

PROPONENTE:

D&D Costruzioni s.r.l.

Sede in:

Viale Aleardo Aleardi, 1/D - 50124 Firenze, Italia

Pec: costruzionided@pec.it



PROVINCIA DI
NUORO



PROVINCIA
DEL SUD
SARDEGNA



COMUNE DI
USSASSAI



COMUNE DI
SEUI



COMUNE DI
ESCALAPLANO



COMUNE DI
ESTERZILI



REGIONE
AUTONOMA DELLA
SARDEGNA

OGGETTO:

PROGETTO DEFINITIVO DI UN IMPIANTO EOLICO COMPOSTO DA 6 AEROGENERATORI CON POTENZA COMPLESSIVA DI 36 MW, DENOMINATO "SU CASTEDDU", NEL COMUNE DI USSASSAI (NU) E OPERE CONNESSE NEI COMUNI DI USSASSAI (NU), SEUI (SU), ESTERZILI (SU) ED ESCALAPLANO (SU)

NOME ELABORATO:

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA PRELIMINARE

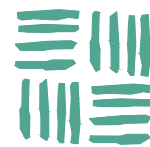
PROGETTO SVILUPPATO DA:

AGREENPOWER s.r.l.

Sede legale: Via Serra, 44

09038 Serramanna (SU) - ITALIA

Email: info@agreenpower.it



agreenpower s.r.l.

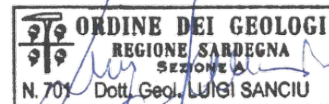
GRUPPO DI LAVORO:

Ing. Simone Abis
Dott. Ing. Fabio Sirigu
Dott. Ing. Daniele Cabiddu
Arch. Roberta Sanna
Ing. Danilo Marras
Dott. Gianluca Fadda

COLLABORATORI:

Vamirgeoind Ambiente Geologia e
Geofisica Srl
bmp Srl
Dott. Archeologo Matteo Tatti
Dott. Geologo Luigi Sanciu
Dott. Naturalista Francesco Mascia
Dott. Agronomo Vincenzo Sechi
Ing. Federico Miscali
Ing. Vincenzo Carboni

TIMBRO E FIRMA:



SCALA:	CODICE ELABORATO	TIPOLOGIA	FASE PROGETTUALE			
-	RELO7	IMPIANTO EOLICO	DEFINITIVO			
FORMATO:						
-						
3						
2						
1						
0	Prima emissione	Marzo 2024	L.Sanciu	Agreenpower	Agreenpower	
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	

INDICE

1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
2. DETTAGLI PROGETTUALI	4
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	5
4. VINCOLISTICA	7
4.1 Interazione con il Piano di stralcio di bacino	7
4.2 Interazione con il piano stralcio fasce fluviali	8
5. MODELLO GEOLOGICO	9
5.1 Descrizione geologica di dettaglio	9
5.2 Inquadramento geomorfologico	12
5.3 Inquadramento idrogeologico	14
5.4 Inquadramento climatologico	14
6. RELAZIONE SISMICA	16
6.1 Sismica di base	17
7. MODELLO GEOTECNICO	19
7.1 Indagini geognostiche e Stratigrafia dei terreni di fondazione	19
7.3 Considerazione geotecniche	26
8. CONCLUSIONI	27

PREMESSA

La Società *Agreenpower Srl* con sede in Via Serra 44 - 09038, Serramanna (SU) nell'ambito della progettazione dell'impianto eolico denominato "Su Casteddu" in agro di Ussassai (NU) (vedi cap. 2 "Dettagli progettuali") ha incaricato lo scrivente, Geol. Luigi Sanciu (N°701 Ordine dei Geologi della Sardegna) per un'indagine geologica a carattere preliminare al fine di valutarne la fattibilità e orientare correttamente le scelte progettuali come richiesto dalla normativa vigente. Il presente studio, condotto in osservanza alla normativa vigente, si prefigge di:

- definire il modello geologico di riferimento per la progettazione preliminare dell'intervento;
- evidenziare le possibili problematiche di natura geologica o geotecnica;
- fornire, ove possibile, suggerimenti per effettuare le scelte operative più idonee.

In tal senso le indagini vengono svolte con lo scopo di individuare i caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, geomorfologici, idrogeologici e di pericolosità geologica del territorio, in relazione alla realizzazione dell'intervento.

Nella fase preliminare della progettazione, tenuto anche conto delle caratteristiche delle opere da realizzare, è stata comunque realizzata anche una prima serie di indagini dirette e indirette che saranno fondamentali nella fase successiva di progettazione per coadiuvare i progettisti incaricati del dimensionamento delle strutture di fondazione degli aerogeneratori.

1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa vigente in materia a cui si è fatto riferimento per lo svolgimento degli studi e la compilazione del presente documento tecnico è la seguente:

- Circolare C.S. LL.PP. n. 7 del 21.01.2019 «Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018»;
- D.M. 14.01.2018 «Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni»;
- Circolare C.S. LL.PP. n. 617 del 02.02.2009 «Istruzioni per l'applicazione delle nuove "Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008»;
- Ordinanza P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006 «Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone»;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3316 del 02.10.2003 «Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri»;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003 «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica»;
- Circolare n. 218/24/3 del 09.01.1996 «Istruzioni applicative per la redazione della Relazione Geologica e della Relazione Geotecnica»;
- D.M. LL.PP. 11.03.1988 «Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione» e relativa Circ. Min. LL.PP. n. 30483 del 24.09.1988;
- Legge n. 64 del 02.02.1974 «Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche», che prevede l'obbligatorietà dell'applicazione per tutte le opere, pubbliche e private, delle norme tecniche che saranno fissate con successivi decreti del Ministero LL.PP.;
- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) adottato dalla Giunta Regionale con D.G.R. n. 54/33 del 30.12.2004 e reso esecutivo con Decreto Assessoriale n. 3 del 21.02.2005 con pubblicazione nel BURAS n. 8 del 11.03.2005;
- Norme di Attuazione del P.A.I. - Testo coordinato e ss.mm.

2. DETTAGLI PROGETTUALI

La presente relazione è relativa al progetto definitivo per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, denominato "Su Casteddu". L'impianto, di tipo grid-connected, verrà realizzato su terreni privati di proprietà della Società Proponente e del suo Amministratore Unico, ubicati interamente nel territorio comunale di Ussassai (NU). Il percorso dell'elettrodotto di connessione alla Stazione Elettrica della RTN è previsto invece in terreni ubicati nel Comune di Ussassai (NU), Seui (SU), Esterzili (SU) ed Escalaplano (SU).

Il progetto prevede l'installazione di nr. 6 aerogeneratori del produttore Vestas, serie EnVentus modello V162-6.0MW, con diametro del rotore di 162 m, altezza al mozzo 166 m e altezza massima 247 m, ciascuno di potenza pari a 6.0 MW, per complessivi 36 MW di potenza ai fini dell'immissione in rete, e relative opere connesse. L'impianto eolico sarà connesso alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) tramite elettrodotto interrato, necessario al convogliamento dell'energia elettrica prodotta dall'impianto alla nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150 kV, prevista nel Comune di Escalaplano. L'impianto eolico sarà connesso alla rete elettrica in Alta Tensione per mezzo di un collegamento in antenna a 150 kV sulla nuova SE di smistamento della RTN a 150 kV, come da STMG allegata al preventivo di connessione ricevuto da Terna S.p.A.

Le fondazioni degli aerogeneratori sono di tipo circolare tronco conica con base molto larga, avente diametro pari a 24,00 m. La superficie occupata è circa 450 m² e l'altezza della fondazione è 3,45 m dal bordo superiore della base al piano di fondazione della base, con la fossa sfalsata di 30 cm al di sotto della fondazione. La sommità della fondazione, di larghezza 6 m farà da collegamento alla prima sezione della torre.

Le nr. 6 piazzole di esercizio, che durante la vita dell'impianto rimarranno disposizione per la gestione e l'eventuale manutenzione straordinaria dell'aerogeneratore, occupano una superficie media pari a 1.750 m².

Tutti i cavi elettrici di collegamento tra gli aerogeneratori e la Sottostazione Elettrica Utente (SSEU) sono posati sotto il manto stradale esistente o lungo i tratti delle strade di nuova realizzazione che collegano le strade esistenti alle aree di servizio degli aerogeneratori. Il cavidotto di collegamento tra gli aerogeneratori e la Sottostazione Utente, come riportato negli elaborati di progetto, è totalmente interrato in trincee di profondità pari a 1,5 m rispetto al piano di campagna; pertanto, la posa dei cavi sarà a circa 1,3 m di profondità dal piano di campagna.

Il progetto, che ricade negli agri dei comuni di Ussassai, Seui, Esterzili ed Escalaplano, è a favore dello sviluppo sostenibile del territorio in cui si inserisce, coerentemente con l'impegno dell'Italia in ambito internazionale di riduzione delle emissioni di CO₂ nell'atmosfera e anche, nella contingenza dell'emergenza energetica, nell'ambito della gestione razionale dell'energia e della riduzione della

dipendenza dall'Estero per l'approvvigionamento di materie prime di tipo tradizionale (olio e gas) o direttamente di energia elettrica.

3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area ove sorgeranno i sei aerogeneratori (siglati in cartografia con 200,201,202,203,204,205) e parte del cavidotto, è compresa all'interno del comune di Ussassai, nelle località "Sa matta e s'alinu", "Sa Birdi", "Bau Aregu", "Seliori" e "Monte Perdu", ricadenti all'interno della provincia di Nuoro. Il cavidotto (linea rossa) ricade oltre che nel comune di Ussassai, anche all'interno dei comuni di Seui, Esterzili ed Escalaplano. In quest'ultimo comune si raccorderà con la stazione di trasformazione utente.

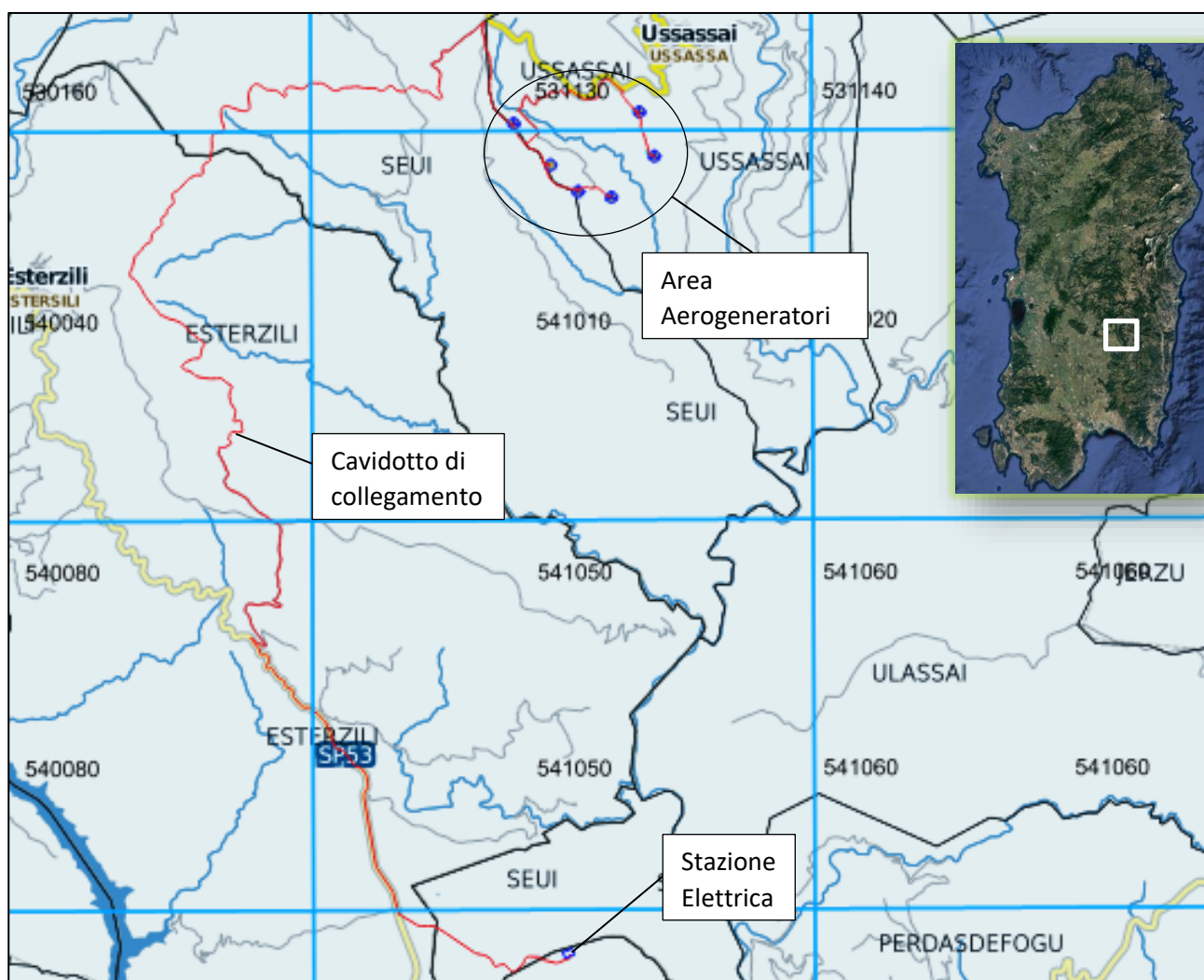


Figura 1 – Inquadramento d'insieme dell'area ove sorgeranno gli aerogeneratori, percorso del cavidotto e Stazione Elettrica

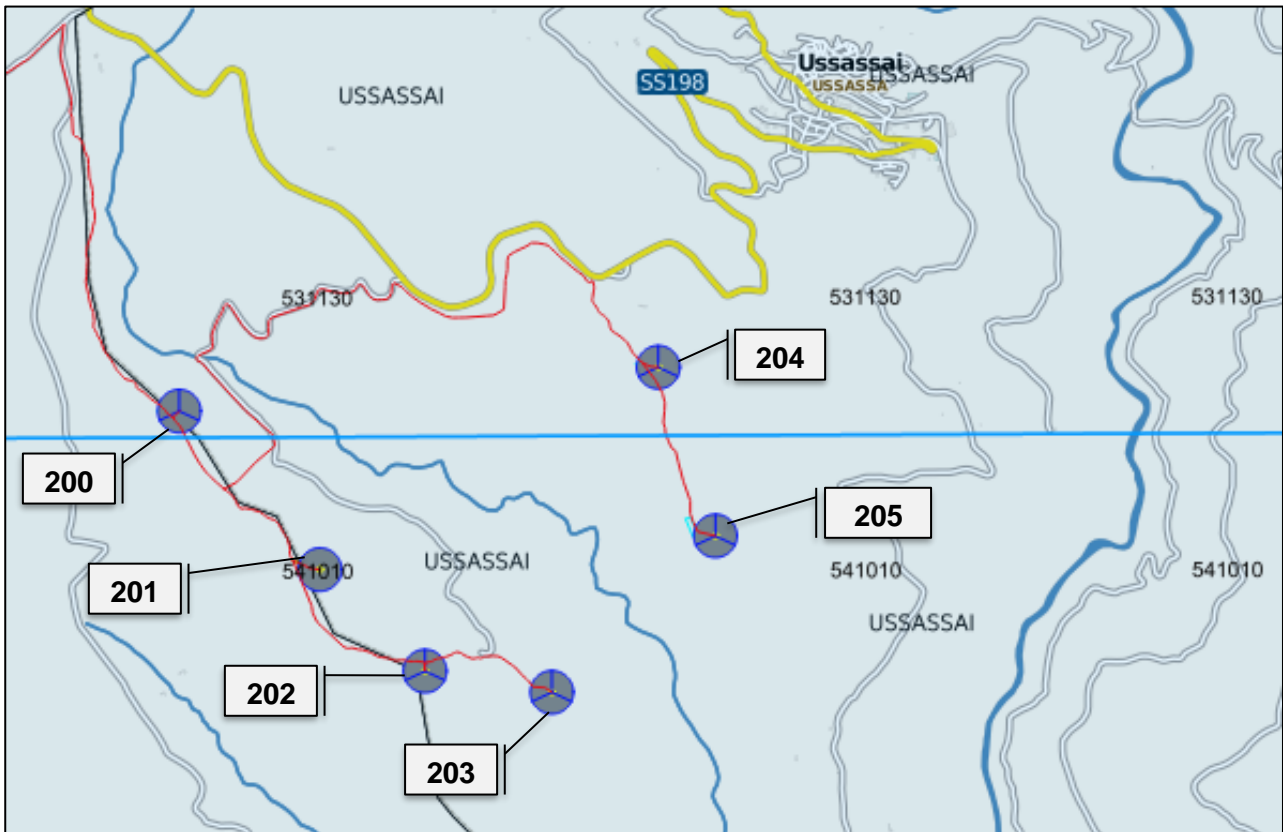


Figura 2 – Inquadramento area aerogeneratori con sigle di riferimento.

COMUNE	WTG	FOGLIO	PARTICELLA
Ussassai	WTG200	28	3
Ussassai	WTG201	28	16
Ussassai	WTG202	29	11
Ussassai	WTG203	29	19
Ussassai	WTG204	24	50
Ussassai	WTG205	30	14

Tab. 1 – Riferimenti catastali aerogeneratori.

4. VINCOLISTICA

Di seguito sono analizzate le interazioni tra le opere e gli strumenti di pianificazione, vigenti nell'area.

4.1 Interazione con il Piano di stralcio di bacino

Il Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico del bacino unico della Regione Sardegna (in seguito denominato PAI) è redatto, adottato e approvato ai sensi: a. della legge 18.5.1989, n. 183, "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo": Il Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI), redatto ai sensi del comma 6 ter dell'art. 17 della Legge 18.05.1989 n. 183 e successive modificazioni, è stato approvato dalla Giunta Regionale con Delibera n. 54/33 del 30.12.2004 e reso esecutivo in forza del Decreto dell'Assessore dei Lavori Pubblici in data 21.02.2005, n. 3. Prevede:

— indirizzi, azioni settoriali, norme tecniche e prescrizioni generali per la prevenzione dei pericoli e dei rischi idrogeologici nel bacino idrografico unico regionale e nelle aree di pericolosità idrogeologica;

— disciplina le aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e moderata (Hi1) perimetrate nei territori dei Comuni indicati nell'Allegato A del PAI;

— disciplina le aree di pericolosità da frana molto elevata (Hg4), elevata (Hg3), media (Hg2) e moderata (Hg1) perimetrate nei territori dei Comuni indicati nell'Allegato B del PAI.

Allo stato attuale, non risultano aree perimetrate all'interno del PAI Sardegna. In base ai rilevamenti di terreno che hanno avuto lo scopo di individuare aree di criticità non contemplate dall'attuale vincolistica PAI, non sono emerse neanche in questa fase situazioni di criticità. Alla luce delle considerazioni esposte, non sono emerse condizioni tali da dover implementare il presente elaborato con uno Studio di Compatibilità Idraulica.

4.2 Interazione con il piano stralcio fasce fluviali

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali è redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 della legge 19 maggio 1989 n. 183, quale Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale relativo ai settori funzionali individuati dall'art. 17, comma 3 della L. 18 maggio 1989, n. 183, ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali. Il PSFF costituisce un approfondimento ed una integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.

Il Piano persegue gli obiettivi di settore, ai sensi dell'art. 3 e dell'art. 17 della L. 18 maggio 1989, n. 183, con particolare riferimento alle lettere a), b), c), i), l), m) e s) del medesimo art. 17. Il P.S.F.F. costituisce un approfondimento ed integrazione necessaria al P.A.I. in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali, funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.

Le fasce fluviali possono essere intese come "aree di pertinenza fluviale", individuano le aree limitrofe all'alveo inciso, interessati da espandimenti nelle fasi di piene quindi potenzialmente inondabili. Le aree appartenenti a una "classe" hanno le stesse probabilità di essere inondate in un determinato periodo di tempo (tempo di ritorno), le delimitazioni sono state effettuate in seguito ad analisi geomorfologiche e idrauliche del territorio. Tuttavia, sono stati considerati esclusivamente le aste principali dei corsi fluviali che sottendono un bacino di più di 30 km² e le fasce fluviali dei relativi affluenti, per portate di piena con tempi di ritorno T fissato in 2, 50, 100, 200 e 500 anni.

L'area del parco eolico ricade nel sub-bacino idrografico n°7 del Flumendosa-Campidano-Cixerri. I vincoli della delibera non trovano applicazione nell'area in cui verranno realizzate le opere in progetto.

5. MODELLO GEOLOGICO

L'area è ubicata nella parte centro-orientale dell'isola, al confine con le subregioni storiche Sarcidano, Salto di Quirra e Ogliastra. Il basamento più antico è costituito dalle rocce paleozoiche metamorfiche di basso grado (metarenarie e metasiltiti) definite queste ultime con il nome di "scisti". Buona parte della successione di metamorfiti è attraversata da filoni idrotermali di quarzo bianco. Come descritto nel paragrafo riguardante la tettonica, tutte le strutture deformative che hanno coinvolto la successione stratigrafica, risalgono all'orogenesi varisica. Successivamente, l'esumazione di tali successioni hanno impostato le unità di paesaggio che riscontriamo oggi.

5.1 Descrizione geologica di dettaglio

In riferimento all'area in studio ove sorgeranno gli aerogeneratori (Fig. 2) le litologie affioranti nel settore, sono ascrivibili ad una unica formazione, nota in letteratura come "Filladi del Gennargentu" riferite cronologicamente al Cambriano-Ordoviciano sulla base di correlazioni lito-stratigrafiche. A questa unità litostratigrafica è attribuito gran parte del basamento metamorfico di basso grado affiorante nei Monti del Gennargentu ("Postgotlandiano" Auct. p.p.). Questo complesso comprende rocce derivate da originarie successioni silico-clastiche. In nessuna località l'attribuzione stratigrafica è documentata paleontologicamente e le attribuzioni cronologiche, basate sulle correlazioni lito-stratigrafiche, divengono sempre più incerte con l'aumentare del grado metamorfico. E' possibile che questa successione, attribuita al Cambro-Ordoviciano inferiore, possa essere anche più recente. Si tratta di una irregolare alternanza di livelli da metrici a decimetrici di metarenarie quarzose e micacee, quarziti, filladi quarzifere e filladi (Fig. 5). Le filladi hanno colori da grigio chiaro a viola e verdi. In alcune zone la somiglianza litologica con le successioni cambro-ordoviciane note in altre unità tettoniche datate paleontologicamente (come quella di Meana Sardo) è molto forte; in altre località prevalgono invece termini più quarziticci o metarenarie e metasiltiti. Nei Monti del Gennargentu lo spessore originario di tale successione metamorfica non è valutabile a causa del complesso assetto tettonico; lo spessore apparente è comunque di circa 1.000-1.500 m.

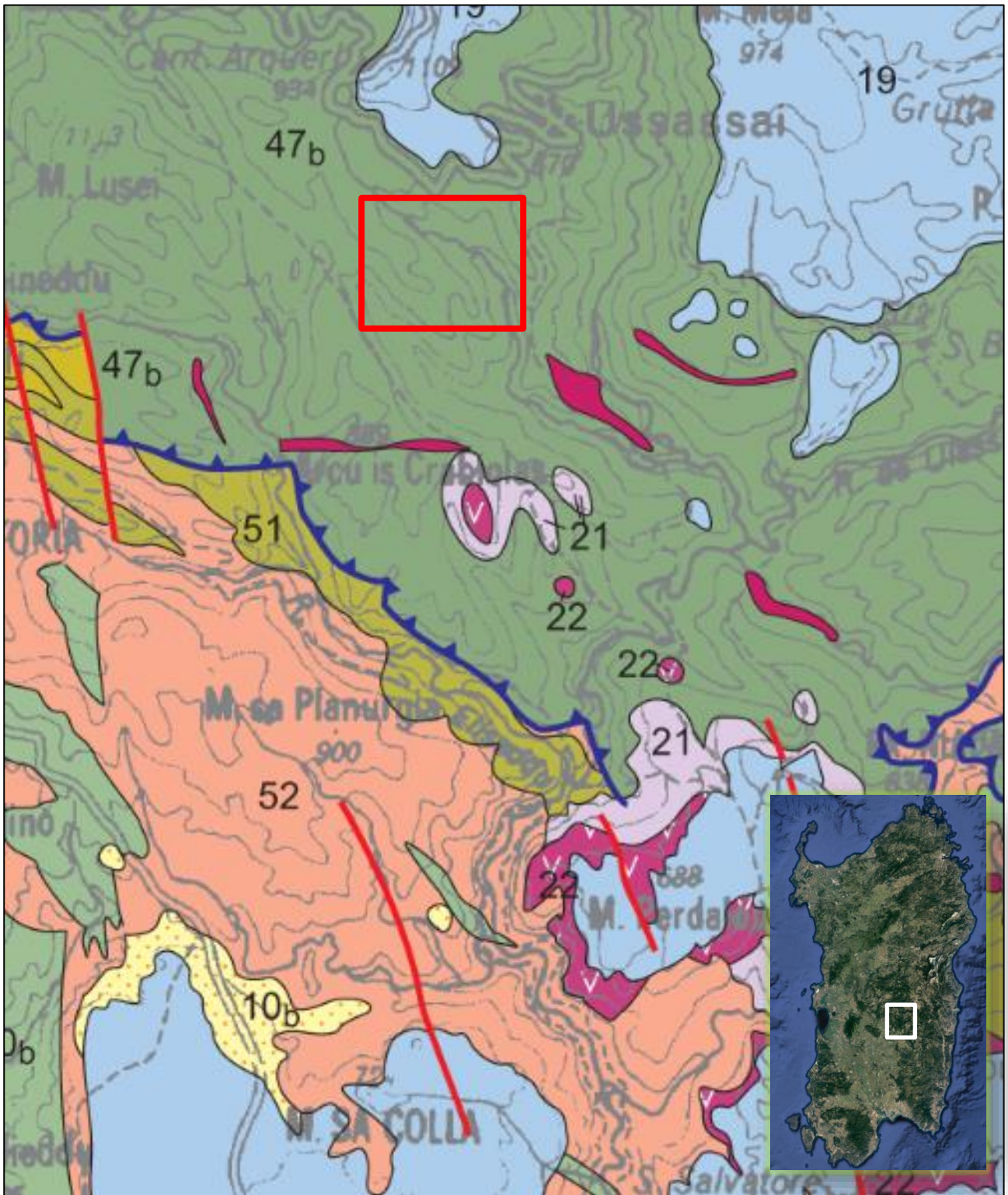


Figura 3 - Stralcio della carta geologica della Sardegna (1:200.000 – Carmignani et al.) con inquadramento dei settori oggetto di studio (si rimanda alla carta geologica allegata per maggior dettaglio).


 Area impianto aerogeneratori



Figura 4 – Area ove sarà installata l'aerogeneratore 200. Si notano lastroni di filladi smossi da lavori agricoli superficiali e per la creazione di servitù di passaggio



Figura 5 – dettaglio delle filladi in affioramento con giacitura inclinata di circa 15° verso NO.

TETTONICA COLLISIONALE VARISICA

I caratteri principali del basamento paleozoico sardo (e quindi anche quelli dell'area di studio) derivano dall'orogenesi varisica, che ha prodotto importanti deformazioni, metamorfismo e magmatismo. La catena varisica della Sardegna è considerata una catena collisionale, formata, in generale, da una "Zona assiale" che affiora nella Sardegna settentrionale, da una "Zona a falde" che affiora nella Sardegna centrale e sudorientale (quindi nell'area di nostro interesse) e da una "Zona esterna" presente nel Sulcis, Iglesiente e Arburese. In accordo con questa zonazione, la polarità della catena è marcata anche dal senso di trasporto tettonico delle falde verso SW e W, dal metamorfismo progrado verso NE e dalla minore estensione delle intrusioni granitiche nella "Zona esterna". La "Zona a falde", della catena varisica sarda è costituita da una sovrapposizione di unità tettoniche interessate in buona sostanza da metamorfismo di basso grado. Questa "Zona a falde", rappresentata nell'area di interesse di questa relazione, è stata suddivisa in due gruppi: le "Falde interne" e le sottostanti "Falde esterne". Nell'area di studio sono presenti entrambe: a quelle interne appartiene l'Unità tettonica del Gennargentu (in precedenza conosciuta dai vari Autori come 'Postgotlandiano');

5.2 Inquadramento geomorfologico

L'attuale assetto morfologico è il risultato di complessi e articolati fenomeni tettono-strutturali e di modellazione superficiale che hanno interessato questo settore della Sardegna, soprattutto durante il Terziario e il Quaternario. Tuttavia, l'evoluzione geomorfologica dell'area è sicuramente influenzata anche dalle caratteristiche del substrato, costituito principalmente da rocce paleozoiche fortemente strutturate. Oggi sono osservabili sul terreno gli effetti delle fasi collisionali ed estensionali dell'orogenesi varisica, mentre i caratteri fisiografici, la riattivazione dell'eredità strutturale e l'assetto geologico generale derivano anche dagli effetti della tettonica fragile "alpina" s.l., che ha svolto un ruolo importante nel modellamento anche di quest'area della Sardegna, riattivando le precedenti discontinuità orientate circa NE-SW, NW-SE e N-S che, come detto, sono le principali e più diffuse dell'area. La morfologia risultante è quindi quella tipica delle rocce metamorfiche, cioè con forme generalmente dolci e arrotondate, ampie dorsali, qualche settore sommitale sub-pianeggiante (Fig. 6), valli incise e un reticolo idrografico contorto e spesso incassato, con prevalente andamento circa N-S, NE-SW e NW-SE, come quello delle principali e più evidenti discontinuità dell'area.



Figura 6 – Andamento generale dei versanti nell'area in studio

I versanti, con pendenze di media acclività, sono tipicamente convessi, con inclinazioni che si accentuano verso fondovalle. Localmente sono presenti morfologie accidentate, sia lungo le creste che nei versanti, in corrispondenza di affioramenti particolarmente resistenti all'erosione; sostanzialmente quelli interessati da metamorfismo termico che determina una notevole compattezza dell'ammasso roccioso ed una conseguente maggiore resistenza all'erosione. Una evidente condizione morfologica che si rileva in maniera diffusa è la complessiva esposizione all'erosione che si manifesta attraverso una generale assenza di significativi depositi di copertura come riscontrato durante i sondaggi e le prospezioni MASW. Nell'area non sono state riscontrate evidenze di instabilità dei versanti o fenomeni di dissesto franoso in atto o passati (recenti o antichi). Infatti, sebbene le rocce siano caratterizzate da superfici di scistosità più o meno pervasive (che conferiscono quindi una certa fissilità alla compagine rocciosa) e da vari sistemi di fratturazione, l'ammasso roccioso si presenta quasi sempre compatto e dotato di buone caratteristiche meccaniche. Inoltre, la giacitura della scistosità, che sul terreno è la superficie più evidente e maggiormente penetrativa, è quasi sempre inclinata verso i quadranti settentrionali o nord-orientali con inclinazioni che di norma variano da 15° a 40°.

5.3 Inquadramento idrogeologico

La permeabilità del substrato è particolarmente bassa, così che le acque di precipitazione tendono immediatamente a defluire per ruscellamento superficiale. La fratturazione della roccia disposta con immersione a NE, fa sì che le acque di infiltrazione tendano a defluire in direzione del versante rivolto a nord dando origine ad alcune piccole manifestazioni sorgentizie a carattere perenne, pur con portate ridotte (0,2 l/s) mentre nel versante sud sono assenti. Al contrario, le coperture detritiche e alluvionali presentano un'elevata permeabilità primaria, pur non costituendo formazioni acquifere degne di rilievo. La circolazione idrica sotterranea risulta quindi limitata al livello superficiale dei versanti comprendente la coltre detritica e la porzione di roccia fratturata; in particolare, la circolazione lungo le fratture, mostra carattere locale per la presenza di riempimento di materiale fine. Il grado di permeabilità è stato valutato attraverso l'esame delle diverse caratteristiche macroscopiche quali lo stato delle fessurazioni, la disgregazione, l'alterazione e la giacitura dei litotipi, che hanno consentito di dettagliare meglio le litologie metamorfiche e carbonatiche.

- **Complesso metamorfico e filoniano SVI:** pur trattandosi di litologie impermeabili, presenta una permeabilità secondaria per fessurazione, acquisita dalla roccia successivamente alla sua formazione, pertanto la circolazione in ambito subsuperficiale è condizionata dallo stato delle fratture e dalla giacitura delle diverse famiglie di discontinuità. In generale, la formazione è scarsamente permeabile per fratturazione e presenta un coefficiente di permeabilità compreso tra $10^{-7} < K < 10^{-4}$ cm/s.

5.4 Inquadramento climatologico

La Sardegna presenta un clima marcatamente mediterraneo insulare, caratterizzato da giornate prevalentemente soleggiate, temperature miti e piogge raramente abbondanti. Le piogge sull'isola si presentano spesso intense e non durature, a carattere di rovescio; risultano molto scarse nel Campidano e lungo le coste meridionali, ove cadono meno di 400 mm (valori confrontabili con quelli delle zone semiaride), mentre si attestano tra i 600-700 mm sulle zone interne collinari e più in generale su gran parte dell'Isola. La piovosità maggiore è raggiunta sul massiccio del Gennargentu, dove le precipitazioni possono cadere sotto forma nevosa durante la stagione invernale, superando i 1000 mm. Le correnti oceaniche influenzano maggiormente il versante occidentale della Sardegna, dove le precipitazioni localmente, superano i 700-800 mm annui, anche se, successivamente, durante l'estate, tale area risulta essere tra le più secche dell'Isola. La Sardegna, lontana dagli ostacoli orografici delle grandi masse continentali, è spesso soggetta a venti intensi in qualsiasi periodo dell'anno. I venti più frequenti e forti sono il Maestrale, lo Scirocco e il Libeccio. In inverno, lo Scirocco, richiamato da perturbazioni afromediterranee apporta intense ondate di maltempo sulla Sardegna meridionale, mentre il Libeccio ed il Maestrale favoriscono le piogge sulla parte

Occidentale. Il Maestrale è anche responsabile di episodi di freddo e neve invernale, trasportando con sé l'aria artica che sfocia dalla Valle del Rodano nel Mediterraneo. In estate, lo Scirocco porta con sé aria molto calda e asciutta dai deserti nordafricani, la quale spesso si accompagna al pulviscolo sahariano e a temperature elevatissime. Tali avvezioni di aria calda annunciano l'arrivo dell'Anticiclone africano che in estate permane a lungo su queste zone del Mediterraneo. Sotto il profilo termico, la Sardegna presenta un clima molto mite con estati molto calde ed inverni miti. Le temperature medie annuali si attestano tra i 15 ed i 18°C. In estate le temperature superano i 30 °C diffusamente, financo a raggiungere la soglia dei 40 °C. D'inverno le temperature restano miti, in particolare nelle coste, mentre possono scendere sotto 0 °C sui settori interni in quota. In fig. 7 sono rapportate le precipitazioni da ottobre 2020 fino ad aprile 2022 con una chiara evidenza della situazione climatica dell'area che si evolve verso precipitazioni a carattere alluvionale, molto concentrate nel tempo e di forte intensità. Le maggiori precipitazioni (579 mm) cadono nel semestre autunno-inverno, mentre nel semestre primavera-estate cadono 223 mm di pioggia. Il mese meno piovoso risulta essere quello di luglio, in cui le precipitazioni sono pari a 18 mm.

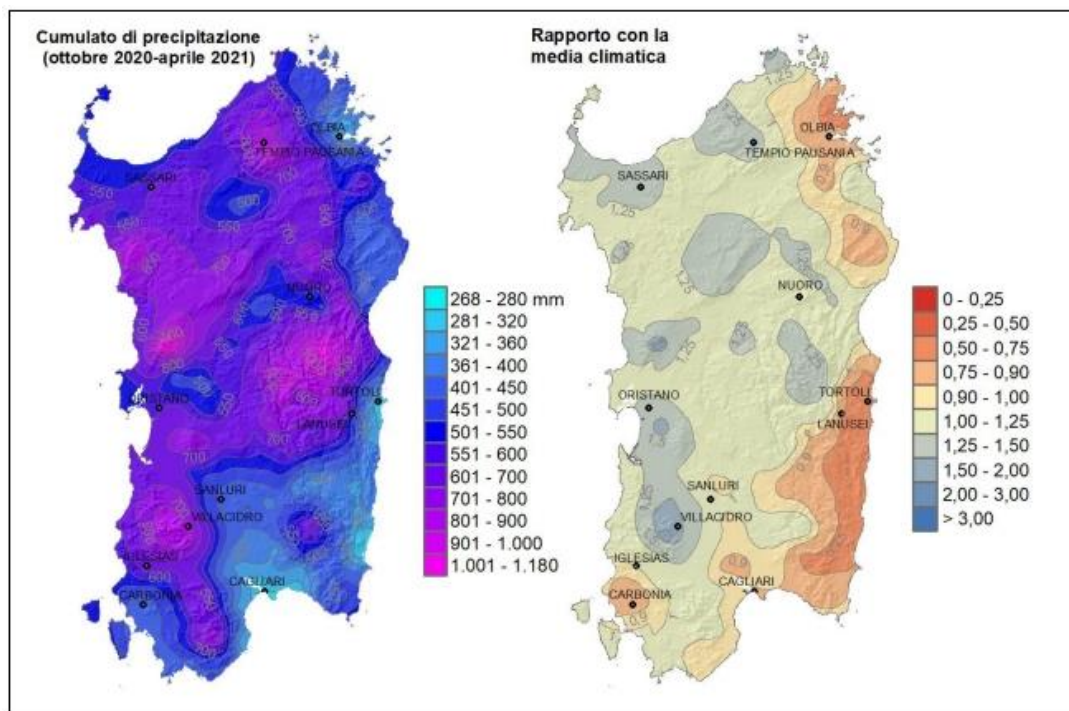


Figura 7 – Cumulativo precipitazioni del periodo ottobre 2020 – aprile 2021 paragonato con la situazione media climatica (fonte ARPAS Sardegna)

6. RELAZIONE SISMICA

Sismicità storica

La sismicità della Regione Sardegna è assai bassa. Tali evidenze sono messe in rilievo da molti indicatori, quali l'evoluzione cinematica del Mediterraneo centrale, che secondo qualsiasi ricostruzione, ci dice che l'intero blocco sardo-corso è rimasto stabile negli ultimi 7 milioni di anni.

Il catalogo storico dei terremoti riporta, infatti, solo due eventi nel Nord della Sardegna, entrambi di magnitudo inferiore a 5 (nel 1924 e nel 1948); il catalogo strumentale (sismicità degli ultimi 25 anni registrata dalla rete nazionale) riporta solo alcuni eventi nel Tirreno e pochissimi eventi a Sud della Sardegna (come gli ultimi eventi del marzo 2006), tutti eventi di magnitudo inferiore a 5. L'evento sismico più forte in Sardegna, infatti, è stato registrato nel 1948 nella zona tra Castelsardo e Tempio Pausania; fu un terremoto che provocò solo qualche lieve danno. Nel 2006 alcune scosse avvennero nel Golfo di Cagliari, spaventando la popolazione senza danni.

Nella zona presa in esame la situazione è analoga: non è impossibile che si verifichi qualche scossa leggera ma la probabilità è molto bassa. Si tratta, insomma, di eventi di bassa energia, e infrequenti.

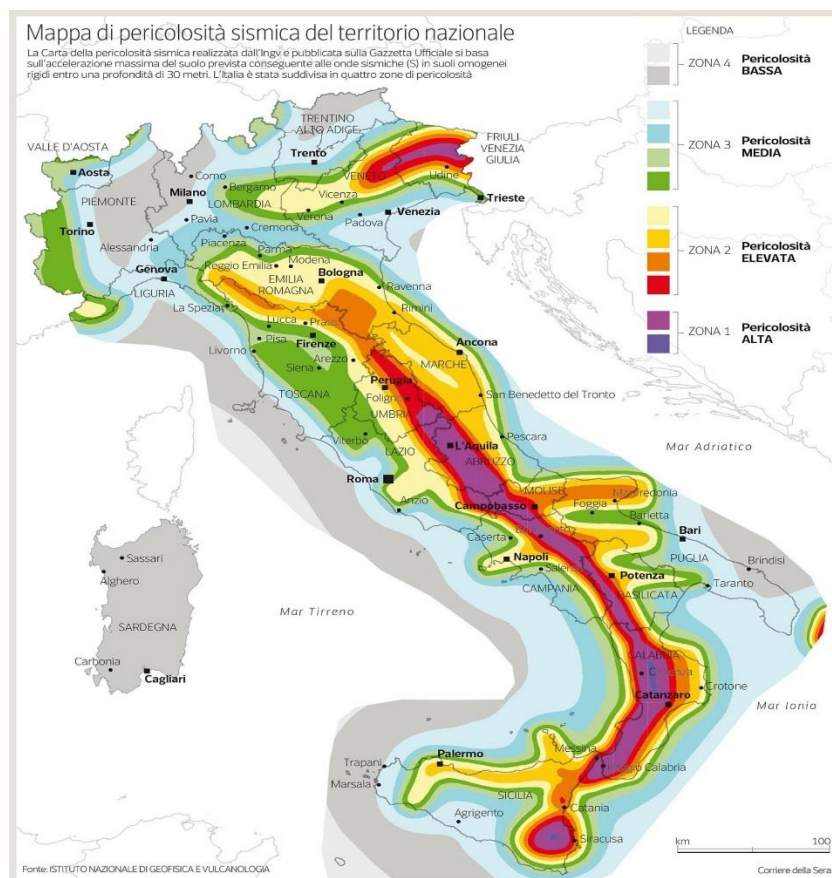


Figura 8 - Mappa della pericolosità sismica nazionale (Fonte INGV)

Dalla mappa si ricavano i valori di a_g teorici (tabella 1) a seconda della zonazione. La Sardegna ricade all'interno della Zona 4 (pericolosità bassa)

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)
1	$a_g > 0.25$
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$
4	$a_g \leq 0.05$

Tabella 2 – Valori di a_g

6.1 Sismica di base

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) D.M. 14.01.2008 così come gli aggiornamenti relativi di cui al D.M. 17.01.2018, introducono il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

La “pericolosità sismica di base”, di seguito chiamata semplicemente pericolosità sismica, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni e alle strutture.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - INGV, <http://esse1.mi.ingv.it/>

Le NTC introducono il concetto di nodo di riferimento di un reticolo composto da 10751 punti in cui è stato suddiviso l'intero territorio italiano. Le stesse NTC forniscono, per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_r considerati dalla pericolosità sismica, tre parametri:

- a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno (espressa in $g/10$);
- 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.

Da un punto di vista normativo, pertanto, la pericolosità sismica di un sito non è sintetizzata più dall'unico parametro (a_g), ma dipende dalla posizione rispetto ai nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame (Tabella A1 delle NTC), dalla Vita Nominale e

dalla Classe d'Uso dell'opera. I punti del reticolo di riferimento riportati nella Tabella A1 delle NTC hanno un passo di circa 10 km e sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine. La rappresentazione grafica dello studio di pericolosità sismica di base dell'INGV, da cui è stata tratta la Tabella A1 delle NTC, è caratterizzata da una mappa di pericolosità Sismica del Territorio Nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo rigido (in g) in funzione della probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento considerato. Per tutte le isole, con l'esclusione della Sicilia, Ischia, Procida, Capri gli spettri di risposta sono definiti in base a valori di a_g , F_0 , T_c^* uniformi su tutto il territorio di ciascuna isola e per tali valori, necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B. (Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti). Per la Regione Sardegna, l'assegnazione dei parametri per i vari tempi di ritorno è semplificata dalla tabella sottostante che assegna i singoli valori di a_g .

Isole	$T_R=30$			$T_R=50$			$T_R=72$			$T_R=101$			$T_R=140$			$T_R=201$			$T_R=475$			$T_R=975$			$T_R=2475$		
	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*
Arcipelago Toscano, Isole Egadi, Pantellena, Sardegna, Lampedusa, Linosa, Ponza, Palmarola, Zannone	0,186	2,61	0,273	0,235	2,67	0,296	0,274	2,70	0,303	0,314	2,73	0,307	0,351	2,78	0,313	0,393	2,82	0,322	0,500	2,88	0,340	0,603	2,98	0,372	0,747	3,09	0,401

Tabella 3 - valori di a_g , F_0 , T_c^* per la Regione Sardegna.

L'attività tettonica nel settore considerato, come per tutta l'Isola, è molto bassa in virtù della generale stabilità del blocco sardo-corso negli ultimi 7 m.a. e generalmente non si rilevano deformazioni significative nel corso del tardo Quaternario (Pleistocene superiore e Olocene) se non quelle dovute a fenomeni di subsidenza. Dai dati macrosismici provenienti da studi INGV e di altri enti utilizzati per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04, consultabili dal sito web "DBMI04", per l'Isola non sono segnalati eventi sismici significativi, al massimo del VI grado della scala Mercalli. Si porta ad esempio il terremoto del 04.06.1616 che determinò danneggiamenti vari a edifici della Cagliari di allora e ad alcune torri costiere attorno a Villasimius. Altri terremoti degni di nota (oltre ai primi registrati dall'Istituto Nazionale di Geofisica negli anni 1838 e 1870 rispettivamente del VI e V grado della scala Mercalli) risalgono al 1948 (epicentro nel Canale di Sardegna, verso la Tunisia, VI grado) e al 1960 (V grado), con epicentro i dintorni di Tempio Pausania).

Altri episodi, con epicentro nel settore a mare poco a ovest della Corsica e della Sardegna, sono stati registrati in Sardegna nel 2011 con magnitudo compresa tra 2,1 e 5,3 di ipocentro a profondità tra 11 km e circa 40 km di profondità. Si segnalano altri terremoti tra il 2006 e il 2007 nel Medio Campidano seppure di magnitudo mai superiore e 2,7 (13.07.2006, magnitudo 2,7 a 10 km di profondità con epicentro Capoterra; 23.05.2007, magnitudo 1,4 a 10 km di profondità con epicentro Pabillonis; 02.10.2007, magnitudo 1,4 a 10 km di profondità con epicentro tra Pabillonis e Guspini).

Nell'area di interesse. La sismicità storica è stata ricostruita previa consultazione dei seguenti database resi fruibili online dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV):

CPTI15 – Catalogo Parametrico dei terremoti Italiani 2015

Contiene i dati parametrici omogenei, sia macrosismici che strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima ≥ 5 o con magnitudo (M_w) ≥ 4 relativi a tutto il territorio italiano.

DBMI15 – Database macrosismico dei terremoti italiani 2015

Fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014.

Il catalogo storico dei terremoti, secondo i dati dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (sito internet www.ingv.it) indica solo 2 eventi nel nord Sardegna, entrambi di magnitudo < 5 , avvenuti nel 1838 e nel 1948.

7. MODELLO GEOTECNICO

Analizzato il contesto geomorfologico e litologico dell'area e le caratteristiche tipologiche dell'intervento in progetto dovrà essere necessariamente realizzata una campagna di indagini geognostiche a supporto della progettazione esecutiva. Tale indagine è finalizzata alla definizione dell'andamento stratigrafico del terreno, alla caratterizzazione geotecnica-geomeccanica dei terreni di copertura, alla valutazione dell'eventuale circolazione idrica sotterranea e alla definizione della categoria sismica del sottosuolo.

In base ai dati di rilevamento ed alla presenza nelle vicinanze di opere di fondazione per gli aerogeneratori, i terreni in oggetto mostrano una buona capacità portante sotto 200cm dal piano di campagna.

7.1 Indagini geognostiche e Stratigrafia dei terreni di fondazione

L'indagine dipende in vario modo dall'intervento, dall'importanza dell'opera e dalle caratteristiche dell'ambiente nel quale si realizza. Il programma dell'indagine geotecnica terrà conto dei seguenti aspetti:

- Volume di terreno interessato dalla indagine (dipende essenzialmente dal progetto).
- Numero di punti di indagine (fortemente condizionati dalla natura ed omogeneità del terreno).
- Mezzi di indagine (dipendono dai parametri e dalla precisione richiesti).
- Strumentazione di controllo (condizionata dalla geologia e dalla complessità dell'opera).

Nello specifico, la campagna è stata portata avanti dal Geol. Antonello Angius, sono state realizzate per ogni postazione (In allegato tutta la documentazione inerente le indagini svolte):

- rilievo sismico a rifrazione MASW

- sondaggio a carotaggio continuo



Figura 8 — Ubicazione dei sondaggi in corrispondenza delle aree di posa in opera delle fondazioni.

I sondaggi sono stati portati fino alla profondità di -12m circa ed hanno restituito tutti dati abbastanza simili. Di seguito è riportato il sondaggio S1 che riporta i primi 70cm di suolo con elementi vegetali e frammenti del substrato roccioso sottostanti. Di seguito si passa a poco meno di 1 di roccia alterata con varia giunti e fratturazioni, per poi lasciar spazio alla roccia con pochi segni di alterazione e giunti molto limitati nella frequenza e nella spaziatura. In questo strato il parametro RQD di caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso, ha dato valori molto alti garantendo un'ottima capacità portante del substrato di fondazione. In figura 9 è riportata la prima cassetta contenete i primi 10 metri di sondaggio, dove sono ben evidenti le condizioni e lo stato di alterazione della roccia. Nelle carote con la roccia più sana, si notano le classiche venature bianche di quarzo con veli bruno-arancio di ossidi di ferro.



Figura 9 - Cassette con le carote risultanti dal sondaggio S1.



Ditta DR. ANTONELLO ANGIUS
 Via Italia, 143 Cagliari 09134
 angiusgeo@tiscali.it www.angiusgeo.com
 SONDAGGI GEOGNOSTICI - MONITORAGGIO AMBIENTALE

Committente D&D Costruzioni Srl		Profondità raggiunta -12.50	Quota Ass. P.C.	Certificato n° 1	Pagina 1					
Operatore M. Marci		Indagine Geognostica	Cantiere Eolico - Ussassai		Inizio/Fine Esecuzione 13.02.2024					
Responsabile Dott. Geol. Antonello Angius		Sondaggio S1	Tipo Carotaggio Rot. car. cont. 101mm		Tipo Sonda Deltabase 520		Coordinate X Y			
Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cm²	Vibro Test kg/cm²	Campioni	Metodo Perforazione	Falda
		Suolo limoso-sabbioso con apparati radicali, marroncino e blocchi di metamorfite scistosa.	-0.70							
-1		Metamorfite scistosa, molto fratturata, giunti molto inclinati, scabri, con superfici ossidate e patine terrose, colore grigio-biancastro.	-1.50	%RQD=20						
-2		Scisto grigio-biancastro, molto tenace, da fratturato a molto fratturato per giunti obliqui e subverticali, scabri, taluni con pareti ossidate, serrati.								
-3										
-4										
-5										
-6			-6.60							
-7		Scisto grigio con livelletti di quarzo, molto tenace, da fratturato a poco fratturato con giunti serrati e privi di ossidazione. Scomposto da piani di laminazione convoluti privi di alterazione e ossidazione, serrati.								
-8										
-9										
-10										
-11										
-12			-12.50							
-13										
-14										
-15										

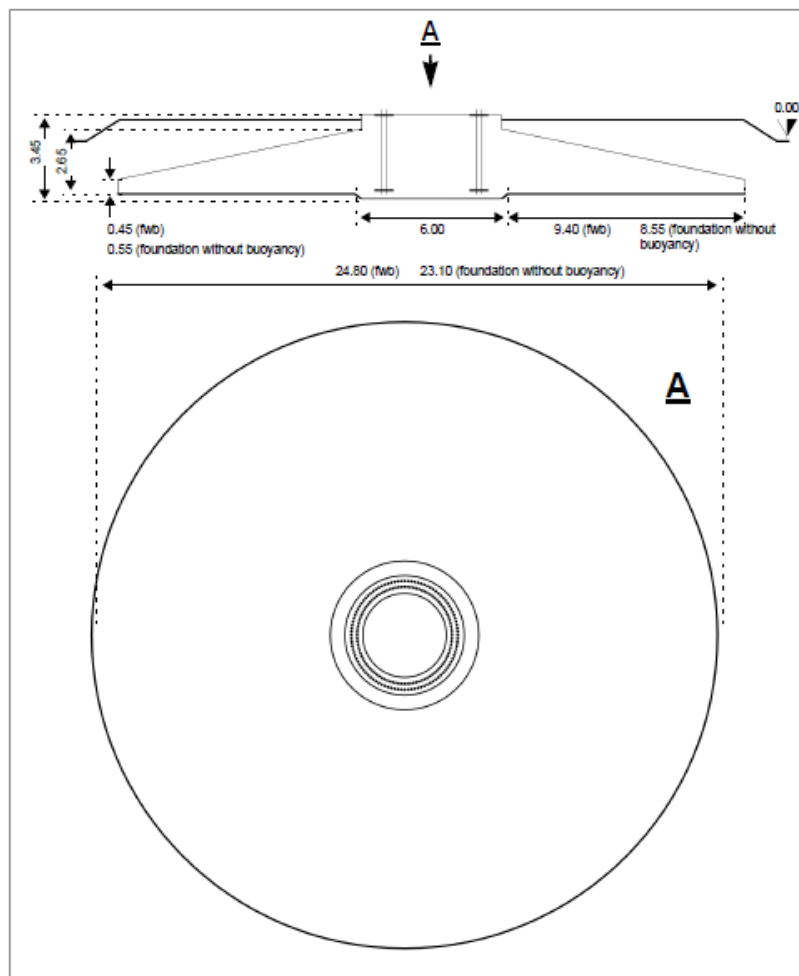
Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, RS-Rimaneggiato da SPT
 Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
 Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
 Carotaggio: Rot. car. cont. 101mm
 Sonda: Deltabase 520

Responsabile

Figura 10 - Stratigrafia del sondaggio S1

La fondazione di ogni aerogeneratore è progettata come una fondazione circolare con un diametro di 24,00 m. La base ha un diametro di 6,00 m. L'altezza della fondazione è di 3,45 m dal bordo superiore della base al piano di fondazione della base, con la fossa sfalsata di 30 cm al di sotto della fondazione. La soletta di fondazione aumenta linearmente da 0,45 m (fondazione con galleggiamento) o 0,55 m (fondazione senza galleggiamento) sul bordo a 2,65 m sul bordo superiore.

Data la natura del substrato lapideo affiorante in quasi tutta l'area oggetto di interesse, o comunque posto a profondità circa 1,5 m, non si avrà bisogno di ulteriori strutture come palificazioni o altri sistemi di sostegno delle fondazioni. Salvo diverse condizioni verificate in fase di indagine geognostica puntuale.



Tav.1 - Schema della fondazione dell'aerogeneratore.

Per quanto concerne le indagini geofisiche, sono stati realizzati 4 profili correlati con i sondaggi, in modo da calibrare il dato geofisico con quelle delle indagini puntuali dirette. Grosso modo tutti i profili hanno un andamento molto simile con aumento delle caratteristiche geomeccaniche con la profondità.

MASW M1 - PROFILO Vs ($V_{s_{eq}}$ da p.c. > 800 m/s): Ciò consente di classificare il terreno come **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.

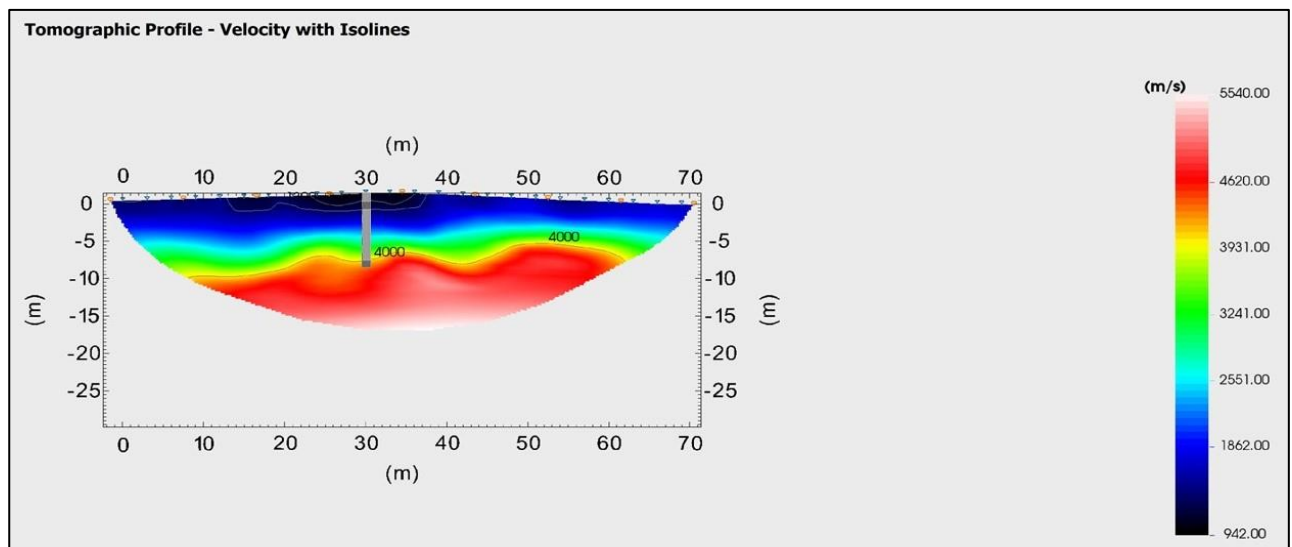
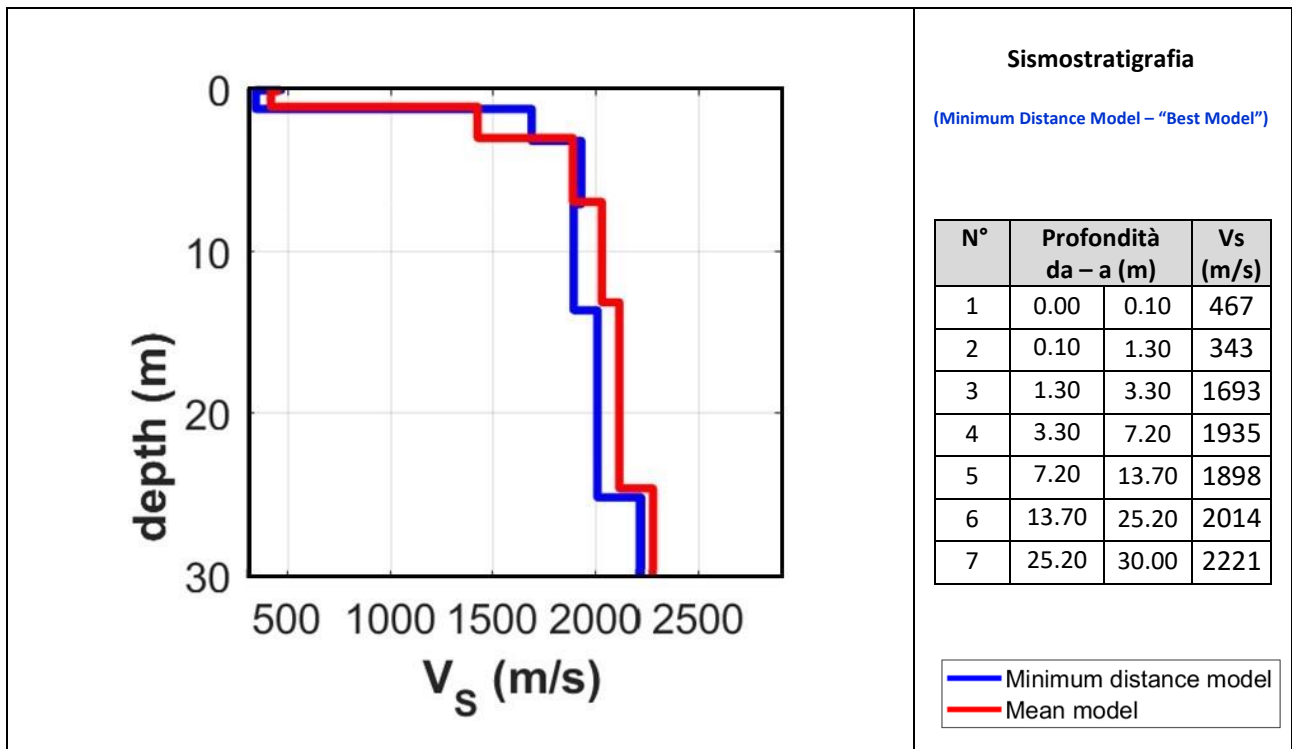


Figura 11 - Profilo MASW eseguito in corrispondenza del sondaggio s2

Cavidotto

La sezione di scavo per la messa in posa dei cavidotti varia da 1-1,50 m di profondità, mentre negli attraversamenti (TOC) la profondità potrebbe superare i 2m.

Il percorso del cavidotto partendo dagli aerogeneratori, intercetterà per quasi la totalità del tracciato, litologie metamorfiche fino ad incontrare coperture carbonatiche negli ultimi 400m con raccordo alla Stazione Elettrica, dell'intero tracciato. In questo tratto la roccia carbonatica è affiorante o ricoperta da 1 – 2m di coperture alluvionali quaternarie. Il resto del tracciato è impostato su litologie metamorfiche/scistose. Anche qui affioranti o ricoperte da una coltre di depositi alluvionali o di pendio. Il materiale risultante dalle operazioni di scavo, per sua natura e composizione, potrà essere riutilizzato per l'interramento dello scavo (in particolare per quanto riguarda le parti del cavidotto indicate nello schema di fig. 13 come "pacchetto stradale proveniente da roccia frantumata di idonea granulometria" e "materiale scavato in precedenza").

Nella sezione tipo del cavidotto, che può variare in dimensioni a seconda del numero di cavi, manterrà comunque lo schema costruttivo.

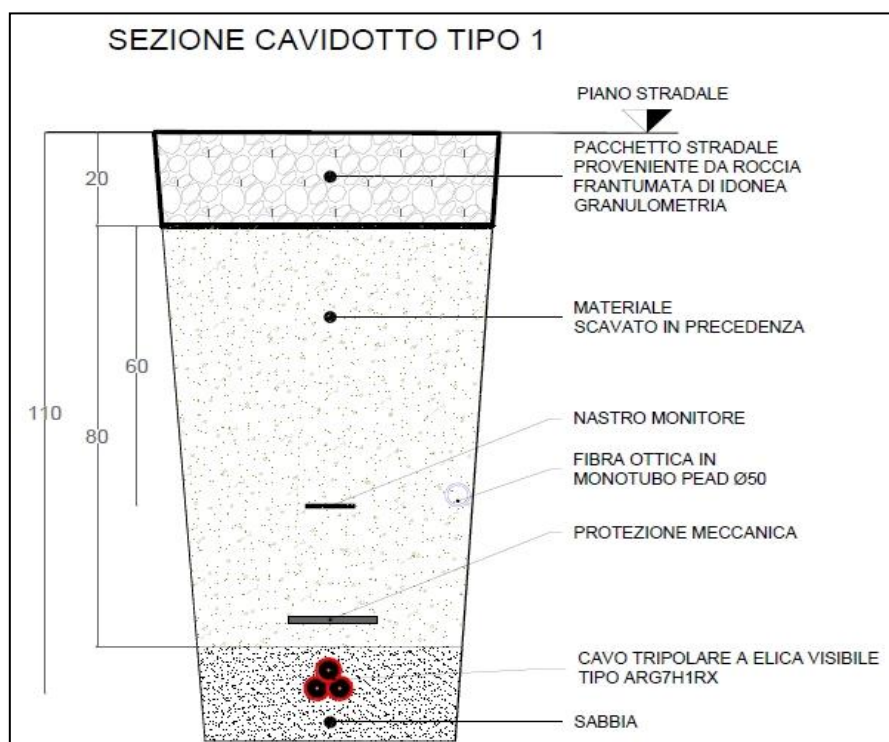


Figura 12 – Sezione-tipo di cavidotto.

7.3 Considerazione geotecniche

In base alle considerazioni fatte precedentemente, tenendo conto dei dati raccolti durante le precedenti campagne di indagini e dalle scelte eseguite in fase esecutiva, la presenza del substrato lapideo, anche con discontinuità e piccole fratturazioni garantirà la tenuta delle opere in progetto. Il capitolo 6.4.2 delle N.T.C 2018 specifico delle “fondazioni superficiali” sintetizza gli accorgimenti progettuali del complesso opera-fondazione ponendo accento specifico sull’individuazione del piano di fondazione così come di seguito riportato: La profondità del piano di posa della fondazione deve essere scelta e giustificata in relazione alle caratteristiche e alle prestazioni della struttura in elevazione, alle caratteristiche del sottosuolo e alle condizioni ambientali. Il piano di fondazione deve essere situato sotto la coltre di terreno vegetale nonché sotto lo strato interessato dal gelo e da significative variazioni stagionali del contenuto d’acqua. In situazioni nelle quali sono possibili fenomeni di erosione o di scalzamento da parte di acque di scorrimento superficiale, le fondazioni devono essere poste a profondità tale da non risentire di questi fenomeni o devono essere adeguatamente difese.

Considerando quanto specificato precedentemente, in via preliminare è possibile ricavare dei dati geotecnici generali, in base alla classificazione degli ammassi rocciosi che sfruttano

Il valore di resistenza a compressione monoassiale (A1), è stato stimato in fase preliminare, mancando prove di campagna o di laboratorio, osservando la risposta della roccia alla sua percussione con il martello da geologo. Nelle litologie affioranti si può ipotizzare un valore compreso tra 10-20 Mpa, a cui viene assegnato indice parziale RMR pari a 2. Al fine di avere un risultato più cautelativo si è ipotizzata la presenza di giunti umidi.

Indice parziale	Parametro	Metamorfiti fratturate	Metamorfiti fratturate (Valore Indice parziale)	Metamorfiti massive	Metamorfiti massive (Valore Indice parziale)
A1	Resistenza alla compressione monoassiale	5-25	2	5-25	2
A2	RQD %	<25	3	25-50	8
A3	Spaziatura dei giunti	< 60 mm	5	< 60 mm	5
A4	Condizioni dei giunti	Superfici lisce o laminate o riempimento < 5 mm o apertura 1-5 mm. Giunti continui	10	Superfici scabre. Apertura < 1 mm. Pareti roccia molto alterate	20
A5	Acqua	assente		assente	
A5	Condizioni generali	Giunti umidi	10	Giunti umidi	10
BRMR			30		45
Indice correttivo per l'orientamento dei giunti I _c (fondazioni)		-7			
RMR			23		38
Classe roccia			IV		IV
Coesione (kPa)			150		225
Angolo di attrito interno (°)			20		27.5
Modulo elastico E (Gpa)			2.1		5.01

Il collegamento tra gli aerogeneratori sarà mediante stradelle scavate su roccia affiorante o su terreni di copertura. Il terreno asportato dalle operazioni di sbancamento sarà riutilizzato in situ per la realizzazione di piazzole o rifinitura delle stradelle stesse e non può essere considerato un rifiuto.

Ciò in base alla normativa vigente ed in particolare al Art.185 c.1 lett. c) D. Lgs 152/2006 e DPR n. 120/2017 che vede *“il suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale escavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato”*;

8. CONCLUSIONI

La complessa situazione strutturale del settore è influenzata da fatturazione, stratificazione e scistosità. Ad ogni modo i terreni sono di natura rocciosa e quindi dotati di elevatissima portanza e stabilità nei riguardi delle sollecitazioni verticali e orizzontali dovute al peso delle costruzioni, alle spinte dei versanti e a quelle del vento. Nonostante la complessa ed articolata evoluzione geologico-strutturale gli ammassi rocciosi dell'area in esame hanno un grado medio di fratturazione con discontinuità non molto pervasive (spaziatura decimetrica), non particolarmente aperte e spesso con riempimenti di materiale argilloso. Le principali strutture tettoniche (ossia le fasce cataclastico-milonitiche sviluppate durante la messa in posto dell'importante edificio a falde) immergono verso nord-ovest. I dati sulla permeabilità di questo ammasso roccioso, sulla base di correlazioni con analoghe formazioni in simili contesti, indicano valori in genere compresi tra 10^{-5} e 10^{-6} cm/s, ossia molto bassi. Le acque meteoriche che cadono su queste rocce metamorfiche (dopo aver subito il processo di evotraspirazione) tendono quindi ad essere, per la quasi totalità, drenate dal reticolo idrografico superficiale, poiché come detto, l'infiltrazione è fortemente inibita, motivando quindi gli alti valori di deflusso superficiale. La bassa o bassissima permeabilità di questo acquifero è essenzialmente legata alla presenza di superfici di scistosità e di sistemi di fratture sub-verticali con orientazioni differenti, spaziatura e frequenza variabile, che determina in generale una circolazione di acque sotterranee molto limitata, discontinua, complessa e non facilmente schematizzabile nel dettaglio. Non sono presenti problemi di natura erosiva legati a acque superficiali o sotterranee (se non quelli dovuti all'asportazione della frazione fine dei suoli in caso di eccezionali eventi meteorologici) ma comunque non riportabili all'impatto derivante dal progetto in esame oltre che non pregiudizievoli per lo stesso. Dalle considerazioni esposte, non sussistono motivi di carattere geologico, almeno in questa fase di progettazione, che possano compromettere la realizzazione delle opere in progetto.

In fase di avviamento dei cantieri, lo scrivente si rende disponibile per un sopralluogo per verificare le considerazioni esposte nella presente relazione.