



REGIONE MOLISE



COMUNE DI
GUGLIONESI



COMUNE DI
MONTECILFONE



COMUNE DI MONTENERO
DI BISACCIA



PROVINCIA DI
CAMPOBASSO

PROGETTO DEFINITIVO

Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica "IBE Guglionesi" di potenza nominale pari a 48 MW nel comune di Guglionesi e relative opere connesse da realizzarsi nei comuni di Guglionesi, Montenero di Bisaccia e Montecilfone

Titolo elaborato

Relazione geologica

Codice elaborato

F0516ER01A

Scala

-

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

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 le norme UNI-EN ISO 9001:2015 e UNI-EN ISO 14001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria nei settori: civile, idraulica, acustica, energia, ambiente (settore IAF: 34).

Gruppo di lavoro

Dott. For. Luigi ZUCCARO
Ing. Giuseppe MANZI
Ing. Stefania CONTE
Ing. Gerardo SCAVONE
Ing. Jr. Flavio TRIANI
Arch. Gaia TELESCA



Altea Green Power S.p.A.

Corso Re Umberto, 8 10121 Torino (TO)
Tel+011-0195120 - www.alteagreenpower.com

Consulenze specialistiche

GEOLOGIA

Dott. Geol. Maurizio Giacomino

Via del Ginepro, 23
75100 Matera
mauriziogiacomino@gmail.com



Committente

IBE Guglionesi Wind Srl

Corso Re Umberto, 8 10121 Torino (TO)
Tel. 011-0195120

Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
Settembre 2022	Prima emissione	GIACOMINO	GMA	GZU

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 Guglionesi (CB), dove si intende realizzare un parco eolico composto da n. 8 aerogeneratori con annesse piste, piazzole di stoccaggio e cavidotto da collegare alla cabina presente a sud dell'area del parco nel territorio comunale di Montecilfone.

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 Distrettuale dell'Appennino meridionale.

L'indagine geognostica è consistita in rilievi geologici e geomorfologici di superficie, in indagini geognostiche e nella raccolta di dati geotecnici della bibliografia ufficiale.

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. Petriccione per il progetto dell'Impianto Eolico di Ariano Irpino e Savignano Irpino.

L'intero lavoro si compone dei seguenti elaborati descrittivi e cartografici:

- R01 - Relazione Geologica
- T01 - Carta Geologica Scala 1:5000
- T02 – Carta Geomorfologica Scala 1:5000
- T03 - Carta Idrogeologica Scala 1:5000
- T04 – Profili Geologici Scala 1:5000
- T05 – Carta della Microzonazione Sismica Scala 1:5000

Documentazione specialistica

- Autorità di Bacino dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore, 2007 *Progetto di Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) dei Bacini di competenza.*
- Il Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia dell'APAT (ora in ISPRA).
- Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia - Note illustrative della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA Foglio 148 VASTO, 154 LARINO.

- ENI Acque dolci sotterranee “ Inventario dei dati raccolti dall’Agip durante la ricerca di idrocarburi in Italia”.
- D.M. 14 gennaio 2008 integrato con la Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP. C.Cestelli Guidi Geotecnica e tecnica delle fondazioni Vol.I°-II°
- Arai H. e Tokimatsu K., 2004. S-Wave Velocity Profiling by Inversion of Microtremor H/V Spectrum, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **94**, p. 53-63.
- Delgado J., Lopez Casado C., Giner J., Estevez A., Cuenca A. e Molina, S., 2000. Microtremors as a geophysical exploration tool: applications and limitations, *Pure Appl. Geophys.*, **157**, 1445–1462.
- Castellaro S., Mulargia F. e Bianconi L., 2005. Stratigrafia sismica passiva: una nuova tecnica accurata, rapida ed economica, *Geologia Tecnica e Ambientale*, vol. 3.

2. Piano Stralcio Difesa Rischio Idrogeologico.

L'area del parco eolico in progetto ricade in buona parte nella zona di competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Unita di Management ITR141- Regionale Molise – Biferno e Minori.

Il Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico, riporta nel territorio del Comune di Guglionesi poche aree a Rischio Idrogeologico determinate dalla presenza di movimenti franosi e arie aree a pericolosità Idrogeologica, inoltre, nelle aree circostanti i fossi ed i torrenti sono riportate aree a potenziale rischio alluvioni riportate nel Il Piano APFSR *“Valutazione Preliminare del Rischio Alluvioni ed individuazione delle zone per le quali esiste un Rischio Potenziale significativo di alluvioni del II° Ciclo”* redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, riporta nel territorio del Comune di Banzi varie aree a Potenziale significativo del Rischio Alluvioni.

Dalla verifica degli elaborati cartografici messi a disposizione dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, emerge che sia l'area di ubicazione delle torri eoliche in progetto sia le opere accessorie e il percorso del cavidotto non interessano aree vincolate per Rischio Idrogeologico e nemmeno aree a pericolosità Idrogeologica.

3. Inquadramento Geologico Tettonico Regionale

L'assetto geologico - strutturale regionale e le litologie del settore costiero tra Vasto e Termoli sono riferibili alla zona medio - esterna del dominio di Avanfossa, compreso tra l'Appennino e l'Avampaese Adriatico (Casnedi et al, 1981).

Per tutto il Pliocene nell'Avanfossa si è deposta una potente successione argillosa, in cui si sono inseriti complessi alloctoni di provenienza appenninica (“coltre molisana”), mobilizzati verso NE dal sollevamento orogenetico pliocenico, giunti in questo settore nel Pliocene superiore.

Durante il Pleistocene inferiore, nello stesso settore, si è istaurata una sedimentazione prevalentemente sabbiosa, seguita da una facies conglomeratica a chiusura di un ciclo regressivo, che segna l'emersione dell'area ed il conseguente sviluppo di Terrazzi Marini.

Con il sollevamento pliocenico, sistemi di faglie, a prevalente direzione appenninica, hanno controllato un'evoluzione per fasce sub-parallele del dominio sedimentario di Avanfossa.

Il territorio di Guglionesi ha evidenziato la presenza di sette formazioni geologiche sedimentarie di cui due di origine marina e le restanti cinque di origine continentale, riferibili al ciclo di riempimento dell'Avanfossa appenninica molisana. L'età di queste formazioni vanno dal periodo Pliocene fino ai sedimenti attuali.

Dal basso verso l'alto la successione stratigrafica è così composta:

“Argille Sabbiose Grigio-azzurre”. Costituita da una successione di argille limose e limi argillosi di colore grigio e grigio azzurro, di solito debolmente sabbiosi, con sottili intercalazioni di sabbia fine e/o sabbia limosa grigia, che evidenziano una fitta stratificazione in successione ritmica.

Le intercalazioni sabbiose, in genere, sono rappresentate da veli e strati fino a 2÷3 cm, meno frequentemente fino a 10 cm, eccezionalmente, da bancate metriche. L'argilla, spesso, contiene sostanze carboniose sotto forma di punteggiatura diffusa e di piccole lenti o vene, che raramente raggiungono il centimetro di spessore. Sono presenti, inoltre, rare concentrazioni di bioclasti costituiti da frammenti minuti di lamellibranchi e gasteropodi.

Sovente la parte terminale della formazione assume un colore avano chiaro in seguito ad alterazioni litologiche e chimiche.

Si evidenzia che dal punto di vista geotecnico presentano un carattere coesivo e se poste in versante spesso sono interessate da movimenti eversivi e franosi. L'età è compresa dal Pliocene Superiore-Pleistocene inferiore.

“Sabbie di Serracapriola”. La formazione è costituita da sabbie e sabbie limose di colore giallastro, ocra e grigio, intercalate da livelli millimetrici e centimetrici di arenarie tenere, da sporadici strati, da 10 a 30 cm, di arenarie e calcareniti ben cementate, occasionalmente fino a 1 m di spessore, da diffusi e sottili livelli di limo sabbioso marrone, raramente, di argilla limosa/limo argilloso verdastro.

Nella parte NE dell’abitato alcune scarpate evidenziano elevata frequenza di intercalazioni arenacee, localmente fino ad una generale prevalenza di arenarie da tenere a cementate, ben stratificate.

La stratificazione è piano-parallela ad andamento sub-orizzontale, spesso, con assetto finemente laminato. Nella parte alta, le sabbie sono intercalate da livelli lenticolari di sabbie conglomeratiche e conglomerati sabbiosi ad elementi di piccole dimensioni, tendenti a costituire, al top della successione, corpi irregolarmente estesi di conglomerati grossolani a matrice limoso-sabbiosa, di spessore metrico. I clasti sono in prevalenza costituiti da elementi di calcari, calciruditi, calcari marnosi, calcareniti, arenarie quarzose e selce, che negli orizzonti sub-affioranti sono spesso parzialmente decalcificati. La facies si presenta generalmente molto addensata e con grado di cementazione variabile, da incoerente a a ben cementata da cemento calcareo.

L’età è ascrivibile al Pleistocene.

“Conglomerati fossiliferi dei terrazzamenti marini” sono rappresentati da formazioni conglomeratiche presenti fino alla quota dall’attuale livello medio marino di 330 mt.

A questi sono ascritte le estese coltri di conglomerati adagiate sulle colline in serie del territorio di Guglionesi di San Giacomo degli Schiavoni.

In generale i conglomerati sono poco cementati, ricchi di intercalazioni sabbiose ed argillose e mostrano numerose concrezioni biancastre. Gli elementi costitutivi sono in prevalenza calcarei, , piuttosto arrotondati di grandi e medie dimensioni.

4. Geomorfologia dell'area di stretto interesse

Dal punto di vista morfologico il territorio si presenta del tipo media-bassa collina con altitudini massime in aree di cresta, andamento dei rilievi uniforme con acclività graduate e non accentuate. Fratture e salti di pendio rilevanti sono evidenti soprattutto nelle vicinanze dei fossi e torrenti, dove si accentuano le forme d'erosione e di modellazione del territorio, risalta la netta differenza litologica dei sedimenti argillosi da quelli sabbiosi arenacei che avendo un grado di erodibilità minore dei sedimenti argillosi formano pianalti, sporgenze e picchi piuttosto ripidi.

Tuttavia la morfologia derivante dalla modellazione e dalla evoluzione dei versanti, è per lo più di tipo franoso. Ad alta densità si riscontrano aree a pericolosità idrogeologica posizionate maggiormente lungo le pendici vallive dei corsi d'acqua e dove l'azione antropica ha effettuato disboscamenti e modellazioni del reticolo idrografico originario-naturale.

In corrispondenza delle confluenze e delle immissioni dei valloni e rigagnoli negli affluenti e corsi d'acqua maggiori si rinvencono delle piccole conoidi alluvionali costituite da depositi limosi, sabbiosi-ghiaiosi.

5. Idrogeologia ed idrologia dell'area di stretto interesse.

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 parzialmente 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 Guglionesi (GB), sulle colline argillose di quota medio bassa dell'Avanfossa la cui sommità spesso piatta è caratterizzata dalla presenza di sabbie e terrazzamenti conglomeratici.

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 ben ramificato; ciò indicherebbe l'affioramento di terreni con una bassa permeabilità d'insieme.

L'installazione dei nuovi rotori è prevista in aree di alto morfologico sulle colline tra i bacini tributari del più vasto areale di drenaggio del Fiume Biferno, quali in Torrente Fosso della guardia e Torrente Sinarca, tanto che l'ubicazione degli aerogeneratori e le piazzole di stoccaggio non interferiranno con il reticolo idrografico esistente.

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; infatti, 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.

6. SISMICA A RIFRAZIONE

7.1 CON TECNICA MASW

Sulla base delle risultanze delle indagini MASW condotte nelle vicinanze dell'area oggetto di studio e nelle stesse condizioni geologiche e geomorfologiche, 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, 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 consultate 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.

Al terreno di Fondazione “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

7. Considerazioni sulla Sismicità dell'aera

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 **ag**, **Tr**, **Fo** e **Tc** da utilizzare per la risposta sismica del sito sono riferiti al substrato, inteso come litotipo con $V_s > 800$ m/sec.

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 **ag** 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 TR 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 **ag** e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri: **ag** accelerazione orizzontale massima del terreno; **Fo** valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; ***Tc** 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 TR consi-

derati 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_o 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 VR della costruzione, le probabilità di superamento nella vita di riferimento PVR, associate a ciascuno degli stati limite considerati. Si possono così individuare, partendo dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

In relazione alle indagini geognostiche eseguite comparate con quelle consultate eseguite in precedenza dell'area di stretto interesse, di seguito si riporta una tabella sinottica con indicazione della categoria di suolo e alla categoria topografica associato a ciascun suolo di fondazione delle torri eoliche in progetto.

Di seguito si riporta i Parametri sismici sia dei terreni di sedime delle torri eoliche che ricadono sia su terreni di categoria "C"

PARAMETRI SISMICI DELLE AREE DI UBICAZIONE DELLE TORRI EOLICHE

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T2

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente c_u : 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 30 [anni]

a_g : 0,042 g

F_o : 2,450

T_c^* : 0,294 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 475 [anni]

a_g : 0,123 g

F_o : 2,609

T_c^* : 0,397 [s]

COEFFICIENTI SISMICI

SLO:

Ss: 1,500

Cc: 1,570

St: 1,200

Kh: 0,014

Kv: 0,007

Amax: 0,742

Beta: 0,180

SLD:

Ss: 1,500

Cc: 1,510

St: 1,200

Kh: 0,017

Kv: 0,008

Amax: 0,924

Beta: 0,180

SLV:

Ss: 1,500

Cc: 1,420

St: 1,200

Kh: 0,053

Kv: 0,027

Amax: 2,170

Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,460

Cc: 1,390

St: 1,200

Kh: 0,065

Kv: 0,033

Amax: 2,669

Beta: 0,240

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 50 [anni]

a_g : 0,052 g

F_o : 2,478

T_c^* : 0,331 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %

Tr: 975 [anni]

a_g : 0,155 g

F_o : 2,604

T_c^* : 0,427 [s]

8.1 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 divisa 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.

8. Considerazioni sui terreni di fondazione degli aerogeneratori in progetto

Il parco eolico in progetto è composto da n. 5 aerogeneratori disposti sulle collinette presenti ad ovest dell'abitato di Guglionesi, dove affiorano terreni plio-pleistocenici composti da argille sabbiose limose grigio-azzurre sovrapposte da sabbie limose-argillose e conglomerati dei terrazzamenti marini di quota massima di 330 mt.

I terreni presenti in questa piana sono terreni con discrete caratteristiche geotecniche, e dall'analisi di dati di Bibliografia ufficiale delle conoscenze dello scrivente, dal modello geologico e dalle indagini geotecniche in sito prese come riferimento, è stato possibile definire il modello geotecnico del sottosuolo.

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.

8.1 PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO

Per l'enorme estensione dell'area del Parco Eolico in progetto, per la variabilità dei terreni affioranti, si impone la presenza costante della falda freatica al una profondità di -2.00 mt dal piano campagna, anche la sua presenza e la sua profondità reale non è stata in questa fase verificata

- *Valori medi (Vm) dei terreni conglomeratici dei terrazzamenti marini.*

- | | |
|--|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Peso di volume naturale | $P_v = 1.80 \text{ gr/cm}^3$ |
| <input type="checkbox"/> Coesione drenata | $c' = 0,00 \text{ kg/cm}^2$ |
| <input type="checkbox"/> Angolo di attrito interno | $\phi = 35.00^\circ$ |

- *Valori medi (Vm) dei terreni argillosi limosi di colore grigio-azzurro*

- | | |
|--|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Peso di volume naturale | $P_v = 2.05 \text{ gr/cm}^3$ |
| <input type="checkbox"/> Coesione drenata | $c' = 0,24 \text{ kg/cm}^2$ |
| <input type="checkbox"/> Angolo di attrito interno | $\phi = 21.00^\circ$ |

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.

8.2 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

8.3 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).

9. Analisi di stabilità di versante

I n. 5 aerogeneratori e la sottostazione elettrica sono ubicati in zone poco inclinate o su versanti la cui pendenza non necessita di essere investigata tramite l'esecuzione di verifiche specifiche di stabilità di versante.

Dal punto di vista della stabilità dell'area, la franosità e funzione delle caratteristiche geotecniche, litologiche, idrogeologiche e morfologiche dell'area, e 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, dunque dalle verifiche effettuate le torri in progetto ricadono tutte in aree stabili.

10. Considerazioni conclusive

I lavori in progetto prevedono la costruzione di n. 5 macchine eoliche disposte sulle colline argillose sovrapposte dai Depositi Terrazzati Marini di natura prevalentemente conglomeratica.

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 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 08 settembre 2022

Il Geologo
Dott. Maurizio Giacomino

INDICE

1. Premessa	1
2. Piano Stralcio Difesa Rischio Idrogeologico.	3
3. Inquadramento Geologico Tettonico Regionale.....	4
4. Geomorfologia dell'area di stretto interesse	6
5. Idrogeologia ed idrologia dell'area di stretto interesse.	7
6. SISMICA A RIFRAZIONE	9
7.1 CON TECNICA MASW	9
7. Considerazioni sulla Sismicità dell'aera	11
8.1 MICROZONAZIONE SISMICA DELL'AREA DEL PARCO EOLICO IN PROGETTO.....	13
8. Considerazioni sui terreni di fondazione degli aereogeneratori in progetto	14
8.1 PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO.....	14
8.2 PARAMETRI CARATTERISTICI	15
8.3 PARAMETRI DI PROGETTO	15
9. Analisi di stabilità di versante	16
10. Considerazioni conclusive.....	17