

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

ABBILA

**Ampliamento del Parco Eolico di
Ulassai e Perdasefogu (NU)**




ORDINE INGEGNERI
PROVINCIA CAGLIARI
N. 3832
Dott. Ing. MANOLO MULANA

PROGETTO DEFINITIVO OPERE CIVILI

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Rev.	Data	Descrizione	IAT Red.	Sartec Contr.	Sartec Appr.
0	30/04/2021				


ORDINE INGEGNERI
PROVINCIA CAGLIARI
N. 3453
Dott. Ing. Giuseppe Frongia

Nome File: AM-RTC10002


ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 211
Dott. Geol. Mauro Pompei


ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 222
Dott. Geol. Maria Francesca Lobina

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

ABBILA

**Ampliamento del Parco Eolico di
Ulassai e Perdasdefogu (NU)**

PROGETTO DEFINITIVO OPERE CIVILI

COORDINAMENTO GENERALE:

SARTEC – Saras Ricerche e Tecnologie

Ing. Manolo Mulana

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

PROGETTAZIONE:

I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l.

Ing. Giuseppe Frongia (Direttore tecnico)

Gruppo di lavoro:

Ing. Giuseppe Frongia (Coordinatore e responsabile)

Mariano Agus

Ing. Marianna Barbarino

Ing. Enrica Batzella

Ing. Gianluca Melis

Dott.ssa Elisa Roych

Ing. Emanuela Spiga

Ing. Francesco Schirru

Collaborazioni specialistiche:

Verifiche strutturali: Ing. Gianfranco Corda

Aspetti archeologici: Dott. Matteo Tatti

Aspetti geologici e geotecnici: Dott. Geol. Mauro Pompei – Dott. Geol. Maria Francesca Lobina

Aspetti floristico-vegetazionali: Dott. Nat. Fabio Schirru

Aspetti pedologici ed uso del suolo: Dott. Nat. Marco Cocco

Rumore: Dott. Francesco Perria – Ing. Manuela Melis

Interferenze telecomunicazioni: Respect S.r.l. – 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	INTERAZIONI CON IL PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)	13
2.3	RAPPORTI DEL PROGETTO CON IL PIANO STRALCIO FASCE FLUVIALI (PSFF)	17
3	MODELLAZIONE GEOLOGICA	19
3.1	ASSETTO GEOLOGICO DI CONTESTO	19
3.2	ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE.....	21
3.3	STRATIGRAFIA DEI TERRENI DI FONDAZIONE.....	25
3.3.1	WTG 513, 514 e 516.....	25
3.3.2	WTG508.....	27
3.3.3	WGT 509.....	28
3.3.4	WGT 518, 523 e 524.....	29
3.4	ASSETTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGRAFICO.....	32
3.5	ASSETTO IDROGEOLOGICO	33
3.6	SUBSIDENZA.....	35
4	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	36
4.1	PREMESSA	36
4.2	CLASSIFICAZIONE SISMICA	36
4.3	SISMICITÀ STORICA DELL'AREA.....	40
4.4	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	43
5	MODELLO GEOTECNICO	46
5.1	MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO	46
5.1.1	Coltre detritica superficiale.....	46
5.1.2	Dolomie e calcari	46
5.1.3	Metagrovacche e metarenarie	47
5.2	STIMA DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEI TERRENI DI FONDAZIONE.....	47
6	CONCLUSIONI.....	48

1 ASPETTI INTRODUTTIVI

1.1 Introduzione

La presente relazione geologica e geotecnica si inserisce nell'ambito del progetto denominato «**Parco eolico Abbila**» di ampliamento dell'esistente parco eolico sito nei territori comunali di Ulassai e Perdasdefogu (Provincia di Nuoro), di titolarità della Società Sardeolica S.r.l., Gruppo SARAS.

In tale ambito, gli scriventi geologi *Dott. MAURO POMPEI*⁽¹⁾ e *Dott.ssa MARIA FRANCESCA LOBINA*⁽²⁾ sono stati incaricati per la stesura della presente «**RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**» quale corredo obbligatorio degli elaborati progettuali propedeutici alla fase autorizzativa dell'intervento.

Gli argomenti di seguito esposti si basano sia sui dati estrapolati dalle indagini – a mezzo sondaggi a carotaggio continuo, prove geotecniche in situ e di laboratorio e prospezioni sismiche – condotte nello stesso parco eolico per le diverse fasi realizzative⁽³⁾ che da altri interventi di ingegneria nello stesso ambito territoriale, integrati da informazioni ricavate da miscellanea e cartografia geotematica regionale nonché da rilievi diretti specificatamente eseguiti.

Si rimanda invece alla campagna di indagine geognostica e geofisica che verrà eseguita in fase di progettazione esecutiva per una più specifica analisi degli aspetti litostratigrafici e geotecnici degli areali che ospiteranno le diverse turbine e le opere annesse.

Sono stati così analizzati, con il dettaglio consentito dalla fase progettuale in essere, gli aspetti geologico-litologici, morfologici ed idrogeologici interagenti con l'intervento in progetto, al fine di individuare eventuali condizioni di pericolosità geologico-idraulica o altre criticità in grado di interagire negativamente sull'opera e predisporre il programma di indagini più consono a supportare la progettazione esecutiva in relazione alla natura dell'intervento e dell'assetto geologico s.l. e geotecnico dei luoghi.

(1) Albo Geologi della Regione Sardegna N. 211 – Sezione A.

(2) Albo Geologi della Regione Sardegna N. 222 – Sezione A.

(3) Si rimanda al **Paragrafo 1.3**.

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..

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;

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E VINCOLISTICO

2.1 Inquadramento territoriale dell'area di intervento

L'intervento in progetto riguarda il parco eolico di Ulassai e Perdasdefogu 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 essere prevede l'installazione di n. 8 nuovi aerogeneratori (identificativi 508, 509, 513, 514, 516, 518, 523 e 524) in altrettanti siti individuati nei territori di Perdasdefogu (513, 514 e 516) ed Ulassai (508, 509, 518, 523 e 524), nel settore che abbraccia i Tacchi dell'Ogliastra ed il basamento paleozoico della Barbagia (Foto 2.1) 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 Perdasdefogu che sorge, in linea d'aria, circa 3,4 km a ovest-sudovest.

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

- | | |
|---|-------------------|
| – C.T.R. Foglio 541060 “Monte Corongiu” | [scala 1:10.000] |
| – C.T.R. Foglio 541070 “Monte Arbu” | [scala 1:10.000] |
| – C.T.R. Foglio 541100 “Perdasdefogu” | [scala 1:10.000] |
| – C.T.R. Foglio 541110 “Tertenia” | [scala 1:10.000] |
| – I.G.M. Foglio 541-I “Jerzu” | [scala 1:25.000] |
| – I.G.M. Foglio 541-II “Tertenia” | [scala 1:25.000] |
| – I.G.M. Foglio 541-III “Escalaplano” | [scala 1:25.000] |
| – I.G.M. Foglio 541-IV “Genna su Ludu” | [scala 1:25.000] |
| – Carta Geologica d'Italia Foglio 541 “Jerzu” | [scala 1:100.000] |



Foto 2.1 – Panoramica dei rilievi della Barbagia e dell'Ogliastra

Progetto Definitivo Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu (NU) – APRILE 2021

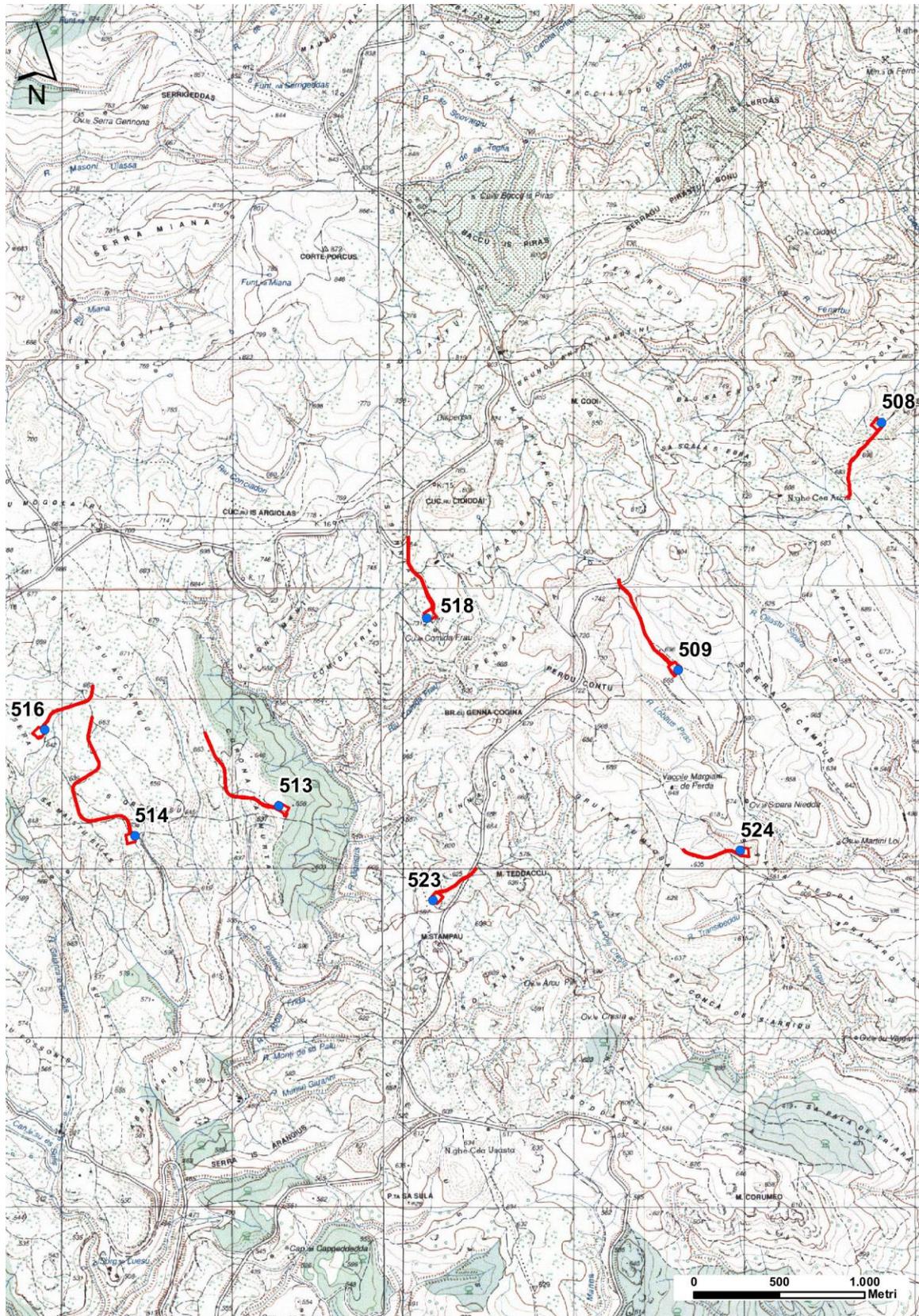


Figura 2.1 – Aerogeneratori di progetto su base cartografica I.G.M..

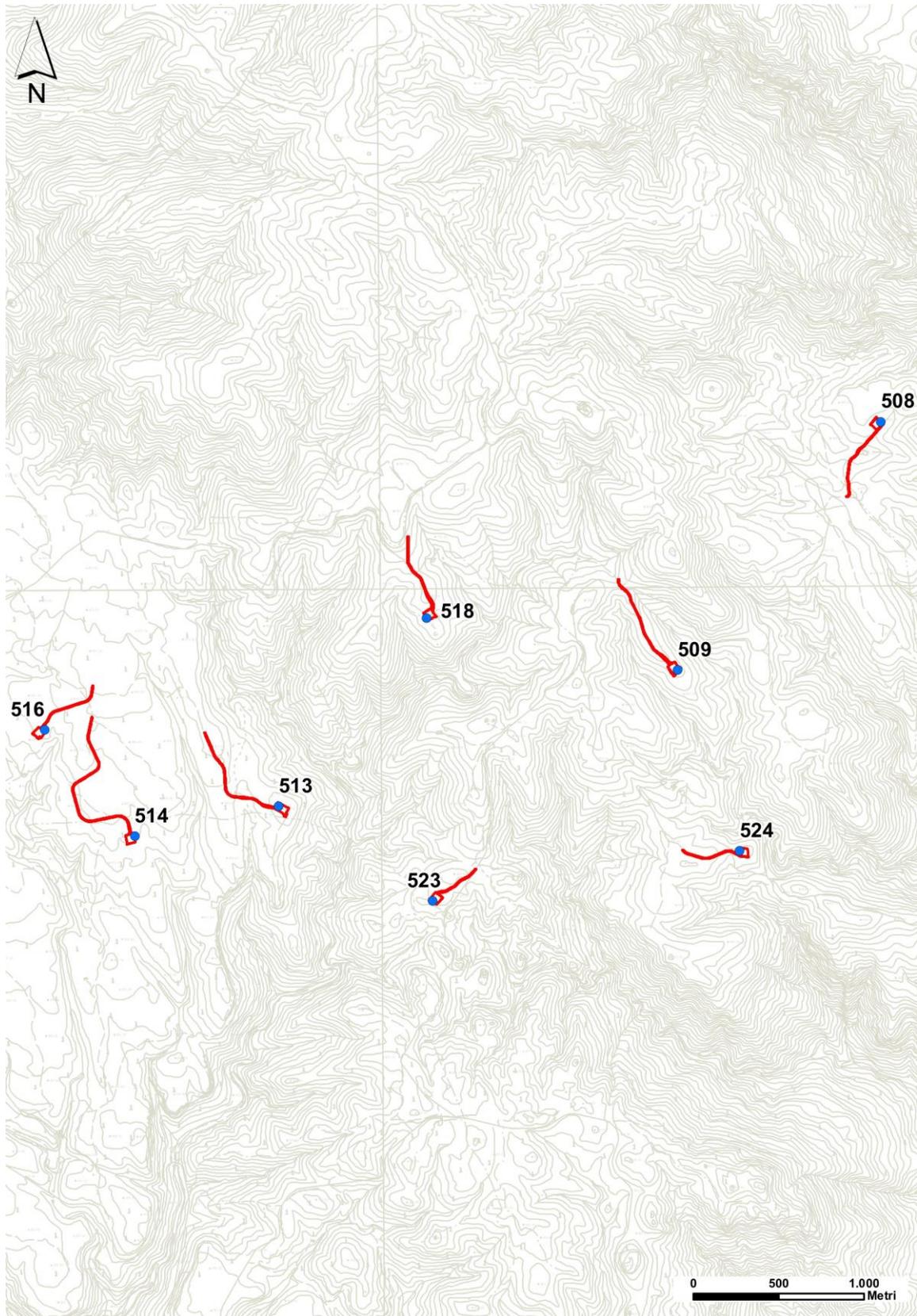


Figura 2.2 – Aerogeneratori di progetto su base cartografica C.T.R..



Figura 2.3 – Aerogeneratori di progetto su base aerofotogrammetrica.

I siti che ospiteranno le nuove turbine ricadono in un ambito pianeggiante o in debole declivio, 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.

Il contesto territoriale è prettamente pastorale, con vegetazione rada costituita essenzialmente da specie arbustive e da limitate zone a copertura boschiva. L'intenso disboscamento ed i pregressi fenomeni di incendio, verificatisi in periodi antecedenti la realizzazione dell'impianto eolico, hanno significativamente ridotto la copertura boschiva naturale, soprattutto ad elevate altitudini, tale per cui sono stati realizzate, in vaste aree dei comuni di Jerzu, Perdasdefogu e Tertenia, estese opere di rimboschimento.

2.2 Interazioni con il Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

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:

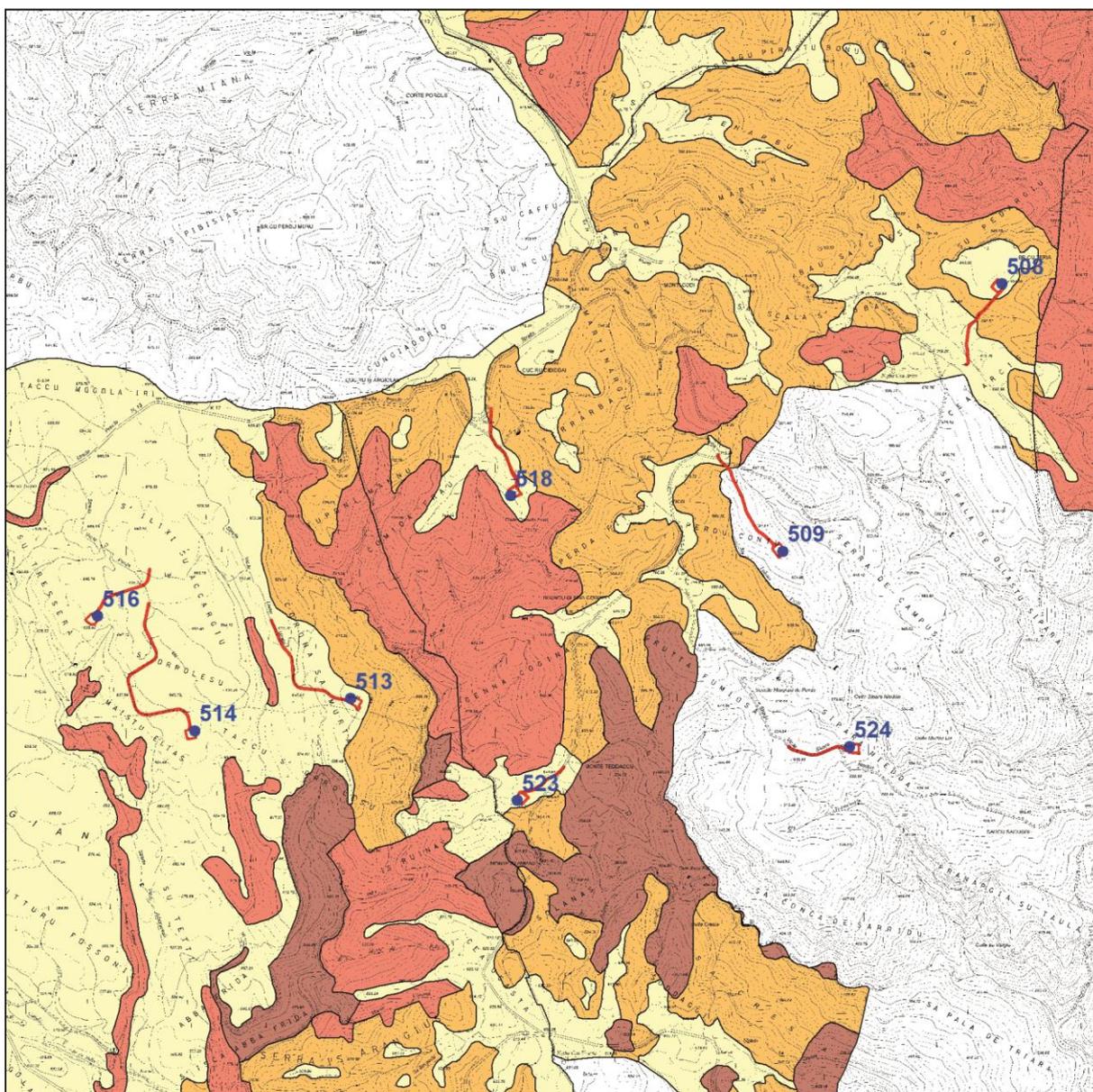
- indirizzi, azioni settoriali, norme tecniche e prescrizioni generali per la prevenzione dei pericoli e dei rischi idrogeologici nel bacino idrografico unico regionale e nelle aree di pericolosità idrogeologica;
- disciplina le aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (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, nei comuni di Ulassai e Perdasdefogu 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.

Con riferimento alle opere previste, dall'esame delle mappe del PAI non si rileva alcuna criticità in ordine alla pericolosità idraulica. Per quanto concerne invece la pericolosità da

frana, si riportano le seguenti considerazioni con diretto riferimento allo stralcio cartografico di Figura 2.4.

Progetto Definitivo Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu (NU) – APRILE 2021



-  **Hg1** - Zone con fenomeni franosi presenti o potenziali marginali.
-  **Hg2** - Zone con frane stabilizzate non più riattivabili nelle condizioni climatiche attuali a meno di interventi antropici; zone in cui esistono condizioni geologiche e morfologiche sfavorevoli alla stabilità dei versanti ma prive al momento di indicazioni morfologiche di movimenti gravitativi.
-  **Hg3** - Zone con frane quiescenti con tempi di riattivazione pluriennali o pluridecennali; zone di possibile espansione areale di frane quiescenti; zone con indizi geomorfologici di instabilità dei versanti potenziali; frane di neoformazione presumibilmente in tempi pluriennali o pluridecennali.
-  **Hg4** - Zone in cui sono presenti frane attive, continue o stagionali; zone in cui è prevista l'espansione areale di una frana attiva; zone in cui sono presenti evidenze morfologiche di movimenti incipienti.

Figura 2.4 - Mappa di pericolosità da frana del PAI con ubicazione nuovi aerogeneratori e della prevista viabilità di servizio (<http://www.sardegnameoportale.it/webgs2/sardegnameo/?map=pai>).

Fondazioni aerogeneratori

- ⇒ 509 e 524 pericolosità nulla
- ⇒ 508, 518 e 523 pericolosità moderata da frana Hg1
- ⇒ 513, 514 e 516 pericolosità moderata da frana Hg1

Piazzole aerogeneratori

- ⇒ 509 e 524 pericolosità nulla
- ⇒ 508, 518 e 523 pericolosità moderata da frana Hg1
- ⇒ 513, 514 e 516 pericolosità moderata da frana Hg1

Viabilità di nuova realizzazione

- ⇒ interessa aree cartografate con pericolosità da frana nulla o moderata Hg1, quest'ultima per una lunghezza complessiva pari a circa 2.220 m; costituiscono eccezione due brevi tratti di viabilità di accesso alle postazioni eoliche 509 e 518, di lunghezza pari rispettivamente a 18 m e 55 m, ubicati in aree cartografate a pericolosità da frana Hg2.

Viabilità in adeguamento a quella esistente

- ⇒ interessa pressoché interamente aree cartografate a pericolosità da frana nulla o moderata Hg1, quest'ultima per una lunghezza complessiva pari a circa 1.170 m; costituiscono eccezione due tratti di viabilità di accesso alle postazioni eoliche 508 e 518, di lunghezza pari rispettivamente a 150 m e 40 m, sovrapposti ad aree cartografate a pericolosità da frana Hg2.

Cavidotto MT di distribuzione elettrica di impianto

- ⇒ prevalentemente impostato sulla viabilità esistente o in progetto, interessa aree classificate da pericolosità da frana di tipo Hg1, per una lunghezza complessiva pari a circa 10,5 km, aree cartografate a pericolosità da frana Hg2, per una lunghezza complessiva pari a circa 3,8 km, e, in misura minore, aree cartografate a pericolosità da frana Hg3, per una lunghezza pari a circa 86 m.

Ampliamento stazione elettrica esistente e realizzazione terrapieno da destinare a futuro accumulo energetico

- ⇒ Non si rilevano interferenze con aree cartografate a pericolosità da frana.

2.3 Rapporti del progetto con il Piano Stralcio Fasce Fluviali (PSFF)

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali ha valore di Piano Territoriale di settore e rappresenta 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. È redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter della Legge 19.05.1989, n. 183, come modificato dall'art. 12 della Legge 04.12.1993, n. 493, quale Piano Stralcio del Piano di bacino regionale relativo ai settori funzionali individuati dall'art. 17, comma 3 della Legge 18.05.1989, n. 183.

Con Delibera n. 1 del 31.03.2011, il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna ha adottato in via preliminare, ai sensi degli artt. 8 c.3 e 9 c.2 della L.R. 06.12.2006, n. 19, il progetto di PSFF, costituito dagli elaborati di cui all'allegato A alla delibera di adozione.

Dopo vari avvicendamenti di delibere e adozioni preliminari degli studi iniziali, il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna ha adottato, in via definitiva con deliberazione n. 2 del 17.12.2015, per l'intero territorio regionale, ai sensi dell'art. 9 della L.R. 19/2006 come da ultimo modificato con L.R. 28/2015, il piano denominato «*Studi, indagini, elaborazioni attinenti all'ingegneria integrata, necessari alla redazione dello Studio denominato Progetto di Piano Stralcio Delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)*».

Il PSFF persegue gli obiettivi di settore, ai sensi dell'art. 3 e dell'art. 17 della Legge 18.05.1989, n. 183, con particolare riferimento alle lettere a), b), c), i), l), m) e s) del medesimo art. 17 e costituisce un approfondimento e un'integrazione necessaria al PAI, 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 nella loro accezione più ampia, dette altresì "aree di pertinenza fluviale", identificano quelle aree limitrofe all'alveo inciso occupate nel tempo dalla naturale espansione delle piene, dallo sviluppo morfologico del corso d'acqua, dalla presenza di ecosistemi caratteristici degli ambienti fluviali. Rappresentano dunque le fasce potenzialmente inondabili, definite come le porzioni di territorio costituite dall'alveo del corso d'acqua e dalle aree limitrofe caratterizzate da uguale probabilità di inondazione.

La delimitazione delle fasce è stata effettuata mediante analisi geomorfologica ed idraulica, delle aste principali dei corsi d'acqua in corrispondenza delle sezioni fluviali che sottendono un bacino idrografico con superficie maggiore di 30 km² e le fasce fluviali dei relativi affluenti, per portate di piena con tempo di ritorno "T", fissato in 2, 50, 100, 200 e 500 anni.

Il parco eolico di Ulassai nella configurazione attuale e futura ricade nel sub-bacino n. 7 "Flumendosa-Campidano-Cixerri", sebbene i vincoli indicati nella citata delibera di adozione definitiva dell'Autorità di Bacino di dicembre 2015 non trovano applicazione poiché gli aerogeneratori e le opere accessorie sono esterne alle fasce perimetrare. Queste ultime riguardano invece l'alveo di esondazione del torrente Quirra e del suo affluente destro Rio Corongiu senza generare alcuna interferenza con gli interventi in programma.

3 MODELLAZIONE GEOLOGICA

3.1 Assetto geologico di contesto

Il settore ove ricade l'intervento si caratterizza per la diffusa presenza della sequenze deposizionali del Paleozoico inferiore e medio, deformate e metamorfosate durante l'Orogenesi Ercinica (circa 300 m.a.), intruse da rocce granitoidi con relativo corteo filoniano e ricoperte da una eterogenea sequenza di successioni sedimentarie e vulcaniche afferenti al Paleozoico superiore (Carbonifero superiore - Permiano), al Mesozoico (Giurassico medio e superiore) ed al Quaternario.

Il substrato geologico locale è infatti costituito in prevalenza dalle successioni del Cambriano medio-superiore (SVI – *Formazione delle Arenarie di San Vito*) e dell'Ordoviciano superiore (MSV – *Formazione di Monte Santa Vittoria*; ORR – *Formazione di Orroleddu*). La storia deformativa dell'area mostra vari aspetti di complessità strutturale, in quanto contrassegnata da due eventi plicativi isoclinali e da una significativa ricristallizzazione metamorfica. Il primo è rappresentato dalla tettonica distensiva del Carbonifero superiore - Permiano, con collasso della crosta ispessita ed esumazione delle unità più profonde e formazione delle "antiformi" del Gennargentu e della Barbagia.

La medesima fase estensionale favorisce la messa in posto del batolite calcalcaino, del relativo corteo filoniano e dei prodotti effusivi, intercalati ai depositi dei bacini molassici che si sedimentano in netta discordanza angolare sul basamento metamorfico.

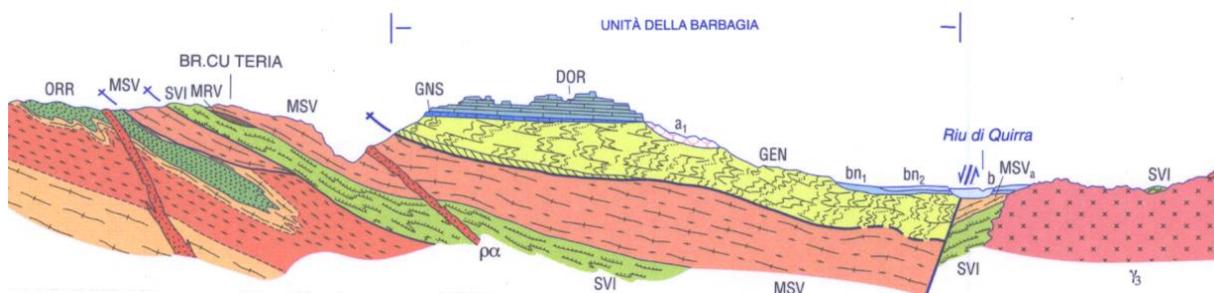


Figura 3.1 - Schema tettonico strutturale del settore di intervento rappresentato su sezione geologica (Carta geologica d'Italia - Foglio 541 Jerzu in scala 1:50.000, modificata).

Durante il Mesozoico nell'Isola si instaura un periodo di relativa stasi deformativa, tanto che fino al Giurassico inferiore il settore centrale e centro-orientale costituisce un alto strutturale, interessato da sedimentazione perlopiù continentale. Infatti, l'ingressione del mare avviene in maniera completa solo nel Giurassico medio (Dogger), quando si forma una vasta piattaforma carbonatica i cui relitti danno forma agli altopiani carbonatici conosciuti con il nome di "Tacchi".

Una nuova fase di lunga continentalità del settore ogliastrino di interesse si prolunga dal Cretacico sino al Paleocene, chiudendosi con i depositi trasgressivi dell'Eocene inferiore affioranti perlopiù nel settore di *Monte Cardiga* racchiuso tra i territori comunali di Villaputzu San Vito. Con l'Eocene medio-superiore in tutta l'Isola si ristabiliscono condizioni di continentalità (Fase Pirenaica) che perdurano per l'intero Oligocene.

Durante il Miocene inferiore e medio, contemporaneamente alla rotazione del blocco sardo-corso ed all'apertura del Bacino Balearico e del Tirreno settentrionale, tra il Golfo di Cagliari e quello dell'Asinara si sviluppa un sistema di fosse ove si depone una sequenza di detriti perlopiù marini, a cui si intercalano vulcaniti a chimismo variabile da basaltico a riolitico e con chiara affinità calcalina. Nel corso di questa fase evolutiva, il settore centrale della Sardegna rimane un alto strutturale ove solo marginalmente si instaurano fenomeni deposizionali, mentre prosegue l'attività erosiva delle coperture mesozoiche e dello stesso basamento ercinico.

A partire dal tardo Miocene superiore e durante il Plio-Quaternario tutta l'Isola è sede di una tettonica distensiva a cui sono legate estese manifestazioni vulcaniche prevalentemente basiche e ad affinità alcalina, transizionale e tholeitica, messe in relazione con l'apertura del Tirreno centro-meridionale.

Nel corso dell'ultimo interglaciale Riss-Wurm e nella successiva glaciazione wurmiana, i pendii e i fondovalle sono teatro di una intensa attività morfodinamica con cicli ripetuti di erosione e deposizione: nel settore ogliastrino ciò determina l'approfondimento del reticolo idrografico, con conseguente smantellamento delle coperture mesozoiche e formazione di una diffusa coltre detritica di versante associata a depositi eluvio-colluviali.

Durante l'Olocene i depositi alluvionali, contestualmente alle oscillazioni del livello del mare in risalita subiscono ulteriori fasi di erosione/deposizione con formazione di diversi gradi di terrazzamenti.

3.2 Assetto litostratigrafico locale

Sulla base dalle osservazioni effettuate in situ e dall'elaborazione complessiva dei dati disponibili, è stato ricostruito il modello geologico del sottosuolo interagente con le opere in progetto che, schematicamente e coerentemente alla cartografia edita da APAT (Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi geologici e Dipartimento Difesa del Suolo – Servizio Geologico d'Italia) di cui si richiama uno stralcio in Figura 3.2 vede la seguente successione di unità litologiche a partire dalla più antica:

SVI]	Arenarie di San Vito	[Cambriano medio – Ordoviciano inferiore]
MSV]	Formazione di Santa Vittoria	[Ordoviciano medio]
MSVa]	Formazione di Manixeddu	[Ordoviciano medio]
MSVb]	Formazione di Serra Tonnai	[Ordoviciano medio]
ORR]	Formazione di Orroleddu	[Ordoviciano superiore]
pa]	Porfiri quarziferi	[Permiano]
DOR]	Formazione di Dorgali	[Dogger - Malm]
GNS]	Formazione di Genna Selole	[Dogger]
a1]	Depositi di frana	[Olocene]
a]	Depositi di versante	[Olocene]
b2]	Coltri eluvio-colluviali	[Olocene]

SVI] **Arenarie di San Vito**

Questa formazione di compone di alternanze irregolari, da decimetriche a metriche, di metarenarie micacee, quarziti grigie, più raramente arcose, di colore grigio-verdastro e metasiltiti e metapeliti grigie o verdastre, raramente nere.

Lo spessore, difficilmente valutabile a causa delle strutture plicative isoclinali e delle complesse laminazioni, è valutato di ordine pluriometrico.

MSV] **Formazione di Santa Vittoria**

Sono rappresentate da metavulcaniti a chimismo da acido a basico, metaepiclastiti, metarenarie feldspatiche e metaconglomerati a componente vulcanica.

MSVa] **Formazione di Manixeddu**

Si tratta principalmente di metaepiclastiti, metaquarzogrovacche e metarenarie a prevalente matrice vulcanica, di varia granulometria, con clasti che in genere non superano i 5 m.

Sono inoltre presenti intercalazioni di metaquarzogrovacche e metarenarie. Frequenti i metaconglomerati a quarzo prevalente, ben classati e metaconglomerati a ciottoli riolitici di dimensioni centimetriche, ben selezionati ed arrotondati.

Derivano da prodotti effusivi ed esplosivi acidi, rimaneggiati.

MSVb] Formazione di Serra Tonnai

Comprende metagrovacche vulcaniche verdastre e rare metavulcaniti di composizione da andesitica a basaltica.

Sono originate da un'attività vulcanica a chimismo da intermedio a basico e dai relativi prodotti del rimaneggiamento.

ORR] Formazione di Orroleddu

É costituita da un'irregolare alternanza di metarenarie, metarenarie grossolane e filladi.

Sono frequenti intercalazioni di metaconglomerati minuti in strati decimetrici e metrici, in clasti di quarzo e frammenti litici. Si riconoscono quarziti, arenarie quarzose, siltiti, epiclastiti e vulcaniti in matrice quarziti-sericitico-cloritica.

Lo spessore fortemente variabile probabilmente dipende dall'irregolarità degli apparati vulcanici che essa trasgredisce.

pa] Porfiri quarziferi

Si tratta di rocce di colore molto variabile, dal biancastro, al rosa, rosso o grigio fino a verde, talora in relazione a differenti processi di alterazione della compagine litoide.

Solitamente mostrano struttura debolmente porfirica in pasta di fondo da microgranulare a granofirica.

GNS] Formazione di Genna Selole

Si tratta di depositi di ambiente fluviale o fluvio-lacustre costituiti da una eterogenea successione di conglomerati monogenici quarzosi, argilliti e siltiti da grigio scuro a grigie o biancastre con abbonanti resti vegetali a pirite, con subordinate intercalazioni di arenarie quarzose. Questa formazione ha spessori variabili da pochi metri fino a 30÷40 m.

Talvolta alla base del conglomerato affiorano paleosuoli ricchi in ossidi ed idrossidi di ferro, derivati da una lunga evoluzione pedogenetica di tipo lateritico in clima caldo-umido.

La formazione è ricoperta in concordanza dai calcari giurassici della Formazione di Dorgali.

DOR] Formazione di Dorgali

Nella parte basale è costituita da calcari marnosi e marne di colore da giallastro a grigio, con locali intercalazioni arenacee e siltitico-argillitiche grigio-versastre. Seguono dolomie e calcari dolomitici di colore da nocciola a violacei a rossastri, fossiliferi, in bancate da decimetriche a metriche.

a1] Depositi di frana

Rappresentano gli accumuli gravitativi delle frane in evoluzione, costituiti da materiali eterogenei ed in giacitura caotica, con evidenze di movimento in atto.

In genere sono originati da crollo o ribaltamento delle cornici carbonatiche giurassiche.

a] Depositi di versante

Questa unità, discontinua ed eterogenea sia in termini di estensione areale sia di spessore, costituisce il risultato della progressiva attività di arretramento dei versanti soprattutto durante il Pleistocene superiore e l'Olocene.

Si tratta pertanto di accumuli gravitativi caotici, con clasti poco elaborati, in genere incoerenti (breccie) o scarsamente cementati, a volte in parte stabilizzati dall'azione biomeccanica degli apparati radicali della vegetazione naturale che li ha colonizzati, dovuti a fenomeni prevalenti di crollo e/o ribaltamento originati per lo più dalle sovrastanti cornici rocciose calcareo-dolomitiche costituenti l'altopiano carbonatico del Giurassico, attualmente quiescenti o stabilizzati: in tal caso si tratta di depositi monogenici ed eterometrici (dalle sabbie sino ai massi ciclopici).

b2] Coltri eluvio-colluviali

Trattasi di depositi di versante dovuti sia a fenomeni gravitativi sia all'azione dalle acque di ruscellamento areale agenti direttamente sul substrato più o meno alterato.

A seconda della posizione sul versante (base delle cornici rocciose, parte mediana o basale del pendio) sono naturalmente possibili una molteplicità di combinazioni granulometriche e composizionali. Talora, dove le condizioni sono favorevoli (ad esempio ruscellamenti di acque arricchite di carbonato di calcio disciolto per effetto di fenomeni carsici), intercalati ai detriti di versante si rinvengono depositi travertinosi in genere compatti, localmente di aspetto spugnoso, con abbondanti resti vegetali.

Progetto Definitivo Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu (NU) – APRILE 2021

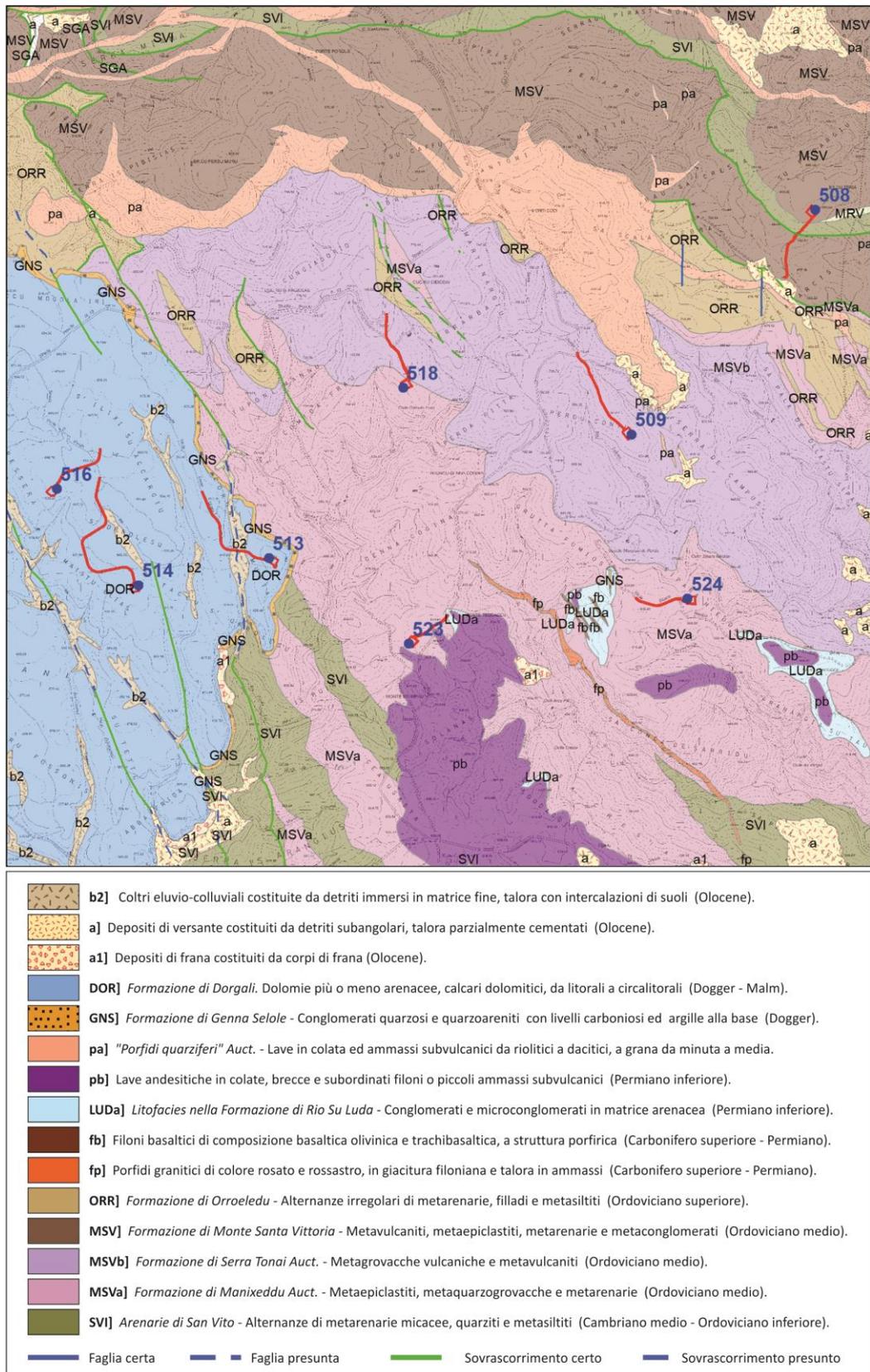


Figura 3.2 – Stralcio della "CARTA GEOLOGICA D'ITALIA a cura di APAT, modificata

3.3 Stratigrafia dei terreni di fondazione

I rilievi condotti in corrispondenza dei siti che ospiteranno le opere in programma ed un loro idoneo contorno hanno evidenziato la diffusa presenza di roccia affiorante o sormontata da una coltre detritica di ordine metrico.

Considerato che la distribuzione territoriale è piuttosto ampia, la natura della litologia è differente, ricadendo gli aerogeneratori 513, 514 e 516 nel Tacco di Perdasdefogu e quelli 508, 509, 518, 523 e 524 nei rilievi paleozoici di Ulassai.

Fatta salva questa constatazione e fermo restando gli opportuni approfondimenti nelle fase più avanzate della progettazione, si descrivono i terreni direttamente interagenti con le strutture di fondazione per domini, con diretto riferimento agli identificativi delle turbine.

3.3.1 WTG 513, 514 e 516

Il substrato è rappresentato dalle dolomie della Formazione di Dorgali [DOR], sormontati da una coltre detritica di spessore metrico. La roccia in affioramento si presenta tenace seppur attraversata da diverse famiglie di fratture.

Costituiscono ottimi terreni di fondazione ma richiedono cautele e valutazioni specifiche in ordine alla stabilità delle scarpate di scavo in ordine alla passibilità di distacco di cunei rocciosi.



Foto 3.1 – Coltre detritica che sormonta il basamento carbonatico



Foto 3.2 – Affioramento di dolomia nell'intorno della piazzola 513

3.3.2 WTG508

La piazzola che ospiterà la turbina ricade nel Bruncu Teria impostato sulle rocce metamorfiche in facies di metarenarie [MVS] della Formazione di Santa Vittoria.

Costituiscono un substrato performante che non pongono limitazioni in ordine alla scelta della tipologia fondale, seppur sarà da valutarsi la necessità di particolari accorgimenti per l'esecuzione in sicurezza degli sbancamenti.

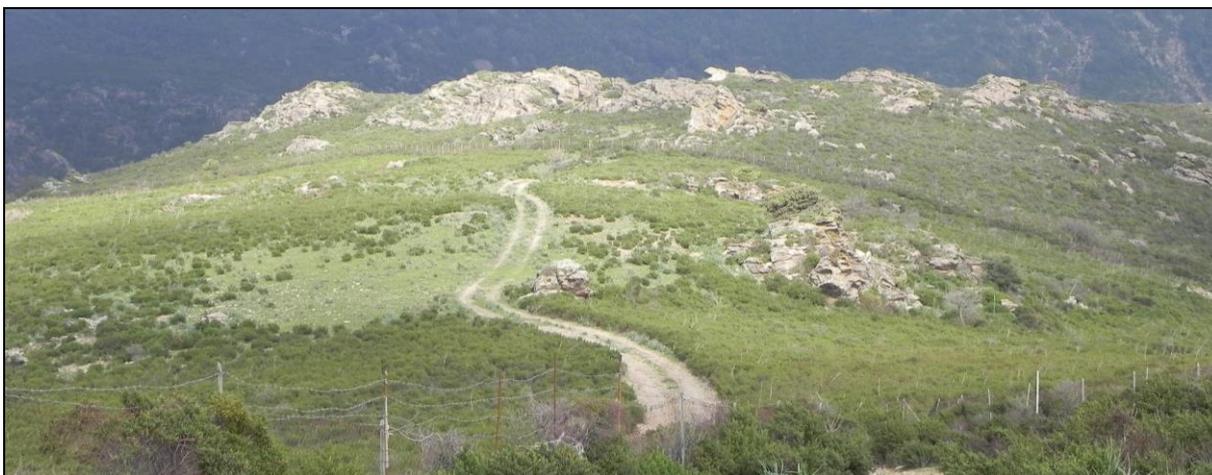


Foto 3.3 – Panoramica del sito di installazione della postazione eolica 508.



Foto 3.4 – Particolare dell'affioramento di metarenarie.

3.3.3 WGT 509

L'ambito ove si prevede la piazzola della turbina vede la presenza di metagrovacche vulcaniche della Formazione di Serra Tonai [MSVb] molto compatte, già a partire dal piano di campagna. Le irregolarità ed i vuoti del tetto del substrato sono colmate da un'esile coltre detritica di alterazione in situ.



Foto 3.5 - Panoramica del sito di installazione della postazione eolica 509.



Foto 3.6 – Dettaglio della roccia d'imposta della fondazione.

3.3.4 WGT 518, 523 e 524

Il substrato è rappresentato da metarenarie fittamente stratificate della Formazione di Manixeddu [MASVa], perlopiù in affioramento o sotto una discontinua coltre detritica di spessore poco più che decimetrico.

La roccia si presenta tenace per cui costituisce un ottimo terreno di fondazione., seppur con cautele e valutazioni specifiche in ordine alla stabilità delle scarpate di scavo per la passibilità di distacco di cunei rocciosi.



Foto 3.7 – Panoramica del sito di installazione eolica della postazione 518



Foto 3.8 – Dettaglio della roccia d'imposta della fondazione.



Foto 3.9 – Panoramica del sito d'installazione della postazione eolica 523.



Foto 3.10 – Dettaglio della roccia d'imposta della fondazione.



Foto 3.11 – Panoramica del sito d'installazione della postazione eolica 524.



Foto 3.12 – Affioramento della roccia d'imposta della fondazione.

3.4 Assetto geomorfologico ed idrografico

La caratteristica morfologica distintiva del settore in studio è data dall'attuale orografia a marcata influenza strutturale che mostra evidenti allineamenti secondo direzioni NNW-SSE e N-S di impostazione ercinica e riattivazione sia nel Terziario sia nel Plio-Quaternario. Conseguenza di questo condizionamento strutturale sono le ampie e profonde vallate del *Rio Pardu* e del *Rio Quirra* che, in destra idraulica, sono associate agli altopiani carbonatici mesozoici poggianti sulla superficie di peneplanazione post ercinica. Questi ultimi, a partire da quelli di Tertenia, Jerzu ed Ulassai-Osini per proseguire a nord con i tacchi di Gairo Taquisara e di Monte Tonneri sino al rilievo isolato di Perda Liana, costituiscono il bordo nord-orientale di una copertura carbonatica che, originariamente, comprendeva buona parte della Sardegna centro-orientale e che oramai è rappresentata da più o meno ampi altopiani tra loro disgiunti da incisioni vallive.

Di particolare interesse ai fini del presente studio risulta l'incisione che ha interessato i tacchi di Jerzu e di Ulassai-Osini secondo una direzione circa EW che ha poi portato alla riesumazione del basamento metamorfico su cui si è sviluppato l'abitato di Ulassai ed alla formazione della coltre detritica che ricopre il versante in destra idraulica del *Rio Pardu*.

La copertura carbonatica giurassica, la cui giacitura è sostanzialmente suborizzontale, da origine ad un paesaggio costituito da superfici sopraelevate rispetto al basamento metamorfico circostante, con quote che variano tra 850 m e 1.050 m s.l.m.m. Tale aspetto orografico è riconducibile ai già citati sistemi di faglie normali ad andamento prevalente NNW-SSE, NS e NE-SW, talora con tipica struttura a gradinata digradante da NE verso SW che, a causa della continuativa azione di incisione del reticolo di drenaggio delle acque superficiali, suddividono i tavolati stessi in più rilievi isolati a sommità tabulare o quasi talora sino alla formazione di rilievi testimoni. Le superfici superiori di tali altopiani, pur conservando un andamento d'insieme tabulare, sono spesso rimodellate dagli agenti erosivi (processi fluviali, di versante e carsici), tanto che il paesaggio appare inciso da valli secche, cieche, sospese, da gradini, grotte e condotti sotterranei.

Trattandosi di rocce che, per effetto della elevata fratturazione e dei diffusi fenomeni carsici possiedono un'elevata porosità secondaria, questi altopiani costituiscono dei bacini endoreici: pertanto lungo i margini perimetrali e a contatto con i litotipi basali impermeabili, sono presenti numerose sorgenti, cascate e depositi travertinosi che spesso favoriscono la cementazione dei depositi clastici di genesi gravitativa.

Mentre le fenomenologie carsiche generalmente non determinano particolari condizioni di pericolosità morfologica (ad esclusione dei crolli delle volte di cavità sotterranee), i fenomeni di arretramento delle cornici rocciose carbonatiche, favorite dalla fratturazione e dalla maggiore erodibilità delle facies giurassiche basali, danno luogo a fenomeni franosi che in taluni casi possono assumere aspetti parossitici con importanti conseguenze per le strutture antropiche presenti lungo le direzioni di espansione delle frane di crollo e/o ribaltamento.

Il dominio metamorfico risulta dal punto di vista morfodinamico più omogeneo, nonostante i condizionamenti dovuti alla giacitura della scistosità, alle variazioni litologiche, alla presenza o meno di corpi filoniani e a tutte le altre condizioni strutturali derivanti dalla complessa storia deformativa favorevoli alla diffusa rocciosità e pietrosità in affioramento. Entro tale dominio il reticolo idrografico e le valli hanno un andamento ora lineare, dettato dall'impostazione strutturale, ora tortuoso fino a meandri forme. La genesi dei meandri incassati, può essere ricondotta ai fenomeni di ringiovanimento del rilievo che hanno portato ad un'intensa ripresa dell'erosione verticale in età post-eocenica, con una successiva accentuazione plio-quadernaria.

Anche nel dominio metamorfico sono presenti criticità geostatiche sebbene di magnitudo generalmente molto ridotta rispetto a quanto verificabile lungo il bordo dell'altopiano carbonatico e spesso localizzate laddove le differenze di competenza tra litotipi e di giacitura, favoriscono la formazione di convessità più o meno irregolari delimitate da dislivelli di entità plurimetrica o decametrica.

3.5 Assetto idrogeologico

L'assetto idrogeologico locale è condizionato dalla presenza di litotipi a permeabilità secondaria media ed elevata (dolomie e calcari mesozoici \pm fessurati e carsificati) poggianti su un substrato a permeabilità medio-bassa (depositi argilloso-detritici fluvio-lacustri, metamorfiti polideformate e vulcaniti porfiriche), in subordine da detriti quaternari, di pendio ed alluvionali. L'analisi delle caratteristiche idrogeologiche ha consentito di definire i seguenti domini idrogeologici omogenei:

- a) Unità dei depositi quaternari di versante,
- b) Unità carbonatica mesozoica,
- c) Unità metamorfica e vulcanica paleozoica

Di seguito sono descritte negli aspetti salienti.

Unità dei depositi quaternari

Questa unità comprende i detriti di versante in destra idraulica del *Rio Pardu*: trattandosi in prevalenza di depositi eterometrici e poligenici di genesi gravitativa (frane di crollo, ribaltamento e scivolamento) associati a coltri eluvio-colluviali, la loro permeabilità primaria risulta molto variabile in funzione del contenuto argilloso.

Mediamente la loro capacità di drenaggio è moderata, sebbene possono ospitare modeste falde a carattere stagionale, strettamente legate all'andamento delle precipitazioni.

Unità carbonatica mesozoica

Formata dalla successione di rocce dolomitiche e calcareo-dolomitiche dei Tacchi di Ulassai e di Ulassai-Osini, costituisce il più importante acquifero del settore. Si caratterizza per la permeabilità medio-alta per via dall'intensa fratturazione e dal discreto sviluppo del carsismo e delle fenomenologie connesse.

Alla base dei "Tacchi" è di solito presente una facies clastica a permeabilità bassa o nulla, costituita da conglomerati quarzosi con intercalazioni arenacee, ben cementati, e da argille con intercalati livelli carboniosi, che costituisce il letto impermeabile che permette l'emergenza della falda. Tale condizione stratigrafica, associata a condizioni giaciture favorevoli, asseconda l'attivazione di numerose sorgenti, spesso perenni anche se con portate modeste (scarse nei periodi siccitosi), osservabili perlopiù lungo le terminazioni meridionali degli altopiani carbonatici (località Santa Barbara nel Tacco di Ulassai).

Unità metamorfica e vulcanica paleozoica

I valori di permeabilità di questa unità sono mediamente bassi ed un eventuale aumento è legato esclusivamente alla fratturazione dell'ammasso roccioso essendo la porosità primaria molto bassa. Per tale motivo solo in corrispondenza delle aree fratturate e brecciate sono possibili locali accumuli idrici, sebbene di modesta entità e a profondità considerevoli.

Notizie su ricerche idriche condotte nel medesimo ambito geologico a mezzo trivellazioni spinte sino a 300 m, riferiscono di esiti negativi o di comunque poco soddisfacenti, se si escludono quelle eseguite in zone molto fratturate, perlopiù di fondovalle e perciò alimentate da deflussi idrici di superficie.

Analogamente le sorgenti individuate nel complesso scistoso-metamorfico hanno portate superiori ai 2 l/s.

Da quanto estrapolabile dagli elaborati relativi alle indagini eseguite nel 2019 per l'installazione di alcuni aerogeneratori⁽⁴⁾ e stante la conformazione morfologica dei siti di intervento, può verosimilmente escludersi la presenza falde acquifere interagenti con le opere in progetto.

Localmente è possibile, perlomeno nel corso dei sondaggi, l'intercettazione di circolazioni idriche con un certo carattere di salienza nelle fasce di fratturazione o in corrispondenza dei contatti litologici (ad esempio tra la formazione carbonatica ed il basamento ercinico metamorfico).

3.6 Subsidenza

Se si esclude un lentissimo abbassamento ancora in atto in tutta l'area costiera meridionale, è un fattore assolutamente irrilevante tra i processi morfodinamici dell'Isola. Gli unici fenomeni riconducibili a subsidenza registrati nel territorio regionale, sono localizzati negli hinterland di Carbonia ed Iglesias, perlopiù provocati dallo sprofondamento dei "vuoti minerari", meglio noti come "sink-holes", a distanze significative dall'areale in studio e in geologici e territoriali completamente differenti.

Analogamente, non si è a conoscenza di abbassamenti del suolo provocati dallo sfruttamento delle falde acquifere.

⁽⁴⁾ «Ampliamento del Parco Eolico Maistu - Installazione di nuovi aerogeneratori», relazione geologica, indagine geognostica, gennaio-febbraio 2019, Dott. Angius A Antonello.

4 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

4.1 Premessa

Gli indicatori di riferimento per la definizione della sismicità sono l'accelerazione orizzontale e l'intensità macrosismica. Il primo parametro è una grandezza di interesse ingegneristico utilizzata nella progettazione da cui scaturiscono le caratteristiche costruttive richieste agli edifici in zona sismica, mentre l'intensità macrosismica descrive il grado di danneggiamento causato da un evento sismico.

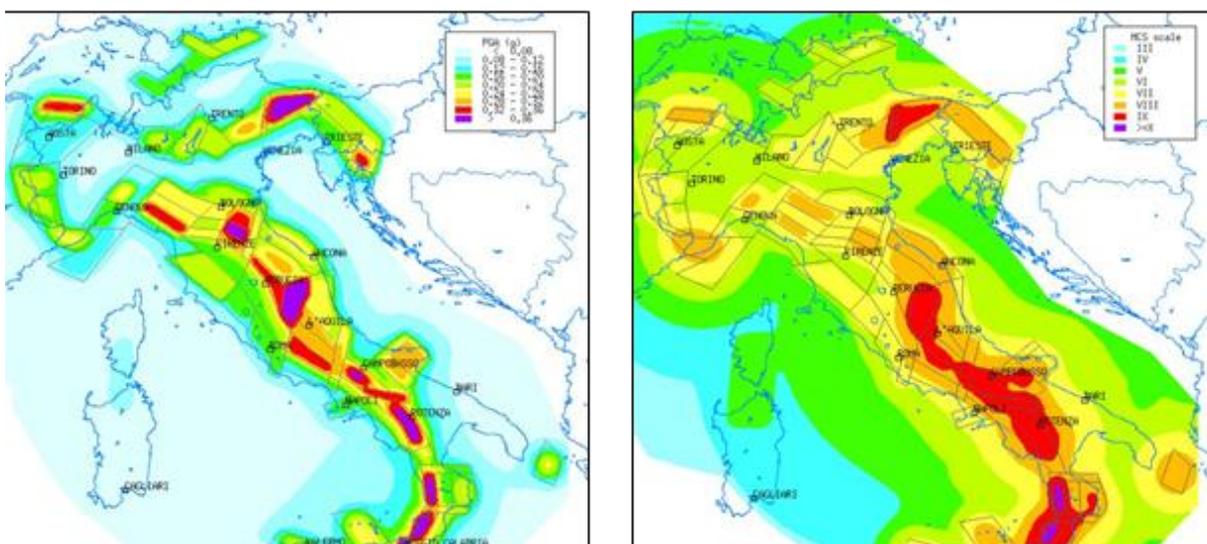


Figura 4.1 – Accelerazione orizzontale di picco con T=475 e intensità macrosismica con T=475 anni

4.2 Classificazione sismica

Il panorama legislativo in materia sismica è stato rivisitato dalle recenti normative nazionali, ovvero dall'Ordinanza P.C.M. 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 le costruzioni in zona sismica*», entrata in vigore dal 25.10.2005 in concomitanza con la pubblicazione della prima stesura delle «*Norme Tecniche per le Costruzioni*» e dalla successiva O.P.C.M. n. 3519/2006 che ha lasciato facoltà alle singole regioni di introdurre o meno l'obbligo della progettazione antisismica in zona 4.

In relazione alla pericolosità sismica - espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi - il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone (Figura 4.2) con livelli decrescenti di pericolosità in funzione di altrettanti valori di accelerazione orizzontale massima al suolo (a_{g475}), ossia

quella riferita al 50esimo percentile, ad una vita di riferimento di 50 anni e ad una probabilità di superamento del 10% attribuiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s alle quali si applicano norme tecniche differenti le costruzioni. L'appartenenza ad una delle quattro zone viene stabilita rispetto alla distribuzione sul territorio dei valori di a_{g475} con una tolleranza 0,025g (Figura 4.3): a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (a_g), che deve essere considerato in sede di progettazione.

L'entrata in vigore delle NTC 2008 ha reso obbligatoria, anche per le zone a bassa sismicità come la Sardegna, la stima della pericolosità sismica basata su una griglia, estesa per tutto il territorio nazionale, di 10751 punti, in cui vengono forniti per ogni nodo situato ai vertici dei ogni maglia elementare, i valori di:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno,
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
- T^*C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale), per nove periodi di ritorno T_r , in condizioni ideali di sito di riferimento rigido (di categoria A nelle NTC) con superficie topografica orizzontale.

Progetto Definitivo Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu (NU) – APRILE 2021

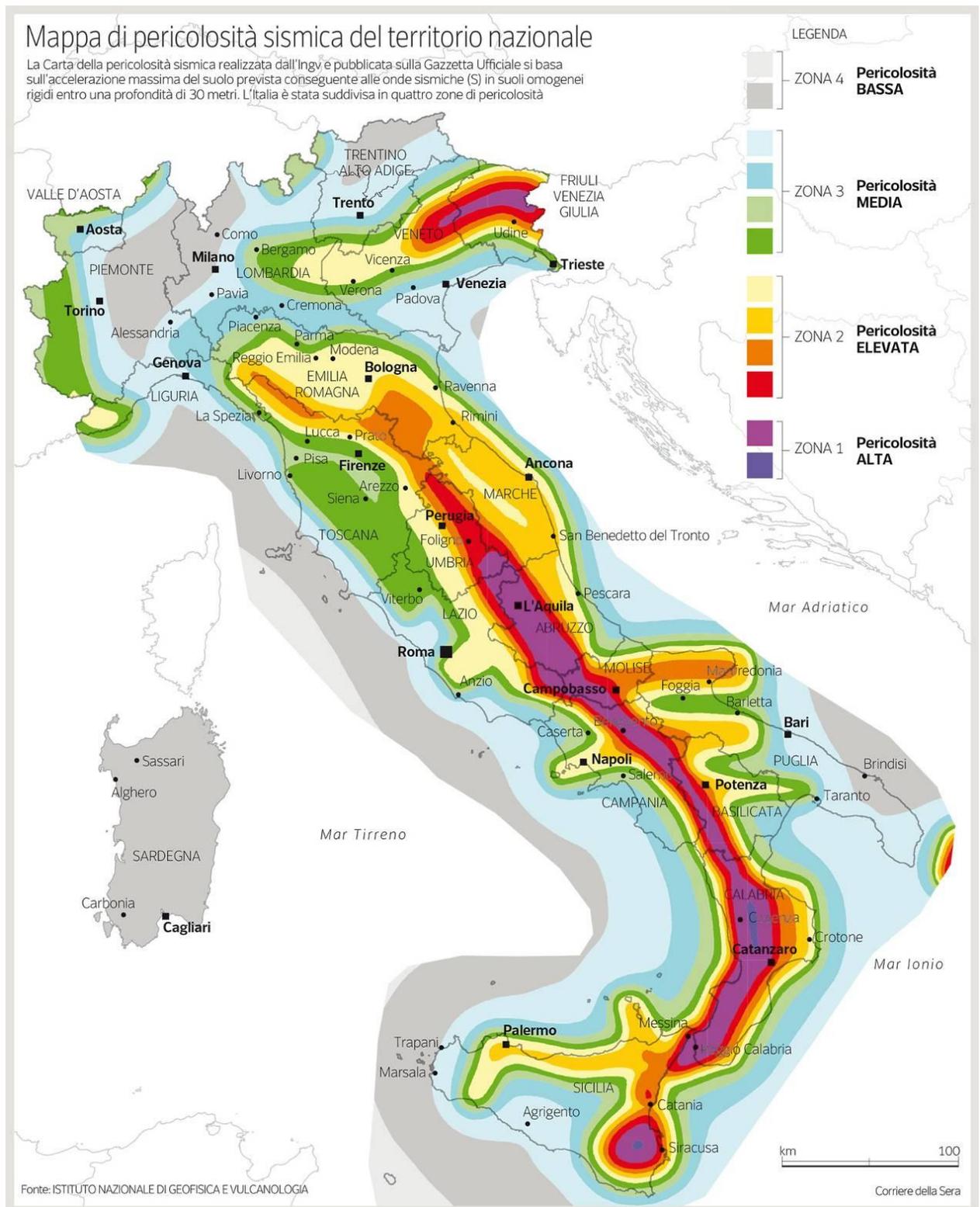


Figura 4.2 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale realizzata (INGV 2018).

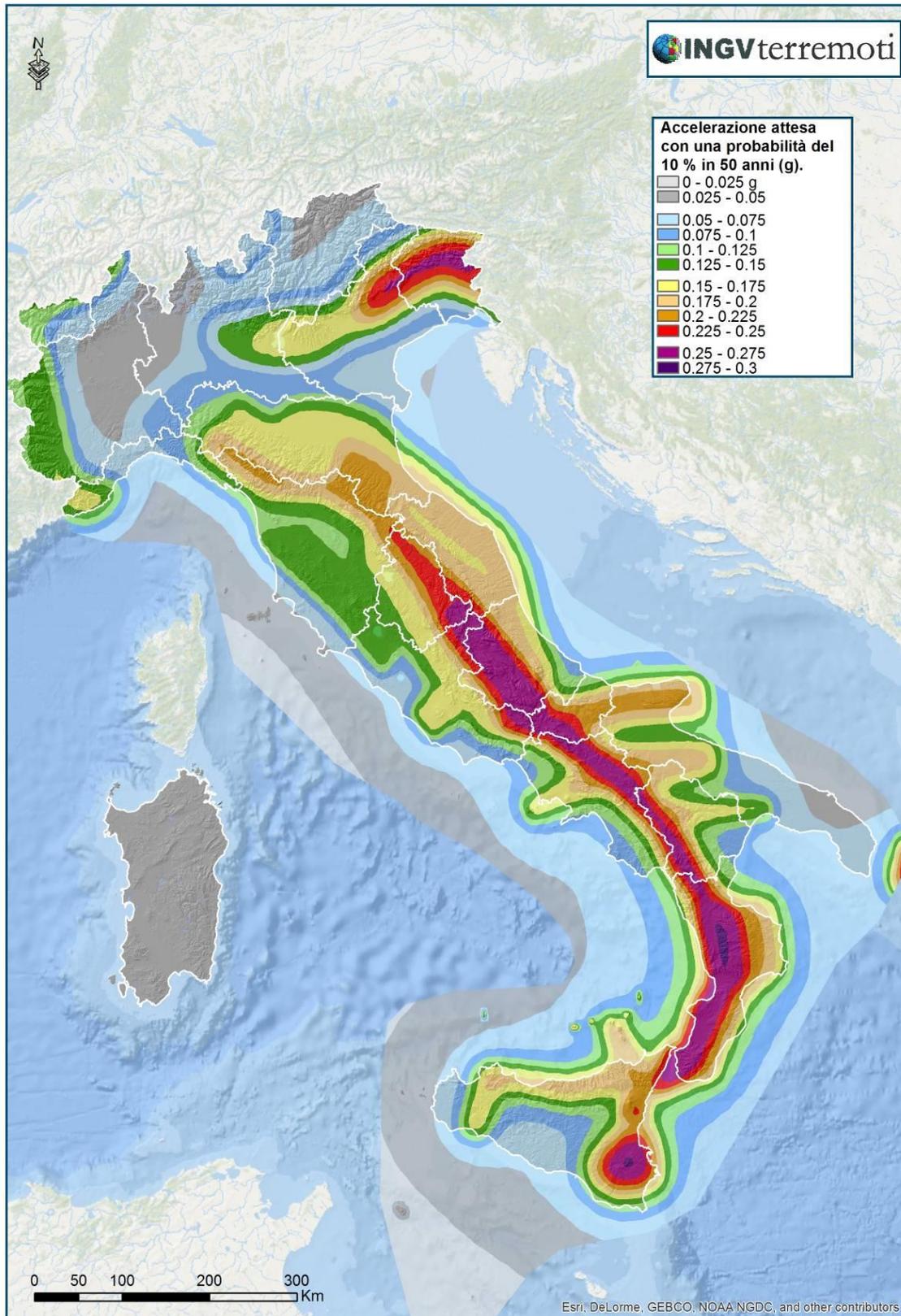


Figura 4.3 - Mappa dell'accelerazione attesa con una probabilità del 10% in 50 anni (INGV 2018).

Tutto il territorio regionale ricade in **Zona 4**, contraddistinto da «pericolosità sismica BASSA» a cui corrisponde la normativa antisismica meno severa ed al parametro **ag** è assegnato un valore di **0,025÷0,05 g** da adottare nella progettazione.

ZONA	a_{g475}
1	$a_{g475} \geq 0,25g$
2	$0,25g < a_{g475} \leq 0,15g$
3	$0,15g < a_{g475} \leq 0,05g$
4	$a_{g475} < 0,05g$

TABELLA 4.1 – Valori di accelerazione orizzontale massima al suolo.

Pur tuttavia, con la ratifica delle Norme Tecniche per le Costruzioni avvenuta con l'aggiornamento del 17.01.2018, anche in questo ambito per le verifiche geotecniche è obbligatorio l'utilizzo del metodo delle tensioni limite.

Per quanto riguarda la massima intensità macrosismica I_{max} (che rappresenta una misura degli effetti che il terremoto ha prodotto sull'uomo, sugli edifici e sull'ambiente) si fa riferimento alla classificazione del Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti (G.N.D.T.).

Per i comuni della Sardegna, così come per quelli ove si segnalano intensità massime molto basse o non esiste alcun dato osservato, è stato assegnato un valore "ponderato" di intensità (**I_{max}/pon**), stimato per estrapolazione dai valori osservati nei comuni limitrofi oppure calcolando un risentimento massimo a partire dal catalogo NT.3 mediante opportune leggi di attenuazione.

Dei 375 comuni della Sardegna, meno del 5% ha comunicato al G.N.D.T. i dati relativi all'intensità macrosismica MCS: in ogni caso, nella totalità delle rilevazioni, i valori sono risultati minori di 6.

4.3 Sismicità storica dell'area

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 di Cagliari e di 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). Degno di attenzione è sicuramente anche quello avvertito nel cagliaritano il 30.08.1977 provocato dal vulcano sottomarino Quirino mentre, più recentemente (03.03.2001) è stato registrato un sisma di magnitudo 3,3 Richter (IV grado scala Mercalli) nella costa di San Teodoro ed un sisma di analoga magnitudo il 9 novembre 2010, nella costa NW dell'Isola.

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 de 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.

Il catalogo strumentale (sismicità degli ultimi 25 anni registrata dalla rete nazionale) riporta n. 9 terremoti avvenuti nel Tirreno, di magnitudo Richter < 5 , ed epicentri perlopiù localizzati a largo della costa nord-orientale dell'isola e n. 2 terremoti a largo della costa meridionale (come gli ultimi eventi del marzo 2006).

Progetto Definitivo Ampliamento Parco Eolico di Ulissai e Perdasdefogu (NU) – APRILE 2021

PlaceID	Place Name	Prov	Insz	Eds	PlaceID	Place Name	Prov	Insz	Eds	PlaceID	Place Name	Prov	Insz	Eds
IT_68511	Abbasanta	OR	NF	1	IT_68511	Abbasanta	OR	NF	1	IT_68511	Sarada	VS	NF	1
IT_68120	Aggiu	OT	6	2	IT_68543	Dorchi	NU	3-4	1	IT_68559	Sarachi	CA	NF	1
IT_68593	Adomagnolle	OR	3-4	1	IT_68555	Elmi	OG	3	1	IT_68548	Santie	NU	NF	2
IT_68124	Aia dei Sardi	OT	3	3	IT_68456	Escalapano	CA	NF	1	IT_68357	Sassari	SS	4-5	4
IT_68594	Albagiara	OR	NF	1	IT_68520	Escolca	CA	NF	1	IT_68500	Scano di Montiferro	OR	3	1
IT_68597	Alies	OR	NF	1	IT_68214	Esportida	SS	3-4	1	IT_68522	Skello	OR	NF	1
IT_68126	Alghero	SS	4	1	IT_68215	Florinas	SS	3-4	2	IT_68954	Selargius	OR	NF	1
IT_68598	Alghero	SS	4	1	IT_68694	Fluminimaggiore	CI	NF	1	IT_68957	Seneghe	OR	NF	1
IT_68606	Araule Toneri	NU	NF	2	IT_68695	Floisio	OR	3	1	IT_68958	Senis	OR	NF	1
IT_68607	Arborea	OR	3	1	IT_68460	Fomi	NU	3	1	IT_68464	Senori	VS	3-4	1
IT_68138	Arbus	VS	NF	1	IT_68696	Fonogianus	OR	3	1	IT_68970	Senori	CA	NF	1
IT_68616	Armonia	SS	3-4	1	IT_68464	Gadoni	NU	NF	1	IT_68975	Serruti	VS	NF	1
IT_68140	Arauchena	CA	NF	1	IT_68466	Garro Sant'Elena	OG	NF	1	IT_68979	Settu	CA	3	1
IT_68146	Arcana	OG	2-3	1	IT_68467	Galluri	NU	5	3	IT_68526	Serri	OG	NF	1
IT_68312	Adnara (Fornelli)	SS	5	1	IT_68469	Gavoi	NU	4	1	IT_68527	Sestu	OG	NF	1
IT_68621	Assumini	CA	NF	1	IT_68470	Gerani	OR	NF	1	IT_68553	Sestu	OG	NF	1
IT_68417	Azzara	OR	NF	1	IT_68471	Geruli	VS	NF	1	IT_68980	Slampiccia	OR	2-3	1
IT_68145	Badesi	OT	6	1	IT_68700	Gessico	CA	2-3	1	IT_68983	Slapicchia	OR	NF	1
IT_68622	Ballaio	SS	3-4	1	IT_68701	Gesturi	CA	NF	1	IT_68985	Sliqua	CA	NF	2
IT_68149	Banari	SS	3-4	1	IT_68702	Ghiarza	OR	3	1	IT_68990	Simas	OR	NF	2
IT_68623	Baradili	OR	NF	1	IT_68703	Ghivari	SS	4	2	IT_68555	Sindia	NU	4-5	1
IT_68624	Barattoli San Pietro	OR	NF	1	IT_68704	Gibba	CI	2-3	1	IT_68903	Sinisclo	NU	3	1
IT_68626	Barattoli	OG	CA	NF	IT_68705	Girasole	OG	2	1	IT_68908	Solarussa	OR	NF	1
IT_68940	Barresi	OG	3	3	IT_68706	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68918	Soleminis	CA	NF	1
IT_68942	Barra	NU	NF	1	IT_68707	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68949	Sorale	NU	NF	1
IT_68150	Barriscetti	SS	4	2	IT_68708	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68960	Soralle	OR	NF	1
IT_68151	Barriscetti	OT	3-4	1	IT_68709	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68967	Soralle	SS	3-4	1
IT_68152	Bessude	SS	3-4	1	IT_68710	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68971	Soralle	SS	3-4	1
IT_68630	Bidoni	OR	3	1	IT_68711	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68972	Soralle	SS	3-4	1
IT_68643	Bilotti	NU	4-5	1	IT_68712	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68973	Soralle	SS	3-4	1
IT_68644	Bilotti	NU	3	1	IT_68713	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68974	Soralle	SS	3-4	1
IT_68626	Bonarcado	OR	NF	1	IT_68714	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68975	Soralle	SS	3-4	1
IT_68651	Bonnarano	SS	3-4	1	IT_68715	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68976	Soralle	SS	3-4	1
IT_68154	Bonurva	SS	3-4	1	IT_68716	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68977	Soralle	SS	3-4	1
IT_68427	Borore	NU	NF	1	IT_68717	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68978	Soralle	SS	3-4	1
IT_68163	Bortigadas	SS	3-4	1	IT_68718	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68979	Soralle	SS	3-4	1
IT_68175	Bortigadas	SS	3-4	1	IT_68719	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68980	Soralle	SS	3-4	1
IT_68430	Bosa	OR	4-5	1	IT_68720	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68981	Soralle	SS	3-4	1
IT_68178	Budù-zò	OT	3	3	IT_68721	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68982	Soralle	SS	3-4	1
IT_68439	Burdoni	OT	3-4	1	IT_68722	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68983	Soralle	SS	3-4	1
IT_68633	Buggerru	SS	3	2	IT_68723	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68984	Soralle	SS	3-4	1
IT_68189	Bulzi	SS	3	2	IT_68724	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68985	Soralle	SS	3-4	1
IT_68190	Bulzi	SS	4	2	IT_68725	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68986	Soralle	SS	3-4	1
IT_68634	Burci	CA	NF	1	IT_68726	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68987	Soralle	SS	3-4	1
IT_68192	Burgos	SS	3	1	IT_68727	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68988	Soralle	SS	3-4	1
IT_68428	Burigali	NU	3	1	IT_68728	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68989	Soralle	SS	3-4	1
IT_68165	Buriguada	SS	3-4	1	IT_68729	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68990	Soralle	SS	3-4	1
IT_68175	Burruca	SS	3-4	1	IT_68730	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68991	Soralle	SS	3-4	1
IT_68430	Busa	OR	4-5	1	IT_68731	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68992	Soralle	SS	3-4	1
IT_68178	Budù-zò	OT	3	3	IT_68732	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68993	Soralle	SS	3-4	1
IT_68439	Burdoni	OT	3-4	1	IT_68733	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68994	Soralle	SS	3-4	1
IT_68633	Buggerru	SS	3	2	IT_68734	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68995	Soralle	SS	3-4	1
IT_68189	Bulzi	SS	3	2	IT_68735	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68996	Soralle	SS	3-4	1
IT_68190	Bulzi	SS	4	2	IT_68736	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68997	Soralle	SS	3-4	1
IT_68634	Burci	CA	NF	1	IT_68737	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68998	Soralle	SS	3-4	1
IT_68192	Burgos	SS	3	1	IT_68738	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_68999	Soralle	SS	3-4	1
IT_68428	Burigali	NU	3	1	IT_68739	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69000	Soralle	SS	3-4	1
IT_68165	Buriguada	SS	3-4	1	IT_68740	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69001	Soralle	SS	3-4	1
IT_68175	Burruca	SS	3-4	1	IT_68741	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69002	Soralle	SS	3-4	1
IT_68430	Busa	OR	4-5	1	IT_68742	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69003	Soralle	SS	3-4	1
IT_68178	Budù-zò	OT	3	3	IT_68743	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69004	Soralle	SS	3-4	1
IT_68439	Burdoni	OT	3-4	1	IT_68744	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69005	Soralle	SS	3-4	1
IT_68633	Buggerru	SS	3	2	IT_68745	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69006	Soralle	SS	3-4	1
IT_68189	Bulzi	SS	3	2	IT_68746	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69007	Soralle	SS	3-4	1
IT_68190	Bulzi	SS	4	2	IT_68747	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69008	Soralle	SS	3-4	1
IT_68634	Burci	CA	NF	1	IT_68748	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69009	Soralle	SS	3-4	1
IT_68192	Burgos	SS	3	1	IT_68749	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69010	Soralle	SS	3-4	1
IT_68428	Burigali	NU	3	1	IT_68750	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69011	Soralle	SS	3-4	1
IT_68165	Buriguada	SS	3-4	1	IT_68751	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69012	Soralle	SS	3-4	1
IT_68175	Burruca	SS	3-4	1	IT_68752	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69013	Soralle	SS	3-4	1
IT_68430	Busa	OR	4-5	1	IT_68753	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69014	Soralle	SS	3-4	1
IT_68178	Budù-zò	OT	3	3	IT_68754	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69015	Soralle	SS	3-4	1
IT_68439	Burdoni	OT	3-4	1	IT_68755	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69016	Soralle	SS	3-4	1
IT_68633	Buggerru	SS	3	2	IT_68756	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69017	Soralle	SS	3-4	1
IT_68189	Bulzi	SS	3	2	IT_68757	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69018	Soralle	SS	3-4	1
IT_68190	Bulzi	SS	4	2	IT_68758	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69019	Soralle	SS	3-4	1
IT_68634	Burci	CA	NF	1	IT_68759	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69020	Soralle	SS	3-4	1
IT_68192	Burgos	SS	3	1	IT_68760	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69021	Soralle	SS	3-4	1
IT_68428	Burigali	NU	3	1	IT_68761	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69022	Soralle	SS	3-4	1
IT_68165	Buriguada	SS	3-4	1	IT_68762	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69023	Soralle	SS	3-4	1
IT_68175	Burruca	SS	3-4	1	IT_68763	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69024	Soralle	SS	3-4	1
IT_68430	Busa	OR	4-5	1	IT_68764	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69025	Soralle	SS	3-4	1
IT_68178	Budù-zò	OT	3	3	IT_68765	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69026	Soralle	SS	3-4	1
IT_68439	Burdoni	OT	3-4	1	IT_68766	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69027	Soralle	SS	3-4	1
IT_68633	Buggerru	SS	3	2	IT_68767	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69028	Soralle	SS	3-4	1
IT_68189	Bulzi	SS	3	2	IT_68768	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69029	Soralle	SS	3-4	1
IT_68190	Bulzi	SS	4	2	IT_68769	Gommoscodina	OR	NF	1	IT_69030	Soralle	SS	3-4	1
IT_68634														

Specificatamente ai comuni di Ulassai e Perdasdefogu, l'archivio CPT115-DBMI15 indica quello localizzato nel Mar Tirreno Centrale (Latitudine 40.955 N – Longitudine 10.097 E - profondità circa 136 km) e avvenuto il 26.04.2000 alle ore 13:37 la cui magnitudo è risultata di 4,77.

4.4 Categoria di sottosuolo

Per la valutazione delle azioni sismiche di progetto, ai sensi del D.M. del 1701.2018, deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto nel suolo superficiale. Per tale motivo si esegue una classificazione dei terreni compresi fra il piano di campagna ed il "bedrock" attraverso la stima delle velocità medie delle onde di taglio (V_s).

Con l'approccio semplificato, la classificazione del sottosuolo si effettua in base alla configurazione stratigrafica ed i valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S_{eq}}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

essendo: h_i = spessore dello strato i -esimo,

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato,

N = numero di strati,

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/sec.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato viene riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali alla testa dei pali.

Per depositi con profondità del substrato > 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S_{eq}}$ è definita dal parametro $V_{S_{30}}$ ottenuto ponendo $H = 30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Alla luce di quanto, ai fini della definizione delle azioni sismiche secondo le «*Norme Tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni*», un sito può essere classificato attraverso il valore delle $V_{S_{eq}}$ con l'appartenenza alle differenti categorie sismiche; ovvero:

- A]** ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m;
- B]** rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s;
- C]** depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s;
- D]** depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s;
- E]** Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Seppur senza il conforto di riscontri sperimentali sui specifici siti di intervento, preso atto della diffusa presenza del substrato roccioso in tutte le previste postazioni e con il conforto dei risultati delle indagine sismica con metodologia MASW riferite alle piazzole vicinori⁽⁵⁾ in condizioni geologiche similari, si può sin d'ora prevedere una **categoria di sottosuolo "A"**.

Infatti dalle elaborazioni eseguite con software dedicato, assumendo il piano di posa delle fondazioni a -3,00 m 0,00 m, è scaturito in tutti i casi $V_{S_{eq}} > 800 \text{ m/s}$ (Figura 4.5).

⁽⁵⁾ «Ampliamento del Parco Eolico Maistu - Installazione di nuovi aerogeneratori», relazione sismica, gennaio-febbraio 2019, Dott. Angius Antonello.

Progetto Definitivo Ampliamento Parco Eolico di Ulassai e Perdasdefogu (NU) – APRILE 2021

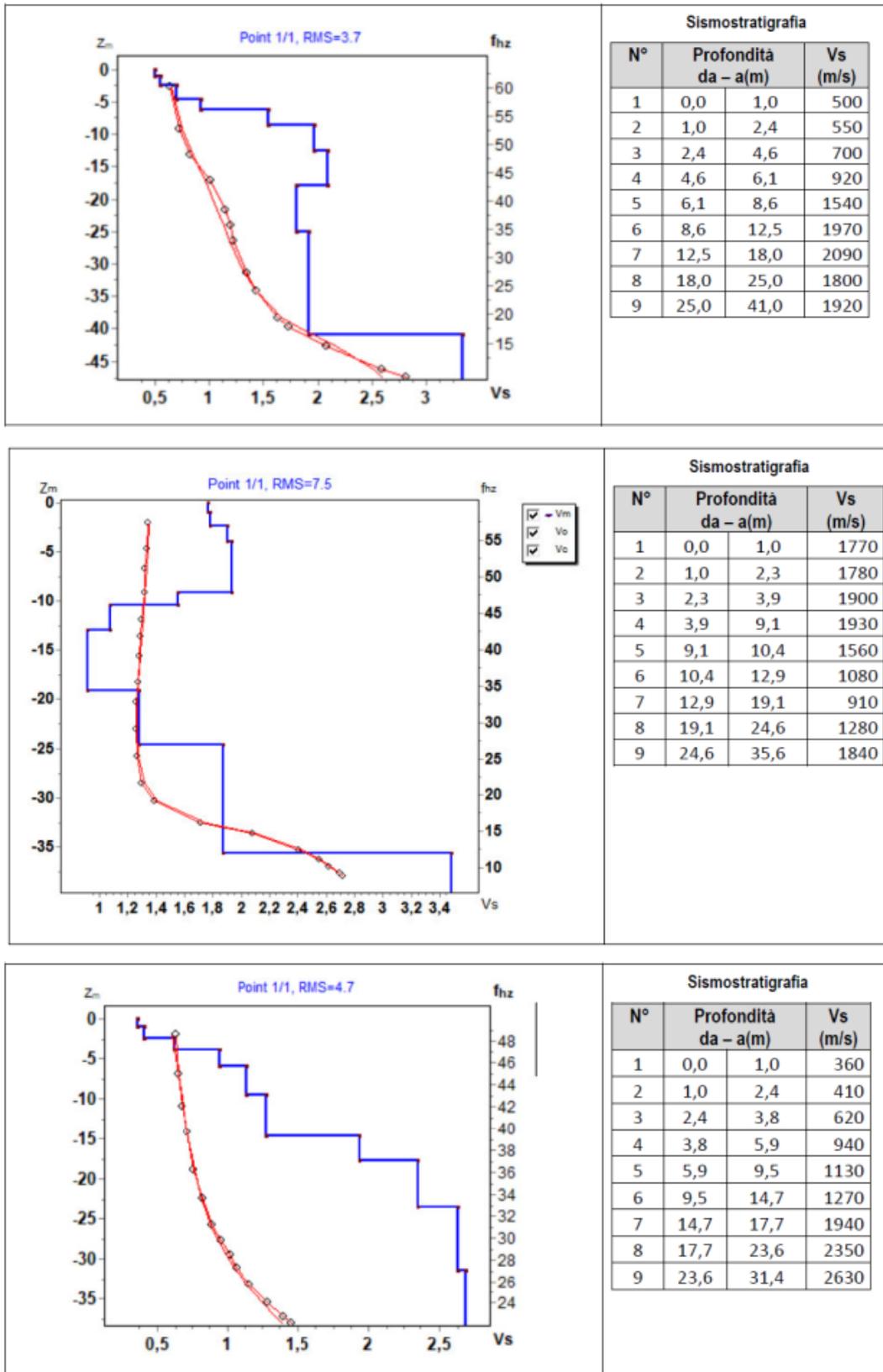


Figura 4.5 – Esempio di profili delle Vs acquisiti rispettivamente in prossimità dei WTG 516, 514 e 508

5 MODELLO GEOTECNICO

5.1 Modello geotecnico di riferimento

Richiamando quanto esposto nel capitolo dedicato alla modellazione geologica, gli areali che ospiteranno le opere in programma ed un loro idoneo contorno hanno evidenziato la diffusa presenza di roccia affiorante o sormontata da una coltre detritica di ordine metrico.

Alla luce di quanto, allo stato attuale delle conoscenze e salvo gli opportuni ed obbligatori accertamenti nella fase più avanzata della progettazione, vengono descritte le caratteristiche meccaniche dei terreni direttamente interagenti con le strutture di fondazione, sulla scorta dei risultati delle diverse campagne investigative condotte nel parco eolico, integrati da altri dati provenienti da correlazioni della letteratura geotecnica corrente.

5.1.1 Coltre detritica superficiale

Il rinvenimento di questi terreni è prevedibile ovunque, sebbene con spessori di ordine metrico tale da escludere un appoggio diretto delle fondazioni su questo strato.

Parametri geotecnici indicativi:

- | | |
|---|--|
| – Peso di volume naturale | $\gamma = 20,00 \div 21,00 \text{ kN/m}^3$ |
| – Angolo di resistenza al taglio efficace | $\phi' = 32 \div 35^\circ$ |
| – Coesione efficace | $c' = 0,00 \text{ daN/cm}^2$ |
| – Modulo elastico | $E_{el} = 350 \div 450 \text{ daN/cm}^2$ |

5.1.2 Dolomie e calcari

Riferimento WTG 513, 514 e 516

Trattasi di dolomie e calcari più o meno dolomitici talora interessati da una marcata fratturazione spesso penetrativa, espresso da un indice di qualità dell'ammasso roccioso anche $< 10\%$. In profondità la compagine è tendenzialmente più compatta in virtù del serraggio delle discontinuità e della presenza di ponti di roccia con conseguente miglioramento delle caratteristiche geotecniche.

Dalle indagini pregresse a mezzo prospezioni sismiche nell'ambito del parco eolico, non si evince la presenza di cavità carsiche subsuperficiali o prossime alle quote di imposta delle fondazioni aventi ampiezza del medesimo ordine di grandezza delle stesse (3÷5 m) o maggiore. Tale aspetto dovrà essere in ogni caso validato in sede di progettazione esecutiva attraverso specifiche indagini per ciascun sito estese al volume significativo interessato dai carichi di progetto.

Parametri geotecnici indicativi:

per la facies fratturata

- Peso di volume naturale $\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di resistenza al taglio efficace $\varphi' = 25^\circ$
- Coesione efficace $c' = 1,00 \text{ daN/cm}^2$
- Modulo elastico $E_{el} = 2.000 \text{ daN/cm}^2$

per la facies integra o poco fratturata

- Peso di volume naturale $\gamma = 27,00 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di resistenza al taglio efficace $\varphi' = 40^\circ$
- Coesione efficace $c' = 2,50 \text{ daN/cm}^2$
- Modulo elastico $E_{el} = 5.000 \text{ daN/cm}^2$

5.1.3 Metagrovacche e metarenarie

Riferimento WTG 508, 509, 518, 523 e 524

Anche in questo caso trattasi di rocce molto compatte, già a partire dal piano di campagna per cui non si prevedono variazioni in negativo per le profondità di trasmissione delle tensioni dovute alle opere di fondazione

Parametri geotecnici indicativi:

- Peso di volume naturale $\gamma = 24,00 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di resistenza al taglio efficace $\varphi' = 25^\circ$
- Coesione efficace $c' = 1,50 \text{ daN/cm}^2$
- Modulo elastico $E_{el} = 1.000 \text{ daN/cm}^2$

5.2 Stima della capacità portante dei terreni di fondazione

Sulla base di quanto esposto, è plausibile che le strutture di fondazione delle turbine in progetto andranno a poggiare sulla compagine rocciosa, rappresentata da dolomie e rocce metamorfiche in generale, quali metagrovacche vulcaniche e metarenarie.

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, anche in presenza di una compagine altamente fratturata, orientativamente si possono assumere valori di capacità portante dell'ordine dei **3 daN/cm²**, senza che si manifestino cedimenti di entità apprezzabile.

6 CONCLUSIONI

Dagli elementi esaminati, l'assetto litostratigrafico del territorio nel quale si prevede la realizzazione dell'impianto eolico in progetto vede la diffusa presenza di un basamento roccioso antico, lapideo, perlopiù in affioramento o sormontato da una coltre detritica di spessore variabile, raramente metrico.

Considerato che la distribuzione territoriale è piuttosto ampia, la natura della litologia è differente, ricadendo gli aerogeneratori 513, 514 e 516 nel Tacco di Perdasdefogu e quelli 508, 509, 518, 523 e 524 nei rilievi paleozoici di Ulassai. Fatta salva questa constatazione, le unità litologiche direttamente interessate dagli interventi sono le seguenti:

MSVb]	Formazione di Serra Tonnai	[Ordoviciano medio]
pa]	Porfiri quarziferi	[Permiano]
a]	Depositi di versante	[Olocene]
b2]	Coltri eluvio-colluviali	[Olocene]

per le cui descrizioni di dettaglio si rimanda al paragrafo dedicato.

Più precisamente, la Formazione di Dorgali [**DOR**] costituisce il substrato di appoggio delle postazioni WTG 513, 514 e 516, ove la roccia, in affioramento o sormontata da una coltre detritica di spessore metrico [**a**], si presenta tenace seppur attraversata da diverse famiglie di fratture.

Il substrato in corrispondenza delle turbine WTG 518, 523 e 524 è rappresentato da metarenarie fittamente stratificate della Formazione di Manixeddu [**MASVa**], perlopiù in affioramento o sotto una discontinua coltre detritica di spessore poco più che decimetrico.

La piazzola che ospiterà la turbina 508 ricade nel Bruncu Teria impostato sulle rocce metamorfiche in facies di metarenarie [**MVS**] della Formazione di Santa Vittoria.

In ultimo, l'ambito della turbina WTG 509 vede la presenza, già a partire dal piano di campagna, di metagrovacche vulcaniche ascrivibili alla Formazione di Serra Tonai [**MSVb**] molto compatte. Le irregolarità ed i vuoti del tetto del substrato sono colmate da un'esile coltre detritica di alterazione in situ [**b2**].

Alla stato attuale delle conoscenze, ricavate dai dati estrapolati delle diverse campagne investigative condotte nel parco eolico, coadiuvati da altri dati provenienti da correlazioni della letteratura geotecnica corrente, salvo gli opportuni ed obbligatori accertamenti nella fase più avanzata della progettazione, si può asserire che le suddette litologie sono dotate di buone/ottime proprietà meccaniche con elevata resistenza al taglio e comprimibilità

praticamente nulla, tale per cui costituiscono un substrato altamente performante che non pone limitazioni in ordine alla scelta della tipologia fondale.

Seppur senza il conforto di riscontri sperimentali sui specifici siti di intervento, preso atto della diffusa presenza del substrato roccioso in tutte le previste postazioni e con il conforto dei risultati delle indagine sismica con metodologia MASW riferite a piazzole contermini in condizioni geologiche similari, si può sin d'ora prevedere una **categoria di sottosuolo "A"**.

Allo stato attuale non sono state ravvisate condizioni di instabilità gravitativa, in atto o potenziali o altri fattori predisponenti all'instaurarsi di fenomeni franosi di qualsiasi tipologia poiché l'assetto morfodinamico dei luoghi, risulta esente da condizioni di criticità geostatica. A suffragio di quanto, le fondazioni e le piazzole delle aerogeneratori sono esterne alle aree di elevata pericolosità da frana individuata dal PAI, ma solo potenzialmente marginali o assenti o tutt'al più moderata Hg1 (508, 518, 523, 513, 514 e 516).

Lo stesso dicasi per la nuova viabilità che interessa perlopiù aree classificate da pericolosità da frana nulla o di tipo Hg1, a meno dei tratti verso le postazioni eoliche 509 e 518, di lunghezza rispettivamente 18 m e 55 m, sovrapposti ad aree cartografate a pericolosità da frana Hg2.

Relativamente al tracciato del cavidotto MT, prevalentemente sovrapposto ad aree classificate a pericolosità da frana Hg1 e Hg2, si segnala un breve tratto (circa 86 m), ivi impostato sulla viabilità esistente, sovrapposto ad aree a pericolosità elevata da frana Hg3.

Per quanto attiene alle aree a pericolosità da frana moderata (Hg1), si richiama l'attenzione sul fatto che gli interventi in programma sono ammessi in quanto, fermo restando quanto stabilito dagli artt. 23 e 25, in esse, compete agli strumenti urbanistici, ai regolamenti edilizi ed ai piani di settore vigenti disciplinare l'uso del territorio e delle risorse naturali (art. 34 comma 1 delle Norme di attuazione del PAI). Tale disciplina di competenza comunale attiene alle opere sul patrimonio edilizio esistente, ai mutamenti di destinazione, alle nuove costruzioni, alla realizzazione di nuovi impianti, opere ed infrastrutture a rete e puntuali pubbliche o di interesse pubblico, ai nuovi insediamenti produttivi commerciali e di servizi, alle ristrutturazioni urbanistiche e tutti gli altri interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia, salvo in ogni caso l'impiego di tipologie e tecniche costruttive capaci di ridurre la pericolosità ed i rischi.

Riguardo le aree con pericolosità media da frana (Hg2), le opere ivi ricadenti (ossia alcuni tratti di viabilità e di cavidotto, sono ammissibili in base al disposto dell'art. 33 delle Norme di Attuazione del PAI (Testo coordinato – Giugno 2020), il quale stabilisce che (comma 3

lettera a) *«in materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico, nelle aree di pericolosità media da frana sono consentiti esclusivamente gli ampliamenti, le ristrutturazioni e le nuove realizzazioni di infrastrutture riferibili a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili o non delocalizzabili, 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».*

Per la disciplina delle aree a pericolosità Hg3 “Elevata”, l’art. 32 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI rimanda alla disciplina delle aree a pericolosità da frana Hg4 “Molto Elevata” (art. 31 N.T.A.), ovvero la più restrittiva, la quale consente, tra gli altri, alcuni interventi a rete o puntuali, pubblici o di interesse pubblico, tra cui *«allacciamenti a reti principali e nuovi sottoservizi a rete interrati lungo tracciati stradali esistenti, ed opere connesse compresi i nuovi attraversamenti»* (art. 31 comma 3 lettera e), riconducibili al cavidotto MT.

Non si prevede altresì che l’evoluzione morfodinamica naturale dei luoghi possa in qualche modo compromettere la funzionalità dell’opera in progetto a causa di dissesti di tipo idraulico in quanto gli interventi ricadono in una posizione esente da condizioni di pericolo da inondazione/allagamento.

Si escludono alterazioni delle dinamiche di deflusso superficiale, poiché le opere in progetto non si trovano in corrispondenza di elementi del reticolo idrografico o in prossimità dei principali corsi d’acqua.

Dalle informazioni raccolte e stante la conformazione morfologica dei siti di intervento, può verosimilmente escludersi la presenza di falde acquifere interagenti con le opere in progetto a meno di locali risalite idriche nelle fasce di fratturazione, in corrispondenza dei contatti litologici, che saranno in ogni caso di blanda entità e/o a carattere occasionale.

Per detti motivi si ritiene che nulla osti alla realizzazione dell’intervento in progetto, fatta salva l’esigenza di acquisire riscontri diretti attraverso l’esecuzione di una campagna di indagini geognostiche che, come previsto, dovrà obbligatoriamente supportare la successiva fase progettazione esecutiva.

Tale campagna dovrà definire con precisione gli aspetti litostratigrafici per una corretta scelta della profondità del piano di posa delle fondazioni ovvero affinare il modello geologico per orientare al meglio le scelte progettuali, nonché i parametri sismici del sottosuolo (velocità

equivalente delle onde sismiche, categoria di sottosuolo, amplificazione, etc.) in ottemperanza ai disposti delle N.T.C: 2018.

Per quanto attiene alle postazioni ricadenti sul dominio carbonatico (WTG 513, 514 e 516) sarà da valutarsi, attraverso indagini che verranno all'uopo condotte (sondaggi e/o geofisica) in ciascuna, la presenza di cavità entro il volume significativo delle fondazioni.