

PROPONENTE:

AEI Wind Project VII S.r.l.

Sede in:

Via Savoia n.78 - 00198 Roma (RM)

PEC: aeiwind-settima@legalmail.it

AEI WIND
PROJECT VII S.R.L.

P.I. 16805311004

Via Savoia 78

00198 Roma



PROVINCIA DI
NUORO



COMUNE DI
NUORO



COMUNE DI
ORANI



COMUNE DI
ORGOSOLO



REGIONE SARDEGNA

OGGETTO:

PROGETTO DEFINITIVO DI UN IMPIANTO EOLICO COMPOSTO DA 10 AEROGENERATORI CON POTENZA COMPLESSIVA DI 66 MW, DENOMINATO "CE NUORO SUD", NEI COMUNI DI ORANI (NU), ORGOSOLO (NU) E NUORO (NU) E OPERE CONNESSE NEI COMUNI DI ORANI (NU), ORGOSOLO (NU) E NUORO (NU)

NOME ELABORATO:

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

PROGETTO SVILUPPATO DA:

AGREENPOWER s.r.l.

Sede legale: Via Serra, 44

09038 Serramanna (SU) - ITALIA

Email: info@agreenpower.it



agreenpower s.r.l.

GRUPPO DI LAVORO:

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

COLLABORATORI:

BIA Srl
Geologika Srls
Dott. Nat. Maurizio Medda
Dott. Nat. Francesco Mascia
Dott. Agronomo Vincenzo Sechi
Dott.ssa Archeologa Manuela Simbula
Ing. Federico Miscali
Ing. Luigi Cuccu
Ing. Vincenzo Carboni
Ing. Nicola Sollai

TIMBRO E FIRMA:

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

INDICE

1	GENERALITÀ	3
1.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
	SEZIONE I	5
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO ED UBICAZIONE DELL'AREA	6
2.1	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI.....	7
3	INQUADRAMENTO NEI PIANI DI ASSETTO IDROGEOLOGICO	8
	SEZIONE II	12
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	13
4.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE.....	13
4.2	PRINCIPALI CARATTERI DELLE UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE INTERESSATE DAGLI INTERVENTI IN PROGETTO	18
4.2.1	ASSETTO GEOLOGICO LOCALE	18
5	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROLOGICO	21
5.1	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	25
	SEZIONE III	27
6	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	28
6.1	SISMICITÀ STORICA	29
6.2	CARATTERIZZAZIONE SISMOGENICA.....	31
6.3	PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE.....	32
6.4	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	34
6.4.1	VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA	35
	SEZIONE IV	36
7	MODELLAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE.....	37
7.1	PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE DEI TERRENI DI FONDAZIONE	37
8	STIMA DELLA CAPACITÀ PORTANTE PRELIMINARE.....	39
8.1	PARAMETRI GEOMETRICI DELLA FONDAZIONE	39
8.2	CARICHI TRASMESSI AL TERRENO	39
8.3	VERIFICA DEL CARICO LIMITE (Q_{ULTIMA}).....	40
9	CONCLUSIONI	41

1 GENERALITÀ

La società AGREENPOWER S.R.L., con sede in Via Serra 44, 09038 Serramanna (SU), ha conferito alla società GEOLOGIKA S.R.L.S. con sede operativa in Via Michelangelo n. 17/C a Monastir, P.IVA 03612320923, l'incarico per la predisposizione della RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA e SISMICA a supporto del progetto denominato "PROGETTO DEFINITIVO DI UN IMPIANTO EOLICO COMPOSTO DA 10 AEROGENERATORI CON POTENZA COMPLESSIVA DI 66 MW, DENOMINATO "CE NUORO SUD", NEI COMUNI DI ORANI (NU), ORGOSOLO (NU) E NUORO (NU) E OPERE CONNESSE NEI COMUNI DI ORANI (NU), ORGOSOLO (NU) E NUORO (NU)".

Il presente elaborato, è redatto in conformità con quanto previsto dalle Norme di Attuazione del PAI e dal D.M. 17.01.2018 "NORME TECNICHE SULLE COSTRUZIONI".

Il presente elaborato RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA è articolato in:

- **SEZIONE I** - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E UBICAZIONE DELL'AREA: illustra l'ubicazione dell'area in studio, in riferimento alla cartografia dell'Istituto Geografico Militare (IGM), alla Cartografia Tecnica Regionale (CTR); analizza gli aspetti vincolistici legati al PAI (Piano Stralcio Assetto Idrogeologico) e agli altri strumenti di settore, esplicita i caratteri generali delle opere in progetto (in riferimento agli elaborati progettuali) e gli aspetti normativi che regolamentano la redazione del presente elaborato tecnico;
- **SEZIONE II** – CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO: analizza, in riferimento alle indicazioni fornite dalla CARTA GEOLOGICA DELLA SARDEGNA in scala 1:25.000 e alla CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000, il contesto geologico dell'area vasta a contorno del sedime in studio. Definisce, sulla base delle osservazioni di superficie, il contesto geologico dell'area di sedime; analizza e descrive i fenomeni di dissesto in atto e/o potenziali che insistono nell'area interessata dalle opere e in un intorno a questa significativo;
- **SEZIONE III** – ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE: inquadra e analizza la sismicità del territorio regionale, descrive i caratteri sismici del sito in riferimento alle indicazioni delle NTC 2018;
- **SEZIONE IV** – CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE: definisce in attinenza con il MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE che descrive le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni interessati dalle opere in progetto, che in assenza di apposite indagini geognostiche, si basa sui dati presenti nella bibliografia tecnica di settore.

1.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il presente lavoro è stato redatto con esplicito riferimento alla seguente normativa:

NORME TECNICHE

- **Cir. C.S.LL.PP n. 7 del 21 gennaio 2019** - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- **D.M. 17.01.2018** - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»;
- **UNI 11531-1 aprile 2014** - Costruzione e manutenzione delle opere civili delle infrastrutture;
- **O.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»;
- **D.G.R. n.15/31 del 30 marzo 2004** – Disposizioni preliminari in attuazione dell'O.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- **O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003** – “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”, con la quale sono stati approvati i “Criteri per l’individuazione delle zone sismiche – individuazione, formazione ed aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone”;
- **D.M.LL.PP. 16.01.1996** – Norme tecniche per la costruzione in zone sismiche;
- **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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- **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;

ASSETTO IDROGEOLOGICO

- **Delibera Comitato Istituzionale di Bacino. n. 15 del 22.11.2022** - Aggiornamento e integrazione delle Norme di Attuazione del PAI/PGRA;
- **Delibera di G.R. n. 2/8 del 20.01.2022** - Aggiornamento Norme di Attuazione del PAI;
- **Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 14 del 21.12.2021** - Direttiva 2007/60/CE e art. 12 D.Lgs. 49/2010 - Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) del distretto idrografico della Sardegna – Secondo ciclo di pianificazione – Adozione ai sensi dell’articolo 66 del D. Lgs 152/2006 e ai sensi della L.R. 19/2006 ai fini del successivo iter di approvazione;
- **D.P.C.M. 27 ottobre 2016** - Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA), approvato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 del 15/03/2016 ed integrato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 3 del 17/05/2017;
- **Delibera n. 2 del 17.12.2015** del Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino della RAS – approvazione in via definitiva, per l'intero territorio regionale, ai sensi dell'art. 9 delle L.R. 19/2006 come da ultimo modificato con L.R. 28/2015, il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF);
- **D.P.R. 10 luglio 2006, n. 67** – Approvazione del Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico del bacino unico regionale PAI, redatto ai sensi della L. n. 183/1989 e del D.L. n. 180/1998.

SEZIONE I

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E UBICAZIONE DELL'AREA

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO ED UBICAZIONE DELL'AREA

L'area geografica di indagine è ubicata nella Sardegna centro - orientale, nelle aree storico-geografiche della Barbagia di Nuoro e della Barbagia di Ollolai, più precisamente nei territori comunali di Nuoro, Orgosolo e Orani, facenti parte della Provincia di Nuoro. L'impianto, denominato "CE Nuoro Sud", verrà realizzato su terreni privati ubicati nella parte meridionale del Comune di Nuoro (NU), nella parte orientale del Comune di Orani (NU) e nella parte settentrionale del Comune di Orgosolo (NU). Il percorso dell'elettrodotto di connessione alla Stazione Elettrica della RTN è previsto anch'esso in terreni ubicati in parte nel Comune di Nuoro, Orani e Orgosolo.

TERRITORIO	
PROVINCIA	Nuoro
COMUNE	Nuoro, Orani, Orgosolo
COMUNI CONFINANTI	Orune, Benetutti, Oniferi, Orotelli, Illorai, Bolotana, Ottana, Sarule, Mamojada, Fonni, Villagrande Strisaili, Talana, Urzulei, Dorgali, Oliena
CARTOGRAFIA	
I.G.M. SCALA 1:25.000	Foglio 499 Sezione I – Nùoro Ovest, 499 Sezione II - Orani.
C.T.R.N. SCALA 1:10.000	Sezione 499 080 – Nuoro, 499 110 – Oniferi, 499 120 – Cantoniera Su Grumene, 499 150 – Orani.

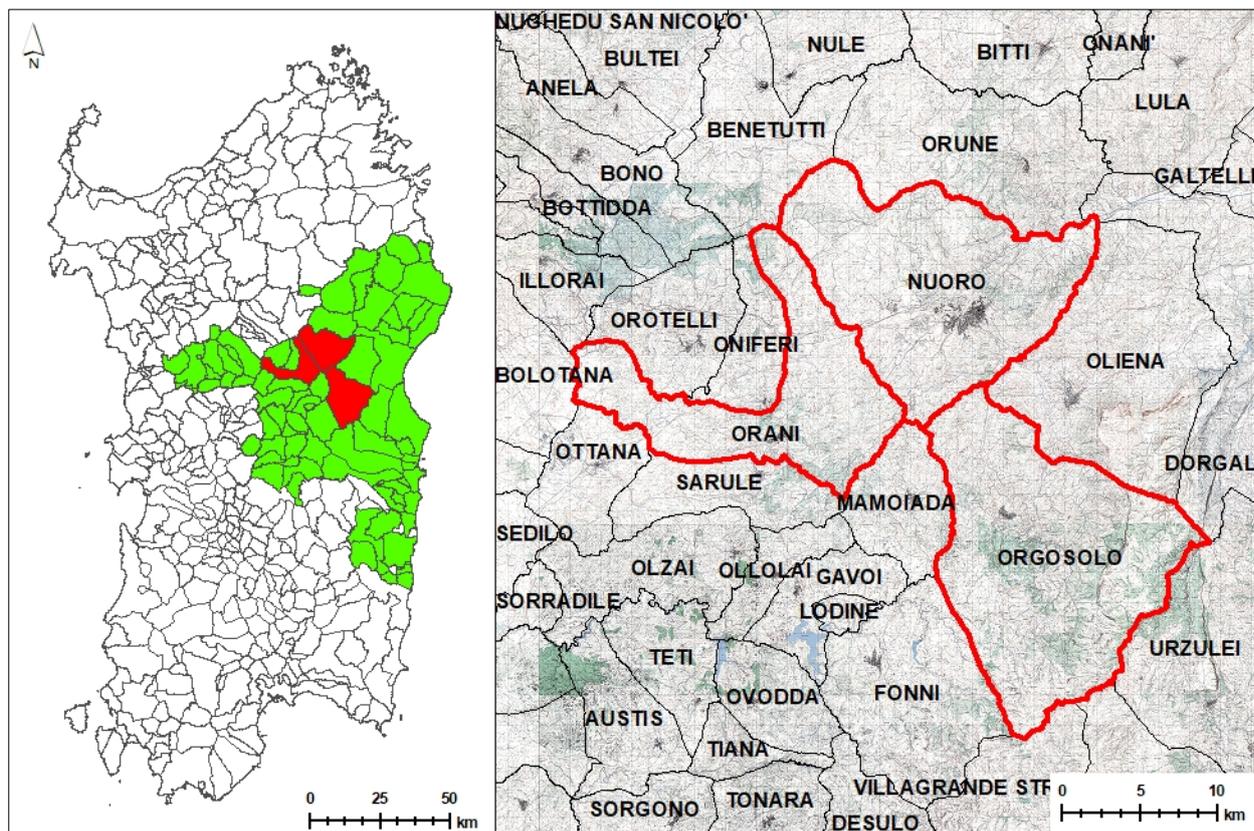


Figura 1 – Inquadramento territoriale dei comuni di Nuoro, Orgosolo e Orani

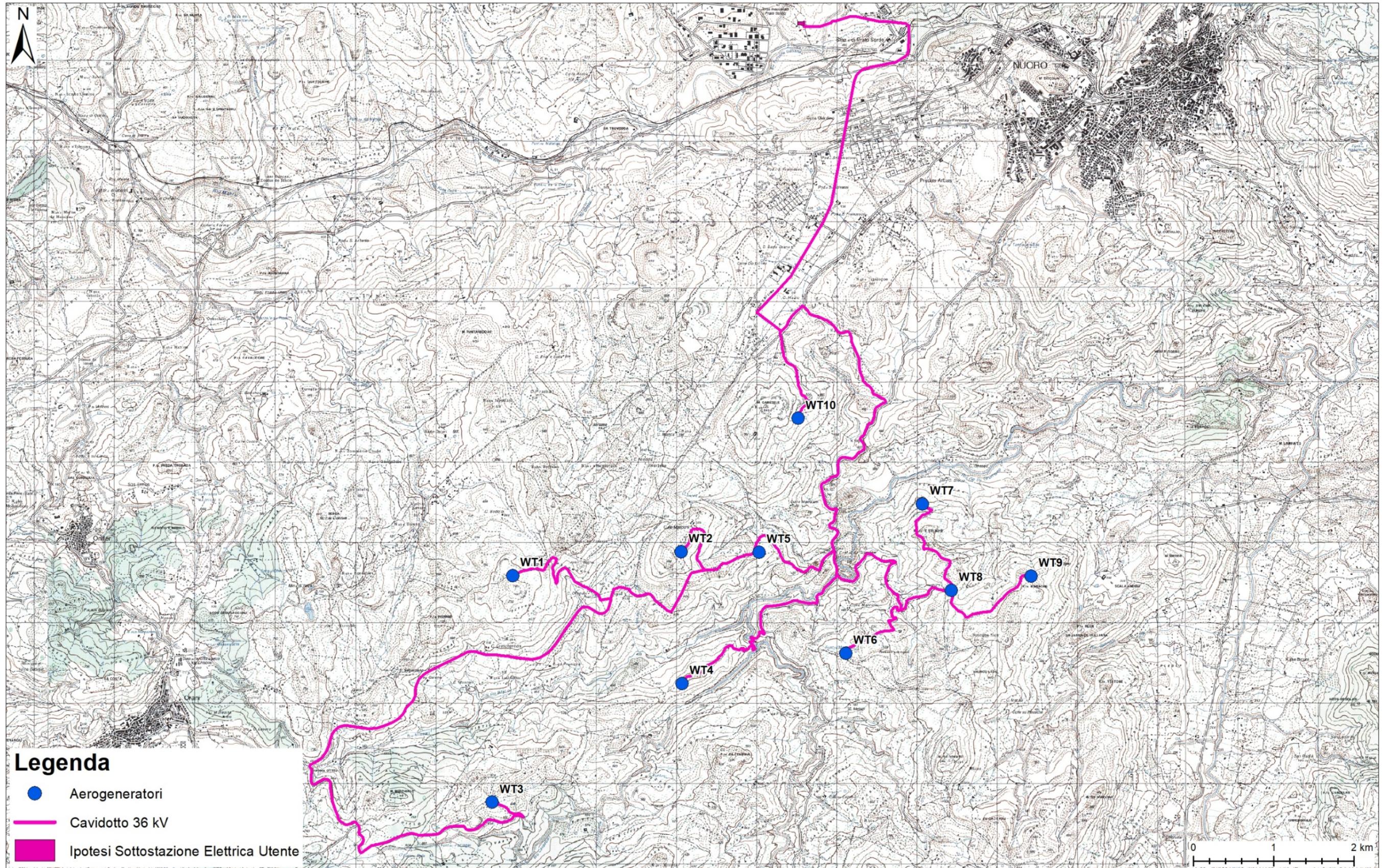


Figura 2 - Stralcio Foglio n.499 Sezione I Nuoro Ovest, n. 499 Sezione II Orani della Carta I.G.M. in scala 1:45.000.

2.1 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Il progetto prevede l'installazione di nr. 10 aerogeneratori di potenza pari a 6,6 MW ciascuno, per complessivi 66 MW di potenza ai fini dell'immissione in rete, e relative opere connesse. L'impianto eolico sarà connesso alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) tramite elettrodotto interrato, necessario al convogliamento dell'energia elettrica prodotta dall'impianto alla nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN 150/36 kV. L'impianto eolico sarà connesso alla rete elettrica in Alta Tensione per mezzo di un collegamento in antenna a 36 kV sulla nuova SE di smistamento della RTN a 150 kV, in località Pratosardo, come da STMG allegata al preventivo di connessione ricevuto da Terna S.p.A.

Il progetto, che ricade prevalentemente nelle zone agricole dei comuni di Nuoro, Orani e Orgosolo, ad eccezione della Sottostazione Elettrica Utente, prevista nella zona industriale del Comune di Nuoro in località Pratosardo, è a favore dello sviluppo sostenibile del territorio in cui si inserisce, in modo coerente con l'impegno dell'Italia in ambito internazionale di riduzione delle emissioni di CO₂ nell'atmosfera e anche, nella contingenza dell'emergenza energetica, nell'ambito della gestione razionale dell'energia e della riduzione della dipendenza dall'Estero per l'approvvigionamento di materie prime di tipo tradizionale (olio e gas) o direttamente di energia elettrica.

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

Le nr. 10 piazzole di esercizio, che durante la vita dell'impianto rimarranno disposizione per la gestione e l'eventuale manutenzione straordinaria dell'aerogeneratore, occupano una superficie media pari a 1.750 m².

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

Per approfondimenti e dettagli tecnici si rimanda alla consultazione degli elaborati di progetto.

3 INQUADRAMENTO NEI PIANI DI ASSETTO IDROGEOLOGICO

Con la delibera n. 45/57 datata 30 ottobre 1990, la Giunta Regionale ha suddiviso il Bacino Unico Regionale in sette Sub-Bacini. Ogni Sub-Bacino è caratterizzato da omogeneità geomorfologiche, geografiche e idrologiche generali, ma presenta anche notevoli differenze in termini di estensione territoriale.

Sulla base di questa suddivisione, il territorio in studio è compreso nel Sub-Bacino 2 – Tirso e nel Sub-Bacino 5 – Posada-Cedrino (Figura 3).

Nel presente studio, l'analisi della pericolosità geomorfologica e idrogeologica è condotta sulla base della cartografia pubblicata sul sito Sardegna Geoportale. La cartografia è il risultato dalla mosaicatura delle aree a pericolosità definite dai principali strumenti di pianificazione idrogeologica in Sardegna.

La mosaicatura include i seguenti studi:

- Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI): approvato con il decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10/07/2006;
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF): approvato con Deliberazione del Comitato Istituzionale di Bacino n. 2 del 17 dicembre 2015, questo piano costituisce un complemento e un'aggiunta al PAI, fornendo ulteriori informazioni sulla pianificazione idrogeologica;
- Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA): approvato con la Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 del 15/03/2016.

L'inviluppo tiene conto inoltre di tutti gli studi di dettaglio predisposti dai singoli comuni in conformità con l'Art. 8 e l'Art. 37 delle Norme di Attuazione del PAI e approvati dal Comitato Istituzionale di Bacino.

Nel territorio del Comune di Nuoro, completamente studiato dalla variante comunale, le opere in progetto interferiscono con continuità con aree a pericolosità moderata (**Hg₁**) e con aree a pericolosità moderata (**Hg₂**). Nel territorio del Comune di Orani, completamente studiato dalla variante comunale, le opere in progetto interferiscono con continuità con aree a pericolosità moderata (**Hg₁**) e con aree a pericolosità moderata (**Hg₂**). Nel territorio del Comune di Orgosolo, completamente studiato dalla variante comunale, le opere in progetto interferiscono con continuità con aree a pericolosità moderata (**Hg₁**), come evidenziato in Figura 5. Localmente il caviodotto intercetta aree a pericolosità idraulica molto elevata (**Hi₄**), come evidenziato in Figura 4.



Figura 3 – Suddivisione del territorio Regionale in Sub-Bacini. Il cerchio rosso indica il territorio indagato.

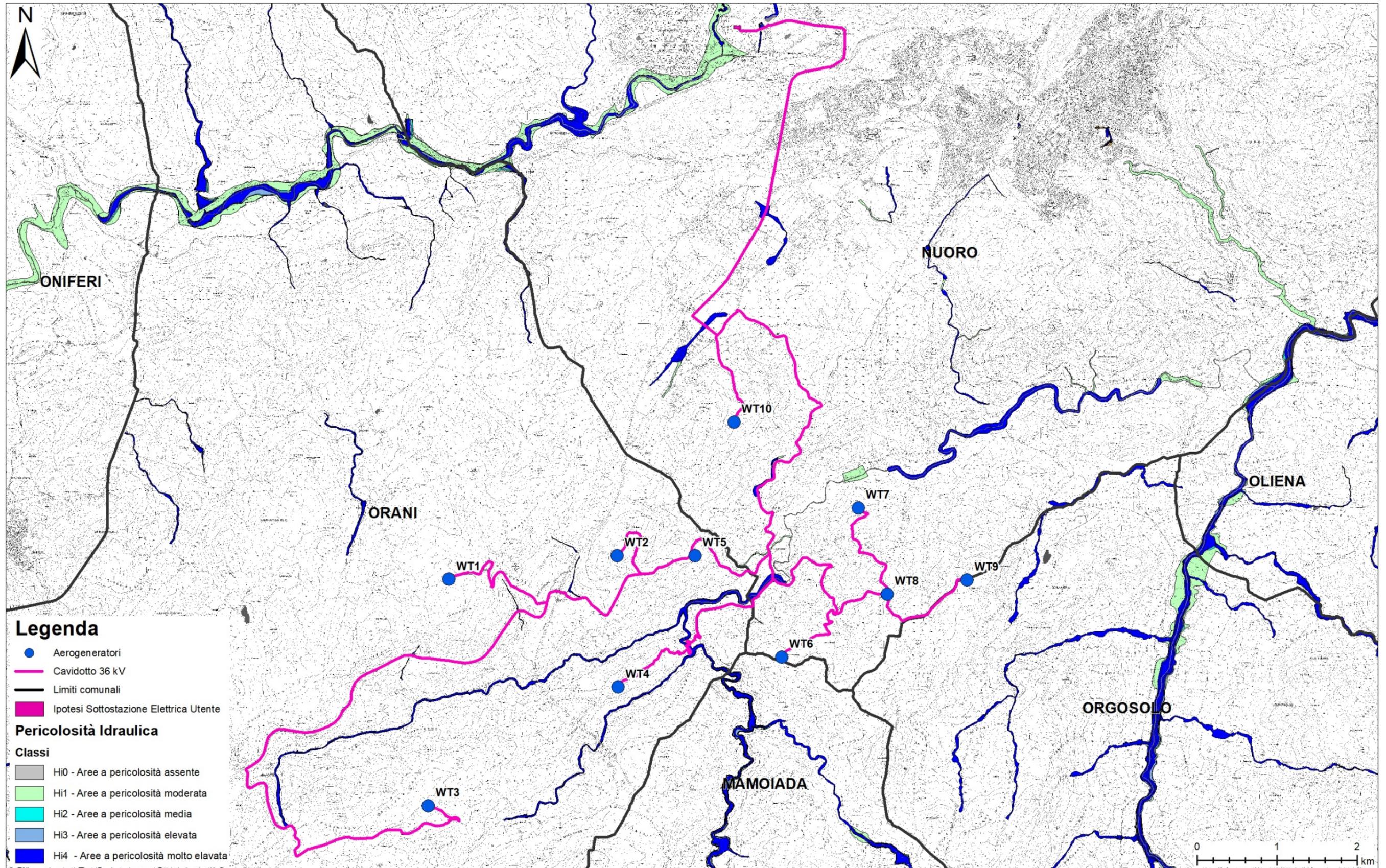


Figura 4 -Stralcio della cartografia PAI in scala 1:45.000 relativa alla pericolosità idraulica.

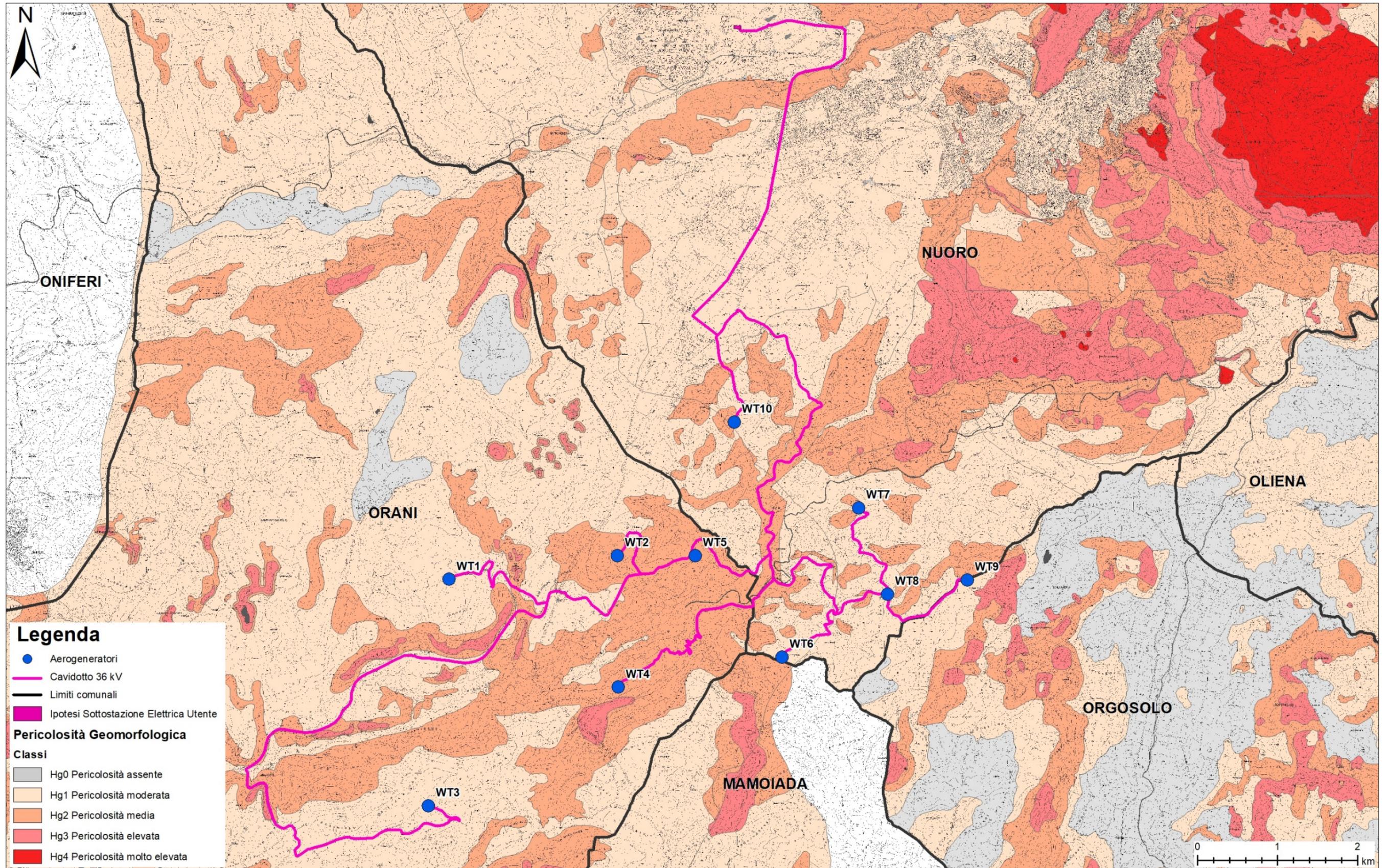


Figura 5 - Stralcio della cartografia PAI in scala 1:45.000 relativa alla pericolosità geomorfologica.

SEZIONE II

CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il progetto delle opere e le soluzioni tecniche adottate vengono definite in riferimento al **MODELLO GEOLOGICO** del sito. La caratterizzazione e la modellazione geologica deve pertanto includere l'analisi dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati nel **MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO**.

Nelle pagine seguenti viene sinteticamente descritto il contesto geologico di inquadramento al fine di ottenere il necessario supporto informativo per prevenire alla corretta definizione del modello geologico di riferimento dell'area indagata. L'analisi dell'assetto geologico è stata condotta con riferimento alla CARTA GEOLOGICA DI BASE DELLA SARDEGNA in scala 1:25.000 (Figura 6), disponibile presso il Servizio osservatorio del paesaggio e del territorio, sistemi informativi territoriali della R.A.S. – 2008, e alla CARTA GEOLOGICA D'ITALIA in scala 1:50.000 e note illustrative correlate.

Le Unità litostratigrafiche e le Formazioni descritte nella cartografia vengono altresì distinte attraverso le sigle in conformità con le Linee Guida definite all'interno del progetto CARG e alle indicazioni del Servizio Geologico d'Italia.

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE

La Barbagia di Nuoro e la Barbagia di Ollolai presentano una complessa conformazione geologica, risultato di eventi sedimentari, tettonici, metamorfici e vulcanici che hanno interessato la Sardegna dal Paleozoico al Quaternario.

Nel territorio in esame affiorano sia rocce appartenenti al basamento metamorfico, costituito da un complesso insieme di rocce sedimentarie, intensamente strutturato durante l'orogenesi varisica, sia depositi quaternari, questi ultimi rappresentati dai sedimenti alluvionali olocenici.

Il basamento metamorfico possiede una particolare rilevanza dal punto di vista strutturale. Nella letteratura tecnico-scientifica, viene considerato come un segmento della Catena Varisica Sud-Europea ed è costituito da rocce sedimentarie e ignee di basso grado metamorfico, impostatesi quasi in soluzione di continuità temporale, dal Precambriano al Carbonifero Inferiore. La genesi del basamento metamorfico può essere schematizzata nel modo seguente:

Collisione continentale (Carbonifero) ha dato origine a un complesso sviluppo polifasico di processi deformativi e metamorfici con intensità decrescente da nord a sud. Questa differenziazione, ancora oggi riconoscibile, permette di suddividere il basamento in tre zone principali, come descritto da Carmignani et al. (1994, 2001): una "Zona Assiale" (situata nel nord-est dell'isola) caratterizzata dalla presenza di rocce metamorfiche di alto grado e migmatiti; una "Zona a Falde" costituita dall'impilamento di varie unità tettoniche suddivisa in "Falde Interne" (complesso metamorfico di medio grado affiorante nella parte

centro-settentrionale dell'isola) e "Falde Esterne" (complesso di basso grado metamorfico localizzato nel centro-sud dell'isola); una "Zona Esterna", affiorante nel sud-ovest dell'isola, costituita da rocce di bassissimo grado metamorfico.

Nel sito d'intervento la "Zona a Falde Interne" viene rappresentata da formazioni costituite da marmi e micascisti, affioranti nella porzione occidentale.

Stadio post-collisionale (Carbonifero sup.- Permiano) è caratterizzato da una tettonica distensiva che porta al collasso della catena e alla formazione del "Batolite Sardo-Corso", costituito da intrusioni magmatiche di composizione granitoidale ad affinità calcicalina, e da una subordinata attività effusiva. Quasi contemporaneamente alla formazione del batolite, avviene l'intrusione di filoni e dicchi di ampio spettro compositivo. Questi si inseriscono secondo le direzioni prevalenti NNW-SSE N-S e E-W, corrispondenti alla riattivazione dei principali lineamenti strutturali derivanti dalla fase precedente di collisione. Tali eventi sono ben registrati nel cosiddetto Complesso Granitoidale del Goceano-Bittese e nel Complesso Granitoidale Nuorese, affioranti nei territori comunali di Nuoro, Orgosolo e Orani, le cui principali unità sono rappresentate dalle tonaliti granodioritiche dell'Unità Intrusiva di Nuoro (**NUO**), dalle granodioriti monzogranitiche, leucomonzograniti e masse tonalitico-granodioritiche dell'Unità Intrusiva di Orgosolo (**ORG**), dalle granodioriti monzogranitiche e biotitiche dell'Unità Intrusiva di Benetutti (**BTU**), dalle granodioriti e monzograniti dell'Unità Intrusiva di Monte San Basilio (**BLA**) e dalle monzograniti e leucomonzograniti dell'Unità Intrusiva di Monte Ortobene (**OBN**), dalle monzograniti dell'Unità Intrusiva di Borta Melone (**BME**), dalle leucograniti dell'Unità Intrusiva di Sos Canales (**OSC**), e dalle tonaliti granodioritiche dell'Unità Intrusiva di Nuraghe Ola (**NOL**).

Nell'area d'intervento il basamento metamorfico è intruso da filoni e ammassi di micrograniti (**mg**), dai porfidi granitici in giacitura filoniana (**fp**), dai filoni acidi (**fa**), dai filoni basaltici (**fb**), dai filoni idrotermali (**fq**), dai filoni e ammassi aplitici (**ap**) e dai filoni e ammassi pegmatitici (**pe**).

La tettonica post-varisica ha avuto limitati effetti nel settore in studio, così come in tutta l'isola. Durante il Cretacico fino all'Eocene inferiore, si osserva un'ulteriore fase di spianamento e non si riscontrano importanti eventi deformativi. L'evoluzione tettonica si caratterizza principalmente da movimenti verticali, più o meno lenti.

Nell'Oligocene superiore-Miocene inferiore, la Sardegna centrale e centro-orientale viene coinvolta da una importante tettonica trascorrente. Questo fenomeno è dovuto alla collisione appenninica nel contesto dell'evoluzione geodinamica del Mediterraneo occidentale, che comporta l'apertura del Bacino Balearico, il distacco dal margine sud europeo e la rotazione antioraria del blocco sardo-corso. Questo processo riattiva i vecchi lineamenti ercinici, dando luogo al complesso sistema di bacini sedimentari transtensivi (bacini di *pull-apart*) interconnessi con la formazione del cosiddetto "Rift oligomiocenico sardo" (o "Fossa sarda").

I territori della Sardegna centrale e centro-orientale non subiscono importanti ripercussioni, ad eccezione degli effetti legati al vulcanismo calco-alcalino che si sono verificati prima dell'ingressione marina miocenica lungo il "rift sardo". La deposizione di ingenti volumi di sedimenti sintettonici in facies detritico-alluvionale, è un risultato diretto del rimodellamento connesso con il riassetto della rete drenante naturale, causato dalla tettonica trascorrente nell'Oligocene superiore-Miocene inferiore.

Nel sito d'intervento i prodotti del vulcanismo oligo-miocenico, appartenenti alla successione vulcano-sedimentaria terziaria, sono rappresentati dai depositi di flusso piroclastico dell'Unità di Orotelli (**OTL**), dai depositi di flusso piroclastico dell'Unità di Nuraghe Zavos (**ZAV**), e dai depositi di flusso piroclastico dell'Unità di Mandra Puzzones (**PUZ**).

La successione vulcano-sedimentaria oligo-miocenica è chiusa dalla Formazione delle Arenarie di Riu Bicole (**ICO**), costituite da arenarie e conglomerati eterometrici, poligenici, a matrice argillosa e sabbiosa con ricca componente vulcanoclastica.

Durante il Pliocene-Pleistocene, in concomitanza con una importante fase distensiva del Mediterraneo occidentale, che ha portato alla formazione della "fossa" del Campidano, il basamento metamorfico e le unità mesozoiche hanno subito gli effetti di una deformazione fragile, con direzioni prevalenti NW-SE e N-S. Questo processo ha dato luogo a una struttura tettonica a gradinata con asse principale nel Campidano, innescando un'importantissima fase di erosione capace di alterare quasi completamente l'originario schema dell'idrografia superficiale. Durante questo periodo, si sono verificati importanti fenomeni di cattura fluviale, con lo spostamento dei principali corsi d'acqua di impostazione miocenica e il trasferimento di ingenti quantitativi di depositi alluvionali. A tali eventi si associa un intenso vulcanismo effusivo di tipo fissurale, accompagnato dalla contestuale emissione di lave basaltiche.

La Sardegna centrale e centro-orientale continua a essere soggetta all'azione di modellamento morfodinamico anche durante il Pleistocene. In questo periodo, si formano depositi alluvionali e depositi di versante a causa delle oscillazioni tra fasi glaciali e interglaciali e delle relative variazioni del livello del mare. La periodica riattivazione dei processi morfogenetici di versante porta alla deposizione di conoidi alluvionali, principalmente derivati dallo smantellamento del substrato costituito dal basamento paleozoico. Nel corso dell'Olocene, si accumulano anche discontinue coltri detritiche di versante (**a**, **a₁**), depositi eluvio-colluviali (**b₂**), depositi alluvionali terrazzati (**b_n**, **b_{na}**) e alluvioni attualmente in evoluzione (**b**, **b_a**). Data l'antropizzazione e le attività industriali che hanno caratterizzato e che caratterizzano le aree urbane e periurbane di Nuoro, Orgosolo e Orani è inevitabile che il substrato geologico sia localmente ricoperto dai depositi prodotti dall'attività antropica (**h_{1r}**, **h_{1n}**, **h_a**) derivanti soprattutto dall'accumulo di materiali di riporto e di inerti ai fini edilizi.

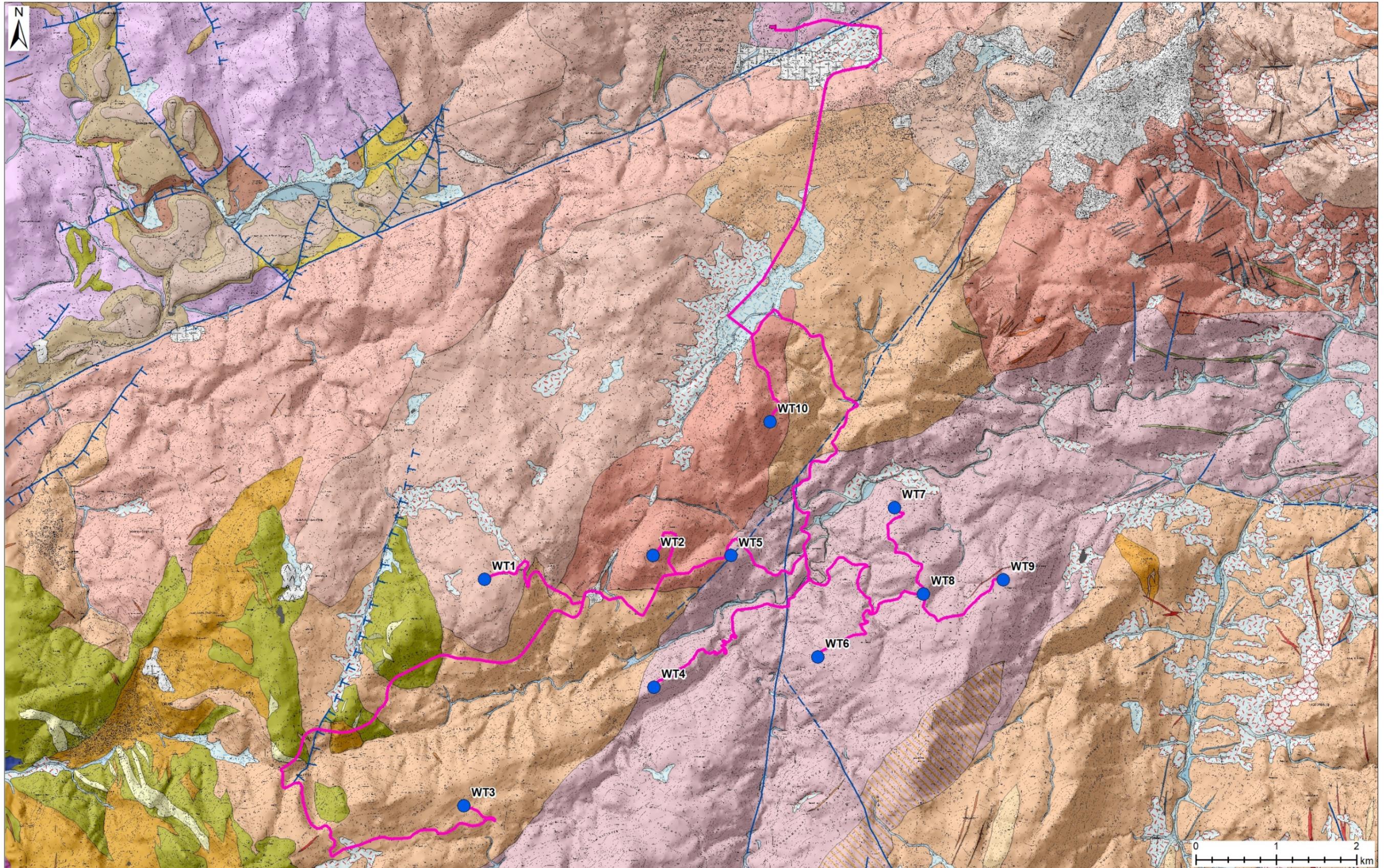


Figura 6 - Stralcio della Carta Geologica di base della Sardegna in scala 1:45.000.

Legenda

OPERE IN PROGETTO

-  Aerogeneratori
-  Cavidotto 36 kV
-  Ipotesi Sottostazione Elettrica Utente

LITOLOGIA DEL SUBSTRATO

DEPOSITI QUATERNARI DELL'AREA CONTINENTALE

-  h1m Depositi antropici. Discariche minerarie. OLOCENE
-  ha Depositi antropici. Manufatti antropici. OLOCENE
-  h1r Depositi antropici. Materiali di riporto e aree bonificate. OLOCENE
-  h1u Depositi antropici. Discariche per rifiuti solidi urbani. OLOCENE
-  h1n Depositi antropici. Discariche per inerti. OLOCENE
-  b Depositi alluvionali. OLOCENE
-  ba Depositi alluvionali. Ghiaie da grossolane a medie. OLOCENE
-  a Depositi di versante. Detriti con clasti angolosi, talora parzialmente cementati. OLOCENE
-  a1 Depositi di frana. Corpi di frana. OLOCENE
-  b2 Coltri eluvio-colluviali. Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica. OLOCENE
-  bn Depositi alluvionali terrazzati. OLOCENE
-  bna Depositi alluvionali terrazzati. Ghiaie con subordinate sabbie. OLOCENE

SUCCESSIONE VULCANO-SEDIMENTARIA TERZIARIA

-  ICO ARENARIE DI RIU BICOLE. Arenarie e conglomerati eterometrici, poligenici, a matrice argillosa e sabbiosa con ricca componente vulcanoclastica. Ambiente continentale, facies fluviale e fluvio-deltizia. CHATTIANO-AQUITANIANO
-  PUZ UNITÀ DI MANDRA PUZZONES. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica, a chimismo riolitico, saldati, a struttura eutaxitica, con cristalli liberi di Pl, Sa, Bt, Am, Qtz. BURDIGALIANO
-  ZAV UNITÀ DI NURAGHE ZAVOS. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica, a chimismo riolitico, saldati, a tessitura eutaxitica, con cristalli liberi di Pl, Sa, Am e Bt. BURDIGALIANO
-  OTL UNITÀ DI OROTELLI. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica, debolmente saldati, a chimismo riodacitico, pomiceo-cineritici, con strutture vitroclastiche e cristalli liberi di Pl, Sa, Bt, Qtz. AQUITANIANO? - BURDIGALIANO

COMPLESSO INTRUSIVO TARDO-PALEOZOICO

-  pe Filoni e ammassi pegmatitici. CARBONIFERO SUP. - PERMIANO
-  ap Filoni e ammassi aplitici. CARBONIFERO SUP. - PERMIANO
-  fq Filoni idrotermali a prevalente quarzo, spesso mineralizzati a barite e fluorite, talora anche con solfuri metallici (Pb, Zn, Cu, Fe, etc). CARBONIFERO SUP. - PERMIANO
-  fb Filoni basaltici a serialità transizionale, di composizione basaltica olivinica e trachibasaltica, a struttura porfirica per fenocristalli di Pl, Ol, Cpx, tessitura intersertale-ofitica. CARBONIFERO SUP. - PERMIANO
-  fa Filoni acidi: aplopegmatiti indistinte. CARBONIFERO SUP. - PERMIANO
-  fp Porfidi granitici, di colore prevalentemente rosato e rossastro, a struttura da africa a porfirica per fenocristalli di Qtz, Fsp e Bt e tessitura isotropa; in giacitura prevalentemente filoniana, talvolta in ammassi. CARBONIFERO SUP. - PERMIANO
-  mg Filoni e ammassi di micrograniti. CARBONIFERO SUP. - PERMIANO
-  NOL UNITÀ INTRUSIVA DI NURAGHE OLA. Tonaliti e granodioriti tonalitiche, a grana media, equigranulari, ricche in enclaves basici microgranulari; tessitura marcatamente foliata. CARBONIFERO SUP. - PERMIANO
-  OSCe Facies Bultei (UNITÀ INTRUSIVA DI SOS CANALES). Leucograniti a due miche, a grana medio-fine, equigranulari, talora porfirici per fenocristalli subcentimetrici di Qtz globulare e Kfs. CARBONIFERO SUP. - PERMIANO
-  BME UNITÀ INTRUSIVA DI BORTA MELONE. Monzograniti a tendenza leucocrata, grigio-biancastri, equigranulari, a grana medio-fine, tessitura isotropa, con raro Grt. CARBONIFERO SUP. - PERMIANO

-  OBN1f Facies Cuccuru Nigheddu (Subunità intrusiva di Su Redentore - UNITÀ INTRUSIVA DI MONTE ORTOBENE). Micrograniti biotitici, bianco-giallastri, a grana da fine a microgranulare; tessitura da isotropa a porfirica per Kfs bianco-rosati centimetrici e Qtz globulare. CARBONIFERO SUP. - PERMIANO
-  OBN1c Facies Fàrcana (Subunità intrusiva di Su Redentore - UNITÀ INTRUSIVA DI MONTE ORTOBENE). Monzograniti biotitici, a grana medio-grossa, inequigranulari per Kfs bianco-rosati di taglia 4-6 cm; struttura porfirica con Qtz globulare e due generazioni di biotite; tessitura orientata per flusso magmatico. CARBONIFERO SUP. - PERMIANO
-  OBN1b Facies Caparedda (Subunità intrusiva di Su Redentore - UNITÀ INTRUSIVA DI MONTE ORTOBENE). Monzograniti biotitici, raramente anfibolici, a grana medio-grossa, inequigranulari per Kfs bianco-rosati di taglia 4-8 cm; tessitura orientata. CARBONIFERO SUP. - PERMIANO
-  BLA2b Facies Ponte S'Archimissa (Subunità intrusiva di Punta Biriai - UNITÀ INTRUSIVA DI MONTE SAN BASILIO). Monzograniti a due miche e cordierite, a grana medio-fine, inequigranulari, porfirici per Kfs biancastri di taglia centimetrica e subordinato Qtz globulare; tessitura localmente orientata per flusso magmatico. CARBONIFERO SUP. - PERMIANO
-  BLA1c Facies Monte Su Dòvaru (Subunità intrusiva di Monte Isalle - UNITÀ INTRUSIVA DI MONTE SAN BASILIO). Monzograniti a biotite, muscovite, cordierite e andalusite, a grana grossa, inequigranulari per aggregati pinitici pseudomorfi di cordierite in cristalli tabulari di taglia 2-3 cm e abbondanti K-feldspati biancastri di taglia 3-8 cm. CARBONIFERO SUP. - PERMIANO
-  BLA1b Facies Sa Mendula (Subunità intrusiva di Monte Isalle - UNITÀ INTRUSIVA DI MONTE SAN BASILIO). Granodioriti a biotite, muscovite, cordierite e andalusite, a grana medio-grossa moderatamente equigranulari, localmente inequigranulari per aggregati pinitici pseudomorfi su cordierite in cristalli tabulari fino a 3-4 cm e rari K-feldspati biancastri di taglia 3-5 cm. CARBONIFERO SUP. - PERMIANO
-  BTUb Facies Orune (UNITÀ INTRUSIVA DI BENETUTTI). Granodioriti monzogranitiche, biotitiche, a grana medio-grossa, inequigranulari per Kfs biancastri di taglia 8-10 cm; tessitura orientata per flusso magmatico. CARBONIFERO SUP. - PERMIANO
-  BTUa Facies Nule (UNITÀ INTRUSIVA DI BENETUTTI). Granodioriti tonalitiche, biotitiche, a grana medio-grossa, inequigranulari per fenocristalli di Kfs biancastri di taglia fino a 12 cm; tessitura orientata. CARBONIFERO SUP. - PERMIANO
-  ORGd Facies Ponte Gorinnaru (UNITÀ INTRUSIVA DI ORGOSOLO). Leucomonzograniti biotitici, giallastri, a grana da fine a microgranulare; tessitura isotropa, talora porfirica per Qtz globulare e Kfs centimetrici. CARBONIFERO SUP. - PERMIANO
-  ORGb Facies Monte Loco (UNITÀ INTRUSIVA DI ORGOSOLO). Granodioriti monzogranitiche grigie, a grana media, moderatamente equigranulari, localmente eterogranulari per raro Kfs bianco-rosato di taglia 1-3 cm; tessitura orientata. CARBONIFERO SUP. - PERMIANO
-  ORGa Facies Monte Nieddu (UNITÀ INTRUSIVA DI ORGOSOLO). Masse tonalitico-granodioritiche, a grana media, equigranulari, tessitura isotropa; dimensioni all'affioramento da metriche a ettometriche. CARBONIFERO SUP. - PERMIANO
-  NUO2 Subunità intrusiva di Monte Cucullio (UNITÀ INTRUSIVA DI NUORO). Granodioriti tonalitiche biotitico-anfibolice, grigio-scure, a grana medio-fine, equigranulari, localmente eterogranulari per individui centimetrici di Kfs; tessitura marcatamente orientata per flusso magmatico. CARBONIFERO SUP. - PERMIANO
-  NUO1 Subunità intrusiva di Ottana (UNITÀ INTRUSIVA DI NUORO). Tonaliti e granodioriti tonalitiche, anfibolico-biotitiche, grigio-scure, a grana media, moderatamente equigranulari; tessitura moderatamente orientata, talora foliata. CARBONIFERO SUP. - PERMIANO

BASAMENTO METAMORFICO PALEOZOICO

-  ma Marmi, marmi dolomitici, azoici. ?CAMBRIANO- ?CARBONIFERO
-  mc Micascisti e paragneiss indifferenziati. ?PRECAMBRIANO-?PALEOZOICO

TETTONICA

-  Faglia Certa
-  Faglia Diretta Certa
-  Faglia Diretta Presunta
-  Faglia Presunta
-  Faglia Trascorrente Sinistra Certa
-  Faglia Trascorrente Sinistra Presunta

Figura 7 – Legenda della Carta Geologica di base della Sardegna in Figura 6.

4.2 PRINCIPALI CARATTERI DELLE UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE INTERESSATE DAGLI INTERVENTI IN PROGETTO

Nelle pagine successive verranno descritte le caratteristiche litologiche e litotecniche per le unità litostratigrafiche coinvolte nella realizzazione dell'impianto "CE Nuoro Sud".

4.2.1 ASSETTO GEOLOGICO LOCALE

Le opere in progetto interferiscono con continuità con le litologie appartenenti al **complesso intrusivo tardo-paleozoico** e ai **depositi quaternari dell'area continentale**.

AEROGENERATORI E "CAVIDOTTO 36 kV"

Gli aerogeneratori "WT1÷9" e il "Cavidotto 36 kV" (con un'estensione lineare di circa 38,8 km), interferiscono principalmente con l'**Unità Intrusiva di Monte San Basilio**, con l'**Unità Intrusiva di Orgosolo**, con l'**Unità Intrusiva di Nuoro** (appartenenti al Complesso Granitoide Nuorese), con l'**Unità intrusiva di Benetutti** (appartenente al Complesso Granitoide Goceano-Bittese) e con i **depositi quaternari dell'area continentale**.

Gli aerogeneratori (da "WT4÷9") e il "Cavidotto 36 kV" (per circa 14,8 km) interferiscono principalmente con le granodioriti della Facies Sa Mèndula (**BLA_{1b}**), Subunità Intrusiva di Monte Isalle (del Carbonifero sup.-Permiano). La Facies Sa Mèndula è costituita da granodioriti a cordierite, biotite e muscovite, grigie, a grana da media a grossa, da equigranulari a inequigranulari per aggregati pinitici pseudomorfi su cordierite; lo spiccato carattere peralluminoso è evidenziato anche dalla presenza di andalusite, rara sillimanite fibrolitica e muscovite. Localmente il carattere eterogranulare acquista maggiore rilievo sia per la maggiore abbondanza di cordierite di taglia fino a 3-4 cm, sia per la comparsa di K-feldspato euedrale biancastro tabulare di taglia 3-5 cm. Dal punto di vista chimico si tratta di rocce peralluminose.

L'aerogeneratore "WT3" (in località S'Abba Pudia) e il "Cavidotto 36 kV" per circa 11,74 km (collocabili nel territorio comunale di Orani e Nuoro), interferiscono con le granodioriti monzogranitiche della Facies Monte Locòe (**ORG_b**), del Carbonifero sup.-Permiano. La Facies Monte Locòe rappresenta la litofacies più caratteristica e più diffusa arealmente (49 km²) di questa unità intrusiva. È costituita da granodioriti monzogranitiche grigie, biotitiche, a grana media, moderatamente equigranulari. Dal punto di vista composizionale si tratta di rocce metalluminose.

L'aerogeneratore "WT1" (collocato a est della Chiesa dello Spirito Santo) e il "Cavidotto 36 kV" (per un'estensione di circa 1 km) interferiscono con le granodioriti monzogranitiche della Facies Nule (**BTU_a**) del Carbonifero sup.-Permiano. La Facies Nule è rappresentata da granodioriti tonalitiche, biotitiche, a grana medio-grossa, inequigranulare per fenocristalli Kfs biancastri di taglia fino a 12 cm.

Gli aerogeneratori “**WT2**” (collocato in località Is Telenneru a est della SS 389var) e “**WT10**” (collocato nel versante orientale del Monte Gabutele, 669 m s.l.m.) interferiscono, insieme a circa 4,2 km di “**Cavidotto 36 kV**”, con la Subunità Intrusiva di Monte Cucullio (**NUO_{2a}**) del Carbonifero sup.-Permiano, costituita da granodioriti biotitiche, talora anfiboliche, da grigie a grigio scure, prevalentemente equigranulari, a grana medio-fine. Le facies inequigranulari a grana media, con fenocristalli euedrali di plagioclasio e raro K-feldspato di taglia centimetrica, sono del tutto sporadiche.

Il “**Cavidotto 36 kV**” interferisce per 1,9 km con le tonaliti e granodioriti tonalitiche, anfibolico-biotitiche, grigio-scure, a grana media, moderatamente equigranulari, con la tessitura moderatamente orientata, talora foliata della Subunità Intrusiva di Ottana (**NUO₁**) del Carbonifero sup-Permiano.

- **Nota:** Nel contesto geologico in studio, il substrato rappresentato dal complesso intrusivo tardo-paleozoico spesso presenta una coltre di alterazione più o meno sviluppata. Questa è il risultato della decomposizione della roccia granitoidale dovuta ai processi di idrolisi dei silicati, che porta alla trasformazione parziale di minerali come la biotite e i plagioclasii, e alla formazione di minerali argillosi secondari come la caolinite e gli idrossidi di ferro.

L’alterazione della roccia madre porta alla formazione di un ammasso di roccioso sostanzialmente semi-coerente che, se indisturbato, ha le caratteristiche litotecniche di una sabbia grossolana ben addensata, tenuta insieme dal mutuo incastro tra i grani di quarzo e minerali feldspatico-plagioclasici e femici non ancora completamente alterati ed un buon grado di coesione risultante dai legami prodotti dalla componente argillosa derivante dalla alterazione delle specie mineralogiche più deboli nei confronti dell’idrolisi.

In assenza di indagini specifiche, in questa fase, non è stato possibile valutare lo spessore delle coltri eluviali derivanti dall’alterazione del basamento paleozoico.

Nelle aree interessate dalle opere in progetto, il complesso intrusivo tardo paleozoico viene localmente ricoperto da sedimenti olocenici. I depositi collocati alla base dei versanti (**a**) sono in genere caotici, con clasti di rocce granitoidi, eterometrici e scarsamente elaborati, prodotti per crollo ed accumulati per gravità alla base dei versanti più ripidi. Di solito sono incoerenti (breccie) o parzialmente cementati, a volte in parte colonizzati da una vegetazione bassa.

Le coltri eluvio colluviali (**b₂**), presenti localmente ai piedi dei versanti e nelle vallecole a fondo piatto in aree di altopiano, sono costituite essenzialmente da sedimenti spesso monogenici, fini (sabbie e silt), incoerenti, talora anche grossolani con lenti di ghiaie angolose, più o meno pedogenizzati ed arricchiti della frazione organica.

I depositi alluvionali presenti nelle aree vallive in corrispondenza dei corsi d’acqua sono costituiti da sedimenti ghiaiosi quarzoso-sabbiosi (**b, b_a**), in prevalenza sciolti, a clasti poligenici, eterometrici, immersi in una matrice sabbioso-siltosa giallastra.

I clasti, costituiti da rocce granitoidi e filoniane, sono mediamente elaborati, e la granulometria varia da pochi centimetri al metro. L'attribuzione all'Olocene di questi depositi è dovuta alla presenza di un'elevata frazione organica ed alla diretta correlazione con la situazione morfologica del versante attuale.

Questa suggerisce che si tratta di sedimenti derivati dall'erosione del suolo durante l'Olocene, mescolati a sedimenti provenienti dalla degradazione meccanica delle rocce del substrato.

Data l'antropizzazione e le attività industriali che hanno caratterizzato e che caratterizzano le aree urbane e periurbane di Nuoro, Orgosolo e Orani è inevitabile che il substrato geologico sia localmente ricoperto dai depositi prodotti dall'attività antropica (h_{1r} , h_{1n} , h_a) derivanti soprattutto dall'accumulo di materiali di riporto e di inerti ai fini edilizi.

5 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROLOGICO

La morfologia e l'evoluzione delle forme del territorio in studio sono fortemente influenzate dall'assetto geologico-strutturale del basamento paleozoico, e in particolare, durante il Terziario e il Quaternario, dagli eventi geodinamici e climatici. Nell'Oligocene superiore, quando il blocco Sardo-Corso faceva parte della Placca Sud-Europea, la collisione nord-appenninica ha prodotto una tettonica a carattere essenzialmente trascorrente di tipo transtensivo e transpressivo, che ha favorito la formazione di bassi e alti strutturali che hanno contribuito a modellare l'ambito di paesaggio della Barbagia di Nuoro e della Barbagia di Ollolai.

Nel settore centrale del comune di Nuoro prevale un ambiente sub-pianeggiante, caratterizzato da pendii lievemente acclivi, con pendenze generalmente inferiori al 10%. Qui il processo dominante, considerato il substrato granitoide, è rappresentato dall'idrolisi dei silicati, che ha avuto modo di esplicarsi nella roccia granitoide fratturata del basamento.

Il settore su cui sono posizionati gli aerogeneratori (che ricade all'interno dei limiti comunali di Nuoro, Orani e Orgosolo) è caratterizzato da un ambiente montuoso-collinare, modellato sulle rocce del basamento e successivamente inciso dalle attuali valli, che seguono l'andamento delle principali linee di faglia. Tra i rilievi principali dell'area, tra cui Punta Marrone (624 metri sul livello del mare), Monte Gabutele (669 metri sul livello del mare), Brunco S'Elighe (519 metri sul livello del mare) e Punta Puppusa (739 metri sul livello del mare), l'opera stessa presenta una notevole differenza di altitudine. Questa escursione altimetrica va da un punto più alto di 713 metri sul livello del mare (quota dell'aerogeneratore "WT1") a un punto più basso del cavidotto, collocato a una quota di 340 metri sul livello del mare.

Il parco eolico è costituito da due elementi principali: gli aerogeneratori, identificati mediante le sigle "WT1÷10", e il "Cavidotto 36 kV"

L'aerogeneratore "WT1" è situato nei pressi della località denominata "Puppusa" nel territorio comunale di Orani, ad un'altitudine di 714 metri sul livello del mare, su un pendio lievemente inclinato (10%).

Gli aerogeneratori "WT2" e "WT5" sono entrambi posizionati nella località "Gioanne Canu" (Orani) a est della SS 389, a quote rispettivamente di 638 metri e 506 metri sul livello del mare. Entrambi saranno installati su versanti moderatamente acclivi, con un'inclinazione del 11% per "WT2" e del 16% per "WT5".

L'aerogeneratore "WT3" è situato a nord del Riu Sa Padde, nella località "S'abba Pudia" all'interno del territorio comunale di Orani, a un'altitudine di 642 metri sul livello del mare, su un versante che possiede un'inclinazione del 16%.

L'aerogeneratore "WT4" è posizionato nella zona di cresta che si estende tra il Riu Sa Pruna e il Riu Navile, precisamente nella località di "Pupuione". Questo lotto si trova a una distanza di circa 600 metri a est dalla

SS 389, ad un'altitudine di 506 metri sul livello del mare. La superficie su cui si colloca l'aerogeneratore possiede un'inclinazione del 14%.

L'aerogeneratore "WT6" è situato nelle vicinanze di "Funtana Morrocco" all'interno dei confini del comune di Nuoro, a un'altitudine di 533 metri sul livello del mare. L'opera è collocata su un versante caratterizzato da una moderata pendenza (14%).

L'aerogeneratore "WT7" è collocato sul versante settentrionale del rilievo chiamato "Brunco 'e S'Elighe" nel comune di Nuoro, a un'altitudine di 413 metri sul livello del mare. Questo versante è considerato moderatamente acclive, con un'inclinazione pari al 17%.

L'aerogeneratore "WT8" è ubicato nella località "Imbertia" all'interno dei limiti comunali di Nuoro, a una quota di 539 m s.l.m., su un versante caratterizzato da una moderata acclività (14%).

L'aerogeneratore "WT9" è situato nella zona di cresta della Punta Marrone, che rientra nel territorio comunale di Orgosolo, a un'altitudine di 590 metri sul livello del mare e una superficie che possiede un'inclinazione pari al 7%.

L'aerogeneratore "WT10" è posizionato tra la SS 389var e la SS 389ex sul versante orientale del Monte Gabutele, a un'altitudine di 561 metri sul livello del mare, su un terreno acclive, caratterizzato da un'inclinazione pari al 23%.

In riferimento all'analisi della carta delle acclività ottenuta attraverso l'elaborazione del modello digitale del terreno (DTM) si osserva che tutte le aree interessate dall'istallazione degli aerogeneratori sono classificate come terreni che vanno da lievemente acclivi ad acclivi, con pendenze comprese tra il 7% e il 23%.

L'andamento del reticolo idrografico principale è influenzato dai lineamenti strutturali attivi durante il Terziario. Il principale corso d'acqua, rappresentato dal Riu De Su Grumene, scorre lungo la faglia del Cedrino, con andamento da E verso W, per poi immettersi nel Fiume Cedrino.

L'andamento del reticolo idrografico principale è influenzato dai lineamenti strutturali attivi durante il Terziario. I principali corsi d'acqua sono rappresentati dal Riu Isalle e dal Riu De Su Grumene, che scorrono rispettivamente nella Faglia di Nùoro e nella Faglia del Cedrino, entrambi con andamento da E verso W, per poi immettersi entrambi nel Fiume Cedrino.

Nel basamento cristallino, dove le discontinuità tettoniche sono numerose, si sviluppa un reticolo idrografico minore caratterizzato da un modello da dendritico a angolato, controllato in maniera evidente dalla struttura del substrato. Questo reticolo è composto da un corso d'acqua principale che si biforca in brevi collettori secondari. I rami principali mostrano un certo grado di parallelismo tra loro, il che suggerisce un'influenza tettonica dovuta a un sistema di fratture più o meno parallele.

Le ampie valli in sinistra del Riu De Su Grumene, con versanti da moderatamente acclivi ad acclivi, sono caratterizzate da importanti dislivelli, con differenze di quota di circa 300 m tra fondivalle e zone sommitali, mentre in destra idraulica si rilevano differenze di quota decisamente inferiore.

Ad eccezione dei principali collettori, il reticolo idrografico dell'area assume un carattere torrentizio, il che significa che la sua portata è soggetta a variazioni stagionali in risposta alle precipitazioni.

Il “**Cavidotto 36 kV**” che si estende prevalentemente in parallelismo di tracciato rispetto alla Strada Statale 389var e 389ex, intercetta in diversi punti il reticolo idrografico. Secondo le valutazioni degli studi effettuati nel Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), alcune zone sono classificate come moderata pericolosità idraulica (**Hi₁**) e come molto elevata pericolosità idraulica (**Hi₄**).

Nelle seguenti località si verificano intersezioni tra il cavidotto e differenti corsi d’acqua classificati in ambito PAI:

- In località “Sa Corte” (Nuoro) il cavidotto intercetta il Riu S’Ena Su Lumu, ricadendo in un’area **Hi₄**;
- In località “Su Carru” (Nuoro) il cavidotto intercetta il Riu Su Saju in un’area classificata come **Hi₄**;
- Nei pressi di Cant.ra Su Grumene (Nuoro) il cavidotto intercetta il Riu Mazzanu. L’area è classificata **Hi₁**;
- In località “Monticheddu” (Nuoro e Orani) il cavidotto intercetta il Riu De Su Grumene (area **Hi₄**);
- In località “S’Aliderrargiu” (Orani) il cavidotto intercetta il Riu Sa Pruna (area **Hi₄**);
- Nei pressi di “Pod.e S.Francesco” il cavidotto intercetta il Riu Su Saju. L’area è classificata **Hi₄**.

Gli aerogeneratori, situati in aree prevalentemente di cresta, risultano esterni agli assi di drenaggio, non interferendo con il reticolo idrografico.

Nel territorio comunale di Orani gli aerogeneratori “**WT1**” e “**WT3**” sono ubicati in aree a pericolosità da frana moderata (classe **Hg₁**), mentre gli aerogeneratori “**WT2**”, “**WT4**” e “**WT5**” sono collocati in aree a pericolosità da frana media (classe **Hg₂**).

Nel territorio comunale di Nuoro gli aerogeneratori “**WT8**”, “**WT6**”, “**WT7**” e “**WT10**” interferiscono con aree a moderata pericolosità da frana (classe **Hg₁**).

L’aerogeneratore “**WT9**”, all’interno del territorio comunale di Orgosolo, è ubicato in un’area a moderata pericolosità da frana (classe **Hg₁**).

Il “**Cavidotto 36 kV**” interferisce principalmente con aree a moderata pericolosità (classe **Hg₁**) e con aree caratterizzate da una pericolosità geomorfologica media (classe **Hg₂**).

Sulla base delle valutazioni preliminari, allo stato attuale, non si riscontra la presenza di significativi processi morfogenetici attivi in grado di innescare fenomeni erosivi e/o di denudazione del suolo che possano interessare le opere in progetto, soprattutto nelle aree di installazione degli aerogeneratori. In

fase di progettazione esecutiva, particolare attenzione dovrà essere posta alla valutazione dei versanti a maggior acclività interessati dal passaggio del cavidotto e della viabilità nel caso quest'ultima necessiti di interventi di manutenzione straordinaria.

Si sottolinea a tal proposito la necessità di garantire condizioni di sicurezza durante l'apertura del cantiere assicurandosi che i lavori si svolgano senza creare neanche temporaneamente un significativo aumento di pericolosità.

5.1 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

La strutturazione tettonica influenza notevolmente anche la geometria degli acquiferi profondi (intesi come distinti da quelli più superficiali ospitati nelle formazioni quaternarie). La circolazione idrica profonda è infatti fortemente condizionata dalla presenza di discontinuità, maggiormente intense in prossimità delle faglie principali.

L'assetto idrogeologico dell'area in studio è caratterizzato da due componenti principali: un basamento lapideo, composto principalmente da rocce granitiche, e uno strato detritico superficiale di genesi alluvionale prodotto dall'alterazione del basamento paleozoico intrusivo.

Le rocce granitiche, a causa della loro struttura cristallina compatta e della giacitura massiva, tendono ad essere fondamentalmente impermeabili o a mostrare una bassa predisposizione all'infiltrazione delle acque, principalmente a causa della mancanza di porosità primaria all'interno della roccia. Tuttavia, nonostante questa limitazione, la circolazione delle acque sotterranee è resa possibile grazie alla presenza di una rete di fratturazioni che attraversano il basamento lapideo.

La circolazione idrica è più attiva nelle rocce granitiche fratturate, fino a circa 100 metri di profondità. Al di sotto di questa profondità, la pressione litostatica chiude le fratture, ostacolando e rallentando il movimento delle acque.

La circolazione delle acque sotterranee è particolarmente accentuata nelle zone caratterizzate dalla presenza di faglie e altre importanti discontinuità. Queste strutture offrono una connessione diretta tra la superficie e il sistema idrico sotterraneo, contribuendo in modo significativo alla formazione di riserve idriche sotterranee di notevole importanza.

Per quanto riguarda la permeabilità delle rocce granitiche, questa varia in funzione del grado di fratturazione e/o alterazione.

Per le rocce granitiche non fratturate o poco fratturate, il coefficiente di permeabilità K può essere nell'ordine di 10^{-12} a 10^{-10} m/s. Questi valori rappresentano una permeabilità molto bassa e indicano una capacità limitata di trasmissione dell'acqua attraverso la roccia.

In presenza di fratture o faglie significative, la permeabilità delle rocce granitiche può aumentare notevolmente. In tali casi, i valori di K possono variare nell'intervallo di 10^{-8} a 10^{-6} m/s o anche di più, a seconda della densità, della dimensione e della connettività delle fratture.

Le rocce granitiche alterate, ad esempio attraverso il processo di arenizzazione, possono avere una permeabilità più elevata rispetto alle rocce non alterate. In queste situazioni, i valori di K possono essere nell'ordine di 10^{-6} a 10^{-5} m/s o anche superiori. La permeabilità delle rocce granitiche alterate può variare in base al grado di alterazione e alla tessitura dei depositi risultanti.

In alcune aree, le rocce granitiche notevolmente alterate possono diventare acquiferi significativi, contribuendo in modo importante alla risorsa idrica sotterranea locale.

L'unità delle alluvioni quaternarie è rappresentata dall'insieme dei depositi olocenici costituiti in prevalenza da depositi alluvionali terrazzati (**bn**), da depositi di versante (**a**), da depositi eluvio colluviali (**b2**) e da depositi alluvionali (**b**) comprendendo anche il variegato insieme di depositi antropici (**h**).

Tali depositi, con uno spessore complessivo compreso tra **2÷4 m**, danno origine a conoidi che contribuiscono alla configurazione della rete di drenaggio superficiale.

La permeabilità, correlata alle variazioni di porosità, risulta complessivamente medio-bassa nei depositi con prevalenza di granulometrie fine, e medio-alta nei depositi a matrice più grossolana.

I depositi quaternari, a causa dei ridotti spessori che li caratterizzano, non favoriscono la formazione di falde freatiche. La circolazione idrica sotterranea si manifesta mediante un flusso superficiale generato da infiltrazioni in occasione di abbondanti precipitazioni e nelle aree in cui le condizioni sono favorevoli all'accumulo.

SEZIONE III

ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Al fine di ridurre gli effetti dell'azione sismica sulle costruzioni, il 20 marzo 2003 è stata promulgata l'ordinanza n. 3274 della Presidenza del Consiglio dei Ministri *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”*, con la quale sono stati approvati i *“Criteri per l'individuazione delle zone sismiche – individuazione, formazione ed aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone”* che riclassifica l'intero territorio nazionale in quattro zone a diversa pericolosità, eliminando le zone non classificate.

Con il D.G.R. 30 marzo 2004, n. 15/31 la Regione Autonoma della Sardegna ha recepito l'O.P.C.M. 3274 del 20.03.2003, confermando che tutto il territorio regionale ricade in **Zona Sismica IV**, (contraddistinta da un valore dell'accelerazione su suolo rigido di 0,05 g).

La più recente O.P.C.M. del 28.04.2006 n. 3519 *«Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone»*, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, per cui a ciascuna delle 4 zone sismiche viene attribuito un valore di pericolosità di base espressa in termini di accelerazione massima sul suolo rigido (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni.

Zona Sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)
1	$0,25 < a_g \leq 0,35$ g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25$ g
3	$0,05 < a_g \leq 0,15$ g
4	$a_g \leq 0,05$ g

Tabella 1 – Suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM 3519/06).

Tale valore di pericolosità di base non ha però influenza sulla progettazione. Infatti, se prima dell'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008, il valore di accelerazione (a_g) fornito dalla classificazione sismica era utilizzabile ai fini progettuali, dal 1 luglio 2009, per ogni costruzione si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi.

In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III delle NTC 2018) e sulle condizioni topografiche così come esplicitato dalla vigente normativa sulle costruzioni.

6.1 SISMICITÀ STORICA

La sismicità storica dell'area in esame è stata analizzata consultando i seguenti cataloghi redatti dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV):

- Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 (CPTI15): fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima ≥ 5 o magnitudo (M_w) $\geq 4,0$, di interesse per il territorio nazionale;
- DataBase Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15): fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti, relativo ai terremoti con intensità massima (i_{max}) ≥ 5 , di interesse per il territorio nazionale e per alcuni stati confinanti.

La finestra cronologica coperta dal catalogo CPTI15 e dal database DBMI15 va dall'anno 1000 d.C. circa a tutto il 2020 d.C., ed offre per ogni terremoto una stima il più possibile omogenea della localizzazione epicentrale (Latitudine, Longitudine), dei valori di Intensità massima ed epicentrale, della magnitudo momento e della magnitudo calcolata dalle onde superficiali.

Per la compilazione del **CPTI15** sono stati ritenuti di interesse solo i terremoti avvenuti in Italia e quelli che, pur essendo stati localizzati in aree limitrofe, potrebbero essere stati risentiti con intensità significativa all'interno dei confini dello stato. Il catalogo include i terremoti con intensità massima o epicentrale maggiore o uguale a 5, insieme a quelli con magnitudo strumentale equivalente a M_w 4,0 o superiore (Figura 8 A).

Negli ultimi decenni non sono stati pochi i terremoti di energia non esattamente trascurabile localizzati in Sardegna oppure a poche decine di chilometri dalle sue coste con epicentro in mare:

- 18 giugno 1970: terremoto di magnitudo M_w 4,8 localizzato nel Mare di Sardegna, alcune decine di chilometri a nord-ovest di Porto Torres, viene avvertito distintamente anche lungo le coste Liguri e in Costa Azzurra.;
- 28 agosto 1977: terremoto di magnitudo M_w 5,4 localizzato in mare, un centinaio di km a sud-ovest di Carloforte. Anche se la distanza è considerevole, la scossa viene avvertita in modo molto sensibile in tutta la Sardegna meridionale e provoca panico a Cagliari;
- 26 aprile 2000: due forti scosse, la maggiore di magnitudo M_w 4,8, localizzate nel Tirreno centrale, poche decine di km a est di Olbia sono avvertite in gran parte dell'isola suscitando spavento lungo la costa nord orientale, in particolare a Olbia e Posada.

Sono noti anche, tra i terremoti storicamente più antichi, quello del 4 giugno 1616 che determinò danneggiamenti vari a edifici della Cagliari di allora e ad alcune torri costiere attorno a Villasimius.

Altri terremoti degni di nota (oltre ai primi registrati dall'Istituto Nazionale di Geofisica negli anni 1838 e 1870 rispettivamente del VI e V grado della scala Mercalli) risalgono al 1948 (epicentro nel Canale di

Sardegna, verso la Tunisia, VI grado della scala Mercalli) e al 1960 (V grado della scala Mercalli, con epicentro i dintorni di Tempio Pausania).

Allora, i terremoti venivano registrati dall'Istituto Nazionale di Geofisica, e gli effetti venivano misurati soltanto con la scala Mercalli in quanto non esistevano strumentazioni per poter misurare la magnitudo.

Il database **DBMI15** archivia gli eventi sismici considerando i dati di intensità macrosismica. L'insieme di questi dati consente di elaborare la sismicità storica delle località italiane, ossia consente di definire un elenco degli effetti di avvertimento o di danno, espressi in termini di gradi di intensità, osservati nel corso del tempo a causa di eventi sismici.

In Figura 8B, è mostrata la distribuzione degli eventi sismici presenti nell'intero DBMI15, in particolare si nota come nell'area di interesse (cfr. cerchio rosso) siano presenti un esiguo numero di eventi sismici nell'intervallo di definizione del catalogo.

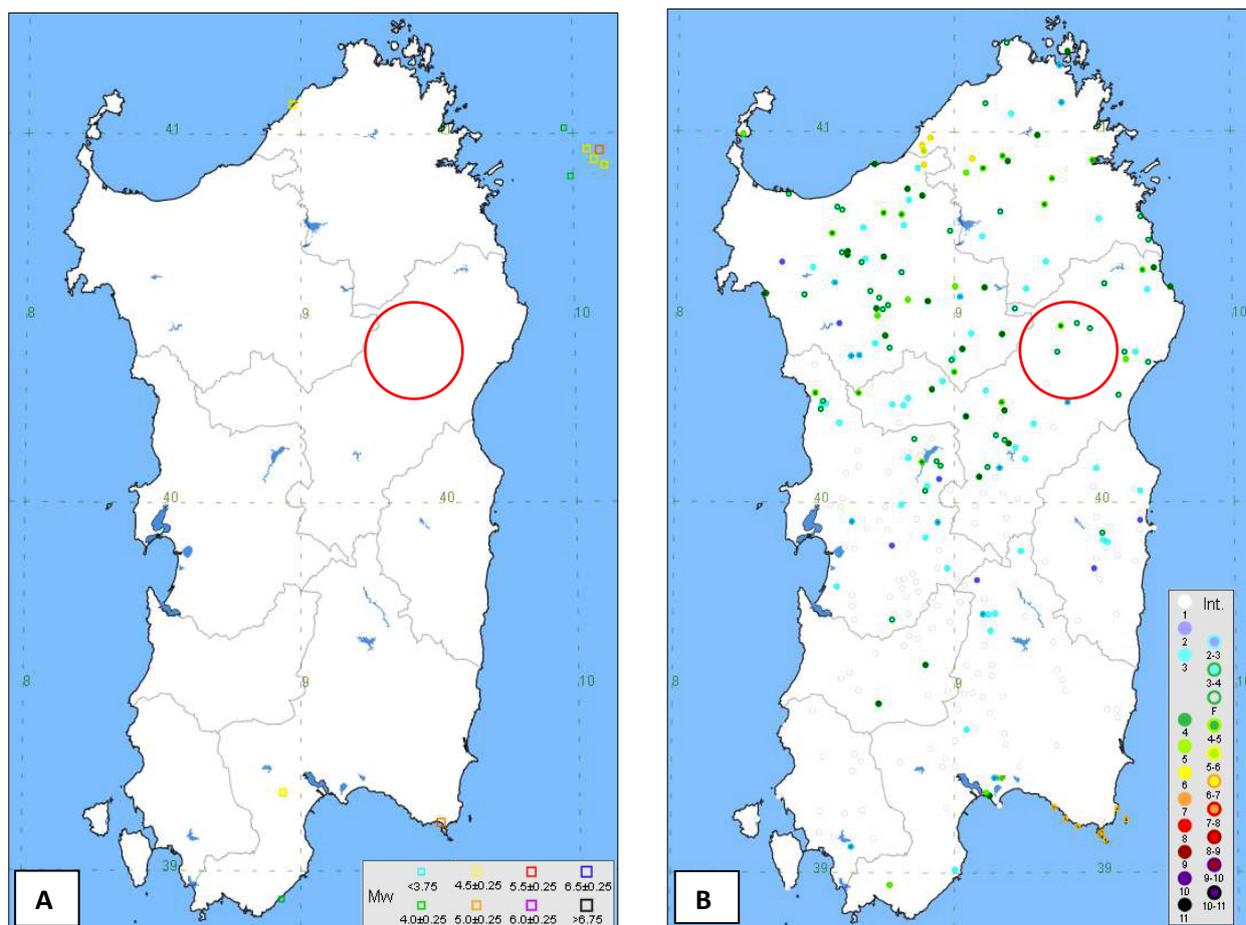


Figura 8 – Mappa delle localizzazioni dei terremoti storici presenti nel catalogo CPTI15 e DBMI15 relativi alla Regione Sardegna.

6.2 CARATTERIZZAZIONE SISMOGENICA

La caratterizzazione sismogenetica dell'area in studio è stata elaborata considerando la recente Zonazione Sismogenetica, denominata **ZS9**, prodotta dall'INGV. Questa zonazione è considerata, nella recente letteratura scientifica, il lavoro più completo e aggiornato a livello nazionale.

La ZS9 può essere utilizzata in congiunzione con il nuovo catalogo CPT12, e fornisce, inoltre, una stima della "profondità efficace", ovvero dell'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti in ogni zona sorgente, utilizzabile in combinazione con le relazioni di attenuazione determinate su base regionale, e fornisce, per ogni zona, un meccanismo di fagliazione prevalente.

La zonazione è costituita da 42 zone-sorgente, identificate da un numero che va da 901 a 936, che presentano limiti di colorazione nera e blu.

I limiti neri definiscono limiti il cui tracciamento dipende esclusivamente da informazioni tettoniche o geologico-strutturali, il colore blu definisce, invece, suddivisioni di zone con uno stesso stile deformativo, ma con differenti caratteristiche della sismicità, come la distribuzione spaziale degli eventi o la massima magnitudo rilasciata.

Dall'analisi dei risultati riportati nella ZS9 si evidenzia come la Sardegna non sia caratterizzata da

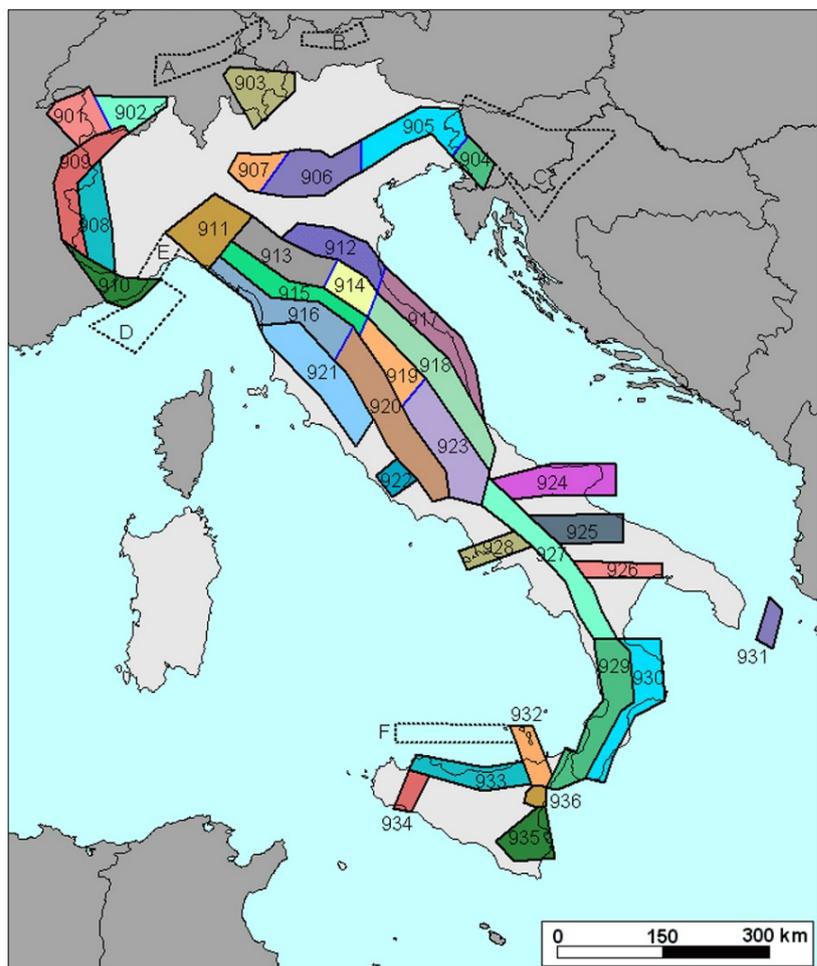


Figura 9 - Zonazione sismogenetica z9.

nessuna area sorgente di particolare rilievo. Studi più recenti per la valutazione della pericolosità sismica nazionale (Stucchi *et al.*, 2007) hanno prodotto risultati in accordo a quelli evidenziati dalla ZS9 in merito alla difficoltà di individuare per il territorio sardo una mappa delle sorgenti sismogenetiche a causa della bassa sismicità che caratterizza la regione.

6.3 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) già con il D.M. 14.01.2008, recentemente sostituito e integrato dal D.M. del 15.01.2018, introducevano il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita su un reticolo di riferimento e per diversi intervalli di riferimento (periodo di ritorno). Il reticolo di riferimento suddivide l'intero territorio italiano in maglie elementari di circa 10 km per 10 km, per un totale di 10.751 nodi, definiti in termini di coordinate geografiche (Tabella A1 delle NTC 2008).

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno (T_R) considerati dalla pericolosità sismica, sono forniti tre parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto:

- a_g = accelerazione orizzontale massima al sito attesa al *bedrock* con superficie topografica orizzontale (espressa in g/10);
- F_o = 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 (espresso in s).

Per i valori di a_g , F_o e T_C^* , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti.

Da un punto di vista normativo, pertanto, la pericolosità sismica di un sito dipende dalla posizione dell'opera rispetto ai nodi del reticolo di riferimento. Le accelerazioni orizzontali massime attese al *bedrock* (a_g) non sono più valutate genericamente sulla base dell'appartenenza del comune in cui realizzare l'opera ad una zona sismica, ma sono calcolate in funzione dell'effettiva posizione geografica del sito ove sarà realizzata l'opera. Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno (T_R) considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50-esimo percentile.

Per un qualunque punto del territorio, non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto (a_g , F_o , T_C^*) possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi i reciproci delle distanze tra il punto in questione e i quattro vertici.

Il dato di partenza per la definizione dell'azione sismica rimane sempre lo studio di pericolosità sismica italiana di base, i cui risultati sono stati prodotti e messi in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), riassunto nella mappa di pericolosità sismica denominata MPS04 (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>), approvata con Ordinanza n.3519 del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28 Aprile 2006, è diventata la mappa di riferimento prevista dall'Ordinanza n.3274 del 2003, All.1.

In tale cartografia i comuni di **Nuoro, Orgosolo e Orani** ricadono in una zona con accelerazione massima al suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi ($V_{s,30} > 800$ m/s; cat. A) compresa tra 0,025 e 0,050 g.

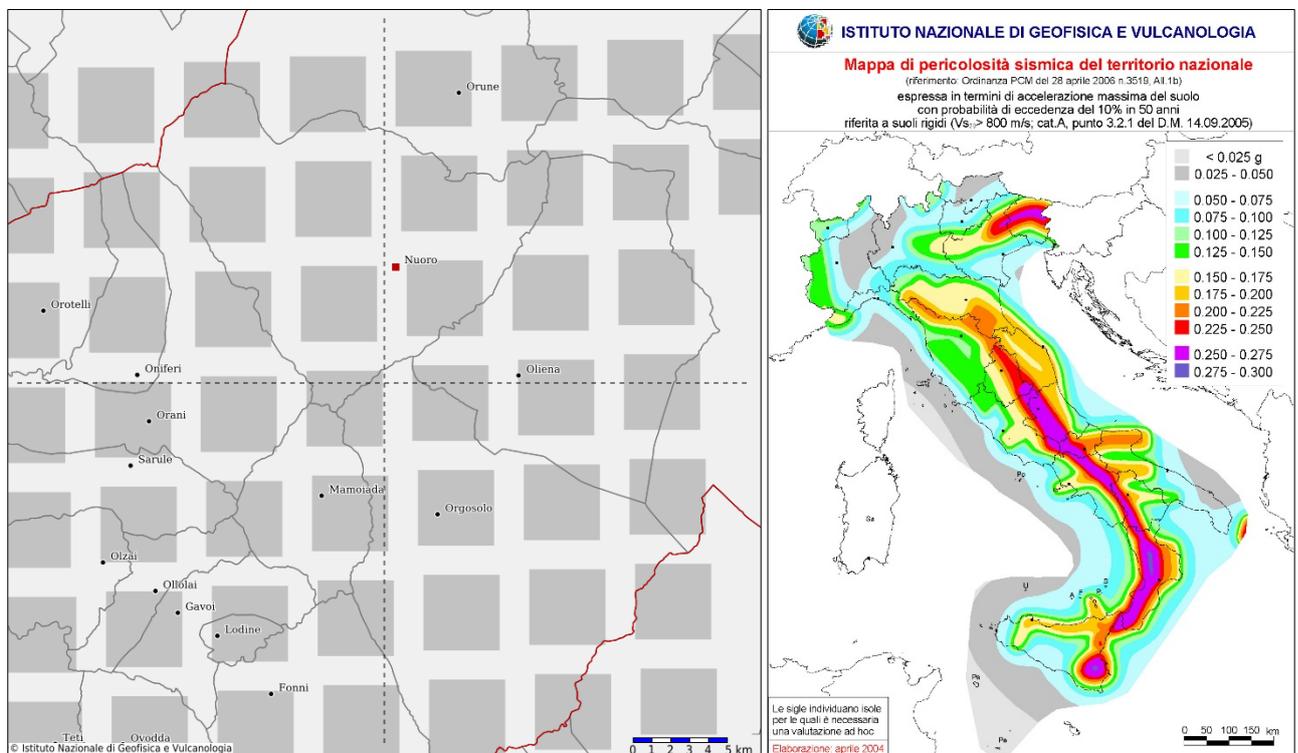


Figura 10 – A destra è riportata la mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale denominata MPS04-S1, mentre a sinistra si riporta il dettaglio della stessa mappa con la definizione del reticolo di riferimento per i comuni di Nuoro, Orgosolo e Orani.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, nel sito di riferimento il parametro che descrive il moto sismico superi un valore prefissato. Nelle NTC 2018, tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato “periodo di riferimento” V_R e la probabilità è denominata “probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento” P_{V_R} .

Di seguito verranno descritti e analizzati tutti i coefficienti che consentono la definizione dell'azione sismica di progetto.

6.4 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

L'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi; in alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tabella 2, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s ottenuti mediante specifiche indagini sismiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (espressa in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

h_i = spessore dell' i -esimo strato;

$V_{s,i}$ = 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/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 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. Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato (H) è riferita al piano di imposta delle stesse.

Per la definizione della categoria di sottosuolo del sito oggetto di intervento si è fatto riferimento alle risultanze dell'analisi geologica condotte per le opere in progetto, facendo altresì riferimento alla letteratura di settore e all'esperienza maturata in contesti geologici simili, che porta alla definizione di una categoria di sottosuolo locale di tipo:

CATEGORIA	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>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.</i>

Tabella 2 - Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

6.4.1 VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA

Il territorio coinvolto dal progetto è caratterizzato da una bassa attività sismica e dalla mancanza di strutture tettoniche attive, il che comporta una bassa probabilità di eventi sismici significativi. Questa situazione è ulteriormente favorita dalla uniformità litologica e morfologica dell'intera area di studio. Dall'analisi dei cataloghi sismici, è emerso che i pochi terremoti registrati si sono verificati a notevole distanza dalla Sardegna, soprattutto nelle acque a nord e sud dell'isola.

Le opere in progetto interessano principalmente terreni derivanti dall'alterazione del basamento paleozoico intrusivo, con una marginale influenza da coperture sedimentarie quaternarie.

Poiché non si dispone di riscontri sperimentali diretti, come ad esempio indagini in situ di tipo MASW, i terreni interessati dalle opere in progetto sono stati precauzionalmente categorizzati come sottosuolo di tipo B, ossia "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto compatti o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s."

Le caratteristiche litologiche e idrogeologiche di queste zone escludono la possibilità di fenomeni di liquefazione, e la mancanza di strutture tettoniche attive contribuisce in modo significativo a ridurre il rischio sismico complessivo.

SEZIONE IV

CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE

7 MODELLAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE

Sulla base del MODELLO GEOLOGICO presentato nella prima parte dell'elaborato, si propone di seguito il MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE. Non disponendo di indagini dirette la caratterizzazione litotecnica viene eseguita in via cautelativa, utilizzando dati provenienti dalla letteratura tecnica e informazioni derivanti da indagini pregresse condotte in contesti geologici analoghi.

7.1 PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

In riferimento a quanto emerso dalle osservazioni di superficie, il sedime di intervento è caratterizzato, dall'affioramento in superficie delle litologie granitoidi del basamento intrusivo paleozoico localmente ricoperto dalle coltri detritiche del quaternario antico e recente.

In riferimento al quadro geologico delineato, l'assetto litologico può essere con semplicità rappresentato dalle seguenti unità litotecniche:

UNITÀ A - SUOLI DETRITICI ELUVIO-COLLUVIALI

Si tratta di terreni derivanti dalla totale decomposizione delle rocce granitoidi che si accumulano lungo il versante trasportati dal ruscellamento diffuso o per gravità. Hanno uno spessore variabile, una tessitura da sabbiosa franca a franco sabbiosa, con diffuso scheletro clastico, costituito da ciottoli e blocchi da sub-angolari ad angolosi, buona permeabilità e colore arancio scuro o giallastro per pregressa ossidazione con arricchimento in ossidi e idrossidi di ferro.

Per tale unità vengono proposti i seguenti parametri geotecnici cautelativi:

PARAMETRO	UNITÀ DI MISURA	COEFFICIENTE
PESO DI VOLUME NATURALE (γ)	KN/m ³	17÷19
ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO (ϕ)	Gradi	25÷28
COESIONE DRENATA (C)	KN/m ²	2÷8

Tabella 3 – Riepilogo dei parametri geotecnici riferibili all'Unità A.

UNITÀ B - COLTRE DI ALTERAZIONE ELUVIALE

Trattasi di roccia granitoide e suoi differenziati basici in giacitura filoniana, da fortemente alterata a mediamente alterata, la cui originaria tessitura è ancora in gran parte riconoscibile e spesso contiene al suo interno nuclei a consistenza lapidea sebbene variamente fratturati. Nonostante l'alterazione spinta, la roccia mostra un notevole grado di addensamento anche se può essere frammentata facilmente pochi colpi di martello.

Il diverso grado di alterazione della compagine rocciosa conferisce a questa unità una importante disomogeneità litotecnica capace di condizionare la stabilità dei fronti di affioramento e l'aggregabilità da parte dei processi morfogenetici.

Questa unità si ritiene possa essere caratterizzabile dal punto di vista geotecnico attraverso i seguenti parametri cautelativi:

PARAMETRO	UNITÀ DI MISURA	COEFFICIENTE
PESO DI VOLUME NATURALE (γ)	KN/m ³	19÷21
ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO (ϕ)	Gradi	25÷35
COESIONE DRENATA (C)	KN/m ²	50÷150

Tabella 4 – Riepilogo dei parametri geotecnici riferibili all'Unità B.

UNITÀ C - ROCCIA GRANITOIDE INDIFFERENZIATA DA INTEGRA A POCO ARENIZZATA

Trattasi di roccia granitoidale e suoi differenziati acidi in giacitura filoniana, da sana a poco alterata per idrolisi, di aspetto e comportamento litoide, con modesti segni di disfacimento presenti lungo le principali discontinuità e con buone caratteristiche litotecniche e meccaniche.

Questa unità può essere caratterizzabile dal punto di vista geotecnico attraverso i seguenti parametri cautelativi:

PARAMETRO	UNITÀ DI MISURA	COEFFICIENTE
PESO DI VOLUME NATURALE (γ)	KN/m ³	23÷25
ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO (ϕ)	Gradi	38÷45
ROCK QUALITY DESIGNATION INDEX (RQD)	%	30

Tabella 5 – Riepilogo dei parametri geotecnici riferibili all'Unità C.

8 STIMA DELLA CAPACITÀ PORTANTE PRELIMINARE

Il carico limite del complesso fondazione-terreno, deve essere calcolato sulla base delle caratteristiche geotecniche del sottosuolo e delle caratteristiche geometriche della fondazione, nel calcolo devono essere considerate anche le eventuali modifiche che l'esecuzione dell'opera può apportare alle caratteristiche del terreno ed allo stato dei luoghi.

Per la verifica del carico limite ultimo dei terreni di fondazione sono stati applicati i metodi di calcolo proposti da **TERZAGHI** e da **ZIENKIEWICZ**, utilizzando il programma di calcolo automatico LOADCAP della Geostru Software.

8.1 PARAMETRI GEOMETRICI DELLA FONDAZIONE

Dall'analisi degli elaborati di progetto si evince che i carichi della struttura verranno trasmessi al terreno attraverso la seguente tipologia di fondazioni:

FATTORE	SIMBOLO	VALORE	U.M.
Tipo di fondazione		Plinto circolare isolato	
Profondità piano di posa	D	3,45	m
Diametro base fondazione	B	24,00	m
Diametro sommità fondazione	b	6,00	m
Altezza fondazione	Hi	3,45	m

Tabella 6 – Tabella riepilogativa dei parametri geometrici dell'opera.

8.2 CARICHI TRASMESSI AL TERRENO

I progettisti hanno fornito le seguenti indicazioni relativamente alle sollecitazioni trasmesse dalle strutture al terreno:

	SIMBOLO	VALORE	U.M.
Somma dei carichi verticali	N_{Totale}	57438,66	kN
Momento flettente agente	M_{yz}	151832,00	kNm
Eccentricità della risultante dei carichi verticali	e	2,64	m
D/6	D/6	4,00	m

Tabella 7 - Tabella riepilogativa dei carichi trasmessi dall'opera al terreno di fondazione.

8.3 VERIFICA DEL CARICO LIMITE (Q_{ULTIMA})

In Tabella 8 sono riportati i valori di Q_{ult} , ottenuti applicando le metodologie di calcolo proposte dai principali autori, considerando le seguenti opzioni di analisi:

Condizione drenata				
VERIFICA DEL CARICO LIMITE - IN CONDIZIONI STATICHE				
AUTORE	CARICO LIMITE	RESISTENZA DI PROGETTO	TENSIONE	FATTORE DI SICUREZZA
	$[Q_{ult}]$	$[R_d]$	$[E_d]$	$[FS=Q_{ult}/E_d]$
	(kN/m ²)	(kN/m ²)	(kN/m ²)	
TERZAGHI	6640,44	2887,15	238,85	27,8
ZIENKIEWICZ	4316,11	1876,57	238,85	18,07

Tabella 8 – Tabella riepilogativa dei risultati di calcolo.

In Tabella 8 vengono riportati i valori di Q_{ultima} , ottenuti applicando le metodologie di calcolo proposte dai principali autori. La condizione di sicurezza da verificare per la resistenza a compressione del terreno è la seguente:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

- **Ed** = valore di progetto dell'azione o dell'effetto delle azioni;
- **Rd** = valore di progetto della resistenza del terreno o della struttura.

Riferendoci al solo metodo di **ZIENKIEWICZ**, in condizioni statiche, in quanto rispetto agli altri metodi è risultato quello con valori di Q_{ultima} più bassi, si può concludere che:

$$Q_{ultima} = 4316,11 \text{ KN/m}^2 \quad E_d = 238,85 \text{ KN/m}^2 \quad R_d = 1876,57 \text{ KN/m}^2$$

$$238,85 \text{ KN/m}^2 \leq 1876,57 \text{ KN/m}^2$$

Fs 18,07 ≥ R3 – CONDIZIONE VERIFICATA

Fermo restando le indicazioni preliminari riportate in questo elaborato, si ricorda la necessità di verificare le stesse sulla base di indicazioni provenienti da una campagna geognostica puntuale realizzata appositamente per le opere in progetto.

9 CONCLUSIONI

La società AGREENPOWER S.R.L., con sede in Via Serra 44, 09038 Serramanna (SU), ha conferito alla società GEOLOGIKA S.R.L.S. con sede operativa in Via Michelangelo n. 17/C a Monastir, P.IVA 03612320923, l'incarico per la predisposizione della RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA e SISMICA a supporto del progetto denominato "PROGETTO DEFINITIVO DI UN IMPIANTO EOLICO COMPOSTO DA 10 AEROGENERATORI CON POTENZA COMPLESSIVA DI 66 MW. DENOMINATO "CE NUORO SUD", NEI COMUNI DI ORANI (NU), ORGOSOLO (NU) E NUORO (NU) E OPERE CONNESSE NEI COMUNI DI ORANI (NU), ORGOSOLO (NU) E NUORO (NU)".

Il presente elaborato descrive in maniera esaustiva il contesto geologico e geomorfologico in cui si inseriscono gli interventi in progetto, analizza le potenziali cause di dissesto in relazione agli interventi proposti e verifica, in funzione delle opere in progetto, il carico limite (Q_{ULT}) oltre cui si verifica una destabilizzazione e la conseguente rottura dei terreni di fondazione. L'elaborato inoltre descrive in maniera completa ed esaustiva i passaggi compiuti per la definizione dell'azione sismica locale (RLS) da considerare durante la progettazione.

L'analisi dei luoghi ha consentito pertanto di giungere alle seguenti conclusioni:

ANALISI GEOLOGICA: è stata condotta con riferimento alla Carta Geologica di base della Sardegna in scala 1:25.000, e alla Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000. L'area in cui si colloca l'opera in progetto, ubicata nei territori comunali di Orune e Nuoro, è caratterizzata dalla presenza di un substrato di roccia granitoida da sana a fortemente alterata ricoperto da terreni derivanti dalla totale decomposizione delle rocce granitoidi.

Sulla base di quanto emerso dalle osservazioni di superficie, sono state individuate e descritte 3 principali Unità litostratigrafiche suddivise in:

UNITÀ A - SUOLI DETRITICI ELUVIO-COLLUVIALI
UNITÀ B - COLTRE DI ALTERAZIONE ELUVIALE
UNITÀ C - ROCCIA GRANITOIDE INDIFFERENZIATA DA INTEGRA A POCO ARENIZZATA

ANALISI MORFOLOGICA E DEI DISSESTI: l'area oggetto di intervento si inserisce in un contesto geomorfologico sostanzialmente sub-pianeggiante, caratterizzato da pendii da lievemente acclivi ad acclivi, con pendenze comprese tra il 7% e il 23%. Sulla base delle valutazioni preliminari, allo stato attuale, non si riscontra la presenza di significativi processi morfogenetici attivi in grado di innescare fenomeni erosivi e/o di denudazione del suolo che possano interessare le opere in progetto, soprattutto nelle aree di installazione degli aerogeneratori. In fase di progettazione esecutiva, particolare attenzione dovrà essere posta alla valutazione dei versanti a maggior acclività interessati dal passaggio del cavidotto e della viabilità nel caso quest'ultima necessiti di interventi di manutenzione straordinaria.

Si sottolinea a tal proposito la necessità di garantire condizioni di sicurezza durante l'apertura del cantiere assicurandosi che i lavori si svolgano senza creare neanche temporaneamente un significativo aumento di pericolosità.

ASSETTO IDROGRAFICO: dal punto di vista idrografico il cavidotto "Cavidotto 36 kV" intercetta differenti corsi d'acqua interferendo con zone classificate in ambito PAI come aree a pericolosità idraulica moderata (**Hi₁**) e molto elevata (**Hi₄**).

VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA: il territorio coinvolto dal progetto è caratterizzato da una bassa attività sismica e dalla mancanza di strutture tettoniche attive, il che comporta una bassa probabilità di eventi sismici significativi. Poiché non sono disponibili riscontri sperimentali diretti, come ad esempio indagini in situ di tipo MASW, i terreni interessati dalle opere in progetto sono stati precauzionalmente categorizzati come sottosuolo di tipo B, ossia "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto compatti o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.". Le caratteristiche litologiche e idrogeologiche di queste zone escludono la possibilità di fenomeni di liquefazione nella maggior parte del percorso, e la mancanza di strutture tettoniche attive contribuisce in modo significativo a ridurre il rischio sismico complessivo.

CALCOLO PRELIMINARE DELLA CAPACITÀ PORTANTE: la capacità portante è stata verificata ipotizzando le fondazioni a diretto contatto con i terreni dell'**Unità C** che in base al quadro geologico e litotecnico delineato, risultano quelli più idonei ad assorbire le sollecitazioni trasmesse dell'opera in progetto al terreno.

La condizione di sicurezza da verificare per la resistenza a compressione del terreno è la seguente:

$$Ed \leq Rd$$

dove:

- **Ed** = valore di progetto dell'azione o dell'effetto delle azioni;
- **Rd** = valore di progetto della resistenza del terreno o della struttura.

Riferendoci al solo metodo di **ZIENKIEWICZ**, in condizioni statiche, in quanto rispetto agli altri metodi è risultato quello con valori di **Q_{ultima}** più bassi, si può concludere che:

$$Q_{ultima} = 4316,11 \text{ KN/m}^2$$

$$Ed = 238,85 \text{ KN/m}^2$$

$$Rd = 1876,57 \text{ KN/m}^2$$

$$238,85 \text{ KN/m}^2 \leq 1876,57 \text{ KN/m}^2$$

Fs 18,07 ≥ R3 – CONDIZIONE VERIFICATA

Fermo restando le indicazioni preliminari riportate in questo elaborato, si ricorda la necessità di verificare le stesse sulla base di indicazioni provenienti da una campagna geognostica puntuale realizzata appositamente per le opere in progetto.

IN CONCLUSIONE:

Dall'esame delle caratteristiche tecniche dell'intervento, e sulla base delle considerazioni contenute nel presente studio **non si ravvisano impedimenti alla realizzazione delle opere in progetto.**