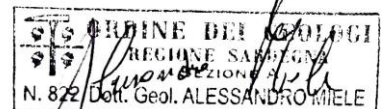
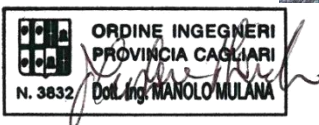


Valutazione d'impatto ambientale D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.

BOREAS

Ampliamento del Parco Eolico di Ulassai e Perdasefogu nel territorio del Comune di Jerzu (NU)



STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA

0	15/10/2020	Emesso per procedura di VIA	IAT/Sartec	Sartec	Sartec
Rev.	Data	Descrizione	Red.	Contr.	Appr.

**Valutazione d'impatto ambientale D.Lgs. 152/2006 e
ss.mm.ii.**

BOREAS

**Ampliamento del Parco Eolico di Ulassai
e Perdasdefogu nel territorio del Comune di
Jerzu (NU)**

PROGETTO DEFINITIVO DELLE OPERE CIVILI

COORDINAMENTO GENERALE:

Ing. Manolo Mulana – SARTEC – Saras Ricerche e Tecnologie

Ing. Giuseppe Frongia – I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l.

PROGETTAZIONE:

Ing. Giuseppe Frongia (Direttore tecnico) - I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l.

Gruppo di lavoro:

Ing. Giuseppe Frongia (Coordinatore e responsabile)

Mariano Agus

Ing. Marianna Barbarino

Ing. Enrica Batzella

Dott. Andrea Cappai

Ing. Virginia Loddo

Ing. Gianluca Melis

Ing. Emanuela Pazzola

Dott.ssa Elisa Roych

Ing. Gianni Serpi

Ing. Emanuela Spiga

Ing. Francesco Schirru

Collaborazioni specialistiche:

Verifiche strutturali: Ing. Gianfranco Corda

Aspetti archeologici: Dott. Matteo Tatti

Aspetti geologici e geotecnici: Dott. Geol. Alessandro Miele

Aspetti floristico-vegetazionali: Dott. Mauro Casti

Aspetti pedologici ed uso del suolo: Dott. Marco Cocco

Rumore: Dott. Francesco Perria – Ing. Manuela Melis

Studio Previsionale per la valutazione delle interferenze con le telecomunicazioni - Prof. Ing. Giuseppe Mazzarella – Ing. Emilio Ghiani

SOMMARIO

1	ASPETTI INTRODUTTIVI.....	5
1.1	INTRODUZIONE.....	5
1.2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO E RELATIVE PRESCRIZIONI	6
1.3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	7
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE E VINCOLISTICO	8
2.1	INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA DI INTERVENTO.....	8
2.2	DESCRIZIONE SOMMARIA DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO	11
3	PERIMETRAZIONE PAI E DOCUMENTAZIONE SULLA PERICOLOSITÀ DEI LUOGHI	13
3.1	PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA	13
3.2	PERICOLOSITÀ IDRAULICA.....	19
4	MODELLAZIONE GEOLOGICA	22
4.1	ASSETTO GEOLOGICO DI CONTESTO	22
4.2	BASAMENTO VARISICO.....	22
4.3	MESOZOICO.	25
4.4	ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE.....	26
4.5	STRATIGRAFIA DEI TERRENI DI FONDAZIONE.....	30
4.5.1	J01	30
4.5.2	J02, J03, J04, J05, J06, J08	32
4.5.3	J07	34
4.6	ASSETTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGRAFICO.....	37
4.7	ASSETTO IDROGEOLOGICO	38
5	MODELLO GEOTECNICO.....	41
5.1	STIMA DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEI TERRENI DI FONDAZIONE.....	41
	VALUTAZIONE PARAMETRI GEOTECNICI.	41
	CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO.....	42
5.2	VIABILITÀ DI ACCESSO ALLE POSTAZIONI.....	45
5.3	CAVIDOTTI.....	47
6	VALUTAZIONE DEL PROGETTO AI FINI PAI.....	50

1 ASPETTI INTRODUTTIVI

1.1 Introduzione

Il presente Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica, riguardante «*l'Ampliamento del Parco Eolico di Ulassai nel comune di Jerzu (NU)*» mediante la realizzazione di n. 10 nuovi aerogeneratori e delle relative opere accessorie (viabilità e cavidotti), è redatto in conformità con le disposizioni delle Norme di Attuazione del P.A.I., Titolo III «IL CONTROLLO DEL RISCHIO NELLE AREE DI PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA: Capo I – *Norme comuni per la disciplina degli interventi nelle aree di pericolosità idrogeologica*», con particolare riferimento all'art. 25 delle medesime che prescrive l'esecuzione di uno «STUDIO DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOTECNICA» per i progetti di opere ammissibili da realizzarsi nelle aree a pericolosità geologica Hg 2 e Hg3.

Nel caso specifico, in questa sede si è fatto riferimento all'Allegato F delle N.T.A. del P.A.I. che indica i criteri con cui deve essere predisposto lo studio.

L'intento preordinato è quello di:

- valutare il progetto con riferimento alle finalità e agli effetti sull'ambiente;
- verificare l'esistenza di pericolosità da frana del luogo in cui si inserisce l'intervento in progetto;
- analizzare le relazioni tra le trasformazioni degli areali nei quali si prevede di intervenire e l'assetto geostatico dei luoghi, in funzione dei dissesti attivi o potenziali delle aree interessate;
- verificare e dimostrare la coerenza del progetto con le previsioni del PAI vigente;
- verificare e dimostrare la coerenza del progetto con lo studio di compatibilità idraulica e geologica – geotecnica (di cui all'art 8 comma 2 delle norme di attuazione del P.A.I.) del territorio comunale di Jerzu (Giugno 2016 Dott. Ing. Italo Frau e Dott. Ing. Giuseppe Deidda).

1.2 Normativa di riferimento e relative prescrizioni

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.ii..

1.3 Documenti di riferimento

- [1] «Ampliamento del Parco Eolico Maistu - Installazione di nuovi aerogeneratori», relazione geologica, indagine geognostica, gennaio-febbraio 2019, Dott. Angius A.;
- [2] «Ampliamento del Parco Eolico Maistu - Installazione di nuovi aerogeneratori», relazione geotecnica, gennaio-febbraio 2019, Dott. Angius Antonello;
- [3] «Ampliamento del Parco Eolico Maistu - Installazione di nuovi aerogeneratori», relazione sismica, gennaio-febbraio 2019, Dott. Angius Antonello;
- [4] «Ampliamento del Parco Eolico Maistu - Installazione di nuovi aerogeneratori», relazione geologica, indagine geognostici, gennaio-febbraio 2019, Dott. Angius A.;
- [5] «Ampliamento del Parco Eolico di Ulassai nei comuni di Ulassai e Perdasdefogu», relazione geologico-tecnica, Dott. Nicolò Consuelo;
- [6] «Realizzazione di un parco eolico in località Corte Porcus-Fenarbu - Integrazione per gli aerogeneratori MVS 9-23-28-35-40-48», relazione geologica, Indagine geognostica, relazione geotecnica, ottobre 2005, Dott. Angius Antonello e Dott. Corda Graziella;
- [7] «Realizzazione di un parco eolico in località Corte Porcus-Fenarbu. Integrazione per gli aerogeneratori MVS 1÷6», relazione geologica, indagine geognostica, relazione geologico-tecnica, agosto 2009, Dott. Angius Antonello;
- [8] «Realizzazione di un parco eolico in località Corte Porcus – Fenarbu», relazione geologica-geotecnica-sondaggi, giugno 2004 Dott. Angius Antonello e Dott. Corda Graziella;
- [9] Studio di compatibilità idraulica e geologica – geotecnica (di cui all'art 8 comma 2 delle norme di attuazione del P.A.I.) del territorio comunale di Jerzu di Giugno 2016.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E VINCOLISTICO

2.1 Inquadramento territoriale dell'area di intervento

L'intervento in progetto riguarda il parco eolico di Ulassai che attualmente consta di n. 57 turbine ubicate tra i territori comunali di Ulassai (n. 52 WTG) e Perdasdefogu (n. 5 WTG).

L'ampliamento in progetto prevede l'installazione di n. 10 nuovi aerogeneratori nel territorio comunale di Jerzu, nel settore che abbraccia i Tacchi dell'Ogliastra e il basamento paleozoico della Barbagia, ove le quote s.l.m. variano, nella configurazione di progetto, rispettivamente tra 630÷660 m e 800÷820 m.

Il centro abitato più prossimo all'area di progetto è Jerzu che sorge, in linea d'aria, circa 5 km a nord est.

L'impianto eolico esistente e le aree interessate dal proposto ampliamento sono comprese nella seguente cartografia ufficiale:

- C.T.R. Foglio 541010 "Nuraghe Salei" [scala 1:10.000]
- C.T.R. Foglio 541020 "Santa Barbara" [scala 1:10.000]
- C.T.R. Foglio 541050 "Sa Pranargia" [scala 1:10.000]
- C.T.R. Foglio 541060 "Monte Corongiu" [scala 1:10.000]
- I.G.M. Foglio 541-IV "Genna su Ludu" (Figura 1) [scala 1:25.000]
- Carta Geologica d'Italia Foglio 541 "Jerzu" [scala 1:50.000]

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020

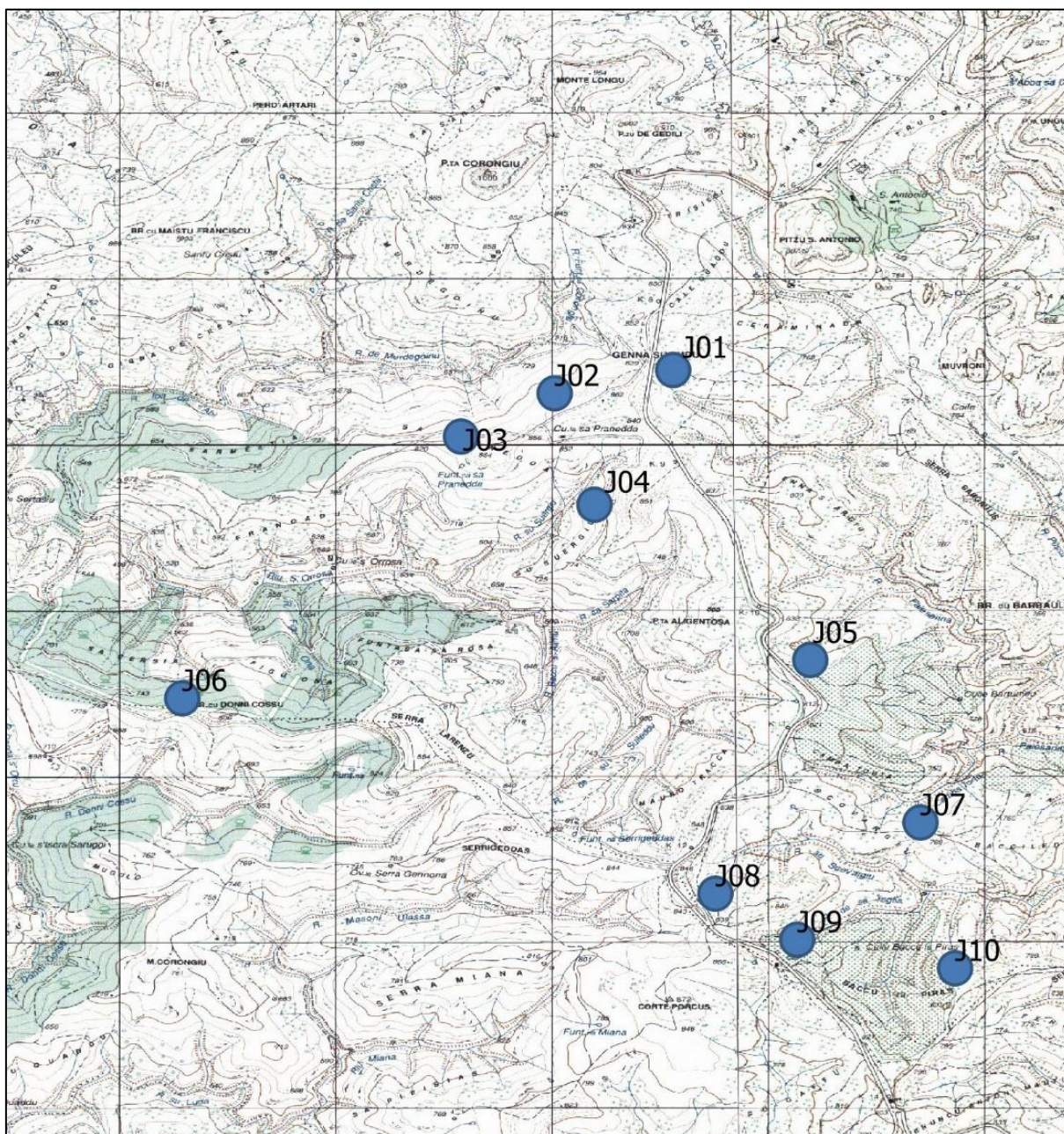


Figura 1 - Stralcio Foglio 541-IV "Genna su Ludu" scala 1:25.000

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020

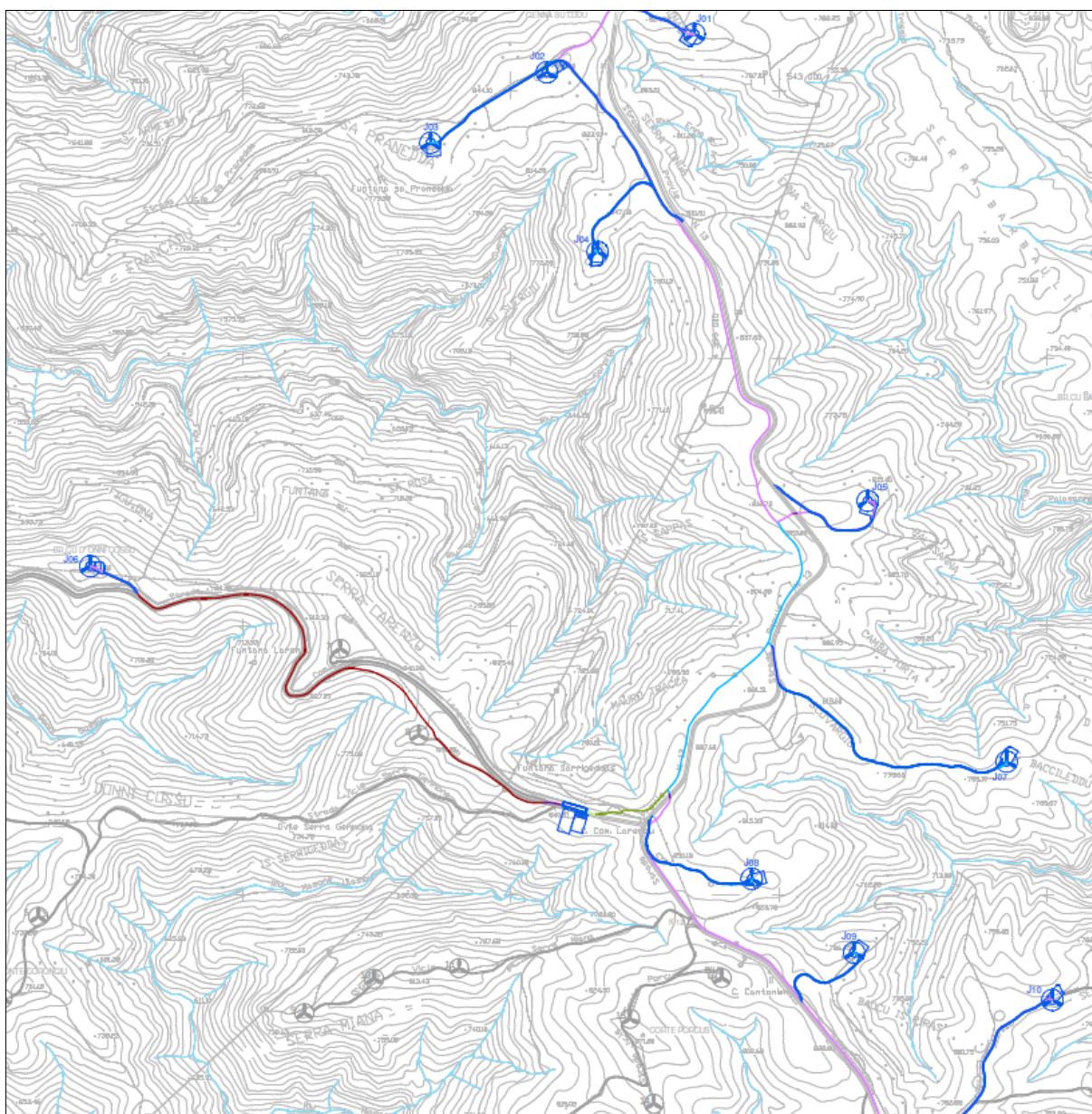


Figura 2 – Stralcio foglio Ctr con Aerogeneratori in progetto su base cartografica I.G.M., in scala 1:10000.

I siti che ospiteranno le nuove turbine ricadono in creste allungate dei rilievi collinari, quasi tutti agevolmente raggiungibili da strade di penetrazione agraria, che si dipartono dalla rete viaria a servizio del parco eolico esistente.

La viabilità principale locale è rappresentata dalla S.S. 125 “Orientale Sarda”, dalla strada militare per Perdasdefogu e dalla S.P. Escalaplano-Jerzu.

Al fine di assicurare l’accessibilità stradale delle nuove postazioni eoliche verranno in prevalenza eseguiti interventi di adattamento di percorsi già esistenti; a meno del tratto che

collegherà la SP N.13 con l'aerogeneratore "J01" (ricadente in area cartografata a pericolosità di frana Hg1) e di altri brevi tratti.

2.2 Descrizione sommaria degli interventi in progetto

Al fine di garantire l'installazione e la piena operatività delle nuove macchine eoliche, saranno da prevedersi le seguenti opere principali:

- Adeguamento/allestimento della viabilità per assicurare adeguate condizioni di accesso alle postazioni degli aerogeneratori, in accordo con le specifiche indicate dalla casa costruttrice delle turbine eoliche;
- approntamento delle piazzole di cantiere funzionali all'assemblaggio ed all'installazione degli aerogeneratori;
- realizzazione delle opere di fondazione delle torri di sostegno;
- realizzazione delle opere di regimazione delle acque superficiali, attraverso l'approntamento di canali di scolo e tombinamenti stradali funzionali al convogliamento delle acque di ruscellamento diffuso e incanalato verso i compluvi naturali;
- installazione degli aerogeneratori;
- al termine dei lavori di installazione e collaudo funzionale degli aerogeneratori:
 - esecuzione di interventi di sistemazione morfologico-ambientale in corrispondenza delle piazzole di cantiere e dei tracciati stradali al fine di contenere opportunamente il verificarsi di fenomeni erosivi e dissesti e favorire un più equilibrato inserimento delle opere nel contesto paesaggistico;
 - esecuzione di mirati interventi finalizzati alla compensazione della perdita di vegetazione nelle aree di intervento, ancorché sia stata comunque rilevata l'assenza di impatti significativi sulla componente floristica e vegetazionale.

Ai predetti interventi, propedeutici all'installazione delle macchine eoliche, si affiancheranno tutte le opere riferibili all'infrastrutturazione elettrica oggetto di trattazione nello specifico progetto allegato all'istanza di VIA ed Autorizzazione Unica ai sensi del D.Lgs. 387/2003:

- per ogni aerogeneratore di potenza nominale di 6,0 MW, con generazione elettrica in BT a 720V, convertitore, trasformazione BT/MT e quadro elettrico MT a 30kV entro torre, ognuno da posizionarsi su apposita piazzola, installati su torri tubolari in acciaio e con apparecchiature elettromeccaniche incorporate nella torre di sostegno;

- sistema di distribuzione e trasporto dell'energia (in cavidotto interrato in MT 30 kV) tra gli aerogeneratori e la stazione di trasformazione MT/AT esistente;
- sistema di cablaggio mediante cavidotto interrato per sistema trasmissione dati e segnali di monitoraggio e controllo aerogeneratori;
- sezione 30/150 kV della SSE di utenza da realizzarsi nel progetto "ABBILA" che prevede l'ampliamento della SSE esistente con installazione di n. 2 nuovi stalli di trasformazione (50/63 MVA) e n. 2 stalli di partenza linea in conduttore aereo, con apparati di misura e protezione (TV e TA) secondo quanto previsto dagli standard applicabili e dalle prescrizioni Terna.

Relativamente all'impianto per la distribuzione dell'energia verso la stazione di connessione alla RTN è realizzato con cavidotti interrati entro uno scavo di profondità variabile nell'intervallo 1m - 1,5m, linee MT a 30 kV in cavo cordato ad elica con conduttore in alluminio, con sezione variabile da 50 mm² a 630 mm².

3 PERIMETRAZIONE PAI E DOCUMENTAZIONE SULLA PERICOLOSITÀ DEI LUOGHI

3.1 Pericolosità Geomorfologica

Di seguito sono analizzate le interazioni tra le opere e gli strumenti di pianificazione vigenti nell'area in cui verranno realizzati i nuovi aerogeneratori.

Allo stato attuale, nel comune di Jerzu sono vigenti i vincoli derivanti dal PAI nella sua versione originale e dalla variante frane per il bacino sud-orientale, adottata definitivamente dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino con deliberazione n. 2 del 25 febbraio 2010, scaricabile dal sito web della regione (cfr *Pericolo Geomorfologico rev.42*). Inoltre, il consiglio comunale di Jerzu, con verbale di *delibera n. 14/2016 del 28/09/2016*, ha approvato le analisi dell'assetto idraulico e geomorfologico esteso a tutto il territorio comunale, redatto dalla A.T.P Ing. Italo Frau e Geol. Demetrio Marotto, finalizzato all'aggiornamento della pianificazione ai sensi delle Norme di Attuazione del P.A.I. della Regione Sardegna. In tale studio è stata fatta una valutazione di pericolosità da frana su tre aree per il quale in precedenza non era stata fatta nessuna analisi; tra queste si ha l'area di circa 7,02 Km² a Ovest della S.P.13 (Zona sa Pranedda, Francadu e Serra Larenzu) in cui ricadono gli aerogeneratori J02, J03, J04 e J06 (Figura 6 - Figura 7).

Con riferimento alle aree cartografate dal Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), non si segnalano interferenze tra le opere e le aree cartografate a pericolosità idraulica; relativamente alle aree cartografate con pericolosità da frana, gli interventi in progetto sono inquadrabili come segue (Figura 3 - Figure 5):

Aerogeneratori e piazzole:

- le postazioni eoliche J01, J05, J07, J08, J09 e J10 si collocano interamente in aree cartografate con pericolosità moderata da frana di tipo Hg1;
- la piazzola della postazione eolica J07 interessa marginalmente aree cartografate con pericolosità da frana media di tipo Hg2;

Viabilità di nuova realizzazione:

- la viabilità di nuova realizzazione interessa parzialmente aree cartografate con pericolosità da frana Hg1, per una lunghezza complessiva pari a circa 620 m, fatta

eccezione per un breve tratto (circa 30 m) di accesso alla postazione eolica J09, ubicato in aree cartografate a pericolosità da frana Hg3;

Viabilità in adeguamento a quella esistente:

- la viabilità in adeguamento a quella esistente interessa parzialmente aree cartografate a pericolosità da frana Hg1, per una lunghezza complessiva pari a circa 3500 m; si segnala inoltre la sovrapposizione con aree cartografate a pericolosità da frana Hg2 in corrispondenza della pista d'accesso alla postazione eolica J10, per una lunghezza pari a circa 88 m, e con aree cartografate a pericolosità da frana Hg3 in corrispondenza della pista d'accesso alla postazione eolica J09, per una lunghezza pari a circa 70 m;

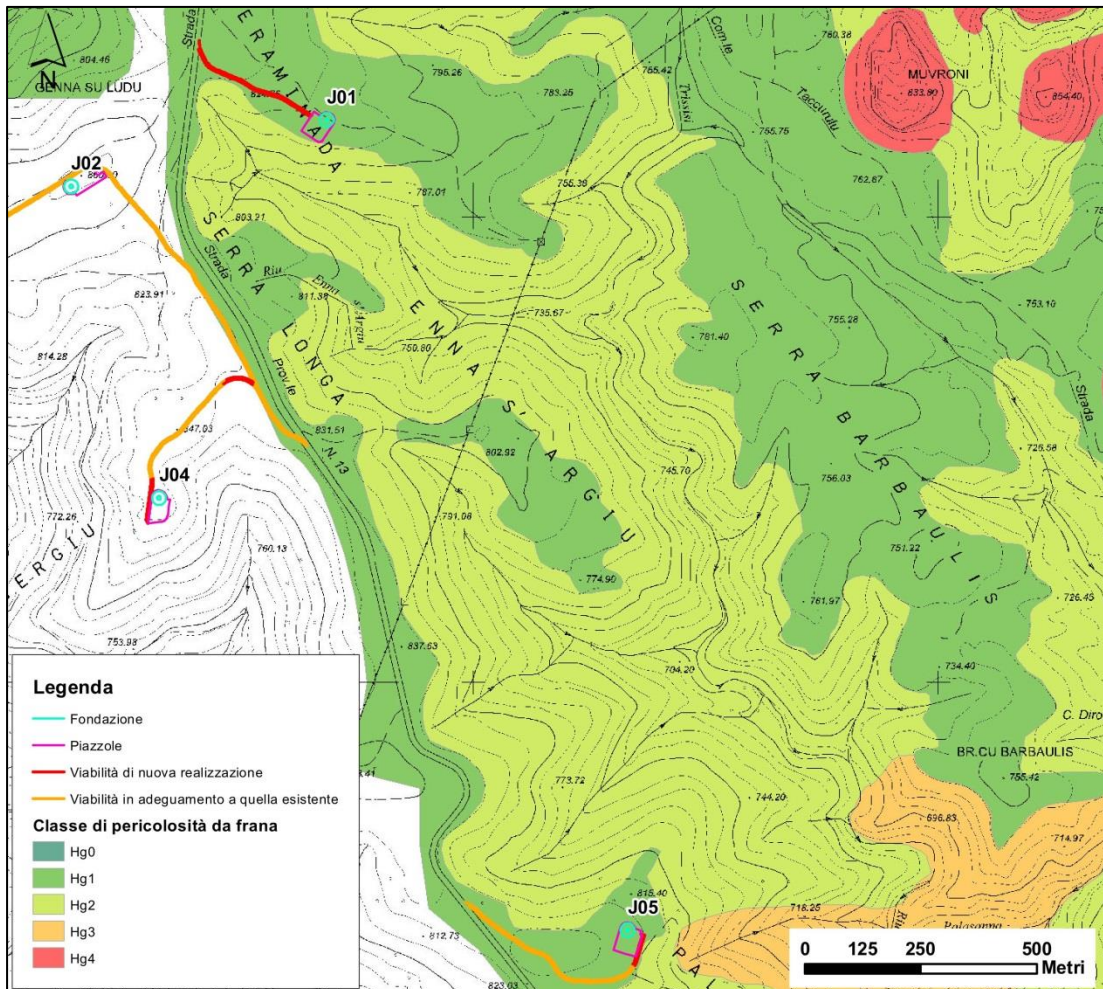


Figura 3 – Sovrapposizione delle opere con aree cartografate a pericolosità da frana in corrispondenza delle postazioni eoliche J01 e J05

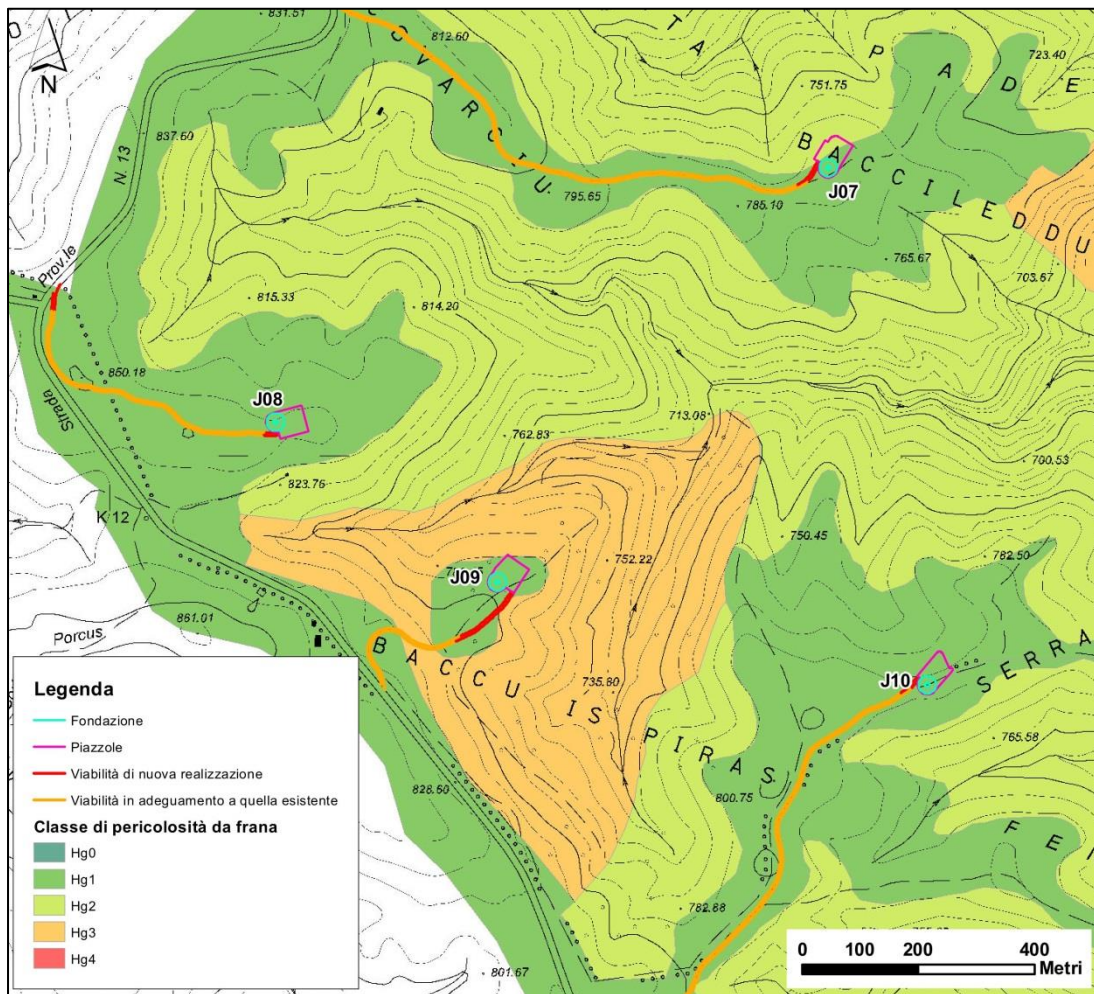


Figura 4 - Sovrapposizione delle opere con aree cartografate a pericolosità da frana in corrispondenza delle postazioni eoliche J07, J08, J09 e J10

Cavidotto MT di distribuzione elettrica di impianto

- Il cavidotto MT, prevalentemente impostato sulla viabilità esistente o in progetto, interessa per la maggior parte aree classificate da pericolosità da frana di tipo Hg1-Moderata.

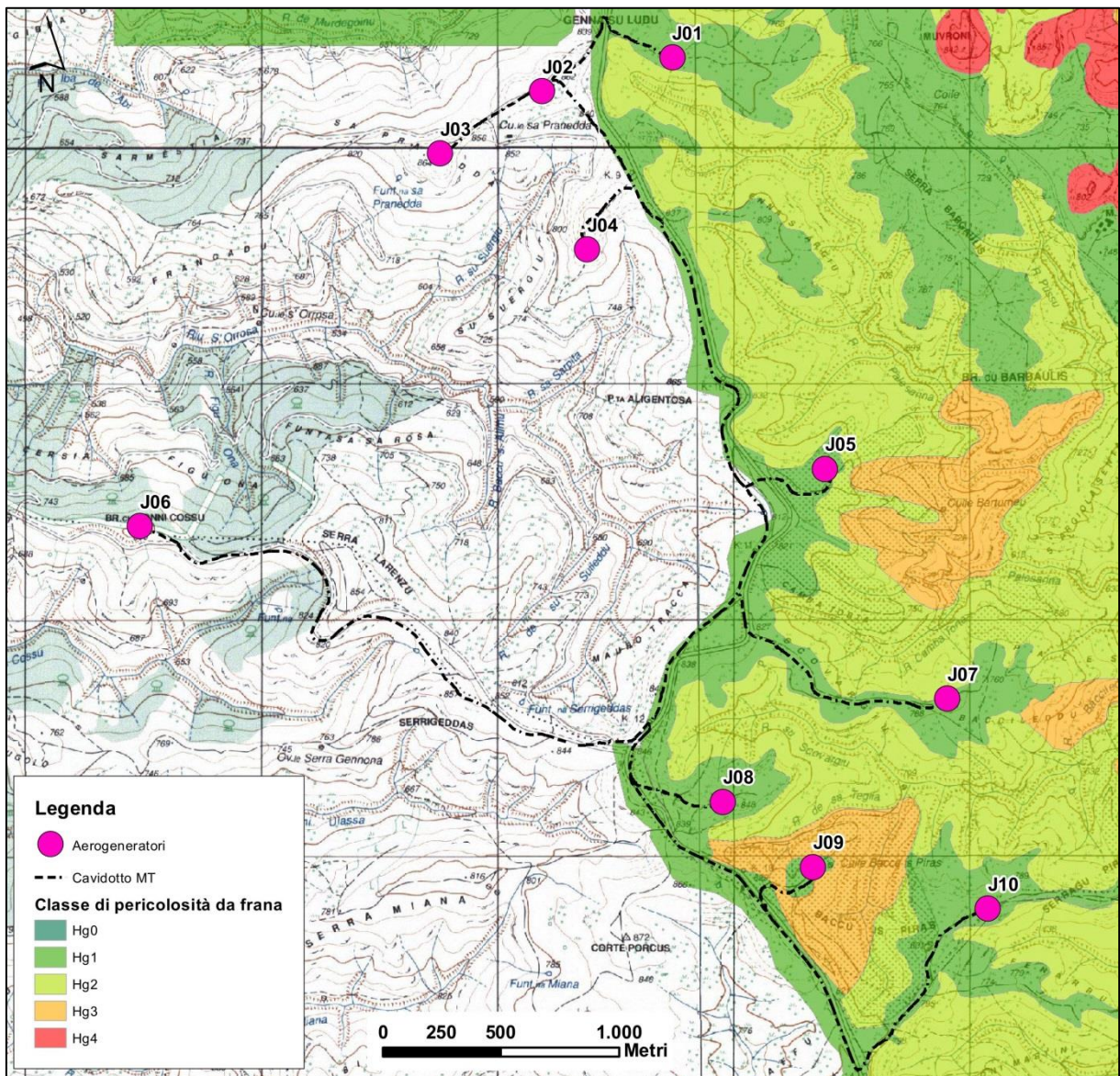


Figure 5 – Sovrapposizione del tracciato del cavidotto MT con aree cartografate e pericolosità da frana

Con riferimento allo Studio di Compatibilità Geologica-Geotecnica redatto dal Comune di Jerzu ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.T.A. del PAI, approvato con Delibera del C.C. n°14 del 28/09/2016, le opere sono inquadrabili come segue:

Aerogeneratori e piazzole:

- le postazioni eoliche J02 e J03 si collocano interamente in aree cartografate con pericolosità moderata da frana di tipo Hg1;
- le postazioni eoliche J04 e J06 interessano aree cartografate con pericolosità da frana media di tipo Hg2;

Viabilità di nuova realizzazione:

- la viabilità di nuova realizzazione interessa parzialmente aree cartografate con pericolosità da frana Hg1, per una lunghezza complessiva pari a circa 110 m, nonché aree cartografate a pericolosità da frana Hg2, in corrispondenza di un breve tratto di accesso alla postazione eolica J04 (90 m) e J06 (20 m);

Viabilità in adeguamento a quella esistente:

- la viabilità in adeguamento a quella esistente interessa parzialmente aree cartografate a pericolosità da frana Hg1, per una lunghezza complessiva pari a circa 1000 m; costituisce eccezione un breve tratto di accesso alla postazione eolica J04, di lunghezza pari a 80 m, ubicato in aree cartografate a pericolosità da frana Hg2;

Cavidotto MT di distribuzione elettrica di impianto

- Il cavidotto MT, prevalentemente impostato sulla viabilità esistente o in progetto, interessa aree classificate da pericolosità da frana di tipo Hg1-Moderata e Hg2 - Media.

Le norme di attuazione del PAI all'art. 34 disciplinano le aree a pericolosità da frana moderata Hg1. Sulla base di tali norme, gli interventi in progetto ivi ricadenti risultano essere ammissibili, poiché fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 25, in tali aree compete agli strumenti urbanistici, ai regolamenti edilizi ed ai piani di settore vigenti disciplinare l'uso del territorio e delle risorse naturali.

Con riferimento alle opere da realizzare in aree a pericolosità media (Hg2) ed elevata (Hg3) da frana, le norme di attuazione del PAI (art. 33) consentono, tra gli altri, alcuni interventi a rete o puntuali, pubblici o di interesse pubblico, di caratteristiche assimilabili alle opere proposte *a condizione che non esistano alternative tecnicamente ed economicamente sostenibili, che tali interventi siano coerenti con i piani di protezione civile, e che ove necessario siano realizzate preventivamente o contestualmente opere di mitigazione dei rischi specifici (art. 33 comma 3 lettera a)*. Per tali opere, è richiesta la redazione dello studio di compatibilità geologica e geotecnica (art. 33 comma 5 lettera b), formante parte integrante del presente progetto.

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020

Per quanto attiene al Piano Stralcio per le Fasce Fluviali (P.S.F.F.), tutti gli interventi non ricadono in aree mappate con pericolosità idraulica dallo stesso piano.

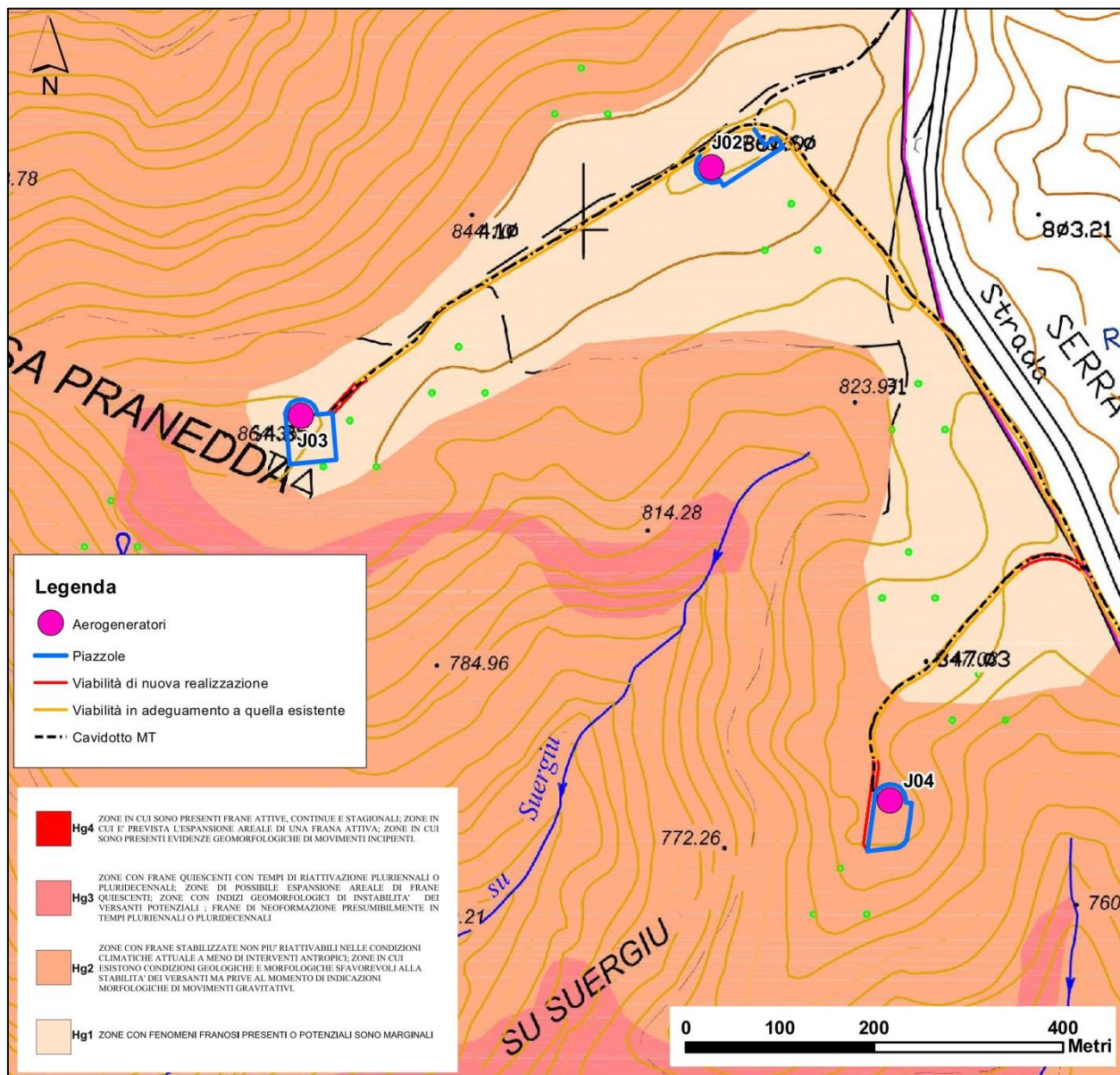


Figura 6 – Sovrapposizione delle postazioni eoliche J02, J03 e J04 con aree cartografate a pericolosità da frana ai sensi dell'art.8 comma 2 delle NTA del PAI

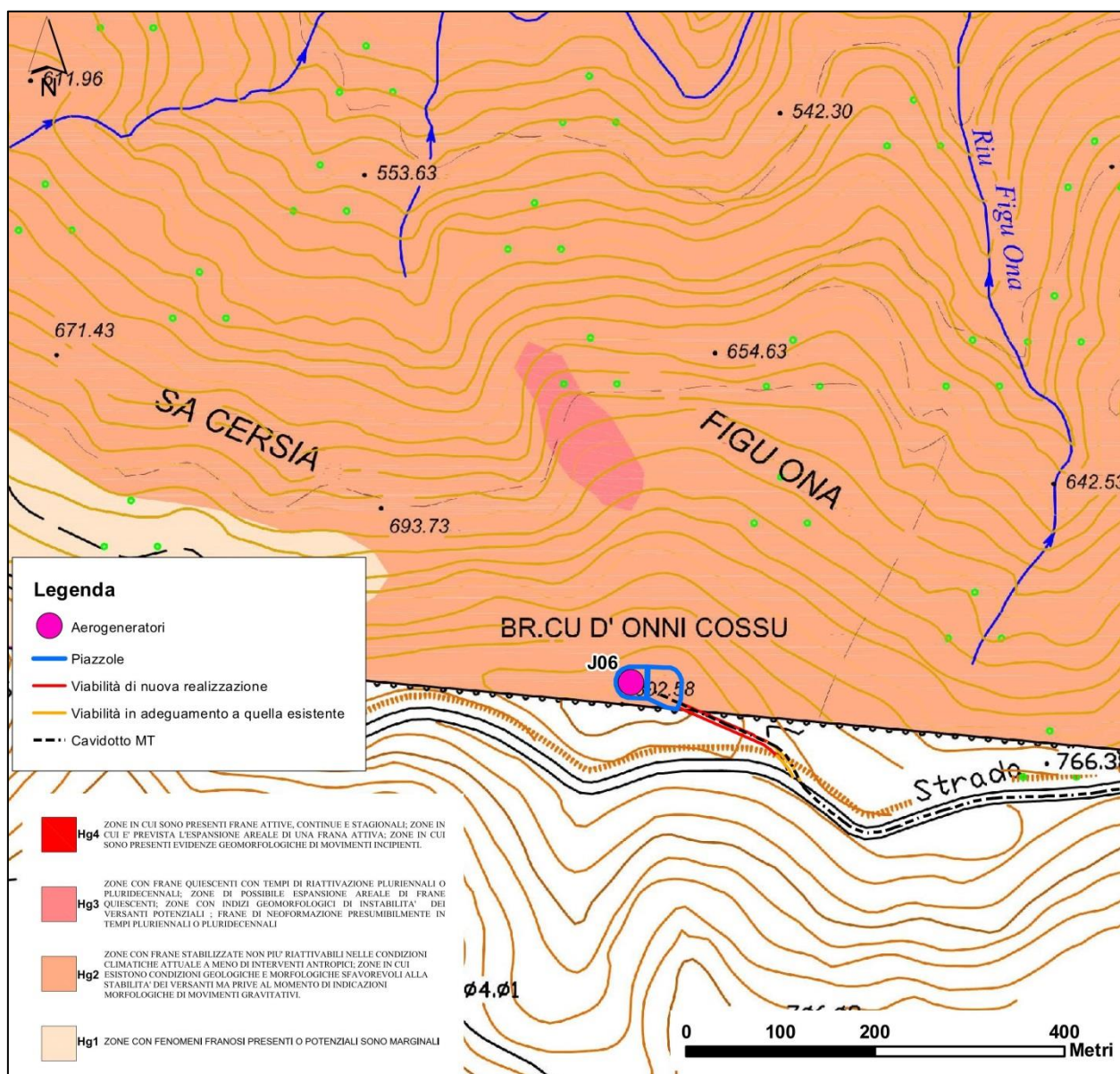


Figura 7 - Sovrapposizione della postazione eolica J06 con aree cartografate a pericolosità da frana ai sensi dell'art.8 comma 2 delle NTA del PAI

3.2 Pericolosità Idraulica

Relativamente alla pericolosità idraulica, in corrispondenza delle aree di intervento non risulta alcuna perimetrazione né ai sensi del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.), né del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) e del Piano Gestione e Rischio Alluvione (P.G.R.A.).

Trattasi infatti di aree non ancora studiate, per le quali si applica la vincolistica di cui all'art. 30 ter comma 1 «Per i singoli tratti dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico dell'intero

territorio regionale per i quali non siano state ancora determinate le aree di pericolosità idraulica, con esclusione dei tratti le cui aree di esondazione sono state determinate con il solo criterio geomorfologico di cui all'articolo 30 bis, quale misura di prima salvaguardia finalizzata alla tutela della pubblica incolumità, è istituita una fascia su entrambi i lati a partire dall'asse, di profondità L variabile in funzione dell'ordine gerarchico del singolo tratto».

Al fine di verificare l'eventuale interferenza delle opere con le fasce di rispetto dei corsi d'acqua, si è proceduto ad elaborare tramite software gis i dati resi disponibili dalla Regione Sardegna. Come si evince dalla Figura 8 prevalgono gli ordini gerarchici 1 e 2 (Classificazione *Horton-Strahler*), aventi fascia di rispetto dall'asse 10m e 25m: essendo sia gli aerogeneratori che la viabilità ubicati ad una distanza di oltre 10 m dal corso d'acqua, sono nel pieno rispetto di quanto previsto dell'art. 30 ter.

Tabella 1 – Classificazione *Horton-Strahler*

<i>Ordine gerarchico (numero di Horton-Strahler)</i>	<i>profondità L (metri)</i>
1	10
2	25
3	60
4	75
5	100
6	150
7	250
8	400

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) - DICEMBRE 2020

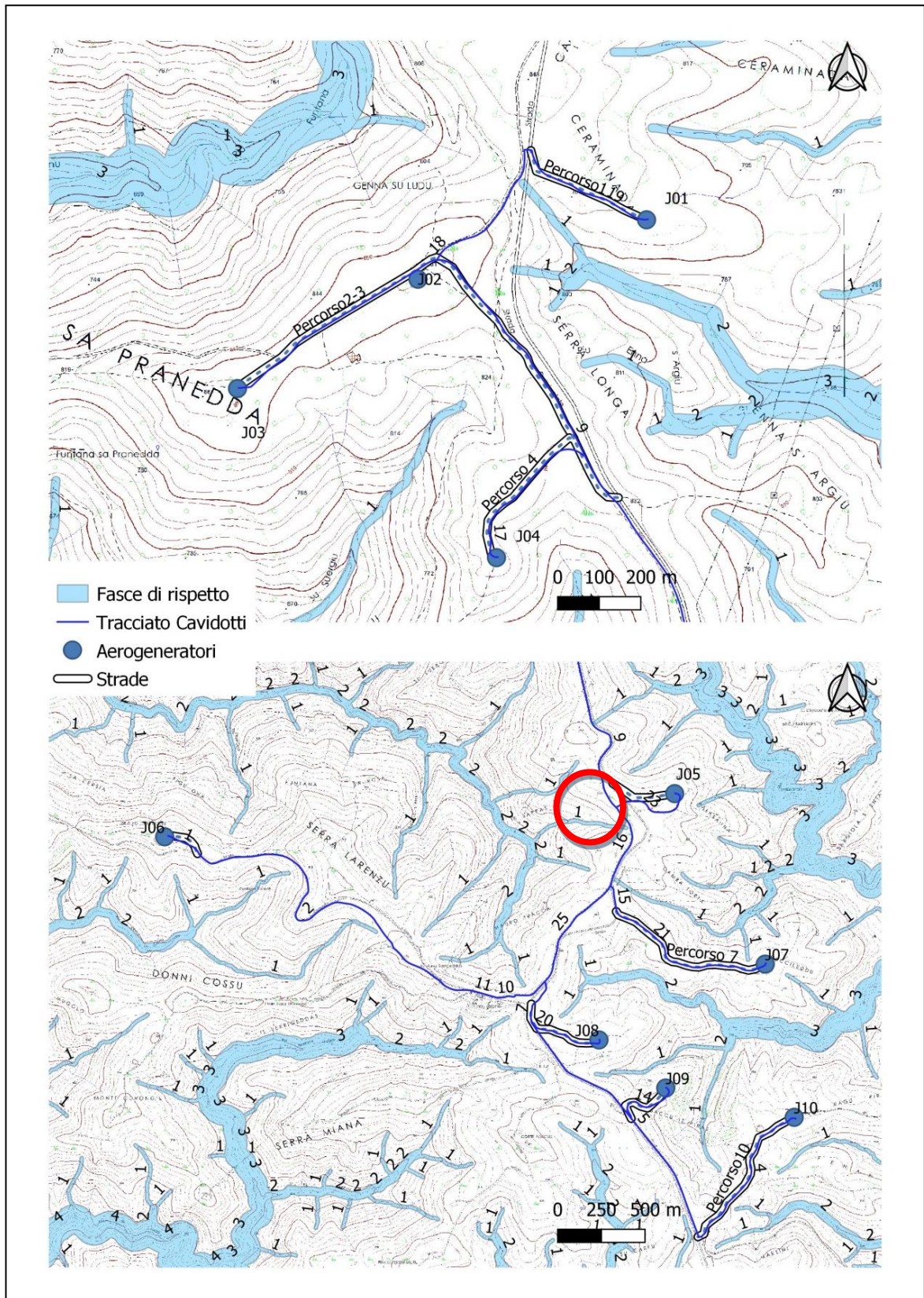


Figura 8 - Gerarchizzazione corsi d'acqua secondo Strahler con relative fasce di rispetto.

4 MODELLAZIONE GEOLOGICA

4.1 Assetto geologico di contesto

L'area è ubicata nella parte centro-orientale dell'isola, all'interno della regione dei "Tacchi" (Sarcidano, Salto di Quirra e Ogliastra), con rilievi morfostutturali tabulari estesi e limitati da bordi di scarpata netti ("Tacchi"), i quali rappresentano la copertura da silicoclastica a carbonatica che durante il Giurassico ricopriva uniformemente quasi l'intera isola. Questa copertura carbonatica può poggiare su alternanze litologiche a carattere misto carbonatico-silicoclastico, localmente intruse da corpi vulcanici, e che rappresentano una fase di sedimentazione in bacini interni post-varisici di collasso con ambienti variabili da continentali a transizionali, di età permiana. A loro volta, queste alternanze poggiano in discordanza sul basamento metamorfico varisico deformato, in questo caso costituito dall'Unità tettonica della Barbagia, appratente alle falde interne della catena varisica.

4.2 Basamento varisico.

Per comprendere l'assetto geologico attuale dell'area, è utile effettuare un excursus sulle dinamiche che hanno portato il basamento ad assumere la conformazione odierna. Contestualizzando in un ambito paleogeografico, le strutture del basamento paleozoico trovano la loro naturale prosecuzione nei Mauri (Westphal et alii, 1976), nella Montagna nera e nel Massiccio Centrale Francese (Arthaud & Matte, 1977), *"la catena collisionale è associata a subduzione di crosta oceanica e metamorfismo di alta pressione nell'Ordoviciano-Siluriano e collisione continentale con importante ispessimento crostale, metamorfismo e magmatismo durante il Devoniano ed il Carbonifero (Matte, 1986,b; Franke, 1989a,b; Carmignani et alii, 1992 e bibliografie)"*

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020

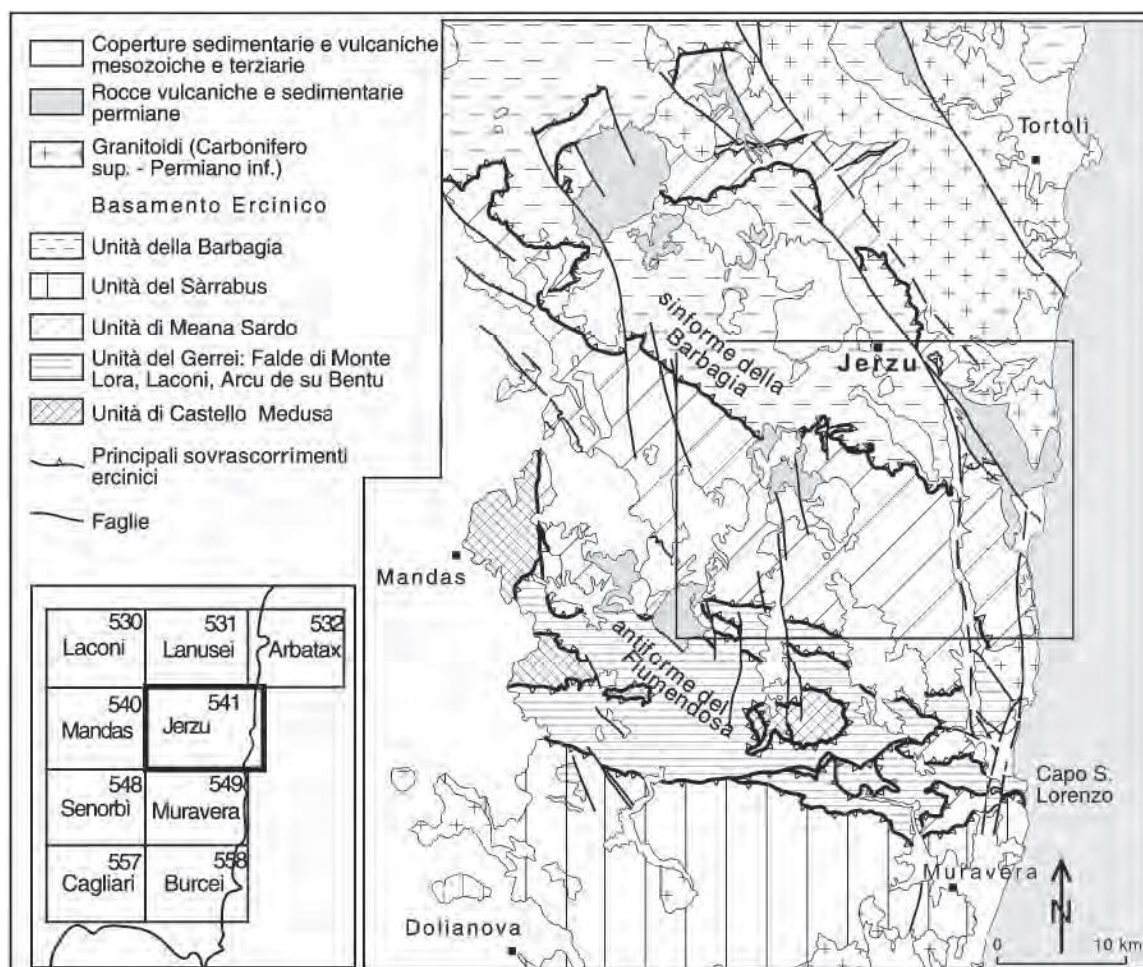


Figure 9 - Assetto strutturale, tratti da note illustrative foglio 541 Jerzu.

Nell'Isola sarebbero teoricamente riconoscibili i margini collisionali, secondo Carmignani et alii (1989,1992,1994). Il margine armoriano sovrascorso dovrebbe corrispondere alla zona settentrionale della Sardegna, dove affiora il Complesso Metamorfico di Alto Grado (Elter & Sarria,1989), mentre il margine del Continente Gondwana subdotto è costituito da un Complesso Metamorfico di Medio e Basso Grado, ulteriormente suddiviso in Falde Interne e Falde Esterne, localizzabili in nella parte centrale e sud orientale dell'Isola. Come punto di separazione viene utilizzata la Linea Posada-Asinara, lungo la quale si ritrovano rocce metamorfiche di alto grado: migmatiti, anfiboliti, eclogiti retrocesse in facies anfibolitica (Miller et alii, 1976), interpretate da Carmignani come relitti della crosta oceanica. Nelle Falde Interne (Figure 9) rientrano le rocce metamorfiche di medio e basso grado, che affiorano nell'area limitata a nord dalla Linea Posada-Asinara e a sud dall'affioramento dell'Unità di Meana Sardo. Falde Interne ed Esterne differiscono principalmente per caratteri strutturali e stratigrafici: le

prime presentano una storia deformativa più complessa in quanto hanno subito due deformazioni plicative isoclinali, e una ricristallizzazione metamorfica più accentuata; inoltre sono più scarse le metavulcaniti e i metacarbonati.

Le Falde Esterne affiorano in un areale compreso tra Sarcidano e Sulcis-Iglesiente: i loro protoliti hanno età indicativamente comprese tra Cambriano e Carbonifero Inferiore. Il metamorfismo sincinemato delle Falde Esterne varia dall'anchizona alla facies scisti verdi. Metamorfismo e deformazione aumentano dalle unità superiori a quelle inferiori. Rocce metamorfiche in facies anfibolitica affiorano solo al M. Grighini, in corrispondenza della culminazione assiale della maggiore antiforme di falde del basamento sardo. Si riconoscono tre strutture di piega distinte di dimensione regionale: l'Antiforme del Gennargentu, la Sinforme della Barbagia e l'Antiforme del Flumendosa (Figure 10).

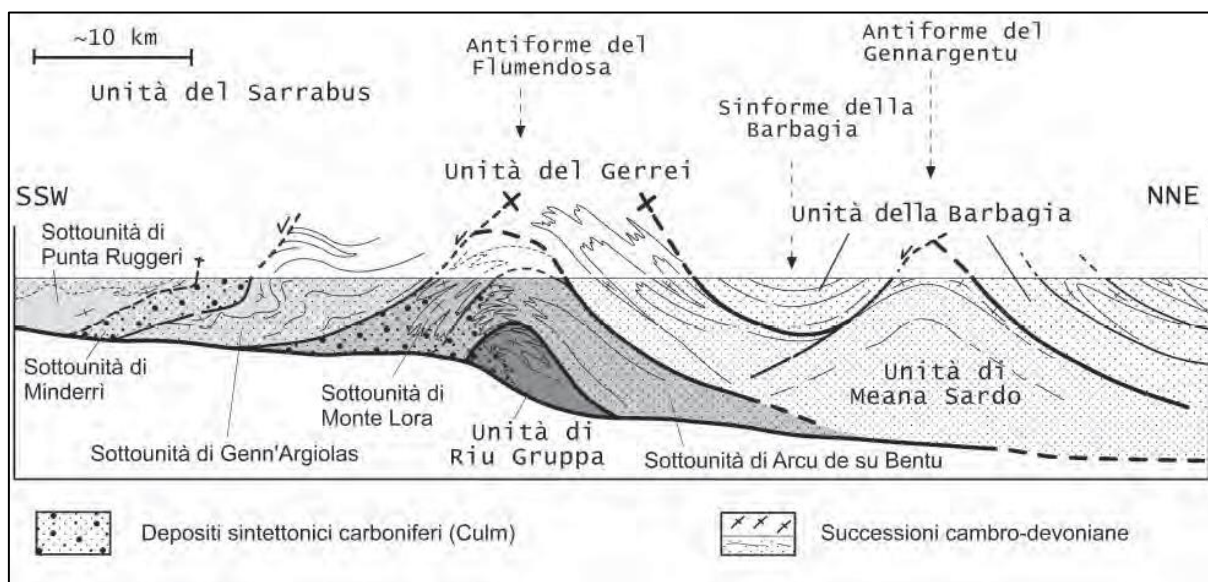


Figure 10 - Profilo schematico attraverso la struttura a falde del basamento paleozoico della Sardegna sud-orientale. Tratta da NOTE ILLUSTRATIVE DELLA CARTAGEOLOGICA D'ITALIA alla scala 1:50.000 foglio 541 JERZU.

In riferimento alla cartografia geologica al 100.000, vengono menzionate come Filladi Grigie del Gennargentu, nel foglio 207 Nuoro (Cavinato, 1976), tutte le metamorfite di basso grado del Gennargentu. Le quali vengono distinte più a sud, nel foglio 218 Isili, con il termine "scisti filladici, arenacei e micascisti", conosciuti in letteratura come "Postgotlandiano". Da studi recenti è stato accertato come queste metamorfite costituiscano un complesso comprendente diverse unità tettoniche, dove sono stati riconosciuti termini databili tra Cambriano ed il Carbonifero inferiore (Dessau et alii, 1982). Sebbene esistano delle somiglianze tra l'unità della Barbagia (che costituisce il basamento nell'area di studio) e le Arenarie di San Vito, a causa

dell'assenza di record paleontologici non è stata effettuata alcuna correlazione tra queste due unità. Tuttavia non si può istituire una nuova unità formazionale in quanto è necessaria una mappatura geologica più estesa. Gli affioramenti appartenenti al basamento varisico sono riferiti all'Unità tettonica della Barbagia, e sono costituiti da: Alternanze di metarenarie, quarziti e filladi (Formazione delle Filladi grigie del Gennargentu, "Postgotlandiano" *Auct.*). Successioni terrigene prevalentemente attribuite al Cambriano-Ordoviciano inferiore e subordinatamente all'Ordoviciano superiore e al Devoniano-Carbonifero inferiore.

Filladi e quarziti carboniose attribuite per analogia litologica al Siluriano-Devoniano.

Nella carta geologica della Sardegna in scala 1:200.000 (Carmignani et al., 2000), i termini a) e b) vengono indicati come successioni terrigene di età incerta. Il record paleontologico è completamente assente. Anche le datazioni basate sul confronto litologico divengono sempre meno attendibili con l'aumentare del grado metamorfico verso N. Tali termini fanno parte entrambi del basamento sardo, che risulta essere una porzione della Catena varisica sud-europea, separatosi dal continente nel Miocene inferiore. Le ricostruzioni pre-deriva Miocenica indicano che le strutture fondamentali del basamento varisico delle due isole trovano la loro prosecuzione in Provenza e Catalogna (Matte, 1986; Vai & Cocozza, 1986). L'orogenesi varisica è andata a causare intense deformazioni, un metamorfismo sin-cinematico e un importante magmatismo post-collisionale. Le litologie vengono indicate nella carta 1:200000 con la sigla 47: esse costituiscono la gran parte del basamento metamorfico affiorante nell'area del Gennargentu, Nuorese, Goceano e nella Nurra. Un'ulteriore suddivisione prevede la distinzione in 47b metamorfici della zona a muscovite e 47a quelle della zona a biotite in affioramenti più a nord. Proprio le successioni terrigene attribuite al Cambriano-Ordoviciano inferiore e subordinatamente all'Ordoviciano superiore e al Devoniano-Carbonifero inferiore (47b), che risultano essere le metamorfite di più basso grado, affiorano presso la nostra area di interesse. Esse formano alternanze di livelli da metrici a decimetrici di metarenarie quarzose e micacee, quarziti, filladi quarzifere e filladi. La colorazione di quest'ultima litologia va dal grigio chiaro al viola al verde. Non è comunque possibile dare una stima precisa della potenza di questa unità, a causa del complesso assetto tettonico

4.3 Mesozoico.

Per quanto riguarda le formazioni Mesozoiche presenti nell'area possiamo annoverare: la Formazione di Genna Selole, unità a composizione da silicoclastica a mista carbonatico-silicoclastica (Giurassico medio; Bajociano - Bathoniano) la Formazione di Dorgali, nel settore dei Tacchi costituita interamente da dolomie (Giurassico medio-superiore; Bathoniano-

Kimmeridgiano). la Formazione di Genna Silana, costituita da calcari compatti (Giurassico Superiore).

4.4 Assetto litostratigrafico locale

In riferimento alla carta geologica d'Italia, in particolare al foglio 541 alla scala 1:50.000 "Jerzu", le litologie affioranti nel settore in cui verranno realizzati gli aerogeneratori, sono riportate di seguito (dalla più antica alla più recente):

- **MSV]** Formazione di Santa Vittoria [Ordoviciano medio]
- **SGA]** Scisti a graptoliti Metapeliti carboniose nere con rari graptoliti; alternate a metasiltiti. Frequenti livelli di diaspri neri (liditi) [Siluriano – Devoniano medio]
- **ORR]** Formazione di Orroleddu [Ordoviciano Superiore] Alternanze irregolari di metarenarie, metarenarie quarzose talora grossolane, filladi e metasiltiti talora fossilifere, con intercalazioni di metaconglomerati minuti in strati decimetrici. [Ordoviciano Superiore]
- **SVI]** Arenarie di San Vito [Cambriano medio – Ordoviciano inferiore]
- **GEN]** Formazione delle filladi grigie del Gennargentu [Cambriano medio – Ordoviciano inferiore]
- **pa]** Porfiri quarziferi [Permiano]
- **DOR]** Formazione di Dorgali [Dogger - Malm]
- **GNS]** Formazione di Genna Selole [Dogger]
- **b2]** Coltri eluvio-colluviali [Olocene]
- **a1]** Depositi di frana [Olocene]
- **a]** Depositi di versante [Olocene]
- **h]** Depositi antropici [Olocene]

MSV. Metavulcaniti con chimismo da acido a basico, metaepiclastiti, metarenarie feldspatiche metaconglomerati a componente vulcanica. È una litostratigrafia individuabile in un ampio affioramento a sud ovest della carta geologica, in corrispondenza dell'Unità di Meana Sardo, dove è rappresentata da due formazioni, dalla formazione di M. Corte Cerbos (metariolitifiriche), su cui si sovrappone la formazione di Manixeddu (metaepiclastiti derivate dallo smantellamento di vulcaniti acide) e la formazione di Serra Tonnai (metagrovacche vulcaniche e metandesiti).

SGA. Metapeliti carboniose nere con rari graptoliti; alternate a metasiltiti. Frequenti livelli di diaspri neri (liditi), presente in un piccolo affioramento presso Riu Miana, costituita da argilloscisti con pirite, localmente intercalato da liditi e metacalcari.

SVI. Alternanze irregolari di strati, da decimetrici a metrici, di metarenarie quarzoso-micacee e sottili livelli di metapeliti con laminazioni piano parallele ed incrociate. Livelli di metaconglomerati quarzosi minuti nella parte alta. Suddetta formazione è presente in ridotti affioramenti nell'area, risulta intrusa dai porfidi permiani.

GEN. Si tratta di una monotona, irregolare alternanza di livelli da metrici a decimetrici di metarenarie quarzose e micacee, quarziti, filladi quarzifere e filladi. Le filladi hanno colori da grigio chiaro a grigio scuro e verdastro. Localmente prevalgono termini più quarziticci, in banchi di vari metri di spessore, oppure metarenarie fini e metasiltiti. A causa della complessa tettonica locale, lo spessore originario non è valutabile. Lo spessore apparente è maggiore di 1.000 m. Il contatto di base è tettonico. Essa poggia su vari termini dell'Unità di Meana Sardo. Nel sito è la litologia prevalente, a causa delle intense deformazioni risulta complicato definire l'andamento generale degli strati, tuttavia si nota in linea di massima un'immersione prevalente a NE, con inclinazioni relativamente blande variabili da 10° a 20°.

pa. Lave in colata ed amassi subvulcanici di composizione da riolitica a dacitica, a grana da minuta a media, a struttura porfirica frequente, talvolta con evidenti strutture di flusso, rari livelli di brecce vulcaniche e tufi riolitici. Tale litologia è stata messa in posto a seguito di processi tettonici transpressivi, collegati all'apertura dei bacini permiani (piggy back basin), la colorazione delle rocce è fortemente influenzata dalle formazioni attraversate, in relazione ai diversi processi di alterazione. In bibliografia viene descritta come sequenza vulcanica caratterizzata da grande varietà di strutture da colate laviche a lave autobrecciate, come riscontrato presso la postazione J07.

GNS. Questa unità affiora alla base dei tacchi, spesso con spessori modesti talvolta a seconda della morfologia del basamento non è presente (come ad esempio in prossimità dei paleoalti). Presso la S.P. 13 (fronte postazione J01) è chiaramente visibile la discordanza angolare tra basamento e litologie mesozoiche con alla base la Formazione silicoclastica-carbonatica di Genna Selole, su cui poggiano le dolomie massive della Formazione di Dorgali. La deposizione di questa Formazione è avvenuta in un'ampia fascia

di ambienti variabili da continentale a marino troviamo rispettivamente dal basso verso l'alto:

- A.** Depositi conglomeratici, e arenacei, a gradazione diretta, i clasti provengono in gran parte dallo smantellamento del basamento metamorfico.
- B.** Depositi argillosi, intervallati da livelli carboniosi.
- C.** Calcari compatti, intervallati da livelli limosi.

Verosimilmente la deposizione dei diversi strati è avvenuta contemporaneamente, in continuità laterale. Talvolta alla base del conglomerato affiorano paleosuoli ricchi in ossidi e idrossidi di ferro (il cosiddetto "Ferro dei Tacchi" Auct., vedi Cap.VIII di queste note), derivati da una lunga evoluzione pedogenetica di tipo lateritico in clima caldo-umido (VARDABASSO, 1952; MARINI, 1984), come riscontrabile presso Corongiu.

DOR. Litologie carbonatiche a composizione variabile da termini dolomitici a termini calcarei. Strati massivi con potenze massime rilevate nell'area di circa 700m, talvolta a causa degli intensi processi di dolomitizzazione non è evidente la stratificazione. Nell'area in esame tale formazione è localizzabile presso punta Corongiu.

b₂. coperture residuali, prodotti dall'alterazione del substrato roccioso, accumulati in aree sub-pianeggianti con reticolo idrografico poco inciso. La composizione e l'aspetto dei depositi varia a seconda della natura delle rocce alterate, si segnala la presenza nel Tacco di Jerzu, presso la dolina in località Gessitu.

a. Si tratta di depositi, talvolta monogenici in genere sciolti o poco cementati, eterogenei con clasti a dimensioni variabili da metrici a centimetrici, solitamente con matrice sabbiosa. Si segnala la presenza in diversi impluvi e nei bordi dei tavolati calcarei.

a₁. Caratteristici depositi caotici di versante, attribuibili a processi gravitativi di crollo e ribaltamento delle cornici carbonatiche.

h. Depositi attribuibili a corpi di scarica o sterile derivato da coltivazioni minerarie.

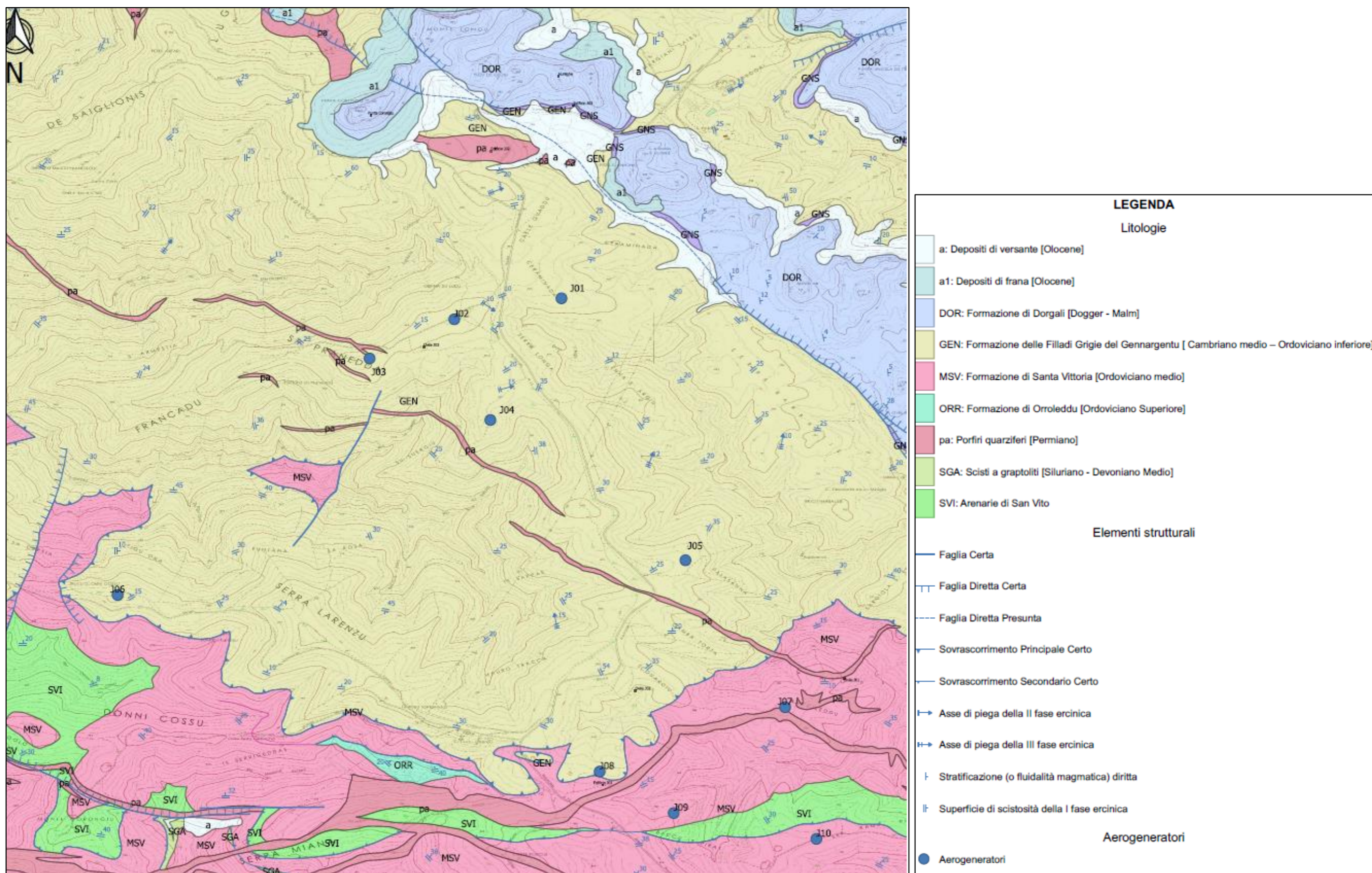


Figura 11 - Inquadramento degli aerogeneratori su carta geologica dell'area in scala 1:10000.

4.5 Stratigrafia dei terreni di fondazione

Gli aerogeneratori in progetto saranno collocati nelle creste allungate dei rilievi collinari, i quali hanno evidenziato un'esigua copertura detritica e un substrato costituito dalle litologie facenti parte del basamento ercinico; in particolare 7 aerogeneratori (J01, J02, J03, J04, J05 e J08) ricadono nella Formazione delle filladi grigie del Gennargentu, mentre le restanti 3 (J07, J09, J10) nella formazione di Monte Santa Vittoria.

Di seguito si descrivono i terreni direttamente interagenti con le strutture di fondazione per domini, con diretto riferimento agli identificativi delle turbine.

4.5.1 J01

L'installazione dell'aerogeneratore in località Ceraminada prevede la realizzazione di una pista di circa 340m che collegherà la piazzola J01 alla SP. N.13 (Figura 12). La litologia prevalente è costituita dalla Formazione delle Filladi Grigie del Gennargentu, dotate di buone caratteristiche geomeccaniche; si segnala la presenza di una sottile coltre detritica. La morfologia è relativamente dolce (Figura 13 - Affioramento J01.), caratterizzata da una cresta ampia che si sviluppa da ovest a est, degrada gradualmente a nord, mentre a Sud è interrotta da un ripido pendio. Gli strati complessivamente sono in reggipoggio rispetto al versante nord, il clivaggio ha direzione N320 e immerge verso ovest.



Figura 12 - Piazzola J01 da SP 13.



Figura 13 - Affioramento J01.

4.5.2 J02, J03, J04, J05, J06, J08

L'assetto geologico e geomorfologico dell'area in cui sorgeranno gli aerogeneratori J02 e J03, previste in località "Sa Pranedda" (Figura 14 – Figura 15), mostra la presenza predominante delle filladi erciniche, a nord della turbina J03 è presente un corpo filoniano costituito da porfidi quarziferi permiani, i quali tagliano le litologie metamorfiche. La cresta si sviluppa da est verso ovest, presenta un versante più inclinato a sud a causa della giacitura a reggipoggio degli strati, mentre a Nord gli strati sono a franapoggio con un'inclinazione di circa 15°. Presso la piazzola J04 (Figura 16), affiorano le filladi grigie del Gennargentu con direzione di clivaggio N75 con una debole inclinazione di 15° verso ovest. Presso la piazzola J05 (Figura 17) situata a circa 820 s.l.m, si segnala una consistente copertura detritica, dovuta all'alterazione del substrato metamorfico, situazione analoga è riscontrabile presso la pala eolica J08. In corrispondenza dell'area in cui sorgerà l'aerogeneratore J06 l'assetto geologico è analogo a quelli sopra descritti, tuttavia morfologicamente è caratterizzata da una cresta meno ampia e limitata lateralmente da versanti più ripidi.



Figura 14 – Affioramento Piazzola J02.



Figura 15 - Affioramento nei pressi della piazzola J04



Figura 16 – Area Piazzola J04.



Figura 17 - Copertura detritica J05

4.5.3 J07

A circa 800m di quota è prevista l'installazione dell'aerogeneratore denominato J07 (Figura 18). Dal punto di vista geomorfologico l'area è caratterizzata da una cresta che si sviluppa dalla provinciale N.13 per circa 1km, in affioramento sono presenti sia le metarenarie della formazione di San Vito che i porfidi permiani (Figura 19).



Figura 18 - Affioramento “Arenarie Grigie del Gennargentu” presso piazzola J07.



Figura 19 - Contatto porfidi-metarenarie.

J09-J10

Le postazioni eoliche **J09 e J10** (Figure 20- Figure 21) sono ubicate in località *Baccu is Piras*, a circa 790 metri s.l.m., in corrispondenza di creste allungate. Nelle aree di sedime degli aerogeneratori affiora la Formazione di Monte Santa Vittoria, qui data da metagrovacche vulcaniche, metapeliti e micascisti. Trattasi di rocce bruno-giallastre, con superfici di scistosità parzialmente ossidate e fratturate con giunti suborizzontali e subverticali, debolmente beanti e talvolta riempiti di limo; in superficie si riscontra la presenza di patine nerastre di ossidazione. Tra i due punti di interesse è presente in affioramento la formazione di San Vito con contatto tettonico a sud in sovrascorrimento secondario localmente riattivato come faglia diretta.



Figure 20 – Piazzola J09.



Figure 21 – Piazzola J10.

4.6 Assetto geomorfologico ed idrografico

L'area geomorfologicamente è caratterizzata dalla presenza dei cosiddetti tacchi, rilievi tabulari limitati lateralmente da orli di scarpata, con altezze variabili da 600 a 1000 m.s.l.m. visibilmente molto caratteristici. Testimoni dei depositi carbonatici mesozoici che un tempo ricoprivano quasi uniformemente l'intera isola successivamente frammentati ed erosi a in seguito a fenomeni tettonici di ringiovanimento tettonico, le superfici dei tavolati sono soggetti ai fenomeni di carsismo, che hanno scolpito strette valli sospese, doline e campi solcati. Presso punta Corongiu è caratteristico l'andamento a gradoni dei versanti, generato dall'erosione differenziale, a causa della differente competenza delle litologie carbonatiche. I sistemi di faglie normali hanno prevalentemente andamento NW-SE, NS e NE-SW, con la caratteristica struttura a gradinata degradante da NE verso SW, con altezze massime dei tavolati carbonatici ("tacchi") con circa 800-1000 m ai 600 m degli altopiani post-ercinici peneplanati, dove sorge il parco eolico. Ai margini perimetrali i tavolati carbonatici, poggiano talvolta su depositi basali argillosi mesozoici o direttamente sulle metamorfite erciniche, in corrispondenza di tali contatti si segnala la presenza di sorgenti, cascate e depositi di travertino in cascate o terrazzi. La giacitura degli strati influenza fortemente la forma delle valli,

prevalentemente strette e a V simmetriche, i corsi d'acqua e le valli risultano molto incise, talvolta incassate a causa dei fenomeni tettonici di ringiovanimento, con un andamento prevalentemente dendritico tortuoso fino a meandriforme. La genesi dei meandri incassati visibili nella parte alta del Rio Quirra, è riconducibile a fenomeni di ringiovanimento che hanno portato ad un'intensa ripresa dell'erosione verticale in età post-ercinica, con una successiva accentuazione plio-quadernaria.

4.7 Assetto idrogeologico

Nell'area affiorano tre principali unità idrogeologiche, distinte in base alla porosità e al tipo di circolazione (Figura 22):

- medio-bassa per fratturazione, tipica delle successioni metamorfiche erciniche e i sedimenti mesozoici basali a carattere arenaceo argilloso (formazione di Nurri-Escalaplano);
- medio-alta per fratturazione, dolomie mesozoiche;
- alta per porosità, tipica dei depositi di versante.

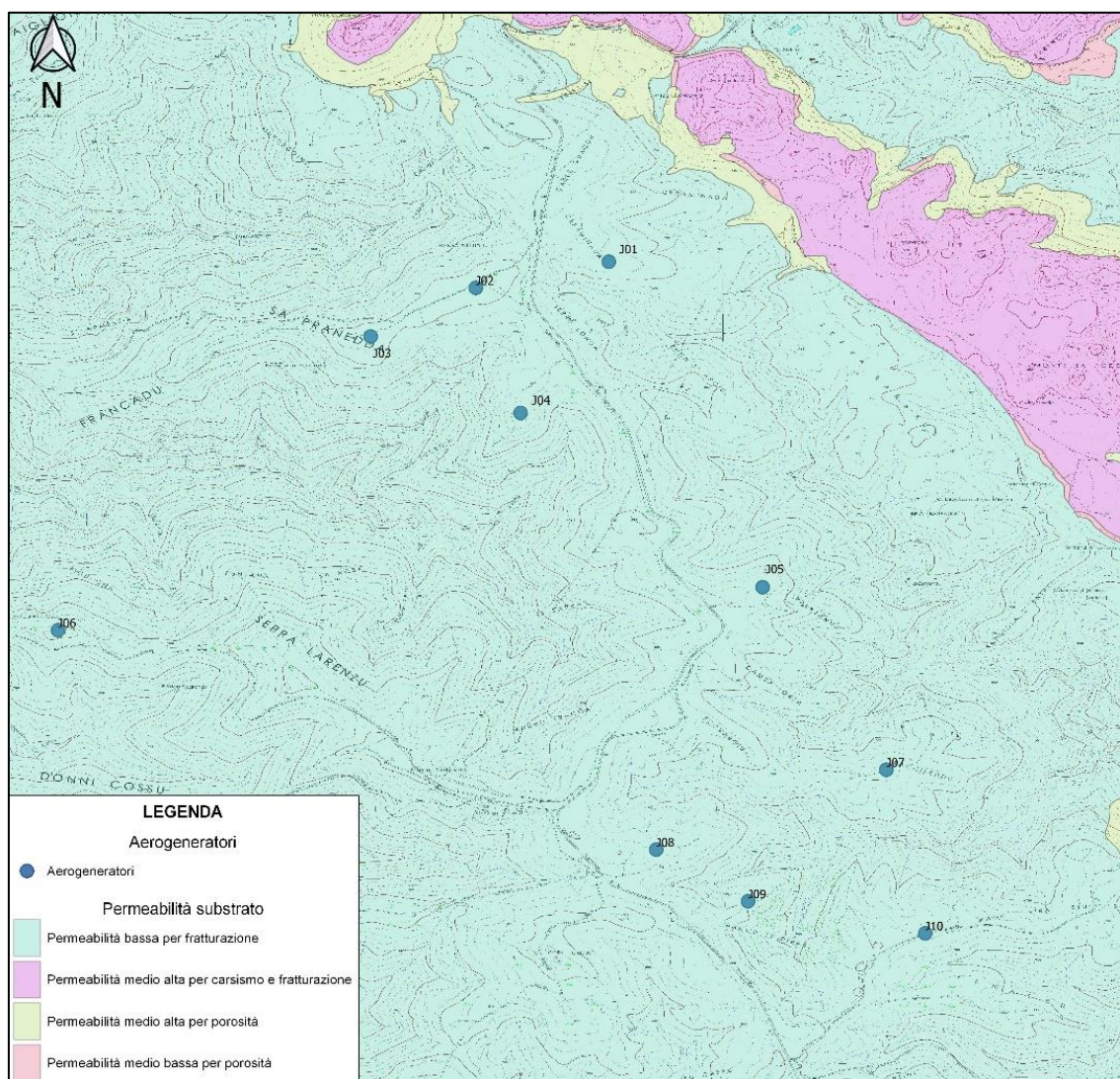


Figura 22 - Carta delle permeabilità.

Unità idrogeologica metamorfica e sedimenti basali mesozoici.

Costituita da filladi e da metarenarie caratterizzata da permeabilità variabili, le aree che presentano una circolazione d'acqua consistente, sono interessate principalmente da deformazioni tettoniche e da profonde alterazioni, tuttavia risultano sede di falde molto modeste a carattere perlopiù stagionale. In questa categoria rientrano anche i depositi basali mesozoici, con permeabilità variabili da bassa a nulla nelle aree in cui affiorano i termini argillosi della Formazione.

Unità idrogeologica carbonatico-silicoclastica mesozoica.

La copertura carbonatica, con permeabilità localmente alta dei, dovuta alla fratturazione causata dai processi tettonici e dai fenomeni carsici (porosità secondaria). La presenza dei depositi argillosi basali permette l'affioramento della falda, dando luogo a numerose scaturigini, che in caso di condizioni giacitureali favorevoli possono essere perenni anche se con portate modeste. Gli acquiferi più importanti per l'approvvigionamento idrico, sono individuabili proprio in questa unità, grazie all'alto coefficiente di immagazzinamento inoltre il tasso di evapotraspirazione è molto basso e il deflusso superficiale è praticamente inesistente.

Unità sedimentaria quaternaria.

I versanti dei tavolati calcarei, sono caratterizzati dalla presenza di una coltre detritica eterogenea con potenze variabili, che deriva dall'erosione e dal crollo dei depositi carbonatici. Presentano un'ottima conducibilità idraulica tuttavia a causa della scarsa potenza e dalla forte inclinazione, non permettono l'immagazzinamento di volumi consistenti d'acqua e fungono esclusivamente come termini di passaggio alle litologie meno permeabili del basamento ercinico come si osserva al contatto tra Monte Corongiu e il basamento.

5 MODELLO GEOTECNICO

5.1 Stima della capacità portante dei terreni di fondazione

Riepilogando quanto descritto nella descrizione geologica del sito, le aree che ospiteranno le opere sono situate prevalentemente su un substrato roccioso costituito da metamorfiti afferenti al basamento ercinico, sormontate da una coltre detritica con una potenza generalmente dell'ordine del metro.

Valutazione parametri geotecnici.

Le considerazioni di seguito elencate, visto l'assetto geologico relativamente omogeneo sono da considerarsi valide per tutte le piazzole degli aerogeneratori terranno conto dei sondaggi effettuati in fase esecutiva per l'ampliamento del Parco eolico Maistu, riportate nell'elaborato tecnico, e il modello geotecnico ipotizzato presso la stazione 105 (Tabella 2) nella relazione geologica-geotecnica del progetto definitivo.¹

Tabella 2 - Valori geotecnici indicativi.

Strato	Spessore medio presunto (m)	c (kN/m ²)	Fi (°)	G (kN/m ³)	E _M (MPa)	Litologia
1	1	9,8	23	20	4,4	Copertura detritica molto alterata e decompressa
2	9	175	22,5	25	215	Metamorfiti fratturate
3	20	250	26	25	360	Metamorfiti massive
4	25	175	22,5	25	215	Metamorfiti fratturate

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; E_M: Modulo di deformabilità dell'ammasso roccioso

Coltre detritica di alterazione

Con spessori irregolari, raramente superiori al metro in nei pressi delle creste, è comunque da escludere un appoggio delle fondazioni su tali depositi, in quanto fortemente eterogeneo e con scarse qualità geotecniche, assimilabile come terreno puramente attritivo. Di seguito vengono elencati dei parametri orientativi, rilevati in fase esecutiva.

¹ "Parco eolico MAISTU Ampliamento del Parco Eolico di Ulassaini comuni di Ulassai e Perdasdefogu (OG) PROGETTO DEFINITIVO OPERE CIVILI RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

Basamento metamorfico

Le fondazioni degli aerogeneratori saranno intestate nel basamento metamorfico costituito da litologie appartenenti alla Formazione delle Filladi Grigie del Gennargentu e le vulcaniti metamorfiche della formazione di Santa Vittoria. Solitamente al di sotto di una coltre di alterazione del substrato lapideo, potente 3-7 metri, intensamente decompressa, alterata e parzialmente ossidata è presente mentre più in profondità questa risulta poco fratturata, scomposta talvolta secondo i piani di clivaggio, i pochi giunti di taglio sono obliqui o molto inclinati, piani o debolmente scabri, serrati.

Classificazione ammasso roccioso.

In base alle considerazioni fatte precedentemente, tenendo conto dei dati raccolti durante le precedenti campagne di indagini e dalle scelte eseguite in fase esecutiva, è consigliabile che le fondazioni degli aerogeneratori saranno intestate a contatto diretto con le formazioni litoidi. Ferma restando la necessità di validare le valutazioni in questa sede con i dati provenienti dalle indagini geognostiche puntuali, da eseguirsi ad hoc in sede di progettazione esecutiva. 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 criterio di rottura di Hoek-Brown (**A**) e la classificazione di Bieniawski (**B**):

- A.** Utilizzando il software RocLab v.1.004, partendo dalle equazioni di Hoek-Brown e Hoek-Diederchs vengono determinati i valori equivalenti di Mohr-Coulomb per l’ammasso litoide in esame (Figura 23- Figura 24 -Tabella 3), considerando che

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020

l'intervallo di stress associato è con la rottura fragile si verifica quando la pressione massima di confinamento σ_{3max} è minore di circa un quarto della resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta σ_{ci} (*Intact uniformal compressive strenght*).

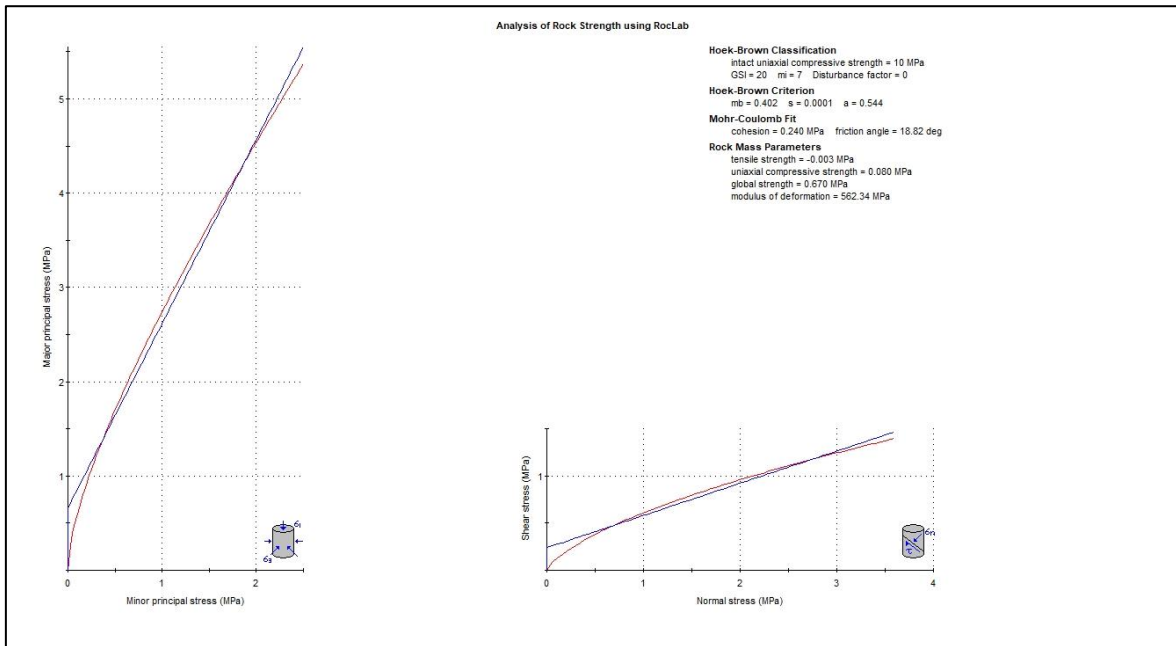


Figura 23 - Determinazione dei parametri geotecnici con il criterio di Hoek-Brown le metamorfite alterate.

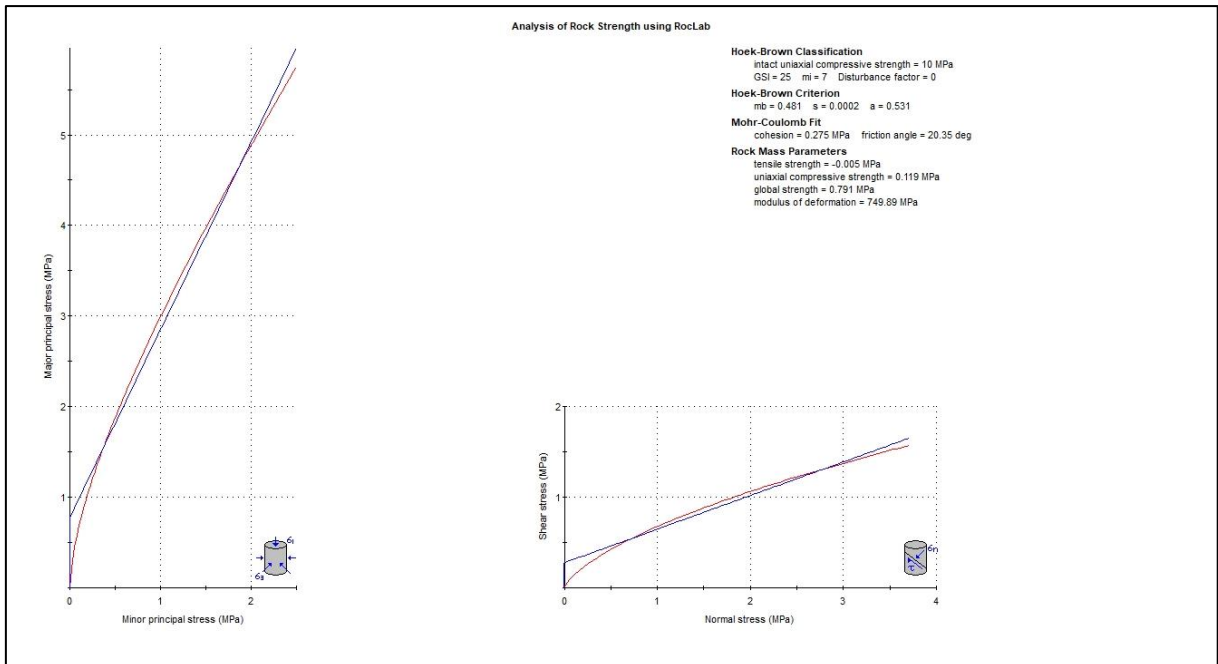


Figura 24 -Determinazione dei parametri geotecnici con il criterio di Hoek-Brown le metamorfite.

Tabella 3 - Riepilogo parametri RocLab

Parametro	Metamorfiti fratturate	Metamorfiti massive
Coesione (Mpa)	0,240	0,275
Angolo di attrito interno (°)	18,82	20,35
Modulo elastico E (Mpa)	562,34	749,89

B. Dalla classificazione geomeccanica di Bieniawski (1993) si ottiene l'indice Basic RMR (Rock Mass Rating), a tale valore e stato poi sottratto I_c Indice correttivo per l'orientamento dei giunti (fondazioni). A partire dal Basic RMR sono stati determinati i parametri geomeccanici dell'ammasso roccioso ψ (angolo di attrito interno), c (coesione) ed E (modulo elastico), secondo le seguenti formule (risultati Tabella 5):

- $\varphi = 0,5 \text{ BRMR} + 5$
- $c = 5 \text{ BRMR}$
- $E = 2\text{BRMR} - 100$ se $\text{RMR} > 50$
- $E = 10(\text{RMR} - 10)/40$ se $\text{RMR} < 50$ (Serafim & Pereira, 1983)

Il valore di resistenza a compressione monoassiale (A_1), 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 (Tabella 4 - Stima resistenza a compressione monoassiale.). Nelle litologie affioranti si può ipotizzare un valore compreso tra 5-25 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.

Tabella 4 - Stima resistenza a compressione monoassiale.

La roccia si incide con l'unghia o si sbriciola con le mani	0,25 – 1 Mpa
Si sbriciola sotto i colpi della punta, lastre sottili si rompono con facilità con le mani	1 – 5 Mpa
La punta lascia deboli buchi, lastre sottili si rompono con forti pressioni delle mani	5 – 25 Mpa
La roccia si frattura con un colpo	25 – 50 Mpa
Si frattura dopo due-tre colpi	50 – 100 Mpa
Si frattura solo dopo molti colpi	100 – 200 Mpa
Si scheggia solamente	> 200 Mpa

Tabella 5 - Valutazione RMR e parametri geotecnici.

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	
	Condizioni generali	Giunti umidi	10	Giunti umidi	10
BRMR			30		45
Indice correttivo per l'orientamento dei giunti lc (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

5.2 Viabilità di accesso alle postazioni

Accesso alla postazione J01

Il collegamento stradale alla postazione eolica J01 (interamente in Hg1), con accesso sulla SP 13 nell'estremità nord del proposto intervento, si sviluppa per circa 300 m; la sistemazione dell'innesto sulla SP13 richiederà la realizzazione di un cavalcafosso al fine di non ostacolare il deflusso delle acque meteoriche a bordo strada.

Il terreno si presenta in leggero declivio verso sudest passando da quota 838 m s.l.m. alla quota di 820.50, di imposta della piazzola, con una pendenza media del 6%. La livelletta di progetto si svilupperà in sostanziale sovrapposizione al profilo del terreno con conseguenti movimenti di terra alquanto contenuti. Il raccordo con la superficie di spianamento della piazzola richiederà un approfondimento in scavo di circa 1.4 m.

Accesso alle postazione J04

La pista di collegamento alla postazione J04 si svilupperà in prevalenza su un tracciato esistente, alcuni ricavati su fasce frangifuoco, correnti in parziale parallelismo con la SP 13 tra le località di *Serra Longa* e *Genna su Ludu*.

La viabilità di servizio alla postazione J04 si staccherà dalla dorsale stradale principale con direzione indicativa nordest-sudovest, sviluppandosi in cresta al rilievo tra quote altimetriche comprese indicativamente nell'intervallo 835÷843 m s.l.m.. La livelletta di progetto è prevista in sostanziale aderenza con il profilo del terreno a meno del breve tratto di raccordo con la piazzola nel quale è previsto un approfondimento in scavo di circa 2.5 metri.

Una minima parte del tracciato in adeguamento (circa 80 m) e di nuova realizzazione (circa 90 m) risulterà in Hg2.

Accesso alla postazione J06

Il collegamento stradale alla postazione eolica J06 sarà principalmente assicurato dall'esistente viabilità di servizio al parco eolico (Strada comunale *Larenzu*), diramantesi dalla S.P. 13 in località *Corte Porcus* costeggiando le aree delle stazioni elettriche di utenza ed RTN. Detta viabilità attualmente consente il collegamento delle turbine periferiche dell'esistente parco eolico ubicate all'estremità nordoccidentale dell'impianto (WTG 1, 2, 3 e 4).

La nuova pista di servizio alla postazione J06, avente lunghezza di circa 180 metri (di cui una minima parte di circa 20 m in Hg2), si staccherà dalla S.C. *Larenzu* in direzione W-NW, ad una distanza di circa 2.000 m dalla S.P.13, in corrispondenza di un alto morfologico (*B.cu Donni Cossu*, 806 m s.l.m.), delimitato a nord da una fascia frangifuoco. Detta pista si svilupperà in sostanziale aderenza con la quota del terreno, superando un dislivello di circa 16 metri ed assumendo una pendenza massima di circa il 16%. In tal modo sarà realizzato il miglior compromesso tra la rispondenza ai requisiti richiesti dal costruttore degli aerogeneratori, il conseguimento di un buon bilanciamento tra scavi e riporti e l'opportunità di limitare le conseguenti modifiche morfologiche (Elaborato AM-IAC10009).

Accesso alla postazione J09

La postazione eolica J09 sarà resa accessibile attraverso l'allestimento di un percorso viario di circa 400 metri, prevalentemente attestato sul tracciato di un esistente stradello (260 m circa); circa 70 m di tale tracciato ricadono in pericolosità da frana Hg3.

A partire dall'innesto sulla SP 13 la strada procederà in declivio con direzione sudovest-nordest superando un dislivello di circa 40 metri con pendenza media del 9% circa ($P_{max} \sim 17\%$). Il tratto terminale, di raccordo con la piazzola, prevede la formazione di un modesto rilevato di altezza indicativa pari a 1.5 m.

Accesso alla postazione J10

L'accesso alla postazione J10 avverrà attraverso l'esistente viabilità di servizio del parco eolico, con terminale in corrispondenza degli esistenti aerogeneratori con identificativi 37 e 38. Detta viabilità presenta attualmente una larghezza della carreggiata di circa 5 metri e si sviluppa senza bruschi cambi di direzione per una lunghezza di circa 900 metri fino all'area prevista per l'installazione della turbina J10. Conseguentemente il nuovo progetto stradale non prevede significative modifiche al tracciato esistente, risultando quest'ultimo sostanzialmente idoneo al trasporto della nuova turbina a meno di limitati e puntuali interventi di adeguamento (per 88 m in Hg2) o manutenzione sull'attuale viabilità.

5.3 Cavidotti

Il manufatto del cavidotto da realizzare nelle aree interessate da pericolosità Hg2, Hg3 del PAI è previsto secondo sezioni tipo di larghezza di 0,70÷1,00 m e profondità 1,10 m (Figura 1). Nello specifico:

- per il tratto terminale di 125m che arriva all'aerogeneratore J04 si ha una sezione di tipo B in area Hg2;
- per il tratto terminale di 150 m di cavidotto che collegherà l'aerogeneratore J06, ricadente in area Hg2, la sezione sarà di tipo A;
- per i 65m del tratto di rete che giunge all'aerogeneratore J09 (in area Hg3) la sezione sarà di tipo A.

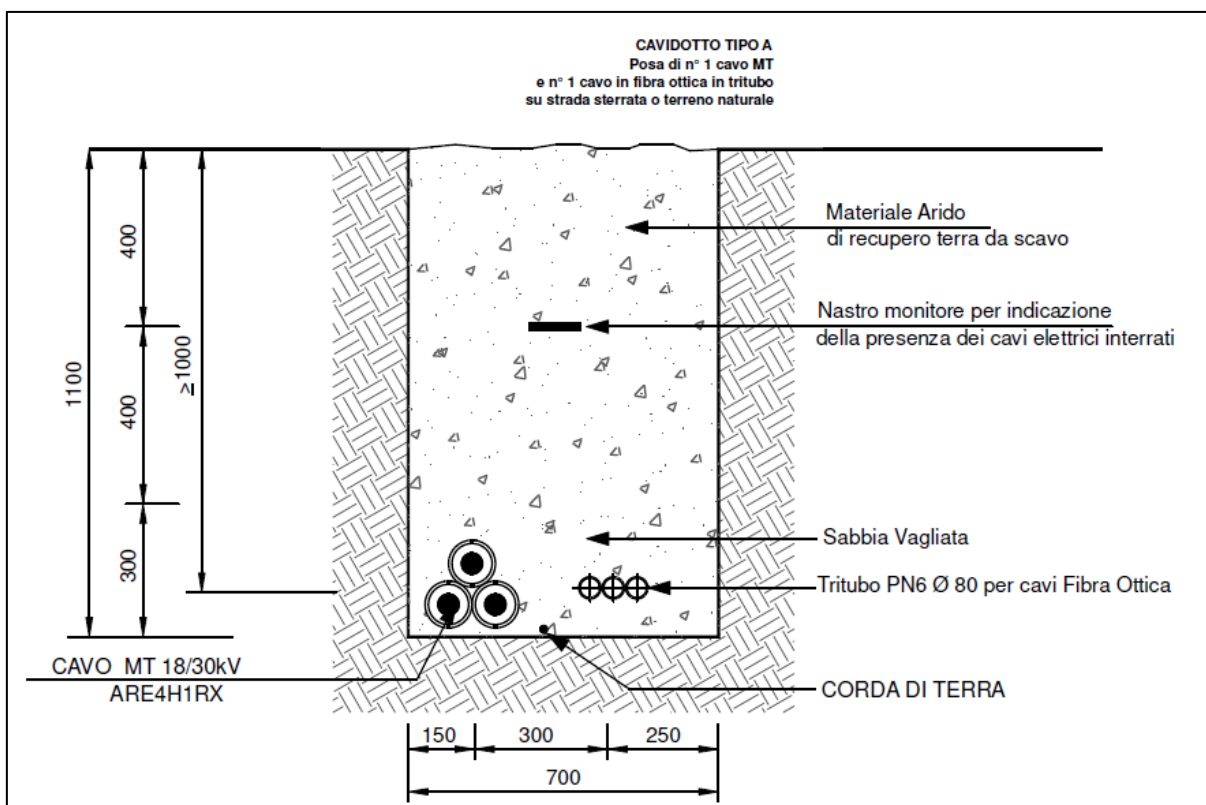
Il restante cavidotto andrà ad interessare area a pericolosità da frana nulla o in Hg1. La sezione del cavidotto prevede la posa di n. 1/2/3 terne di cavi in media tensione e n. 1 cavo in fibra ottica su strada sterrata o terreno naturale o, eventualmente, su strada asfaltata; in quest'ultimo caso la sua parte superiore è completata con uno strato di sottofondo e uno di conglomerato bituminoso per il ripristino della pavimentazione stradale (*EL-PL3509_ Sezioni tipo vie cavo*).

Gli scavi saranno realizzati ai margini della carreggiata, sul lato di monte o di valle, in funzione dello spazio sufficiente per lo scavo, e saranno riempiti con lo stesso materiale di scavo ricompattato. È comunque da considerare che ciò comporterà comunque una diminuzione del peso di volume del materiale di riempimento stimabile nel 20-30% rispetto a quello in posto.

Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020

In considerazione di quanto precede e del peso irrisorio dei cavi posati nelle trincee (stimabile in circa 7 kg/m per la terna di cavi MT), la costruzione dell'opera comporterà necessariamente una diminuzione del carico lineare, piuttosto che un sovraccarico. Salvo situazioni puntuali da valutare nelle fasi progettuali avanzate, alle quote di progetto si potrà fare affidamento su un substrato "naturale" adeguato, rappresentato da formazioni litificate o da sedimenti eluvio-colluviali.

L'esiguo spessore della coltre detritica di copertura e la modesta entità degli scavi, esclude che possano generarsi situazioni di instabilità delle pareti di scavi o l'innescarsi di fenomeni franosi di alcun tipo, anche in ragione delle blande acclività dei luoghi e del previsto immediato reinterro del cavo.



Boreas - Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu nel territorio di Jerzu (NU) – DICEMBRE 2020

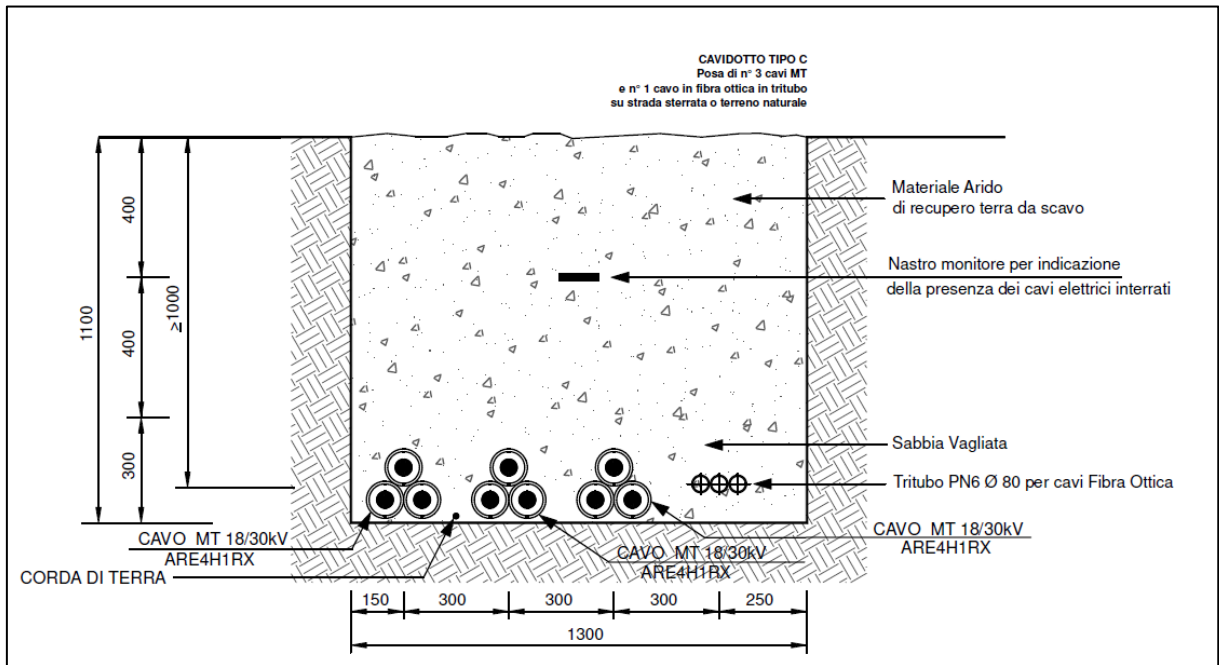
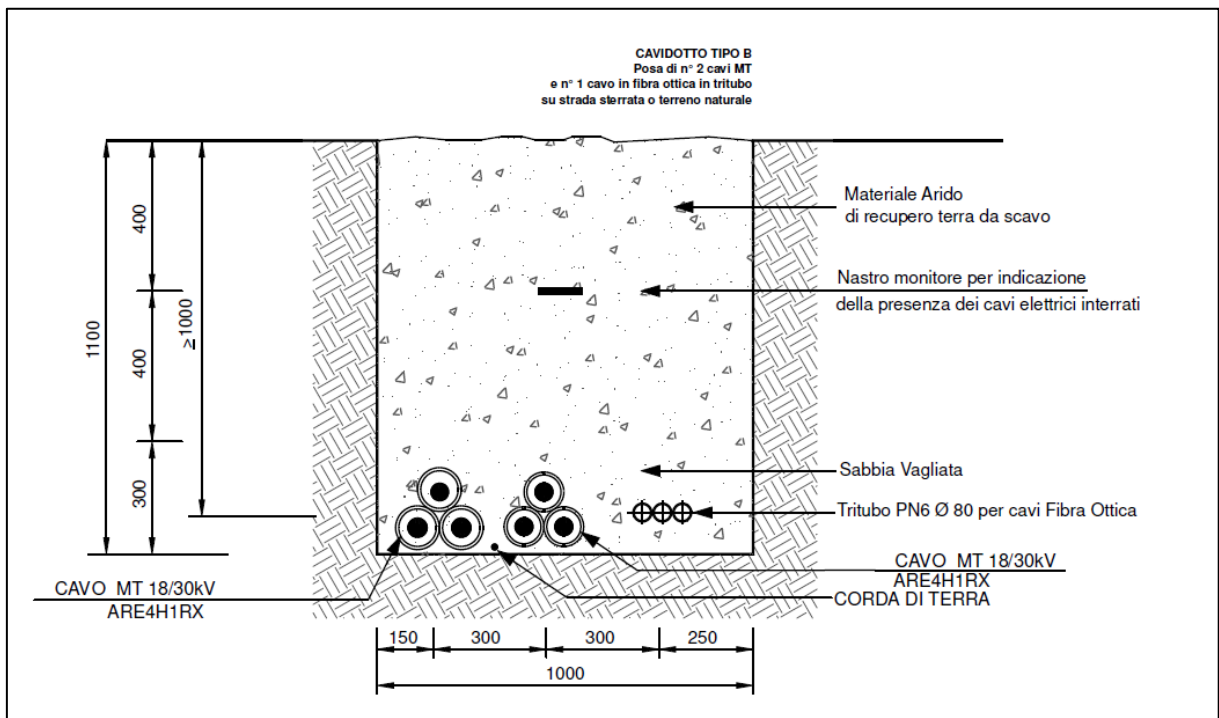


Figura 1 – Sezioni degli scavi che verranno realizzati per il passaggio del cavidotto.

6 VALUTAZIONE DEL PROGETTO AI FINI PAI

L'analisi dello stato di fatto dei luoghi ha messo in evidenza che gli interventi in progetto interferiscono perlopiù con aree caratterizzate da una pericolosità da frana di tipo moderato **Hg1**, solo in limitati casi per il tipo **Hg2** e solo in un caso per la pericolosità **Hg3**.

Con riferimento alle opere da realizzare in aree a pericolosità media (Hg2) ed elevata (Hg3) da frana, le norme di attuazione del PAI (art. 33) consentono, tra gli altri, alcuni interventi a rete o puntuali, pubblici o di interesse pubblico, di caratteristiche assimilabili alle opere proposte *a condizione che non esistano alternative tecnicamente ed economicamente sostenibili, che tali interventi siano coerenti con i piani di protezione civile, e che ove necessario siano realizzate preventivamente o contestualmente opere di mitigazione dei rischi specifici (art. 33 comma 3 lettera a)*. Per tali opere, è richiesta la redazione dello studio di compatibilità geologica e geotecnica (art. 33 comma 5 lettera b), formante parte integrante del presente progetto.

L'analisi geologica e geomorfologica non ha evidenziato situazioni di instabilità gravitativa in atto e/o potenziali che potrebbero compromettere la realizzazione delle opere in oggetto, le quali si inseriscono in un contesto morfologico attualmente stabile per la presenza di un substrato roccioso con elevate caratteristiche litotecniche ricoperto solo localmente da un'esile copertura detritica la quale, in considerazione delle blande pendenze e della morfologia regolare, al massimo darà luogo a semplici e limitati accumuli terrosi senza che si possano generare fenomeni franosi di alcun tipo.

Anche dal punto di vista idraulico non sono segnalate situazioni di pericolosità.

Ferma restando la necessità di seguire una campagna investigativa mediante indagini dirette al fine di verificare e meglio supportare le scelte progettuali emerse in questa sede, si può sino ad ora asserire che il sedime di intervento si presenta idoneo ad ospitare gli interventi di cui trattasi e che gli stessi non pregiudicheranno la stabilità del versante.

La compatibilità è inoltre dimostrata dal rispetto dei vincoli di cui all'art. 23 delle Norme di Attuazione del P.A.I. «*Prescrizioni generali per gli interventi ammessi nelle aree di pericolosità idrogeologica*» prevedendo che «*[...] allo scopo di impedire l'aggravarsi delle situazioni di pericolosità e di rischio esistenti nelle aree di pericolosità idrogeologica tutti i nuovi interventi previsti dal PAI e consentiti dalle presenti norme devono essere tali da:*

- a] *[...] non peggiorare le condizioni di funzionalità del regime idraulico del reticolo principale e secondario, non aumentando il rischio di inondazione a valle in quanto non interferiscono con il reticolo idrografico locale;*

- b] [...] non peggiorare le condizioni di equilibrio statico dei versanti e di stabilità dei suoli attraverso trasformazioni del territorio non compatibili poiché gli scavi per l'alloggio delle fondazioni verranno immediatamente richiusi e quelli per la realizzazione della viabilità di collegamento con le piazzole sono da ritenersi di blanda entità;*
- c] non compromettere la riduzione o l'eliminazione delle cause di pericolosità o di danno potenziale né la sistemazione idrogeologica a regime;*
- d] non aumentare il pericolo idraulico con nuovi ostacoli al normale deflusso delle acque o con riduzioni significative delle capacità di invasamento delle aree interessate;*
- e] limitare l'impermeabilizzazione dei suoli e creare idonee reti di regimazione e drenaggio;*
- f] favorire quando possibile la formazione di nuove aree esondabili e di nuove aree permeabili;*
- g] salvaguardare la naturalità e la biodiversità dei corsi d'acqua e dei versanti;*
- h] non interferire con gli interventi previsti dagli strumenti di programmazione e pianificazione di protezione civile;*
- i] adottare per quanto possibile le tecniche dell'ingegneria naturalistica e quelle a basso impatto ambientale;*
- j] non incrementare le condizioni di rischio specifico idraulico o da frana degli elementi vulnerabili interessati ad eccezione dell'eventuale incremento sostenibile connesso all'intervento espressamente assentito;*
- k] assumere adeguate misure di compensazione nei casi in cui sia inevitabile l'incremento sostenibile delle condizioni di rischio o di pericolo associate agli interventi consentiti;*
- l] garantire condizioni di sicurezza durante l'apertura del cantiere, assicurando che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un significativo aumento del livello di rischio o del grado di esposizione al rischio esistente;*
- m] garantire coerenza con i piani di protezione civile.*

Per quanto sopra esposto, si ritiene che il progetto sia coerente con quanto previsto delle Norme di Attuazione del PAI.