

Marzo 2022

NURRI WIND SRL

IMPIANTO EOLICO "NURRI"

Comune di Nurri (SU)

**RICHIESTA DI AUTORIZZAZIONE
UNICA - D.Lgs. 387/2003
RELAZIONE GEOLOGICA**

Progettista

Ing. Laura Conti / Ordine Ing. Prov. Pavia n.1726

Coordinamento

Eleonora Lamanna

Riccardo Festante

Codice elaborato

2905_4787-NU_AU_R04_Rev0_Relazione geologica.docx

Montana



Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2905_4787-NU_AU_R04_Rev0_Relazione geologica.docx	03/2022	Prima emissione	G.d.L.	E.Lamanna	L.Conti

Gruppo di lavoro

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Laura Conti	Direttore Tecnico - Progettista	Ord. Ing. Prov. PV n. 1726
Eleonora Lamanna	Coordinamento Progettazione, Studio Ambientale, Studi Specialistici	
Riccardo Festante	Coordinamento Progettazione, Tecnico competente in acustica	ENTECA n. 3965
Carla Marcis	Ingegnere per l'Ambiente ed il Territorio, Tecnico competente in acustica	Ord. Ing. Prov. CA n. 6664 – Sez. A ENTECA n. 4200
Ali Basharзад	Progettazione civile e viabilità	Ord. Ing. Prov. PV n. 2301
Massimiliano Kovacs	Geologo - Progettazione Civile	Ord. Geologi Lombardia n. 1021
Massimo Busnelli	Geologo – Progettazione Civile	
Giuseppe Ferranti	Architetto – Progettazione Civile	Ord. Arch. Prov. Palermo – Sez. A Pianificatore Territoriale n. 6328
Fabio Lassini	Ingegnere Civile Ambientale – Progettazione Civile	Ord. Ing. Prov. MI n. A29719
Vincenzo Gionti	Ingegnere Civile Ambientale – Progettazione Civile	
Lia Buvoli	Biologa – Esperto GIS – Esperto Ambientale	
Lorenzo Griso	Esperto GIS - Esperto Ambientale Junior	
Sara Zucca	Architetto – Esperto GIS - Esperto Ambientale	
Andrea Mastio	Ingegnere per l'Ambiente e il Territorio - Esperto	

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90
Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma

C. F. e P. IVA 10414270156
Cap. Soc. 600.000,00 €
www.montanambiente.com





	Ambientale Junior	
Andrea Fronteddu	Ingegnere Elettrico – Progettazione Elettrica	Ord. Ing. Cagliari n. 8788 – Sez. A
Matthew Piscedda	Esperto in Discipline Elettriche	

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano

Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com





INDICE

1. PREMESSA.....	5
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	6
3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	8
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	9
5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	12
6. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO	13
7. INQUADRAMENTO SISMICO	14
8. INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	16
9. CONCLUSIONI.....	17



1. PREMESSA

Il presente elaborato costituisce la relazione geologico-geotecnica di accompagnamento per la procedura autorizzativa unica regionale (PAUR) relativa alla realizzazione di un nuovo impianto eolico da 30MW da installarsi su terreni ricadenti nel comune di Nurri in provincia di Cagliari.

Il documento analizza i seguenti elementi:

- Inquadramento territoriale
- descrizione delle caratteristiche di suolo e sottosuolo “Inquadramento geomorfologico e geologico”
- descrizione delle caratteristiche litologiche “Inquadramento geotecnico”
- descrizione delle caratteristiche degli acquiferi e della profondità della falda “Inquadramento idrogeologico”
- descrizione delle caratteristiche della rete idrica presente, e la valutazione dell’eventuale rischio idraulico “Inquadramento idraulico”
- descrizione delle caratteristiche sismiche locali “Inquadramento sismico”
- conclusioni sulla fattibilità dell’opera in progetto

Per gli aspetti di inquadramento territoriale, geologico ed idrogeologico generale, la fonte dei dati deriva dal Piano Urbanistico Comunale “PUC” vigente del Comune di Nurri, nonché dal geoportale cartografico della Regione Sardegna (<https://www.sardegnageoportale.it/>).

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Come si vince dalla Figura 1 l'area di progetto ricade nella parte sud del territorio comunale di Nurri. Dal punto di vista cartografico l'area ricade nel Foglio 540110 della carta tecnica regionale (CTR) alla scala 1:10.000.



Figura 1: Inquadramento territoriale

Nello specifico l'area di interesse si estende su di un altopiano posto ad una quota media di circa 480 m s.l.m., caratterizzato per la gran parte dell'estensione da vegetazione mediterranea bassa. Nelle figure seguenti si illustrano alcune immagini di foto effettuate durante il sopralluogo svoltosi il 04/11/2021 e il 05/11/2021.



Figura 2 paesaggio intorno al punto NR03



Figura 3 paesaggio intorno al punto NR05

Come illustrato nelle figure le aree in progetto sono situate in prossimità delle colline circondate da terreni coltivati e non, caratterizzati da piccoli arbusti ed in minima parte rari filari alberati (lungo i confini delle proprietà).



3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

La morfologia presente risente notevolmente della litologia del substrato roccioso. Il contesto morfologico è dominato dalle colline paleozoiche peneplanate, dai tavolati carbonatici triassici e giurassici, e dagli espandimenti lavici con evidente inversione di rilievo.

L'alto strutturale è costituito dall'altopiano di “Pranu Buraxedu” (511 m s.l.m.), a sud-ovest dell'area di interesse. I corsi d'acqua, a carattere torrentizio, scorrono in strette valli separate da strette creste rocciose o da selle sub pianeggianti, in funzione della natura del substrato, i principali sono il Rio Arroglasia e il Rio Musculas che si uniscono nel Rio Mulargia, al margine settentrionale dell'area di interesse. Sono pressoché assenti sui terreni giurassici e sulle colate basaltiche, fortemente permeabili per fratturazione.

Il reticolo idrografico è influenzato a nord dalla profonda valle del Fiume Flumendosa, con ruscelli generalmente rettilinei lungo i versanti della stessa, e a sud dal Rio Mulargia con andamento più dendritico.

Il settore oggetto della presente analisi costituisce l'area più meridionale del territorio comunale di Nurri, al confine territoriale col comune di Orroli.

Le forme sono quelle caratteristiche degli altopiani del Sarcidano, con altezza media di 550 m e rilievi intorno ai 650 m s.l.m. per lo più di origine vulcanica.

Il settore in cui verranno realizzate le opere è collocato su una serie di colline, ad un'altezza di circa 480 m s.l.m. Il substrato è costituito dal tavolato carbonatico triassico, costituito da dolomie stratificate in grandi bancate e calcari dolomitici, intensamente fratturati, affioranti al di sotto di una coltre costituita da terreno vegetale della potenza di circa un metro.

La circolazione nel sottosuolo è influenzata dalle litologie presenti nella zona.

L'area che dalla località “Cort'e su Fenu” arriva sino a “Campu Flumini” è costituita da depositi alluvionali e dalla Formazione di Ussana. Sono terreni altamente permeabili, nei quali è presente una notevole circolazione di acque sotterranee che alimentano le falde presenti all'interno del basamento paleozoico.

È da ritenere che le rocce scistose, altamente fratturate nel settore in esame e ricche di vene quarzose, presentino una buona permeabilità per fessurazione consentendo una discreta circolazione idrica al loro interno, alimentata sia dall'area a Nord, nella quale scorre il Rio Arroglasia, che dalle formazioni suddette.



4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il settore in esame è molto complesso dal punto di vista geologico – stratigrafico. Sono, infatti, presenti terreni ascrivibili a pressoché tutte le ere geologiche, inseriti in una situazione caratterizzata da una complessità geostrutturale che ha influenzato la morfologia del Sarcidano – Barbagia di Seulo. La stessa valle del Fiume Flumendosa è impostata sulle principali direttrici delle lineazioni tettoniche erciniche e alpine.

Paleozoico

Le rocce appartenenti al Paleozoico affiorano lungo tutta la valle del Flumendosa e nel settore occidentale dell'area indagata.

Si tratta di terreni di età compresa tra il Cambriano-Ordoviciano inferiore e il Siluriano-Devoniano raggruppabili nell'Unità di Meana Sardo.

I terreni più bassi appartenenti a tale Unità appartengono alla Formazione di Bruncu Sarterò: sono costituiti dai cosiddetti “porfiroidi”, di colore verde – grigioverde a grossi fenocristalli di quarzo e k-feldspato. Presentano i caratteri dei porfidi più o meno laminati e dei derivati metamorfici dei prodotti del loro rimaneggiamento. Sono attribuiti ad una attività vulcanica tardo orogenica di un ciclo pre-ercinico.

Seguono i terreni della Formazione di Solanas: si tratta di un complesso siltitico-arenaceo-argilloscistoso dal tipico colore verde – grigioverde, con numerose vene di quarzo. Arealmente assumono colorazioni diverse, dal rosso bruno al marrone e al nero, con spiccata scistosità, localmente filladici. Sono attraversati da sciami di porfidi attribuibili al ciclo magmatico ercinico.

Sopra questi e sopra il basamento poggiano in discordanza i terreni triassici e i terreni giurassici del “Tacco di Nurri”.

Triassico

I sedimenti triassici sono rappresentati da dolomie e dolomie marnose. Si ritrovano sopra i sedimenti permiani arrossati, oppure direttamente sopra il basamento. Si tratta di dolomie stratificate, leggermente marnose, suborizzontali con spessori estremamente variabili ma mai notevoli come i terreni giuresi, di colore variabile dal grigio giallino chiaro al grigio scuro.

Giurassico

Nell'area in esame i terreni giuresi costituiscono lembi della formazione dei “Tacchi”. La serie giurassica può essere così riassunta, dal basso verso l'alto:

- Conglomerato quarzoso;
- Argille refrattarie e non, di colore dal grigio al grigio scuro, al giallo; presenti livelli carboniosi con resti vegetali, lenti e livelli di arenarie e subordinati conglomerati monogenici quarzosi arrossati intercalati alle argille stesse;
- Dolomie stratificate;
- Dolomie e calcari dolomitici cristallini di colore grigio scuro;
- Calcari di colore chiaro.

La successione può essere osservata al margine del Tacco.

Queste formazioni sono state smembrate e ribassate da una serie di faglie aventi direzioni preferenziali N-S e NW-SE.

Oligocene

I terreni oligocenici sono rappresentati dalla Formazione di Ussana.

Si presenta come un conglomerato poligenico a clasti di scisti, porfido, calcari e dolomie giuresi, calcari eocenici a Nummuliti; con ciottoli fortemente eterometrici e matrice sabbioso – argillosa, localmente cementati. Il “Conglomerato di Villanovatulo” costituisce una facies di questa formazione.

Miocene

La successione miocenica è composta da arenarie, calcareniti fossili, marne arenacee, marne e calcari organogeni. Ha un’ampia estensione, giace in discordanza sulle formazioni precedenti e si presenta con giacitura suborizzontale. Localmente sono ricoperti dalle colate basaltiche plioceniche.

Pliocene

I terreni ascrivibili a questo periodo sono: colate basaltiche, che caratterizzano il Monte Pizziogu, sul quale sorge l’abitato di Nurri, l’altopiano di Pranu ‘e Muru, debolmente inclinate, e il Monte Guzzini.

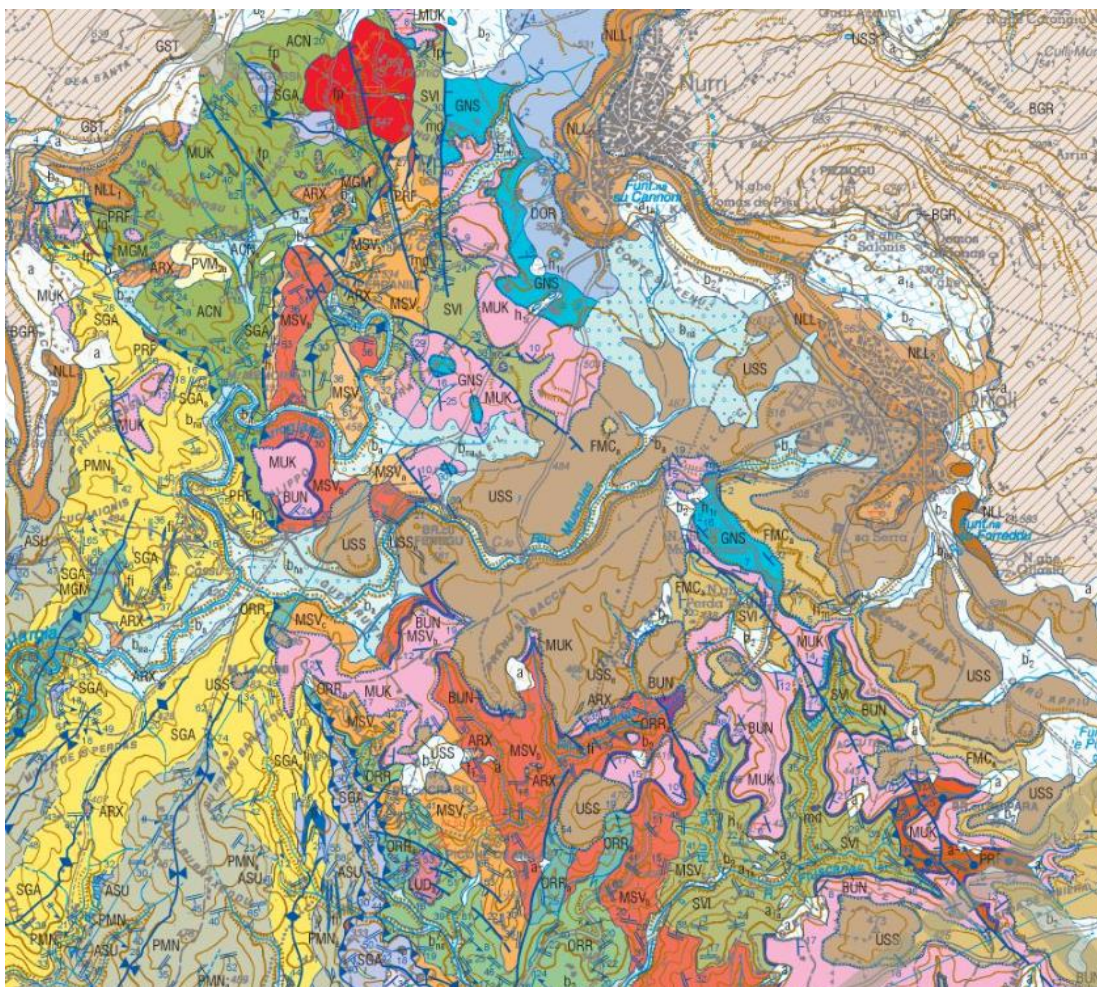
Le colate ricoprono in discordanza tutti i terreni più antichi, sia paleozoici, sia giuresi, sia miocenici, con potenza fortemente variabile.

Quaternario

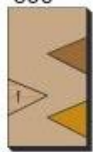
I sedimenti attribuibili al Quaternario sono costituiti da alluvioni, detriti di falda e dai suoli.

Le alluvioni pleistoceniche si ritrovano in aree pianeggianti, soggette ad esondazioni dei paleoalvei fluviali (loc. Corte su Fenu, Campu Flumini), e in anse abbandonate dal Fiume Flumendosa.

I detriti di versante si rinvencono soprattutto dove sono presenti cornici rocciose, come al bordo del Tacco e delle colate basaltiche.



USS



FORMAZIONE DI USSANA

Conglomerati e brecce, grossolani, eterometrici, a spese perlopiù del basamento cristallino paleozoico e di carbonati giurassici; livelli argilloso-arenacei rossastri talora prevalenti nella base (Bruncu Geroni, Nueddas) (USS), con intercalate rare vulcaniti oligoceniche (USS_e) e calcari con fauna limnicola (Taccu Corona) (USS_g). In prossimità del Tacco di Santa Maria, intercalati depositi travertinosi con abbondanti resti vegetali (USS_f).

OLIGOCENE SUP. - AQUITANIANO INF.

UNITÀ TETTONICA DI RIU GRUPPA

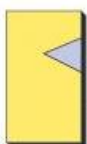
PMN



FORMAZIONE DI PALA MANNA

Alternanze di metasiltiti e metarenarie micacee, metaquarzoareniti (PMN); metaconglomerati e metabrecce a liditi (PMN_a); metaquarzoareniti grossolane di colore scuro (PMN_b).

CARBONIFERO ?INF.



SCIISTI A GRAPTOLITI AUCT.

Metapeliti carboniose e metasiltiti con livelli di diaspri neri (liditi) (SGA) e di metacalcari grigi (SGA_a).

SILURIANO – DEVONIANO MEDIO

Figura 4: stralcio carta geologica – Foglio 540 Mandas (progetto CARG 1: 50.000)



5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Le caratteristiche idrogeologiche del territorio sono molto variabili in rapporto alla variabilità delle caratteristiche litologiche o giaciture dei terreni presenti.

La circolazione idrica nel sottosuolo è caratterizzata dai principali acquiferi presenti nell'area, costituiti dalle rocce carbonatiche triassiche e dal Tacco giurese, e dalle colate basaltiche del Monte Pizziogù e del Monte Guzzini. Si tratta di rocce fortemente fratturate, dotate di una discreta permeabilità, dell'ordine di $k = 10^{-4}$ cm/sec o superiori, confermato dalla scarsità di deflussi idrici superficiali, poggianti su formazioni prevalentemente argillose che consentono un notevole accumulo idrico.

Questi acquiferi oltre a dare origine a numerose sorgenti e venute idriche, presenti al margine delle colate basaltiche e del Tacco carbonatico, alcune con carattere permanente ma le più a carattere stagionale, alimentano le falde idriche nelle sottostanti rocce scistose paleozoiche. Anche in questo caso la permeabilità è per fessurazione, più marcata nelle formazioni cristalline.

Il basamento scistoso paleozoico presenta una notevole variabilità nella circolazione idrica nel sottosuolo. Sono, infatti, presenti Unità a permeabilità da bassa nulla e Unità a permeabilità medio alta per porosità e/o fessurazione, con circolazione idrica ad elevata potenzialità. E' noto infatti che gli scisti argillosi del settore abbiano permeabilità primaria molto bassa, dell'ordine di $k = 10^{-7}$ cm/sec, ma che per fratturazione possono raggiungere valori di permeabilità media, dell'ordine di $k = 10^{-4}$ cm/sec o superiori, come nel caso delle rocce cristalline metamorfiche.

I terreni terziari sono caratterizzati da Unità a permeabilità medio alta per porosità e/o fessurazione, con circolazione idrica ad elevata potenzialità, come nel caso dei calcari eocenici e nei conglomerati, e da Unità a permeabilità da bassa a medio bassa per fessurazione, con circolazione idrica frazionata, di modesta estensione e potenzialità. La circolazione idrica nella serie sedimentaria miocenica risulta, infatti, fortemente limitata nei livelli calcarei, fratturati, ed arenacei. La potenza di questi termini è ridotta, inoltre l'esigua circolazione al loro interno risulta sovente tamponata sia verticalmente sia lateralmente da terreni impermeabili, costituiti da argille e marne. La potenzialità delle eventuali falde è notevolmente limitata, se non assente.

6. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

Lo studio idrologico-idraulico è rivolto all'individuazione e alla valutazione del regime idraulico tipico del corso d'acqua presente nella zona in esame anche in relazione ad interferenze esercitate da eventuali opere idrauliche presenti o in progetto, con particolare attenzione ai fenomeni di piena, con riferimento specifico alle *Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)*.

In riferimento alla suddetta Normativa P.A.I., sono stati svolti indagini e studi rivolti all'individuazione di zone soggette a dissesti in corso o probabili, nell'intorno della zona di nostro interesse e alla valutazione della stabilità globale dell'area.

A tal riguardo viene evidenziato il fatto che la zona oggetto di studio non ricade in nessuna delle aree a rischio.

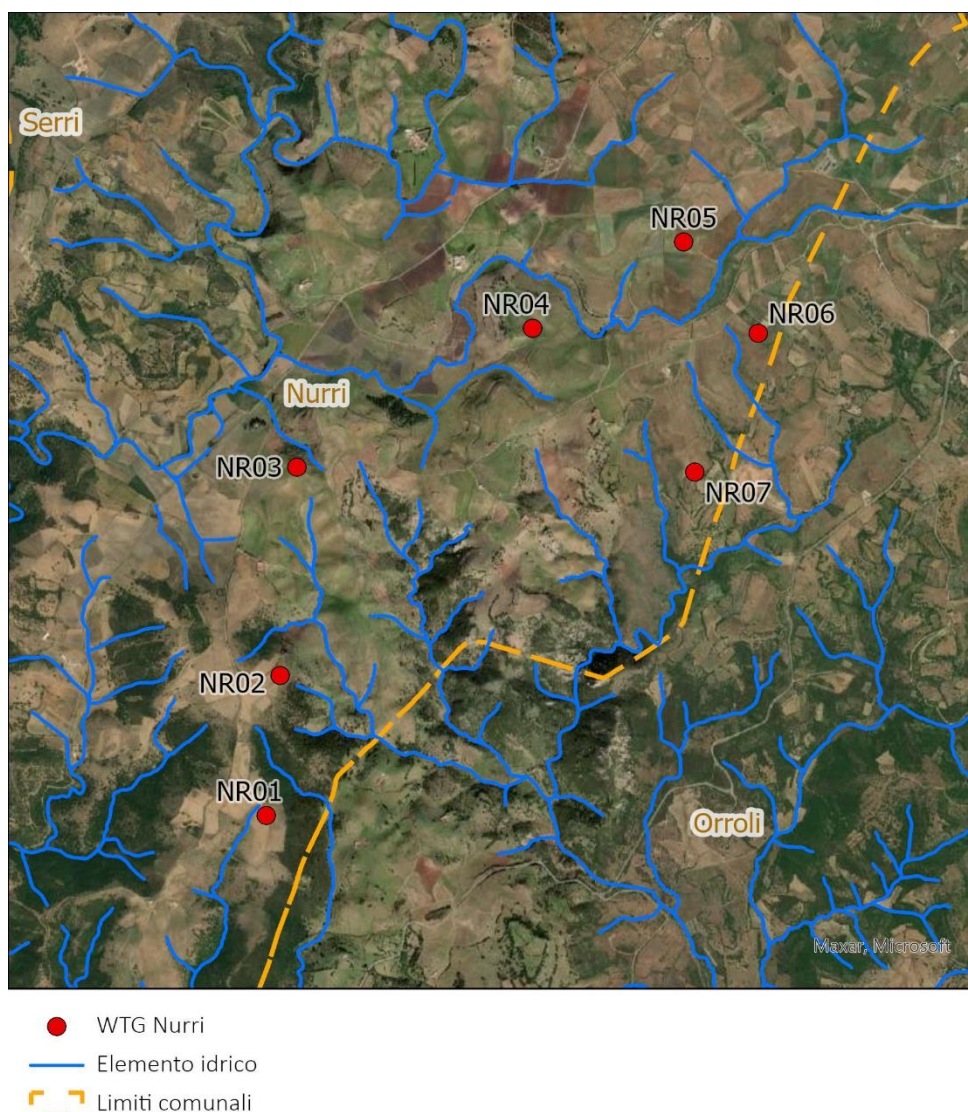


Figura 5: reticolo idrografico (tratto da geoportale della Sardegna <https://www.sardegnageoportale.it/>)

7. INQUADRAMENTO SISMICO

Con l'introduzione dell'O.P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 e s.m.e i. sono stati rivisti i criteri per l'individuazione delle zone sismiche. Inoltre, sono state definite le nuove norme tecniche per la progettazione di nuovi edifici, di nuovi ponti, per le opere di fondazione, per le strutture di sostegno, ecc.

Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo.

A tal fine è stata pubblicata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003.

Il provvedimento detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 - "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"), hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale.

<i>Zona 1 – È la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti</i>
<i>Zona 2 – Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti</i>
<i>Zona 3 – I comuni inseriti in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti</i>
<i>Zona 4 – È la zona meno pericolosa</i>

Di fatto, viene eliminato il territorio “non classificato”, che diviene zona 4, nel quale è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica. A ciascuna zona, inoltre, viene attribuito un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia (zona 1=0.35 g, zona 2=0.25 g, zona 3=0.15 g, zona 4=0.05 g).

Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

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

<i>Zona sismica</i>	<i>Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)</i>
1	<i>ag > 0.25</i>
2	<i>0.15 < ag ≤ 0.25</i>
3	<i>0.05 < ag ≤ 0.15</i>
4	<i>ag ≤ 0.05</i>

Il territorio del comune di Nurri come tutta la regione Sardegna ricade nella zona sismica 4, come indicato nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Sardegna n. 15/31 del 30.03.2004.

In particolare l'area in esame presenta un valore di ag compreso tra 0,025 e 0,050 g.

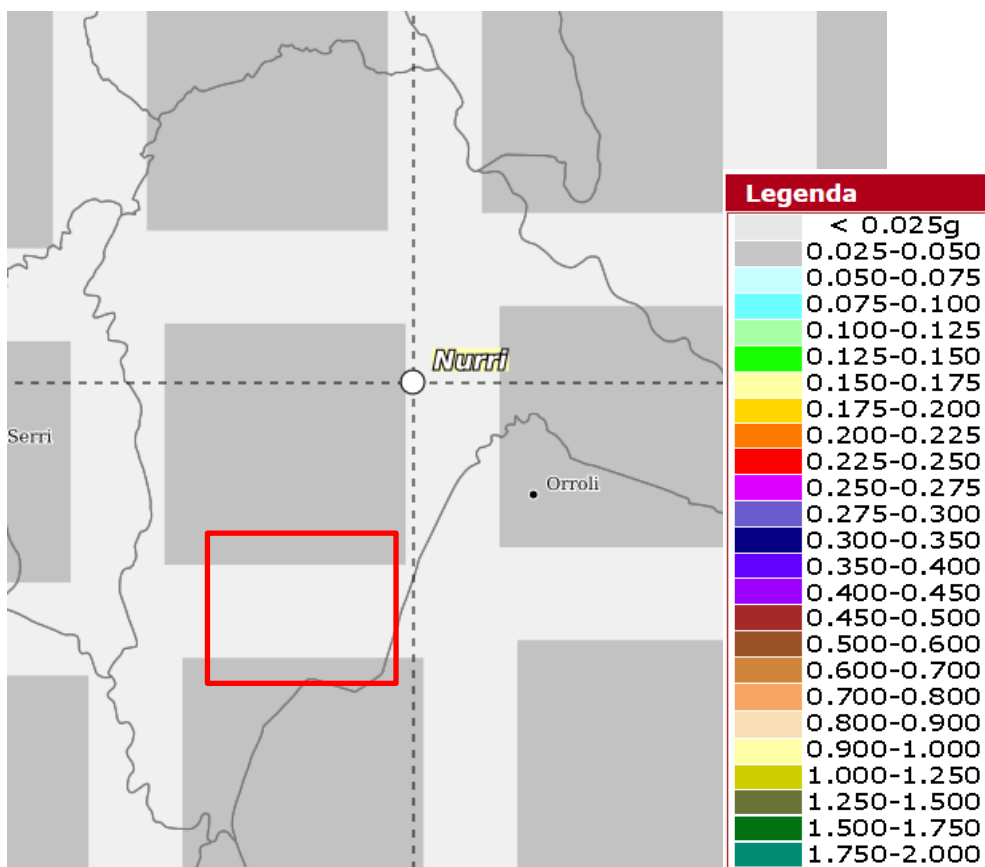


Figura 6: stralcio carta pericolosità sismica locale

8. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Come descritto nel capitolo precedente (cap. 4) l'area in esame è costituita dal tavolato carbonatico triassico, costituito da dolomie stratificate in grandi bancate e calcari dolomitici, intensamente fratturati, affioranti al di sotto di una coltre costituita da terreno vegetale della potenza di circa un metro.

Attualmente non si rilevano né sono noti dissesti, cedimenti o deformazioni anomale dei terreni che saranno oggetto per la realizzazione delle fondazioni.

Dal punto di vista idrogeologico si ritiene che le opere in progetto non possano in alcun caso interferire con le falde idriche presenti, in quanto il livello statico delle stesse si trova ad una profondità ben superiori. Si esclude, quindi, la presenza di una falda superficiale che possa interferire con gli scavi per realizzare il piano di posa delle fondazioni.

Per poter effettuare una valutazione sulle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione sarà necessario effettuare delle indagini dirette in sito, in una successiva fase ma ben prima della progettazione esecutiva delle opere.

Le strutture di fondazione saranno realizzate in linea di massima con una platea a sezione circolare del diametro di almeno 20 m ed altezza variabile da 1,0 m nella parte perimetrale a 2,5 m nella parte centrale a contatto con l'aerogeneratore. La platea sarà fondata su pali trivellati in opera del diametro di circa 1,00 - 1,20 m con profondità di infissione maggiore di 25 – 30 m.



9. CONCLUSIONI

A seguito dell'analisi del territorio si evincono le seguenti osservazioni.

Il lotto in esame è situato su un'area collinare alla quota variabile da 460 m a 480 m sul livello del mare.

La tipologia delle opere previste in progetto prevede la realizzazione di strutture in elevazione, le cui fondazioni con platea circolare poggiano direttamente sul terreno, previa la realizzazione di una serie di micropali profondi di sostegno.

Il terreno esistente in esame, è composto da dolomie stratificate in grandi bancate e calcari dolomitici. L'area, per la natura geologica e per l'assetto geomorfologico, esclude movimenti franosi che possano interferire con le stesse strutture. Si tratta per lo più, infatti, di rocce molto competenti, nelle quali l'avanzamento del versante avviene per erosione rettilinea dello stesso.

Dal punto di vista sismico il territorio del comune di Nurri come tutta la regione Sardegna ricade nella zona sismica 4, in particolare l'area in esame presenta un valore di a_g compreso tra 0,025 e 0,050 g, che significa un valore di rischio sismico molto basso, quasi nullo.

Conclusione

In conclusione si verifica la compatibilità dell'opera in progetto con le condizioni geomorfologiche, geologiche, idrogeologiche e sismiche presenti al contorno, sempre in considerazioni dei limiti delle indagini di dettaglio che saranno eseguite prima della realizzazione dell'impianto in fase di progettazione esecutiva, secondo le prescrizioni delle normative di riferimento.

Preliminarmente alla realizzazione, saranno eseguiti gli studi che, oltre ottemperare a quanto richiesto in merito dal D.M. 17 gennaio 2018, saranno finalizzati alla definizione della profondità, morfologia e consistenza del substrato, previa esecuzione di idonee indagini geognostiche (quali sondaggi e prove penetrometriche).

Le indagini geotecniche e sismiche di dettaglio consentiranno la definizione della locale situazione idrogeologica e dei parametri geomeccanici caratteristici, al fine della corretta installazione delle opere di progetto.