuso.
- A. Jacobacci e G. Martelli et alii (1967) Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 174, Ariano Irpino.
- R. Redini et alii (1971) Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 186, S. Angelo dei Lombardi.
- O. Hikke Merlin, L. La Volpe, G. Nappi, G. Picarreta, R. Redini, G. Santagati (1971) - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Foglio 186 e 187, S. Angelo dei Lombardi Melfi.
- Cartografia di base e tematica dell'autorità di Bacino dei fiumi Liri, Garigliano e Volturno; pagina web: http://www.autoritadibacino.it/index.php?option=com_content&view=article&id=181&Itemid=504
- Cartografia di base e tematica disponibile sul WebGis <http://www.difesa.suolo.regione.campania.it/content/view/71/86/>
- Piano di Tutela delle Acque art. 121 - d.lgs. 152/06 "Norme in Materia Ambientale" indirizzi strategici per la pianificazione della tutela delle acque in Campania struttura e strategia del piano di tutela ai sensi dell'art. 2, comma 4 del regolamento regionale n. 5/2011 "Regolamento di Attuazione per il Governo del Territorio" progetto di piano lettera c), comma 1, art. 122 del d.lgs. 152/2006.

2. Piano Stralcio Difesa Rischio Idrogeologico.

Il Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico, redatto ed adottato dall'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri, Garigliano e Volturno, riporta nel territorio del Comune di Frigento varie aree a Rischio Idrogeologico determinate dalla presenza di movimenti franosi e aree vincolate per caratteristiche di alluvionabilità delle stesse.

Dall'esame della Carta dello Scenario di Rischio, messa a disposizione dall'Autorità di Bacino, anzi indicata, di cui di seguito si riporta uno stralcio, si evince che le zone interessate dall'ubicazione delle macchine eoliche non ricadono in aree vincolate per Rischio Idrogeologico, ma come di seguito specificato, alcune ubicazioni ricadono in aree di attenzione o in aree di possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati all'interno, o innesco di nuovi fenomeni.

- L'aerogeneratore F01 è ubicato in una zona stabile poco inclinata, ma circondata da aree che delimitano porzioni di terreno in cui potrebbe esserci **possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati nel loro interno, oppure potrebbero verificarsi fenomeni di primo distacco;**
- L'aerogeneratore F02 è ubicato in una zona stabile poco inclinata, ma prossima a un'area che delimita porzioni di terreno in cui potrebbe esserci **possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati nel loro interno, oppure potrebbero verificarsi fenomeni di primo distacco;**
- Anche l'aerogeneratore F03 è ubicato in una zona stabile poco inclinata, ma prossima a un'area che delimita zone di **di Media Attenzione "A₂" - Area non Urbanizzata ricadente all'interno di una frana quiescente a massima intensità attesa media;**
- L'aerogeneratore F04 è ubicato all'interno di **un'area di possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati nel loro interno, oppure potrebbero verificarsi fenomeni di primo distacco;**
- L'aerogeneratore F05 è ubicato all'interno di un'area stabile poco inclinata in cui l'Autorità di bacino non ha delimitato alcuna area di attenzione, né area vincolata per rischio idrogeologico;
- L'aerogeneratori F06 sono ubicati in un **un'area di versante in cui non è stato riconosciuto un livello di rischio o di attenzione significativo;**
- Infine, l'aerogeneratore F06 è ubicato all'interno dell'**area di Media Attenzione "A₂" - Area non Urbanizzata ricadente all'interno di una frana quiescente a massima intensità attesa media.**

2.1 COMPATIBILITA' IDROGEOLOGICA DEL PROGETTO

Come precedentemente elencato, gli aerogeneratori F01, F02 saranno ubicati in zone stabili ma molto prossime ad aree soggette ad attenzione per possibile ampliamento dei fenomeni franosi in esse cartografati o per innesco di nuovi fenomeni.

In tutti e tre i casi i versanti, da poco a mediamente inclinati, risultano stabili, privi di indizi di instabilità sia puntuali che diffusi e lontani da fossi e valloni la cui evoluzione futura possa portare ad inneschi di fenomeni indesiderati.

Anche l'aerogeneratore F03 è ubicato in zona stabile ma molto prossima a un'area di media Attenzione "A2" Area non Urbanizzata ricadente all'interno di una frana quiescente a massima intensità attesa media.

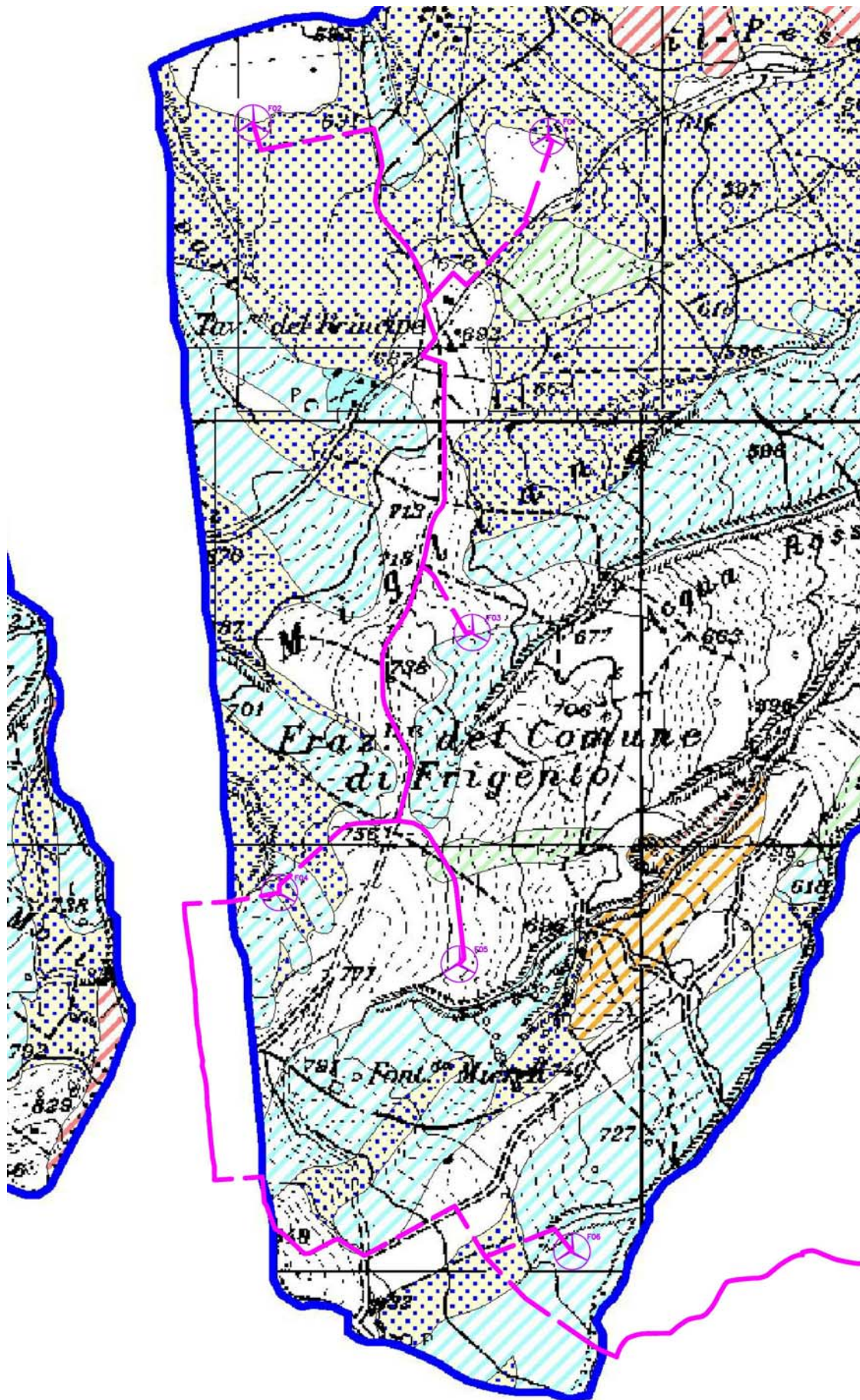
Anche in questo caso i versanti, da poco a mediamente inclinati, risultano stabili, privi di indizi di instabilità sia puntuali che diffusi e lontani da fossi e valloni la cui evoluzione futura possa portare ad inneschi di fenomeni indesiderati.

L'aerogeneratore F04 è ubicato all'interno di un'area di possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati nel loro interno, oppure potrebbero verificarsi fenomeni di primo distacco, ma la scarsa pendenza del versante mostra un'area di sedime della torre F04 priva di indizi di instabilità. Da evidenziare, però, la prossimità dell'area di sedime ad un fosso rimontante la cui evoluzione futura potrebbe interessare le strutture della torre in progetto.

L'aerogeneratore F05 è ubicato su un versante poco inclinato in cui non sono presenti indizi di movimenti franosi o situazioni geomorfologiche che impongono la perimetrazione di zone di attenzione.

Infine, l'aerogeneratore F06 è ubicato all'interno dell'area di Media Attenzione "A2" - Area non Urbanizzata ricadente all'interno di una frana quiescente a massima intensità attesa media.

Tale sito di sedime della torre in progetto, anche se priva di indizi di instabilità presenta una pendenza media del versante che è circondata da due fossi rimontanti che incidono i terreni marnoso arenacei affioranti-



Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico

Rischio di frana

L. n° 183 del 18 maggio 1989
L. n° 283 del 7 agosto 1990
L. n° 482 del 4 dicembre 1993

L. n° 226 del 13 luglio 1999
L. n° 385 del 11 dicembre 2000

Carta degli scenari di rischio

Comune di
Frigento

Regione Campania

Provincia di Avellino

Scala 1: 25.000

Legenda



AREA A RISCHIO MOLTO ELEVATO - R4

Nella quale per il livello di rischio presente, sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche.
(* Aree a rischio molto elevato ricadenti in zone a Parco)



AREA A RISCHIO ELEVATO - R3

Nella quale per il livello di rischio presente, sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale.



AREA A RISCHIO MEDIO - R2

Nella quale per il livello di rischio presente sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.



AREA A RISCHIO MODERATO - R1

Nella quale per il livello di rischio presente i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali.



AREA DI ALTA ATTENZIONE - A4

Area non urbanizzata, potenzialmente interessata da fenomeni di innesco, transito ed invasione di frana a massima intensità attesa alta.



AREA DI MEDIO - ALTA ATTENZIONE - A3

Area non urbanizzata, ricadente all'interno di una frana attiva a massima intensità attesa media o di una frana quiescente della medesima intensità in un'area classificata ad alto grado di sismicità.



AREA DI MEDIA ATTENZIONE - A2

Area non urbanizzata, ricadente all'interno di una frana quiescente, a massima intensità attesa media.



AREA DI MODERATA ATTENZIONE - A1

Area non urbanizzata, ricadente all'interno di una frana a massima intensità attesa bassa.



AREA A RISCHIO POTENZIALMENTE ALTO - RPa

Area nella quale il livello di rischio, potenzialmente alto, può essere definito solo a seguito di indagini e studi a scala di maggior dettaglio.



AREA DI ATTENZIONE POTENZIALMENTE ALTA - APa

Area non urbanizzata, nella quale il livello di attenzione, potenzialmente alto, può essere definito solo a seguito di indagini e studi a scala di maggiore dettaglio.



AREA A RISCHIO POTENZIALMENTE BASSO - Rpb

Area nella quale l'esclusione di un qualsiasi livello di rischio, potenzialmente basso, è subordinata allo svolgimento di indagini e studi a scala di maggior dettaglio.



AREA DI ATTENZIONE POTENZIALMENTE BASSA - APb

Area nella quale l'esclusione di un qualsiasi livello di attenzione, potenzialmente basso, è subordinata allo svolgimento di indagini e studi a scala di maggior dettaglio.



Area di possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati all'interno, ovvero di fenomeni di primo distacco, per la quale si rimanda al D.M. LL.PP. 11/3/88 - C1

N.B.: Nelle aree a contorno delle frane, quando non è indicato l'ambito morfologico significativo di riferimento, l'area di possibile ampliamento deve essere estesa fino allo spartiacque principale e/o secondario, già riportati nella carta geomorfologica.



Area di versante nella quale non è stato riconosciuto un livello di rischio o di attenzione significativo (applicazione D.M. LL.PP 11/3/88) - C2

3. Inquadramento Geologico Regionale

L'area di intervento è situata a ovest dell'abitato di Frigento (AV), e precisamente in località Taverna del Principe, altopiano compreso tra il Vallone Grande e i suoi affluenti (Fosso della Lupara) e il Vallone della difesa entrambi affluenti di destra del Fiume Ufita principale affluente di destra del Fiume Calore.

L'Elaborato T02. "Carta Geologica" mostra in dettaglio, su stralcio della cartografia tecnica regionale, i rapporti stratigrafici intercorrenti tra le varie Unità Stratigrafiche affioranti nell'area e la loro interazione con gli aerogeneratori in progetto.

L'area interessata dal presente lavoro è caratterizzata dalla presenza di depositi sedimentari ascrivibili a diverse Unità Stratigrafiche con rapporti sia di tipo stratigrafico (contatto trasgressivo del Flysch della Daunia sulle Unità Lagonegresi e dei depositi evaporitici del Messiniano sul Flysch della Daunia) sia tettonico.

Le Unità lagonegresi, affioranti in buona parte del territorio comunale, sono essenzialmente costituite da due formazioni: il Flysch Galestrino (sequenze di scisti argilloso-marnosi galestriformi, scisti marnosi, calcari marnosi, talora selciferi) e Flysch rosso (sequenze di diatomiti, diaspri rossi, argille marnose e calcareniti).

Il Flysch della Daunia (Flysch di Faeto), di età miocenica, è, invece, per la gran parte costituito da sequenza, frequentemente tettonizzate, di calcareniti, marne, argille e argille marnose. A luoghi è possibile rinvenire, in affioramenti limitati, depositi evaporitici di gessi macro e microcristallini misti a molasse gessose attribuibili alla Unità di Altavilla.

Nelle aree circostanti il centro abitato di Frigento, infine, affiorano lembi di terreni ascrivibili al Complesso Indifferenziato (argille varicolori, argille sabbiose giallastre) inglobanti olistoliti calcarei di età mesozoica.

Le formazioni affioranti nell'area in studio vengono di seguito brevemente descritte dalle più antiche alle più recenti:

Complesso delle argilloscisti varicolori (O3, in carta geologica) - Oligocene.

Alternanze di: argillo-marnoscisti rossastri, verdastri, ecc., calcari anche marnosi, di vario colore, in piccoli strati, calcari microdetritici, sub-cristallini, ceroidi, oppure silicei, biancastri, ecc. Talora calcareniti. Diaspri rossi, anche mangesiferi, con intercalazioni di scisti argilloso-silicei rossastri e scisti bituminosi; calcari ceroidi, calcari marnosi, oppure silicei, biancastri, ecc., con selce; singoli strati di selce. Calcareniti: a luoghi calciruditi con selce. Siltsubfтанiti verdastre, ecc., con

intercalazioni di scisti varicolori, di scisti bituminosi sottilmente fogliettati, avvolte di selce. Argilloscisti, marnoscisti, spesso più o meno scagliosi, rossastri, verdastri, ecc., anche con cristallini di gesso. Nella parte superiore, più o meno sviluppate intercalazioni di: calcari microdetritici, subcristallini, ceroidi, biancastri, ecc., di calcareniti, breccioline con nummuliti ed alveoline rimaneggiate, di arenarie calcaree rossastre, rosso-violacee, anche grossolane: a luoghi, intercalazioni di molasse giallastre.

Complesso calcareo-marnoso-arenaceo (M2-O3,) – Oligo-Miocene.

Scisti argilloso-marnosi galestrini, talora aciculari, di vario colore; marnoscisti, calcari marnosi rosso-rosati; marne, calcari marnosi paesiniformi, avvolte con selce; calcari giallo-brunastri, ecc., silicei; calcareniti minute; molasse giallastre; arenarie, scisti microarenaceo-micacei giallastri, ecc., finemente fogliettati; talora calciruditi, con resti di lamellibranchi, crinoidi, litotamni.

Pag (in carta geologica) – Pliocene

Marne, argille, siltose, sabbiose, grigiastre, grigio-azzurre. Intercalazioni sabbiose, arenacee, grigiastre.

dt (in carta geologica) – Pleistocene – Olocene

Detrito di falda cementato e brecce di pendio, a luoghi in strati; talora coperte da detrito non cementato

3.1 GEOLOGIA DELL'AREA OGGETTO DI STUDIO.

L'ubicazione di tutti e 6 gli aerogeneratori, avverrà su terreni prettamente argilloso marnosi appartenenti agli scisti argilloso-marnosi galestrini, talora aciculari, di vario colore; marnoscisti, calcari marnosi rosso-rosati; marne, calcari marnosi paesiniformi, avvolte con selce; calcari giallo-brunastri, ecc., silicei; calcareniti minute; molasse giallastre; arenarie, scisti microarenaceo-micacei giallastri, ecc., finemente fogliettati; talora calciruditi, con resti di lamellibranchi, crinoidi, litotamni.

Tale unità stratigrafica nota in letteratura con il nome "Complesso-calcareo-marnoso-arenaceo" affiora sotto una coltre di terreno vegetale di massimo 1.50 m, prima con uno strato alterato per l'infiltrazione di acqua superficiale e poi con un'alternanza di straterelli di scisti marnoso galestrini di vario colore, marnoscisti e calcari marnosi biancastri.

4. Tettonica

Le vicissitudini tettoniche che hanno caratterizzato le aree appenniniche, rendono alquanto complesso il quadro strutturale ed i rapporti interformazionali, siano essi di natura stratigrafica o tettonica; inoltre, essi sono spesso mascherati da una coltre detritica che, specie nelle aree vallive, raggiunge spessori molto consistenti.

Dal punto di vista strutturale l'area è configurata come una grande anticlinale con asse orientato NW-SE, bordata da un doppio sistema di faglie ad andamento prevalentemente appenninico, ma anche, in maniera meno preponderante, con andamento anti-appenninico.

Nel corso del rilevamento geologico di superficie, non sono stati individuati accidenti tettonici o indizi di faglie e/o altre soluzioni di continuità di entità tale da compromettere la stabilità dell'area interessata dal nuovo impianto eolico.

La cartografia ufficiale (Foglio 174 “Ariano Irpino” della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000), in accordo con quanto sopra esposto, non riporta, nell'area rilevata, discontinuità tettoniche importanti ma solo indizi probabili desunti da rapporti tra le unità stratigrafiche poco chiari.

L'analisi morfologica risulta utile per individuare i processi morfogenetici in atto e la loro possibile evoluzione.

L'area in esame ricade nella parte orientale del territorio comunale, in località Piani dell'Oglio e Taverna del Principe posti a nord di Monte Forcuso (899 m s.l.m.).

5. Geomorfologia

La morfologia generale riflette, in linea di massima, l'eterogeneità litologica delle formazioni presenti, con forme più dolci in corrispondenza dei litotipi più facilmente erodibili e forme più acclivi in corrispondenza dei litotipi più resistenti all'erosione.

Le pendenze, nell'area direttamente interessata dall'intervento, variano in un intervallo compreso tra 5° e i 20°.

I terreni generalmente presentano un grado di alterazione elevato, crescente verso valle in virtù di una maggiore vulnerabilità geochimica dovuta al prolungato contatto con l'acqua.

La maggior parte dei dissesti rilevati, si concentra nella parte medio-bassa dei versanti che si dipartono dal Monte Forcuso, lungo i canali che drenano la montagna e/o in prossimità di vecchi cumuli di frane attualmente in stato di quiescenza: in genere si tratta o di smottamenti per scalzamento al piede o di colate lente quasi sempre circoscritte alla coltre detritica superficiale o di rimaneggiamento di vecchi cumuli di frana.

La mancanza di una razionale opera di regimazione delle acque, la quasi totale mancanza di copertura vegetale e le caratteristiche meccaniche scadenti dei terreni superficiali, sono la causa di un dissesto idrogeologico diffuso nell'area vasta. Per cui l'intervento progettuale dovrà prevedere opere di intercettazione, regimazione e smaltire delle acque meteoriche e di prima infiltrazione tramite interventi di ingegneria naturalistica lungo i tratti della viabilità di servizio esistente e dove si effettueranno le opere di movimento terra per la realizzazione delle piazzole esistenti

6. Idrogeologia ed idrologia.

Le acque di precipitazione che raggiungono il suolo sono ripartite in aliquota di scorrimento superficiale, e d'infiltrazione nel sottosuolo, secondo il grado di permeabilità dei terreni affioranti.

Nel caso specifico della zona del Parco Eolico in progetto le caratteristiche granulometriche e litologiche degli strati superficiali permettono l'infiltrazione di acqua di precipitazione meteorica favorendo una circolazione di acqua nel sottosuolo, consentendo in tal modo l'accumulo di acqua di falda.

L'area di intervento è situata est dell'abitato di Frigento (AV), lungo la cresta dell'altopiano dell'Oglio e Taverna del Principe racchiusi tra i Fossi Vallone Grande e i suoi affluenti (Fosso della Lupara) e il Vallone della Difesa entrambi affluenti di destra del Fiume Ufita principale affluente di destra del Fiume Calore. Si tratta di corsi d'acqua tributari di impluvi gerarchicamente più importanti:

In quest'area l'idrografia superficiale presenta un regime tipicamente torrentizio, caratterizzato da lunghi periodi di magra interrotti da piene che, in occasione di eventi meteorici particolarmente intensi, possono assumere un carattere rovinoso.

Lo sviluppo del reticolo idrografico riflette la permeabilità locale delle unità geologiche affioranti. Infatti, a permeabilità basse corrisponde un reticolo ben ramificato, mentre in aree a permeabilità elevata le acque si infiltrano rapidamente senza incanalarsi.

Gli elaborati "Carta Geomorfologica" e "Carta Idrogeologica", mostra che il reticolo idrografico è localmente poco ramificato; ciò indicherebbe l'affioramento di terreni con una media permeabilità d'insieme.

L'installazione dei nuovi rotori è prevista in aree di alto morfologico, lungo spartiacque di piccoli bacini tributari del più vasto areale di drenaggio del Fiume Calore, tanto che l'ubicazione degli aerogeneratori e le piazzole di stoccaggio non interferiranno con il reticolo idrografico esistente.

Si riporta nel presente paragrafo le relazioni tra l'intervento, i reticoli idrografici ed il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri – Garigliano e Volturno competente per territorio.

Il territorio in esame appare caratterizzato dalla presenza delle strette valli del Fiume Ufita e delle aste torrentizie minori (V.ne della Lupara e V.ne della Difesa) del suo bacino idrografico,

quest'ultimo da intendere come porzione di quello più ampio del Fiume Ufita, poi di quello del Fiume Calore a sua volta appartenente al grande bacino idrografico del F. Volturno.

Ovviamente la stabilità dei singoli siti coinvolti dal progetto, ove saranno realizzati gli aerogeneratori, unitamente ai tratti interessati dal passaggio dei vari cavidotti, andrà analizzata in maniera più approfondita in una fase successiva anche mediante la realizzazione di opportune e adeguate indagini in situ e di laboratorio geotecnico.

Non si riscontrano significative interferenze e problemi tra le opere in progetto (aerogeneratori, nuovi tracciati stradali, cavidotti) e gli elementi idrici più importanti presenti nel territorio considerato.

Si prevede di utilizzare ove possibile la viabilità esistente (strada asfaltata) per l'attraversamento eventuale sia dei principali corpi idrici, sia degli elementi idrici minori (canali, incisioni, ecc.) così da minimizzare l'impatto che nuove opere potrebbero avere sul reticolo idrografico esistente.

7. Campagna di Indagini Geognostiche

La campagna di indagini geognostiche è stata strutturata in relazione alla natura dei litotipi affioranti ed ha visto l'esecuzione di prove sismiche indirette che hanno interessato l'area di sedime degli aerogeneratori in progetto.

L'allegato T01 - "Planimetria ubicazione indagini" riporta in scala 1:5000 l'intero progetto del Parco eolico dove sono indicate l'ubicazione di tutte le indagini eseguite e l'ubicazione delle nuove torri eoliche e del cavidotto fino al raggiungimento della sottostazione.

Di seguito si riportano una breve descrizione delle indagini eseguite e consultate, invece, nell'allegato R021 – Report di Fine Campagna Geognostica sono riportati tutti gli elaborati grafici e descrittivi delle indagini eseguite.

7.1 SISMICA A RIFRAZIONE CON TECNICA MASW

Sulla base delle risultanze delle indagini MASW condotte nelle aree oggetto di studio, il sottosuolo di fondazione è stato classificato ai sensi delle normative che attualmente regolano il settore (Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recepita dalla Regione Basilicata con DGR n° 2000/2003, e dalle modifiche allo stesso portate dal Consiglio dei ministri con Ordinanza n° 3431 del 03/05/2005, DM 17/01/2018). Si rammenta che le "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" individuano n. 5 categorie di sottosuolo e precisamente:

Categoria 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
Categoria 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
Categoria 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
Categoria 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 m/s e 180 m/s
Categoria 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 30m

Le indagini MASW hanno consentito la stima dei valori delle velocità delle onde sismiche di taglio e, da queste, il calcolo della V_s equivalente risultante, applicando la seguente formula:

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

Con:

- h_i spessore (in mt) dell'i-esimo strato;
 - $V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
 - N numero di strato;
 - H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiori a 800 m/s.
-
- Per lo stendimento MASW01, eseguito nelle vicinanze del punto di ubicazione dell'aerogeneratore F06, il valore equivalente di V_s calcolato pari a **323** m/sec, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo 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.*
 - Per lo stendimento MASW02, eseguito nelle vicinanze del punto di ubicazione dell'aerogeneratore F04, il valore equivalente di V_s calcolato pari a **396** m/sec, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo 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.*
 - Per lo stendimento MASW03, eseguito nelle vicinanze del punto di ubicazione dell'aerogeneratore F02, il valore equivalente di V_s calcolato pari a **343** m/sec, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo 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.*
 - Per lo stendimento MASW04, eseguito nelle vicinanze del punto di ubicazione dell'aerogeneratore F01, il valore equivalente di V_s calcolato pari a **611** m/sec, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo 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.*
 - Per lo stendimento MASW05, eseguito nelle vicinanze del punto di ubicazione dell'aerogeneratore F03, il valore equivalente di V_s calcolato pari a **341** m/sec, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo 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.*
 - Per lo stendimento MASW06, eseguito nelle vicinanze del punto di ubicazione dell'aerogeneratore F05, il valore equivalente di V_s calcolato pari a **410** m/sec, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo 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.*

7.2 SISMICA A RIFRAZIONE ONDE P E SH

In base alle indicazioni ricavate dalle prove geofisiche, si riportano le tabelle riassuntive delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per i siti d'interesse come risultato dalle indagini svolte. I valori delle Vs sono stati ricavati in modo indiretto dalle prove sismiche MASW. Le determinazioni dei moduli elastici (dinamici), eseguite mediante tali metodologie sismiche, sono riferibili a volumi significativi di terreno in condizioni relativamente indisturbate a differenza delle prove geotecniche di laboratorio che, pur raggiungendo un elevato grado di sofisticazione ed affidabilità, soffrono della limitazione di essere puntuali, cioè relative ad un modesto volume di roccia e/o terreno. I moduli elastici sismici ottenuti, possono essere correlati ai normali moduli statici attraverso un fattore di riduzione (ad es. Rzhovsky et alii, 1971, $E_{din} = 8,3 * E_{stat} + 0,97$) semplicemente evidenziando che si riferiscono, in virtù delle energie movimentate dall'indagine e del conseguente basso livello di deformazione raggiunto, ad un modulo statico tangente iniziale.

• Stendimento ST01

Sismostrato Profondità media (mt da pc)	$\bar{V}_p$ (m/sec)	$\bar{V}_s$ (m/sec)	γ (gr/cm ³)	μ	E_y (MPa)	G_0 (MPa)	M_0 (MPa)	λ (MPa)
A (0,00÷2,00)	352	159	1,55	0,37	108	39	140	114
B (2,00÷7,30)	1025	178	1,90	0,48	179	60	1916	1876
C (7,30÷13,00≈)	1885	332	2,13	0,48	697	235	7255	7099

Sismostrato Profondità media (mt da pc)	R (tonn/m ² s)	E_d (MPa)
A (0,00÷2,00)	246	223
B (2,00÷7,30)	338	1892
C (7,30÷13,00≈)	707	6399

Tabella Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST01 eseguito nelle vicinanze dell'aerogeneratore F06

• Stendimento ST02

Sismostrato Profondità media (mt da pc)	$\bar{V}_p$ (m/sec)	$\bar{V}_s$ (m/sec)	γ (gr/cm ³)	μ	E_y (MPa)	G_0 (MPa)	M_0 (MPa)	λ (MPa)
A (0,00÷2,10)	295	128	1,50	0,38	68	25	98	81
B (2,10÷6,90)	1113	188	1,93	0,48	203	68	2300	2254
C (6,90÷13,00≈)	1832	561	2,12	0,45	1933	667	6226	5781

Sismostrato Profondità media (mt da pc)	R (tonn/m ² s)	E_d (MPa)
A (0,00÷2,10)	192	157
B (2,10÷6,90)	362	2230
C (6,90÷13,00≈)	1189	6041

Tabella-Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST02 eseguito nelle vicinanze dell'aerogeneratore F04

• Stendimento ST03

Sismostrato Profondità media (mt da pc)	$\bar{V}_p$ (m/sec)	$\bar{V}_s$ (m/sec)	γ (gr/cm ³)	μ	E_y (MPa)	G_0 (MPa)	M_0 (MPa)	λ (MPa)
A (0,00÷2,30)	316	169	1,52	0,30	113	43	94	65
B (2,30÷6,70)	1042	242	1,91	0,47	329	112	1925	1850
C (6,70÷13,00≈)	1777	296	2,11	0,48	549	185	6416	6293

Sismostrato	R	E _d
Profondità media (mt da pc)	(tonn/m ² s)	(MPa)
A (0,00÷2,30)	256	180
B (2,30÷6,70)	462	1958
C (6,70÷13,00≈)	624	5686

Tabella -Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST03 eseguito nelle vicinanze dell'aerogeneratore F02

• **Stendimento ST04**

Sismostrato	$\bar{V}_p$	$\bar{V}_s$	γ	μ	E _y	G ₀	M ₀	λ
Profondità media (mt da pc)	(m/sec)	(m/sec)	(gr/cm ³)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
A (0,00÷1,90)	339	188	1,54	0,28	139	54	104	68
B (1,90÷6,70)	1164	436	1,95	0,42	1052	371	2148	1901
C (6,70÷13,00≈)	1650	584	2,08	0,43	2027	709	4717	4244

Sismostrato	R	E _d
Profondità media (mt da pc)	(tonn/m ² s)	(MPa)
A (0,00÷1,90)	289	207
B (1,90÷6,70)	850	2441
C (6,70÷13,00≈)	1214	4093

Tabella-Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST04 eseguito nelle vicinanze dell'aerogeneratore F01

• **Stendimento ST05**

Sismostrato	$\bar{V}_p$	$\bar{V}_s$	γ	μ	E _y	G ₀	M ₀	λ
Profondità media (mt da pc)	(m/sec)	(m/sec)	(gr/cm ³)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
A (0,00÷1,80)	376	168	1,57	0,37	122	44	163	133
B (1,80÷6,00)	1191	208	1,95	0,48	250	84	2654	2597
C (6,00÷13,00≈)	1882	397	2,13	0,47	991	336	7097	6873

Sismostrato	R	E _d
Profondità media (mt da pc)	(tonn/m ² s)	(MPa)
A (0,00÷1,80)	263	255
B (1,80÷6,00)	405	2554
C (6,00÷13,00≈)	845	6380

Tabella-Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST05 eseguito nelle vicinanze dell'aerogeneratore F03

• **Stendimento ST06**

Sismostrato	$\bar{V}_p$	$\bar{V}_s$	γ	μ	E _y	G ₀	M ₀	λ
Profondità media (mt da pc)	(m/sec)	(m/sec)	(gr/cm ³)		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
A (0,00÷1,30)	428	183	1,61	0,38	150	54	223	187
B (1,30÷7,90)	856	337	1,84	0,41	589	209	1070	930
C (7,90÷13,00≈)	1813	403	2,12	0,47	1015	344	6059	6280

Sismostrato	R	E _d
Profondità media (mt da pc)	(tonn/m ² s)	(MPa)
A (0,00÷1,30)	294	330
B (1,30÷7,90)	620	1320
C (7,90÷13,00≈)	854	5918

Tabella -Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST06 eseguito nelle vicinanze dell'aerogeneratore F05

Con:

$\bar{V}_p$ = velocità media onde di compressione;

$\bar{V}_s$ = velocità media onde di taglio;

γ = Peso unità di volume naturale;

μ = coefficiente di Poisson;

E_y= modulo di Young;

G₀= modulo di taglio;

M₀= modulo di compressibilità volumetrica;

λ = coefficiente di Lamé;

R= rigidità sismica;

E_d= modulo edometrico.

Tutti i dati rivenienti dall'indagine sismica eseguita in Onde P e SH, con le sismo-stratigrafie ottenute dall'interpretazione delle velocità delle Onde P, sono riportati nell'Allegato A2.1

7.3 INDAGINI GEOGNOSTICHE CONSULTATE

Nel lavoro consultato per l'intervento sul il Parco Eolico di Località Carmasciano, nel 1998 furono eseguite indagini geognostiche per la caratterizzazione geologica dei terreni di fondazione degli aerogeneratori oggetti degli interventi di ampliamento.

Il rilevamento geologico dell'area in esame ha permesso di attribuire i terreni affioranti alle Unità Lagonegresi di età cretacea; la successione litostratigrafica può essere schematizzata come segue:

- Terreno alterato della profondità variabile da 1 a 5 m costituito da humus di natura prevalentemente argillosa inglobante ciottoli di varia natura e dimensione;
- Al di sotto di questa coltre alterata troviamo sequenze di marne, scisti marnosi, calcilutiti e calcari selciferi ascrivibili al Flysch Galestrino. La potenza degli strati è variabile da pochi centimetri a qualche decimetro, l'immersione prevalente è verso SW anche se il grado di tettonizzazione e di fratturazione molto spinto oblitera, spesso, i caratteri stratigrafici e tessiturali originari. La potenza dell'intera formazione è valutabile nell'ordine di qualche centinaio di metri.

Le esplorazioni dirette del sottosuolo, effettuate in quattro punti per la progettazione del campo eolico esistente, hanno permesso di definire i caratteri litostratigrafici dei terreni di fondazione. Le stratigrafie hanno mostrato una certa uniformità laterale del primo sottosuolo (esplorato fino a circa 20 m di profondità).

In particolare, il sottosuolo è risultato di sovente caratterizzato per lo più da sedimenti poco cementati e a granulometria fine (argille, argille marnose, argille con sabbia calcarea, ecc.) In due aree (su quattro investigate), gli strati più profondi della successione esplorata sono risultati costituiti da calcari marnosi con interstrati argillosi.

A più altezze, nelle successioni compaiono intervalli costituiti da calcari marnosi. La posizione stratigrafica e lo spessore degli orizzonti carbonatici varia considerevolmente a seconda della posizione areale (spessori minimi di poche decine di centimetri e massime di decine di metri).

Nel sottosuolo non è stata registrata altresì la presenza di acqua e gli elaborati geologici del 1998 non hanno, tuttavia, riportato livelli piezometrici e spessori dell'eventuale corpo acquifero superficiale.

La campagna d'indagini è stata così articolata: n. 4 sondaggi geognostici a carotaggio continuo con prelievo di n.2 campioni indisturbati analizzati in laboratorio per la determinazione dei parametri geotecnici fondamentali.

7.3.2 Stratigrafie ottenute dai sondaggi geognostici

Sondaggio n. 1

- da 0,00 m a -0,80 m dal p.c.: terreno vegetale;
- da -0,80 m a -4,30 m dal p.c.: argilla siltosa con interstrati di marne galestriformi;
- da -4,30 m a -5,00 m dal p.c.: argilla con sabbia;
- da -5,00 m a -6,00 m dal p.c.: argilla nerastra con inclusioni di marne galestriformi;
- da -6,00 m a -11,50 m dal p.c.: argilla scagliosa nerastra con frammenti calcarei;
- da -11,50 m a -16,00 m dal p.c.: argilla scagliosa nerastra con intercalazione di calcari marnosi;
- da -16,00 m a -16,50 m dal p.c.: argilla mista a sabbia calcarea.

Sondaggio n. 2

- da 0,00 m a -0,80 m dal p.c.: terreno vegetale;
- da -0,80 m a -3,30 m dal p.c.: argilla siltosa con interstrati di marne galestriformi;
- da -3,30 m a -4,00 m dal p.c.: argilla con inclusioni litoidi di natura calcarea-marnosa;
- da -4,00 m a -5,30 m dal p.c.: argille con interstrati marnosi;
- da -5,30 m a -6,20 m dal p.c.: argille grigio-brune scagliose;
- da -6,20 m a -6,70 m dal p.c.: calcari marnosi fratturati;
- da -6,70 m a -7,50 m dal p.c.: argille nerastre fogliettate;
- da -7,50 m a -8,50 m dal p.c.: argille debolmente sabbiose;
- da -8,50 m a -11,50 m dal p.c.: argilla scagliosa;
- da -11,50 m a -13,80 m dal p.c.: calcari marnosi con venature di calcite;
- da -13,80 m a -16,00 m dal p.c.: argilla con interstrati di calcari marnosi.

Sondaggio n. 3

- da 0,00 m a -0,80 m dal p.c.: terreno vegetale;
- da -0,80 m a -5,00 m dal p.c.: argilla siltosa con interstrati di marne galestriformi;
- da -5,00 m a -6,00 m dal p.c.: marne calcaree galestriformi;
- da -6,00 m a -8,00 m dal p.c.: argilla scagliosa nerastra con interstrati di calcari marnosi;
- da -8,00 m a -8,80 m dal p.c.: argilla con sabbia calcarea;
- da -8,80 m a -13,10 m dal p.c.: calcari marnosi con interstrati di argille;
- da -13,10 m a -15,00 m dal p.c.: argille nerastre con rare inclusioni calcitiche.

Sondaggio n. 4

- da 0,00 m a -0,80 m dal p.c.: terreno vegetale;
- da -0,80 m a -5,00 m dal p.c.: argilla siltosa con interstrati di marne galestriformi;
- da -5,00 m a -9,00 m dal p.c.: argille brune leggermente scagliose;
- da -9,00 m a -15,00 m dal p.c.: argille nerastre fogliettate con interstrati di marne calcaree e calcari marnosi.

Al quadro geologico-geomorfologico relativamente poco complesso si contrappone un assetto litologico piuttosto variegato in quanto, al loro interno, le formazioni sono caratterizzate dall'irregolare distribuzione di orizzonti con differenti caratteristiche litologiche e geotecniche.

Più nel dettaglio, nell'area di intervento affiorano soprattutto argille, argille marnose e argille in scaglie.

La caratterizzazione in laboratorio dei terreni di fondazione, effettuata nel 1998, ha permesso di ricavare alcuni parametri geotecnici, come di seguito riportato.

I campioni sono stati identificati dalle sigle S1-C1 e S4-C2, prelevati rispettivamente nei sondaggi S1 e S4, alle profondità comprese tra 11,50 e 12,10 m e 5,00 e 5,60 m.

Campione di argilla C1 (sondaggio S1, 11,50 m di profondità dal piano campagna):

Peso specifico	G	2,58 g/cmc
Peso di unità di volume	γ	1,85 g/cmc
Contenuto in acqua	W	20 %
Porosità	n	0,34
Indice dei vuoti	e	0,52
Limite liquido	LL	42,1 %
Limite plastico	LP	25,8 %
Indice plastico	IP	16,3 %
Angolo di attrito	Φ	22°
Coesione	c	0,27 kg/cm ²
Descrizione		Argilla

Campione di argilla C2 (sondaggio S4, 5,00 m di profondità dal piano campagna):

Peso specifico	G	2,67 g/cmc
Peso di unità di volume	γ	1,91 g/cmc
Contenuto in acqua	W	17,8 %
Porosità	n	0,32
Indice dei vuoti	e	0,47
Limite liquido	LL	36,8 %
Limite plastico	LP	23,7 %
Indice plastico	IP	13,1 %
Angolo di attrito	Φ	25°
Coesione	c	0,7 kg/cm ²
Descrizione		Argilla

8. Considerazioni sulla Sismicità dell'aera

8.1 PARAMETRI SISMICI DELL'AREA DEL PARCO EOLICO IN PROGETTO

La normativa sulla individuazione delle zone sismiche, OPCM n. 3274/2003 e s.m.i., dispone che l'abitato di Frigento sia classificato come zona sismica di 1^a categoria con un grado di sismicità $S=12$ a cui compete una accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico **ag** maggiore di **0.35**.

Il suolo di fondazione di tutti i n. 6 aerogeneratori in progetto può essere associato, in base ai dati delle indagine sismiche eseguite nella campagna geognostica, alla categoria di suolo.

- Per lo stendimento MASW01, eseguito nelle vicinanze del punto di ubicazione dell'aerogeneratore F06, il valore equivalente di V_s calcolato pari a **323** m/sec, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo 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.*
- Per lo stendimento MASW02, eseguito nelle vicinanze del punto di ubicazione dell'aerogeneratore F04, il valore equivalente di V_s calcolato pari a **396** m/sec, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo 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.*
- Per lo stendimento MASW03, eseguito nelle vicinanze del punto di ubicazione dell'aerogeneratore F02, il valore equivalente di V_s calcolato pari a **343** m/sec, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo 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.*
- Per lo stendimento MASW04, eseguito nelle vicinanze del punto di ubicazione dell'aerogeneratore F01, il valore equivalente di V_s calcolato pari a **611** m/sec, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo 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.*
- Per lo stendimento MASW05, eseguito nelle vicinanze del punto di ubicazione dell'aerogeneratore F03, il valore equivalente di V_s calcolato pari a **341** m/sec, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo 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.*
- Per lo stendimento MASW06, eseguito nelle vicinanze del punto di ubicazione dell'aerogeneratore F05, il valore equivalente di V_s calcolato pari a **410** m/sec, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo 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.*

I valori del V_{s30} , della categoria di terreno "B", sono compresi tra 360 e 800 m/sec, mentre quelli della categoria di terreno "C" sono compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Di seguito si riporta i Parametri sismici sia dei terreni di sedime delle torri eoliche che ricadono sia su terreni di categoria “C” e sia quelli dei terreni classificati “B” entrambi considerando in coefficiente topografico “T2” anche se i terreni sono più pianeggianti e ricadenti nella macro area sismica avente le seguenti coordinate per i n. 4 vertici

Sito 1 ID: 32326	Lat: 41,0229	Lon: 15,1469	Distanza: 2797,031
Sito 2 ID: 32327	Lat: 41,0220	Lon: 15,2131	Distanza: 5339,178
Sito 3 ID: 32549	Lat: 40,9720	Lon: 15,2118	Distanza: 5479,030
Sito 4 ID: 32548	Lat: 40,9730	Lon: 15,1456	Distanza: 3057,648

PARAMETRI SISMICI TORRI EOLICHE F02, F03 e F06

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T2

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr:30 [anni]

ag: 0,062 g

Fo: 2,361

Tc*: 0,280 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 475 [anni]

ag: 0,270 g

Fo: 2,286

Tc*: 0,376 [s]

COEFFICIENTI SISMICI

SLO:

Ss: 1,500

Cc: 1,600

St: 1,200

Kh: 0,020

Kv: 0,010

Amax: 1.087

Beta: 0,180

SLD:

Ss: 1,500

Cc: 1,560

St: 1,200

Kh: 0,027

Kv: 0,013

Amax: 1.4628

Beta: 0,180

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 50 [anni]

ag: 0,083 g

Fo: 2,318

Tc*: 0,303[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %

Tr: 975 [anni]

g: 0,369 g

Fo: 2,287

Tc*: 0,416 [s]

SLV:

Ss: 1,330

Cc: 1,450

St: 1,200

Kh: 0,133

Kv: 0,067

Amax: 4.218

Beta: 0,310

SLC:

Ss: 1,300

Cc: 1,400

St: 1,200

Kh: 0,163

Kv: 0,082

Amax: 5.168

Beta: 0,310

PARAMETRI SISMICI TORRI EOLICHE F01, F04 e F05

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T2

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr:30 [anni]

ag: 0,062 g

Fo: 2,361

Tc*: 0,280 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 475 [anni]

ag: 0,270 g

Fo: 2,286

Tc*: 0,376 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 50 [anni]

ag: 0,083 g

Fo: 2,318

Tc*: 0,303[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %

Tr: 975 [anni]

g: 0,369 g

Fo: 2,287

Tc*: 0,416 [s]

COEFFICIENTI SISMICI

SLO:

Ss: 1,200
Cc: 1420
St: 1,200
Kh: 0,018
Kv: 0,008
Amax: 0.869
Beta: 0,180

SLD:

Ss: 1,200
Cc: 1,400
St: 1,200
Kh: 0,021
Kv: 0,011
Amax: 0.1.170
Beta: 0,180

SLV:

Ss: 1,150
Cc: 1,340
St: 1,200
Kh: 0,115
Kv: 0,058
Amax: 3.647
Beta: 0,310

SLC:

Ss: 1,060
Cc: 1,310
St: 1,200
Kh: 0,146
Kv: 0,073
Amax: 4.603
Beta: 0,310

8.2 MICROZONAZIONE SISMICA DELL'AREA DEL PARCO EOLICO IN PROGETTO

Nella progettazione di nuove opere o di interventi su opere esistenti, gli studi di Microzonazione Sismica evidenziano la presenza di fenomeni di possibile amplificazione dello scuotimento sismico atteso legati alle caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche dell'area e di fenomeni di instabilità e deformazione permanente che possono essere attivati dal sisma.

Gli studi di Microzonazione Sismica, quindi, possono offrire elementi conoscitivi utili per la progettazione di opere, con differente incisività in funzione del livello di approfondimento e delle caratteristiche delle opere stesse, indirizzando alla scelta delle indagini di dettaglio.

Nel presente studio è stato eseguito un approfondimento di I° livello, mappando l'intera zona circostante l'area di sedime del parco eolico in progetto in zone a suscettibilità sismica differente.

Come riportato nell'elaborato T07 - Carta della Microzonazione Sismica in scala 1:5.000, l'area di sedime del parco eolico in progetto è diviso in varie zone sismiche differenti sia classificate **Zone Stabili (b) suscettibili di amplificazioni locali**, sia classificate **Zona suscettibili di instabilità (c) in cui gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del terreno** come l'instabilità di versante sia profonda che superficiale.

Tutti gli aerogeneratori in progetto e la sottostazione, saranno ubicati in zona stabili (b) suscettibili di amplificazione locale, le quali sono state suddivise in relazione alla litologia del sottosuolo, in quattro zone differenti.

Le zone suscettibili di instabilità per la presenza di aree instabili "Mz-c-1" e "Mz-c-2" non saranno interessate dalla realizzazione degli aerogeneratori e nemmeno dal passaggio del cavidotto che collega i vari aerogeneratori.

9. Considerazioni sui terreni di fondazione degli aerogeneratori in progetto

Il parco eolico in progetto è composto da n. 6 aerogeneratori disposti nell'altopiano di località Taverna del Principe, dove affiorano terreni olocenici composti da scisti argilloso marnoso galestrini appartenenti al Complesso Calcareo Marnoso arenaceo delle Unità lagonegresi.

Gli aerogeneratori sono tutti ubicati in aree poco inclinate prossime all'alto strutturale compreso tra il Fosso Grande e il Fosso della difesa entrambi affluenti di destra del Fiume, principale affluente del Fiume Calore.

I terreni presenti in questa piana sono terreni con discrete caratteristiche geotecniche; in generale sono terreni argilloso marnosi galestrini talora aciculari e marnoscisti.

Di seguito si riportano i parametri di input utili per la determinazione delle fondazioni di cui dotate le strutture in progetto, desunti dalla bibliografia ufficiale e da campioni analizzati in laboratorio geotecnico come riportato nel capitolo precedente.

10.1 PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO

- Valori medi (V_m) dei terreni composti da scisti marnoso argillosi superficiali alterati

- | | |
|--|------------------------------|
| ☐ Peso di volume naturale | $P_v = 1.85 \text{ gr/cm}^3$ |
| ☐ Coesione | $c' = 0,10 \text{ kg/cm}^2$ |
| ☐ Angolo di attrito interno | $\phi = 18.00^\circ$ |

- Valori medi (V_m) dei terreni composti da scisti marnoso argillosi non alterati

- | | |
|--|------------------------------|
| ☐ Peso di volume naturale | $P_v = 1.95 \text{ gr/cm}^3$ |
| ☐ Coesione | $c = 0,20 \text{ kg/cm}^2$ |
| ☐ Angolo di attrito interno | $\phi = 22.00^\circ$ |

Il D.M. 17 Gennaio 2018 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” prevede per la definizione del grado di sicurezza di una struttura relativamente alla possibilità di rottura del terreno di fondazione, un approccio di semiprobabilistico, o di I livello, adottando il concetto di stato limite ultimo (SLU). Pertanto dai valori medi (V_m) dei parametri del terreno si passa a valori caratteristici V_k , come richiesto dalle verifiche allo SLU e allo SLE.

10.2 PARAMETRI CARATTERISTICI

In prima approssimazione i valori caratteristici di c' e ϕ' sono determinabili con le seguenti relazioni:

- (1) $\phi'_k = \phi'_m (1 + X \cdot V_\phi)$
- (2) $c'_k = c'_m (1 + X \cdot V_c)$
- (3) $C_{uk} = C_{um} (1 + X \cdot V_{Cu})$

Secondo le NTC 2018 il valore caratteristico può essere valutato con un approccio di tipo Bayesiano anche nelle condizioni in cui non sia presente nessun valore di prove disponibile. In questo caso il valore caratteristico X_k del parametro ricercato, secondo Cherubini e Orr (1999) è ottenuto dalla seguente relazione

$$X_k = X_m \cdot (1 - CV/2)$$

con

$$X_m = (a + 4b + c)/6$$

$$CV = (c - a) / (a + 4b + c)$$

dove :

a = valore minimo stimato

b = valore più probabile

c = valore massimo stimato

10.3 PARAMETRI DI PROGETTO

I valori dei parametri di progetto ϕ' e c' si ottengono in relazione alla Combinazione Azioni/Resistenze dividendo i valori caratteristici per un coefficiente riduttivo parziale secondo quanto indicato nella Tabella 6.2.II delle NTC.

In pratica, in problemi connessi al raggiungimento dello stato limite ultimo SLU del terreno, Combinazione 2 Approccio 1 (A2+M2+R2), i valori di progetto V_d di pertinenza geotecnica (M2) si ottengono come indicato nella tabella:

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_γ	1,0	1,0

L'utilizzo dei parametri di progetto V_d avviene esclusivamente nell' Approccio 1 Combinazione 2 (A2-M2-R2) relativa al raggiungimento dello Stato Limite Ultimo (SLU).

10. Analisi di stabilità di versante

I n. 6 aerogeneratori e la sottostazione elettrica sono ubicati in zone pianeggianti da versanti la cui pendenza necessita di essere investigata tramite l'esecuzione di verifiche di stabilità di versante.

Pertanto, per le caratteristiche morfologiche delle aree interessate dell'ubicazione degli aerogeneratori, dall'ubicazione della sottostazione e delle strade di progetto non è necessario eseguire delle verifiche specifiche.

11. Considerazioni conclusive

I lavori in progetto prevedono la costruzione di n. 6 macchine eoliche disposte sull'alto strutturale della piana di "Taverna del Principe", in cui affiorano terreni argilloso-marnosi galestrini appartenenti al Complesso Calcareo-marnoso-arenaceo delle Unità lagonegresi.

Tali opere trasmettono al terreno di fondazione un discreto carico unitario; pertanto, allo scopo di assicurare una buona stabilità del complesso terreno-fondazione, in relazione agli scarichi a livello d'imposta, le strutture fondali dovranno assolvere a vari compiti quali:

- avere una sufficiente superficie di contatto;
- avere una sufficiente sezione inerziale;
- avere adeguata rigidità tale da assorbire eventuali cedimenti.

La verifica delle fondazione deve necessariamente tenere conto dei fattori inerenti la stabilità dell'opera; composizione geotecnica dell'area di sedime; portanza del terreno; geologia della zona direttamente interessata e quella delle zone circostanti; stato di addensamento; compressibilità del terreno; permeabilità; falda acquifera; distribuzione nel terreno delle tensioni indotte; spessore dello strato reagente; zonazione sismica; consolidazione; condizioni orografiche e geomorfologiche; stabilità del versante; assetto intrafissurale del terreno di sedime.

L'ubicazione degli aerogeneratori, riportata in tutti gli elaborati cartografici, evidenzia l'ottima disposizione delle stesse in relazione alla litologia dei terreni affioranti e alla geomorfologia delle zone interessate, infatti, esse ricadono tutte su terreni con discrete caratteristiche geotecniche e poste ad una distanza di sicurezza dall'alveo dei Valloni che evidenziano l'alto strutturale confluendo in destra orografica nel Fiume Ufita.

In conclusione, dalle risultanze ottenute riportate nella presente relazione, sulla base degli elementi a disposizione derivanti dai dati fisici e meccanici ottenuti nella campagna di indagine eseguita, dai rilievi geologici e geomorfologici di superficie, considerando altresì le discrete qualità portanti del terreno, si evince che l'area in esame, da un punto di vista geologico-tecnico è idonea come terreno di fondazione e, pertanto, si formula parere positivo per la realizzazione del parco eolico in progetto.

Matera 16 gennaio 2022

Il Geologo

Dott. Maurizio Giacomino

INDICE

1. Premessa	1
2. Piano Stralcio Difesa Rischio Idrogeologico.	3
2.1 COMPATIBILITA' IDROGEOLOGICA DEL PROGETTO.....	4
3. Inquadramento Geologico Regionale	7
3.1 GEOLOGIA DELL'AREA OGGETTO DI STUDIO.....	8
4. Tettonica	9
5. Geomorfologia.....	10
6. Idrogeologia ed idrologia.....	11
7. Campagna di Indagini Geognostiche.....	13
7.1 sismica a rifrazione con tecnica MASW	13
7.2 sismica a rifrazione onde p E sH.....	15
7.3 Indagini geognostiche consultate	17
7.3.2 Stratigrafie ottenute dai sondaggi geognostici	18
8. Considerazioni sulla Sismicità dell'aera	20
8.1 PARAMETRI SISMICI DELL'AREA DEL PARCO EOLICO IN PROGETTO	20
8.2 MICROZONAZIONE SISMICA DELL'AREA DEL PARCO EOLICO IN PROGETTO.....	22
9. Considerazioni sui terreni di fondazione degli aereogeneratori in progetto	23
10.1 PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO.....	23
10.2 Parametri caratteristici	24
10.3 Parametri di progetto.....	24
10. Analisi di stabilità di versante	25
11. Considerazioni conclusive.....	26