



REGIONE  
SARDEGNA



PROVINCIA  
DI NUORO



COMUNE DI  
ORUNE



COMUNE DI  
NUORO

## PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DA 46,8 MW NEL COMUNE DI ORUNE (NU) CON OPERE DI CONNESSIONE NEL COMUNE DI NUORO (NU)



Proponente



**LOTO RINNOVABILI S.R.L.**

Largo Augusto n.3  
20122 Milano  
pec:lotorinnovabili@legalmail.it

Progettazione



Viale Michelangelo, 71  
80129 Napoli  
TEL.081 579 7998  
mail: tecnico@inesrli.it

Amm. Francesco Di Maso  
Ing. Nicola Galdiero  
Ing. Pasquale Esposito

Collaboratori:  
Dott.Geol. L.Sanciu  
Dott. F. Mascia  
Dott. Archeol. M.Tatti  
Dott. M.Medda  
Arch. C. Gaudiero  
Ing. F.Quarto  
Ing. M.Ciano  
Studio Rinnovabili Srl  
Ing. R. D'Onofrio

Elaborato

Nome Elaborato:

### RELAZIONE GEOLOGICA E DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

00	Giugno 2023	PRIMA EMISSIONE	Geol. L.SANCIU	INSE Srl	Loto Rinnovabili s.r.l.
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione
Scala:	<b>1:-</b>				
Formato:	<b>A4</b>	Codice Pratica	<b>S289</b>	Codice Elaborato	<b>CS289-GE01-R</b>

## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO E RELATIVE PRESCRIZIONI.....</b>	<b>3</b>
<b>3. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E TERRITORIALE .....</b>	<b>4</b>
<b>4. DESCRIZIONE SINTETICA DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO .....</b>	<b>5</b>
<b>5. MODELLO GEOLOGICO .....</b>	<b>7</b>
5.1 Contesto geologico dell'area vasta .....	7
5.2 Aspetti tettonici.....	8
5.3 Assetto litostratigrafico locale .....	9
5.4 Assetto idrogeologico locale .....	14
5.5 Assetto morfologico ed idrografico .....	16
<b>6. PERICOLOSITÀ GEOLOGICA .....</b>	<b>17</b>
6.1 Pericolosità sismica.....	21
<b>7. MODELLO GEOTECNICO .....</b>	<b>24</b>
7.1 Stima della capacità portante dei terreni di fondazione e della stabilità dei fronti di scavo .....	26
7.2 Liquefazioni dei terreni .....	27
<b>8. CONCLUSIONI.....</b>	<b>29</b>

## 1. PREMESSA

La società Loto Rinnovabili Srl, è proponente di un progetto di produzione di energia rinnovabile da fonte eolica ubicato nel Comuni di Orune in provincia di Nuoro con annesso opere di connessione nel comune Nuoro.

L'ipotesi progettuale prevede l'installazione di n.9 aerogeneratori della potenza nominale di 5,2 MW per una potenza complessiva di impianto pari a 46,80 MW. Gli aerogeneratori saranno collegati tra loro attraverso cavidotti interrati a 30kV che collegheranno il parco eolico ad una cabina utente 30kV di smistamento e sezionamento e da questa alla stazione di condivisione e trasformazione 30/150 kV che sarà collegata a sua volta con la futura SE RTN di smistamento 150 kV di Nuoro (NU), che rappresenta il punto di connessione dell'impianto alla RTN.

A tal fine è stato incaricato dalla Società progettista INSE Srl lo scrivente, Geol. Luigi Sanciu (N°701 Ordine dei Geologi della Sardegna) per un'indagine geologica a carattere preliminare al fine di valutarne la fattibilità e orientare correttamente le scelte progettuali come richiesto dalla normativa vigente. Il presente studio, condotto in osservanza alla normativa vigente, si prefigge di:

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

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

Nella fase preliminare della progettazione, tenuto anche conto delle caratteristiche delle opere da realizzare, non sono state realizzate indagini dirette o indirette che saranno fondamentali nella fase successiva di progettazione per coadiuvare i progettisti incaricati del dimensionamento delle strutture di fondazione.

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO E RELATIVE PRESCRIZIONI

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

- **Circolare C.S. LL.PP. n. 7 del 21.01.2019** «Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamentodelle Norme tecniche per le Costruzioni» di cui al D.M. 17.01.2018»;
- **D.M. 17.01.2018** «Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni»;
- **Circolare C.S. LL.PP. n. 617 del 02.02.2009** «Istruzioni per l'applicazione delle nuove Normetecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008»;
- **D.M. 14.01.2008** «Norme Tecniche per le Costruzioni»;
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3316 del 02.10.2003** «Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri»;
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003** «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica»;
- **D.M. LL.PP. 16.01.1996** «Norme tecniche per la costruzione in zone sismiche»;
- **Circolare n. 218/24/3 del 09.01.1996** «Istruzioni applicative per la redazione della Relazione Geologica e della Relazione Geotecnica»;
- **D.M. LL.PP.11.03.1988** «Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione» e relativa **Circ. Min. LL.PP. n. 30483 del 24.09.1988**;
- **Legge n. 64 del 02.02.1974** «Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche», che prevede l'obbligatorietà dell'applicazione per tutte le opere, pubbliche e private, delle norme tecniche che saranno fissate con successivi decreti del Ministero per il Lavori Pubblici;
- **Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)** adottato dalla Giunta Regionale con D.G.R. n. 54/33 del 30.12.2004 e reso esecutivo con Decreto Assessoriale n. 3 del 21.02.2005 con pubblicazione nel BURAS n. 8 dell'11.03.2005 e relative **Norme di Attuazione del P.A.I.** (aggiornamento al Decreto del Presidente della R.A.S. n. 35 del febbraio 2018).

### 3. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E TERRITORIALE

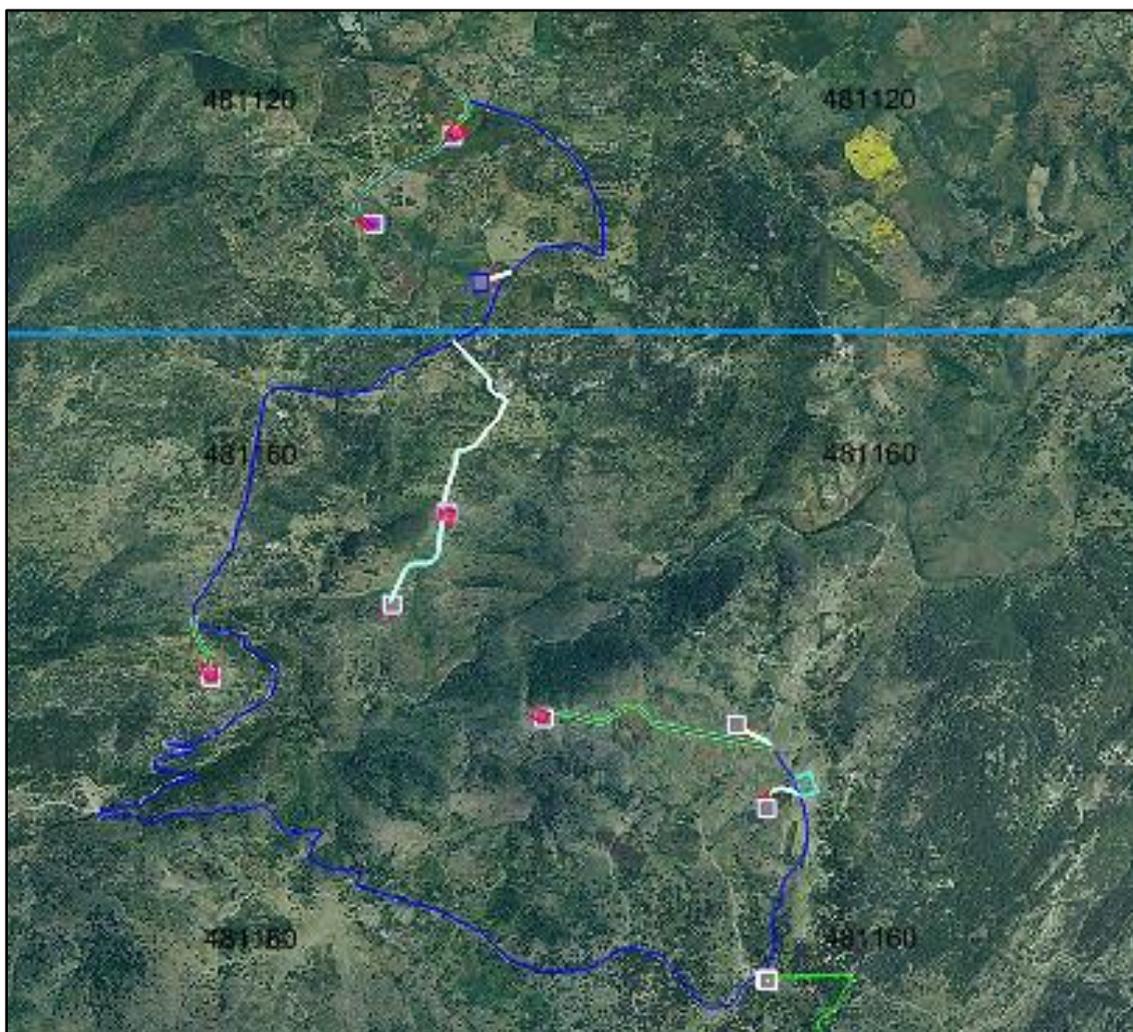
Il settore in studio è ubicato nella Sardegna nordorientale, tra i comuni di Orune e Nuoro, entrambi ricadenti nella provincia di Nuoro.

L'areale interessato dal parco eolico ricade a ovest dell'abitato di Orune e interessa un'area di circa 10 Km<sup>2</sup>. Le altre aree interessate si trovano alla periferia della zona industriale di Nuoro in località Prato Sardo. Qui da progetto sorgeranno le stazioni di smistamento e trasformazione Terna.

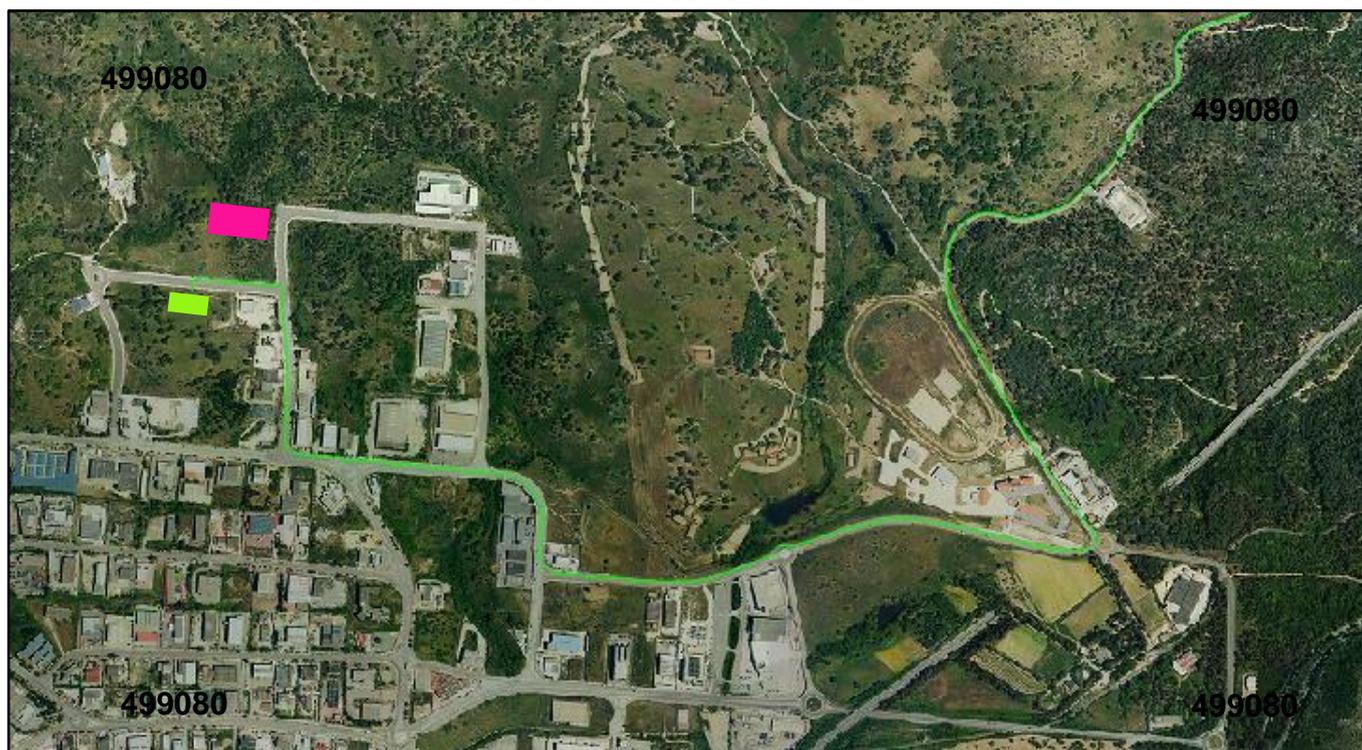
L'area impianto e l'area delle stazioni Terna, saranno collegate tramite cavidotto che seguirà quasi esclusivamente il tracciato della SS 389.

I principali riferimenti cartografici C.T.R (scala 1:10.000) sono i seguenti:

- Area parco eolico: 481120 – 481160 Comune di Orune (NU)
- Area Stazioni Terna: 499080 Comune di Nuoro (Località Prato Sardo)



*Figura 1 – Inquadramento cartografico CTR dell'area del parco eolico – Comune di Orune  
 I quadrati bianchi indicano le postazioni degli aerogeneratori  
 La linea verde rappresenta il tracciato del cavidotto MT*



*Figura 2 - Inquadramento cartografico C.T.R. - Area Stazioni Terna Z.I. Prato Sardo, Nuoro.  
Il rettangolo fucsia rappresenta la stazione di smistamento Terna;  
il rettangolo verde rappresenta la stazione di trasformazione*

#### **4. DESCRIZIONE SINTETICA DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO**

Un parco eolico è un'opera singolare, in quanto presenta sia le caratteristiche di installazione puntuale, sia quelle di un'infrastruttura di rete e la sua costruzione comporta una serie articolata di lavorazioni tra loro complementari, la cui esecuzione è possibile solo attraverso una perfetta organizzazione del cantiere. Nella tipologia di installazione puntuale rientrano la stazione elettrica e le postazioni degli aerogeneratori, questi ultimi ubicati in posizione ottimale rispetto alle direzioni prevalenti del vento e rispetto al punto di consegna. Le singole postazioni degli aerogeneratori e la stazione elettrica sono tra loro collegate dalla viabilità di servizio e dai cavi di segnalazione e potenza, generalmente interrati a bordo delle strade di servizio. La viabilità ed i collegamenti elettrici in cavo interrato sono opere infrastrutturali. Le infrastrutture e le opere civili si sintetizzano come segue: -Realizzazione della nuova viabilità interna al sito; -Realizzazione delle piazzole di stoccaggio e montaggio; -Esecuzione delle opere di fondazione degli aerogeneratori; -Esecuzione dei cavidotti interni alle aree di cantiere; -Trattamento delle acque meteoriche; -Produzione smaltimento rifiuti; -Terre e rocce da scavo; Le opere impiantistiche-infrastrutturali ed elettriche si sintetizzano come segue: a) Installazione e cablaggio aerogeneratori; b) Rete in cavo interrato a 30kV dal parco eolico ad una stazione utenza di raccolta e smistamento 30kV e da questa alla SE 30/150 kV; c) Stazione elettrica di condivisione e trasformazione

30/150 kV di Utenza; d) Futura Stazione elettrica RTN di smistamento 150kV-opera di Rete progettate da altro proponente; e) elettrodotto in cavo interrato a 150kV per il collegamento della stazione di condivisione e trasformazione utente 30/150kV alla futura SE Terna 150 kV nel Comune di Nuoro ;Le opere di cui ai punti a), b), c) e) costituiscono opere di utenza del proponente, mentre il punto d) costituisce opera di Rete nazionale la cui progettazione è stata affidata ad altro proponente di impianti FER.

### **Opere di fondazione**

Sinteticamente il sistema fondale di ogni aerogeneratore è di tipo diretto ed è costituito da un elemento monolitico. Nello specifico avente un'altezza massima di 3,50 mt e minima di 0,50 mt per un diametro esterno di 25 mt ed uno interno inferiore ai 6,00 mt. Il plinto è modellato come piastra nervata con blocco centrale che consentirà di completare il sistema fondale con l'annegamento nel plinto di conglomerato cementizio armato della virola, atta al collegamento e al trasferimento delle sollecitazioni della struttura in elevazione al sistema fondale. Nella presente relazione sono stati forniti valori puramente indicativi per il calcolo strutturale e dimensionamento delle opere di fondazione.

Si rimanda alla Relazione su calcoli preliminari delle strutture i dettagli e le metodologie di calcolo utilizzate dai Progettisti.

## 5. MODELLO GEOLOGICO

### 5.1 Contesto geologico dell'area vasta

L'area di intervento ricade all'interno del Complesso intrusivo granitoide del Paleozoico superiore, situato nella Sardegna nord occidentale.

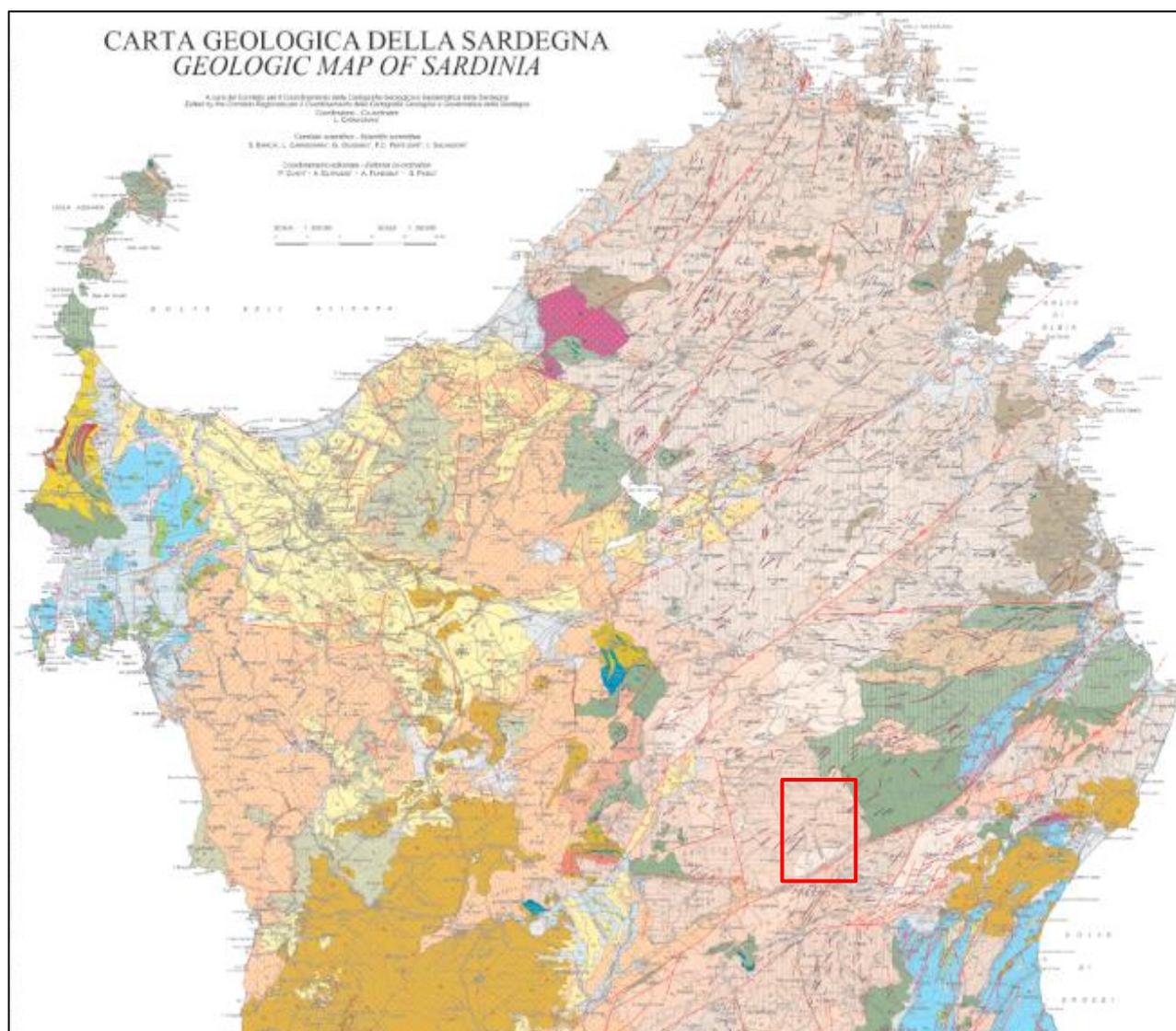


Figura 3 – Inquadramento generale dell'area oggetto di studio (rettangolo rosso) nella cartografia geologica regionale (Carmignani et al, 2001, 1:200000)

Verso nord è separato dal complesso-migmatitico ercinico in virtù cosiddetta “Linea Posada-Asinara” (zona di sutura *Auct.*) che conserva le tracce dell'antico oceano andato in subduzione che separava i

 <b>Loto Rinnovabili Srl</b> Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:lotorinnovabili@legalmail.it	<b>RELAZIONE GEOLOGICA</b>		Cod. CS289-GE01-R
	Data Giugno 2023	Rev. 00	

continenti di "Armorica" e di "Gondwana", e successivo impilamento crostale in diverse unità tettoniche nel Carbonifero medio.

Nell'area che ospiterà l'opera in progetto, le rocce granitoidi sono rappresentate dall' Unità Intrusiva di Benetutti "BTUb" (Facies Orune) rappresentata da granodioriti monzogranitiche, biotitiche, a grana medio- grossa, inequigranulari e tessitura orientata per flusso magmatico), e afferenti al Carbonifero Sup. – Permiano. Questa unità è accompagnata da un corredo di corpi filoniani a chimismo soprattutto acido connesso con il collasso della catena ercinica.

Si segnala che, l'insieme delle opere necessarie al funzionamento dell'impianto (quali il cavidotto MT, compresi gli areali per la sottostazione MT-AT, la cabina dismistamento e la relativa area di cantiere) non interesseranno altre unità litostratigrafiche del basamento, come evidenziato nella cartografia geologica generale allegata.

Le uniche coperture post-paleozoiche del settore di intervento, attualmente osservabili risultano afferenti al Quaternario recente e sono rappresentate dalla coltre detritica di genesi eluvio-colluviale "b2" che ricopre in modo discontinuo pendii e fondo valli ampi, i depositi alluvionali delle principali aste torrentizie ed i depositi di versante.

Sarà oggetto di verifica in fase di progettazione esecutiva la valutazione della reale interazione tra opere e coltre detritica eluvio-colluviale e alluvionale, decisamente sottostimata e scarsamente rappresentata nella cartografia ufficiale.

## 5.2 Aspetti tettonici

Escludendo gli effetti locali della blanda tettonica tardo mesozoica, ulteriori evidenze strutturali sono da riferire all'era Terziaria in quanto il settore di interesse viene coinvolto più o meno direttamente dalle vicende legate all'evoluzione geodinamica del Mediterraneo occidentale che hanno portato al distacco del blocco sardo-corso dal margine continentale sud-europeo ed alla sua rotazione in senso antiorario sino all'attuale posizione. Gli eventi di maggiore interesse, limitatamente all'Oligocene superiore–Miocene, hanno riguardato l'attivazione di un'importante tettonica trascorrente con diffuso vulcanismo calcoalcalino, la formazione di bacini e fosse tettoniche e la sedimentazione di ambiente marino in ampi settori dell'isola.

La Barbagia settentrionale, pur subendo un assestamento morfo-strutturale importante (il settore si trova compreso tra la Faglia di Posada, a carattere trascorrente destro, e la trascorrente sinistra del Cedrino/Nuoro rimanendo un alto strutturale) in virtù dell'attivazione di faglie ad orientamento variabile da N-S a NE-SW sino a E-W con rigetti soprattutto orizzontali, non verrà comunque coinvolto in episodi di nuova sedimentazione marina come del resto anche nel corso della fase tettonica estensionale tardo terziaria che porterà poi nel Pliocene alla formazione della fossa tettonica del Campidano e alla

effusione di magmi alcalini in diversi settori dell'isola.

A quest'ultimo evento è invece da mettere in relazione un ulteriore riassetto morfostrutturale e di ringiovanimento orografico dovuto a numerose faglie dirette orientate NNW-SSE che ribassano a gradinata tutta la successione mesozoica e terziaria verso SW predisponendo la nuova morfologia all'azione erosiva della nuova rete di drenaggio delle acque superficiali. Nel corso del Quaternario infatti il settore viene interessato esclusivamente dai fenomeni di rimodellamento indotti dalle variazioni del livello del mare dovute all'alternanza delle fasi glaciali e interglaciali del Pleistocene senza ulteriore strutturazione tettonica di rilievo.

### 5.3 Assetto litostratigrafico locale

L'assetto geologico e litostratigrafico del settore individuato per la realizzazione degli aerogeneratori (di maggiore rilevanza nei confronti del substrato geologico rispetto agli altri interventi) risulta piuttosto semplice in quanto si limita di fatto ad ampi settori monolitologici dai caratteri molto omogenei. Altrettanta uniformità complessiva si manifesta anche per i tracciati del cavidotto nonché per le aree destinate agli impianti a questi ultimi connessi. Relativamente ai siti di imposta degli aerogeneratori litologie, una delle quali di genesi magmatiche intrusive BTUb, rappresentano il substrato su cui poggia buona parte della locale viabilità e sul quale andranno realizzate sia le piste di servizio, sia gli scavi per i cavidotti sia le fondazioni delle opere di maggior rilievo.

Solamente due aerogeneratori OR02 e OR03 ricadono all'interno di coltri detritiche oloceniche (b2)

Accanto a diffusi affioramenti rocciosi sono infatti presenti anche depositi detritici di pendio e di fondovalle utilizzati per attività agricole, come risulta evidente dalle immagini satellitari mostrandoci ampie coltivazioni a seminativo e come riscontrato in fase di sopralluogo.

Di seguito viene descritta sinteticamente la stratigrafia del settore, a partire dalle unità litostratigrafiche più recenti con riferimento alla simbologia ufficiale della cartografia geologica:

**b2:** *Depositi eluvio-colluviali (Olocene).*

**BTUb:** *Unità Intrusiva di Benetutti (Facies Orune) - Granodioriti monzogranitiche, biotitiche, agrana medio-grossa, inequigranulari per Kfs biancastri di taglia 8-10 cm; tessitura orientata per flusso magmatico (Carbonifero superiore – Permiano).*

Per semplicità di raffigurazione, data l'ampia estensione dell'area, verranno trattate separatamente l'area ove sorgeranno gli aerogeneratori e l'area cavidotto-Stazione, ubicata alla periferia del centro abitato di Nuoro, più precisamente nella Zona Industriale "Prato Sardo".

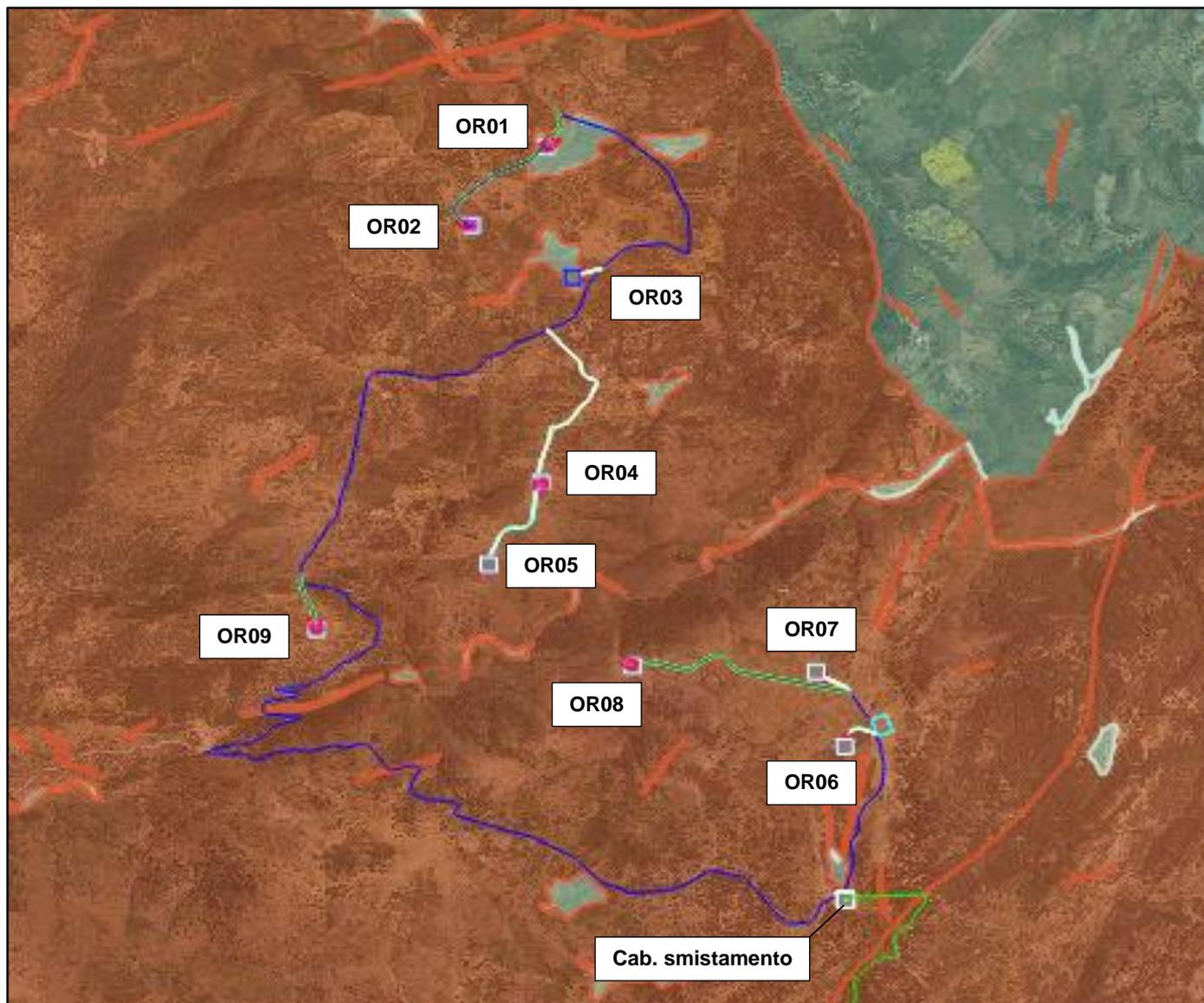


Figura 4 - Stralcio della carta geologica dell'area impianto aerogeneratori. (Fonte PPR)

Legenda	
	<p><i>Unità intrusiva di Benetutti – Facies di Orune (BTUb)</i>            Granodioriti monzogranitiche, biotitiche, agrana medio-grossa, inequigranulari per Kfs biancastri di taglia 8-10 cm; tessitura orientata per flusso magmatico (Carbonifero superiore – Permiano).</p>
	<p><i>Depositi eluvio-colluviali (b2)</i>            depositi costituiti da detriti grossolani immersi in matrice sabbioso-siltosa, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti e arricchiti in frazione organica. (Olocene).</p>



Figura 5 - Area destinata ad ospitare l'aerogeneratore OR07



Figura 6 - Sezione stradale che mostra l'andamento generale delle litologie affioranti nei pressi degli aerogeneratori OR07, OR06, OR08

In tutti i casi si tratta di rocce compatte cristalline (graniti e granodioriti - BTUb) con proprietà litotecniche per lo più elevate una volta superato lo spessore submetrico di alterazione superficiale, che verranno meglio definite in fase di progettazione definitiva mediante specifiche indagini. Dalla cartografia ufficiale e dal rilevamento di terreno si rinviene la presenza di una coltre eluvio-colluviale a granulometria sabbioso-limoso con talora abbondante scheletro clastico monogenico il cui spessore generalmente non supera i 0,50 – 0,60 cm. Si ritiene che il passaggio tra la coltre eluvio-colluviale ed il sottostante substrato roccioso non è sempre costante ma varia in profondità e tipo di alterazione della roccia sottostante (Fig. 6).



*Figura 7 – Area di posizionamento dell'aerogeneratore OR02*



*Figura 8 - Stralcio della carta geologica con evidenziato in verde il cavidotto*

L'assetto geologico descritto determina anche ottimali condizioni di stabilità gravitativa dei luoghi. In virtù delle modeste pendenze dei tratti di pendio coinvolti non si prevedono particolari problemi di stabilità in fase di realizzazione degli sbancamenti sia per la posa delle opere fondali sia per la realizzazione della nuova viabilità, se non quelli strettamente legati alle altezze dei fronti ed alle caratteristiche litotecniche locali dell'ammasso roccioso.

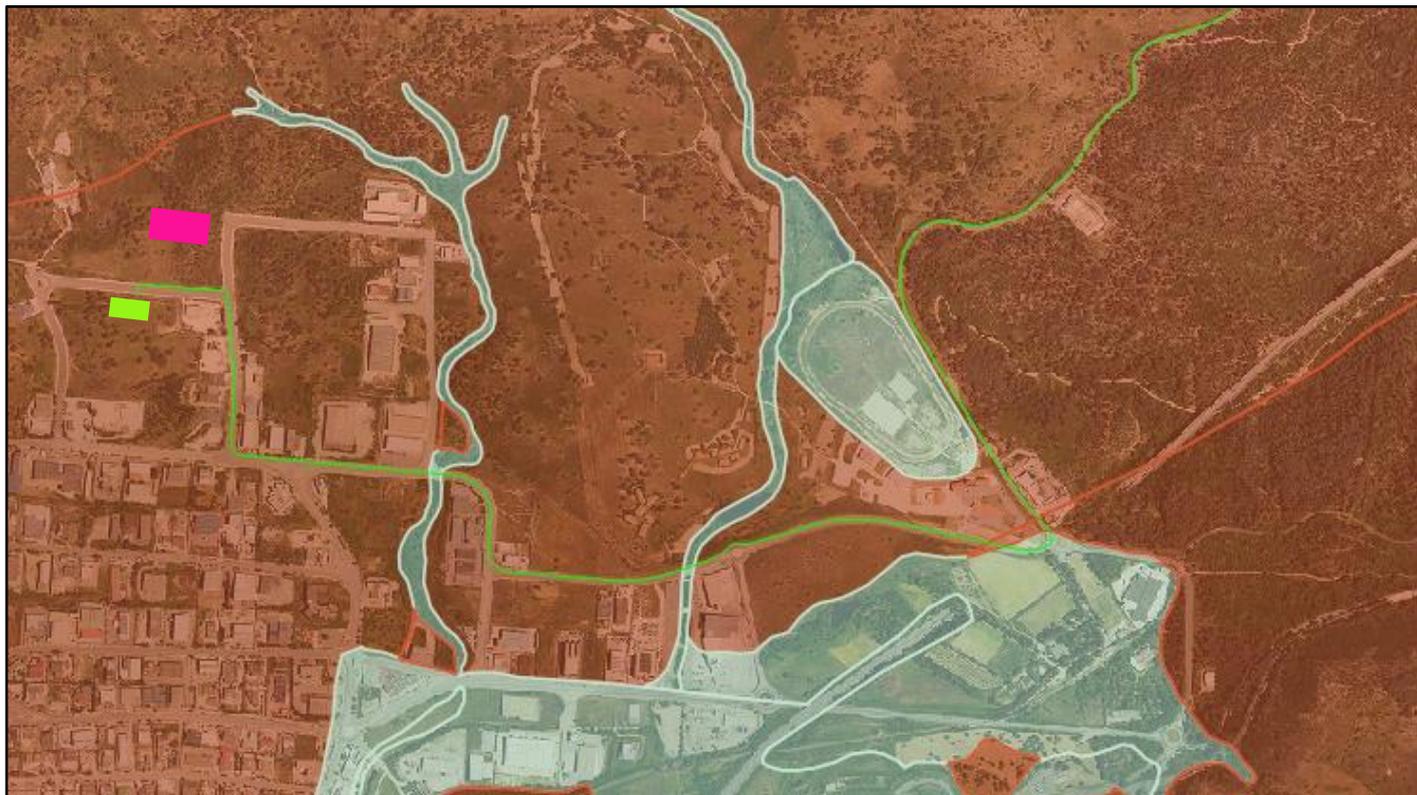


Figura 9 – Stralcio della carta geologica nell'area di collegamento tra cavidotto e stazioni

#### 5.4 Assetto idrogeologico locale

La prevalenza del substrato roccioso cristallino nel settore di intervento ne condiziona significativamente l'assetto idrogeologico in quanto la porosità del substrato litificato risulta essenzialmente di tipo secondario, dovuta cioè alla fratturazione ed alterazione per idrolisi nelle rocce granitoidi che produce coltri di arenizzazione più o meno spesse. In ogni caso si tratta di una permeabilità molto blanda e con tempi piuttosto lunghi per la ricarica di eventuali acquiferi sotterranei profondi.

Porosità decisamente maggiore caratterizza invece i depositi olocenici della copertura detritica (alluvio-colluvi ed eluvio-colluvi, detriti di versante) anche se i generalmente ridotti spessori non favoriscono la formazione di accumuli idrici sotterranei degni di nota e in ogni caso stagionali e a carattere freatico. È possibile pertanto individuare due unità idrogeologiche principali:

1. Depositi detritico-alluvionali incoerenti (b2)
2. Complesso litologico formato da rocce granitoidi del basamento cristallino intrusivo BTUb,

Dall'analisi effettuata su base cartografica e da letteratura, e limitatamente al settore nel quale è

prevista la messa in opera degli aerogeneratori, le sorgenti alimentate dall'unità idrogeologica metamorfico-cristallina sono risultate piuttosto numerose anche se nessuna di esse spicca per valori di portata importanti o per essere stata segnalata in modo specifico nella CTR.

Visti gli esili spessori e i caratteri di discontinuità della copertura detritica olocenica, si esclude anche la possibilità di formazione di accumuli idrici di tipo freatico degni di nota se non quelli strettamente legati alla infiltrazione delle acque zenitali in occasione di precipitazioni abbondanti e laddove le condizioni morfologiche consentono particolari presupposti favorevoli all'accumulo. Dalle informazioni ricavate e alla luce delle posizioni per lo più elevate o su pendio poco acclive degli aerogeneratori si può quindi escludere in linea di massima la presenza di una circolazione idrica sotterranea perlomeno alle profondità previste in progetto per la realizzazione delle opere fondali, ritenendo poco probabile che la realizzazione degli scavi e degli sbancamenti possa intercettare flussi idrici degni di nota interni all'ammasso roccioso. Non si esclude altresì la possibilità di una circolazione idrica più profonda, attestata a circa 50-60m di profondità in pozzi realizzati nel raggio di 10-20 Km dall'area impianto (dati disponibili sul sito del Servizio Geologico d'Italia – ISPRA). Falde effimere potrebbero formarsi a carattere stagionale entro l'ammasso roccioso granitoide, favorite dai fenomeni di arenizzazione più o meno spinti e da particolari condizioni del reticolo di discontinuità (es: intersezione tra fasce di fratturazione molto fitta o faglie estensionali). Le considerazioni generali suddette sono ampiamente estrapolabili anche ai contesti di intervento relativi al cavidotto MT ed alle opere strutturali e manufatti ad essi associate. Approfondimenti in merito sono previsti in fase progettuale esecutiva, al momento dell'attivazione della campagna di indagine geognostica.

## 5.5 Assetto morfologico ed idrografico

Particolare interesse merita l'interazione tra il reticolo di drenaggio e le opere lineari che per lo più risultano su dorsale morfologica. Tale reticolo infatti, a carattere torrentizio e stagionale e di tipo dendritico sebbene influenzato da elementi strutturali.

Per quanto riguarda il parco eolico con 9 aerogeneratori esso interessa una fascia di circa 5,00 km di lunghezza in direzione est-ovest e di circa 2,00 km di larghezza. avendo come asse longitudinale il tracciato della S.S 389 che si sviluppa trasversalmente al pendio in sinistra idraulica della vallata appartenente al bacino idrografico del *Fiume Tirso*. La linea spartiacque che delimita verso sud l'area di intervento, è rappresentata da rilievi collinari ben modellati in sommità che vedono in *Punta Gomoretta* la quota maggiore (857 m).

Il reticolo di drenaggio a carattere essenzialmente torrentizio, incide le proprie valli in modo quasi mai deciso, ad esclusione dei settori a maggior quota ove le pendenze risultano sufficienti per l'innesco di una attività morfodinamica degna di nota in un contesto nel quale l'attività antropica ha quasi totalmente alterato la naturale coltre vegetale arborea e arbustiva. La principale caratteristica del paesaggio risulta infatti la diffusa presenza di aree agricole utilizzate come seminativo e a pascolo associate ad altre nelle quali sono presenti i residui della originaria vegetazione a latifoglie (sughere prevalenti). Fatto salvo questo assetto al contorno, gli areali di intervento (siti di posa degli aerogeneratori e nuova viabilità di collegamento) risultano posizionati sempre nella parte più elevata rispetto alle testate delle vallecole secondarie o in posizione marginale rispetto agli assi di drenaggio, tale da non generare alcuna interferenza con la rete di scorrimento superficiale delle acque ruscellanti.



*Figura 10 – Località Prato Sardo, morfologie granitiche affioranti nei pressi dell'area Stazione Terna*

## 6. PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

### 6.1 Pericolosità idraulica

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

- indirizzi, azioni settoriali, norme tecniche e prescrizioni generali per la prevenzione dei pericoli e dei rischi idrogeologici nel bacino idrografico unico regionale e nelle aree di pericolosità idrogeologica;
- disciplina le aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e moderata (Hi1) perimetrate nei territori dei Comuni indicati nell'Allegato A del PAI;
- disciplina le aree di pericolosità da frana molto elevata (Hg4), elevata (Hg3), media (Hg2) e moderata (Hg1) perimetrate nei territori dei Comuni indicati nell'Allegato B del PAI.

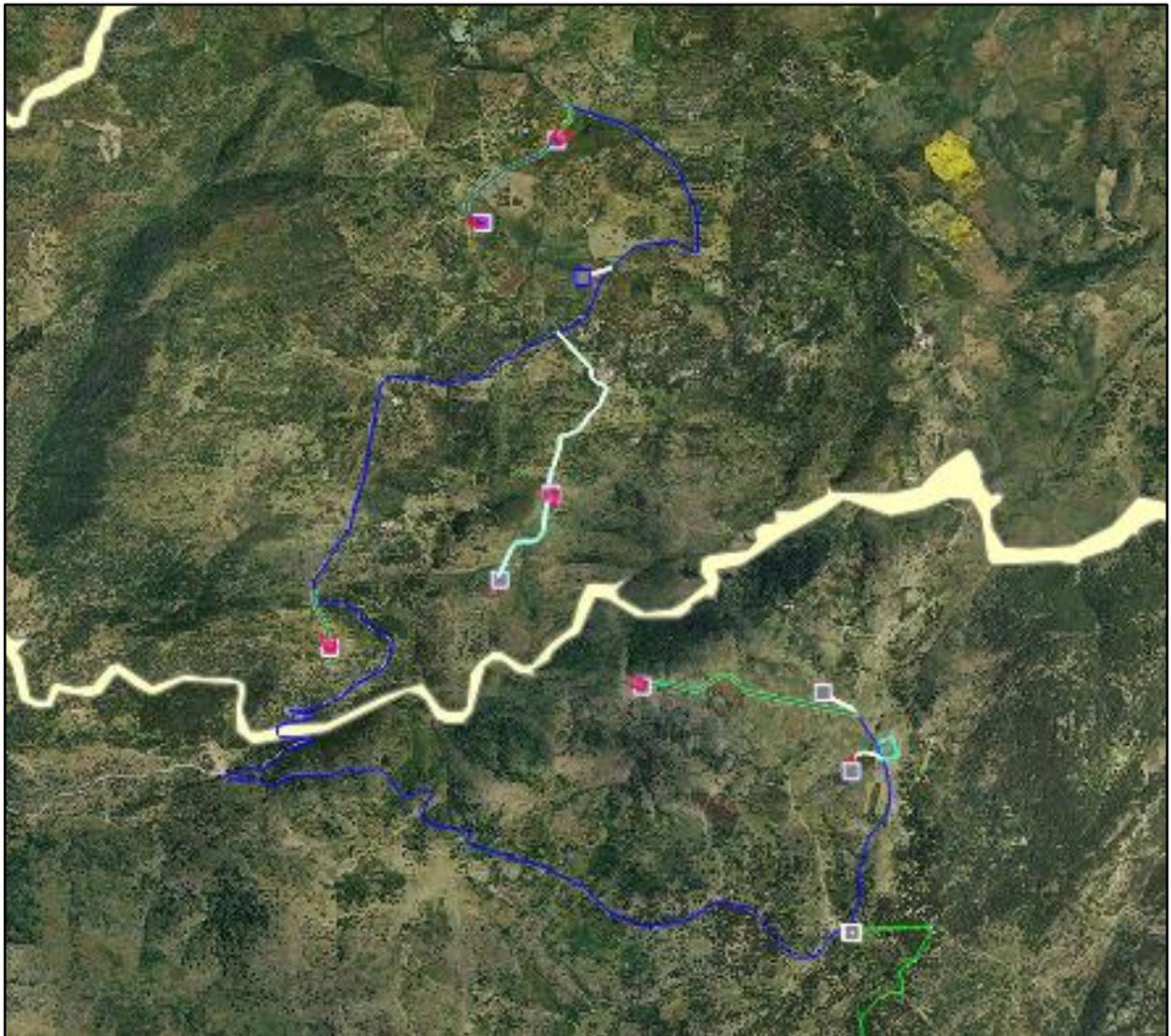
### Interazione con il piano stralcio fasce fluviali

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

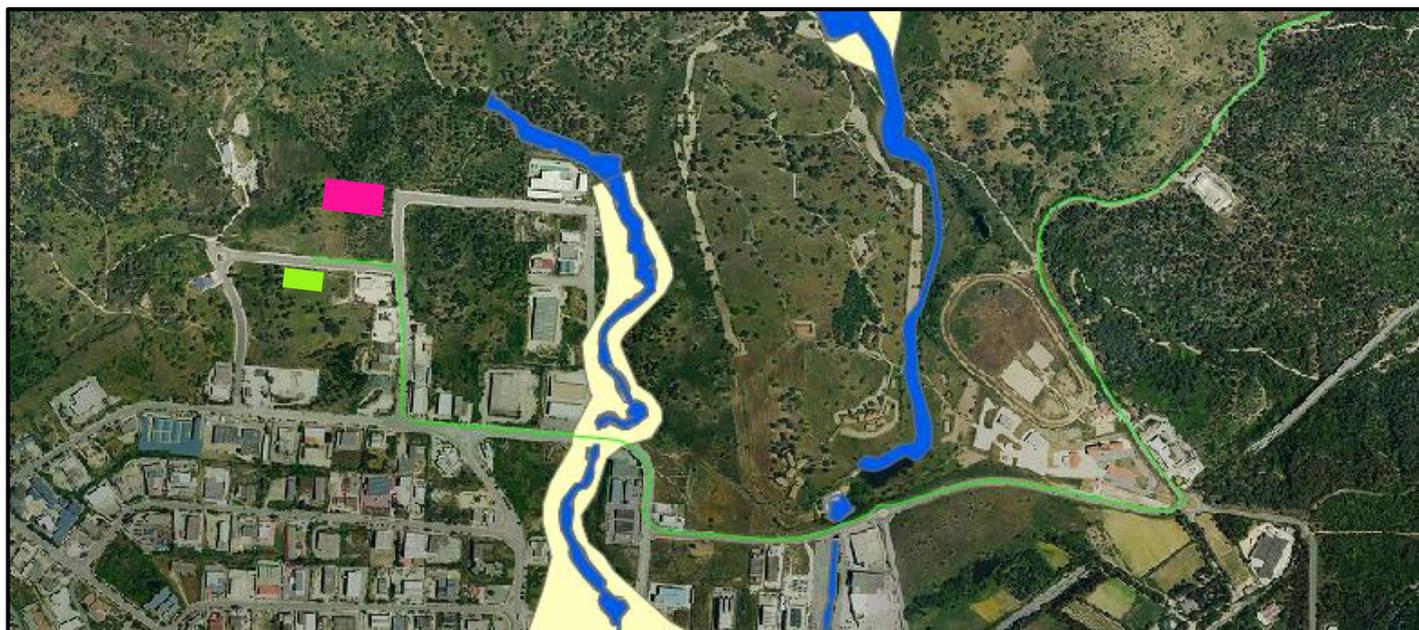
Il Piano persegue gli obiettivi di settore, ai sensi dell'art. 3 e dell'art. 17 della L. 18 maggio 1989, n. 183, con particolare riferimento alle lettere a), b), c), i), l), m) e s) del medesimo art. 17. Il P.S.F.F. costituisce

 <b>Loto Rinnovabili Srl</b> Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:lotorinnovabili@legalmail.it	<b>RELAZIONE GEOLOGICA</b>	Cod. CS289-GE01-R	
		Data Giugno 2023	Rev. 00

un approfondimento ed integrazione necessaria al P.A.I. in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali, funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali. Le fasce fluviali possono essere intese come "aree di pertinenza fluviale", individuano le aree limitrofe all'alveo inciso, interessati da espansioni nelle fasi di piena quindi potenzialmente inondabili. Le aree appartenenti a una "classe" hanno le stesse probabilità di essere inondate in un determinato periodo di tempo (tempo di ritorno), le delimitazioni sono state effettuate in seguito ad analisi geomorfologiche e idrauliche del territorio. Tuttavia, sono state considerate esclusivamente le aste principali dei corsi fluviali che sottendono un bacino di più di 30 km<sup>2</sup> e le fasce fluviali dei relativi affluenti, per portate di piena con tempi di ritorno T fissato in 2, 50, 100, 200 e 500 anni. L'area ricade nel Sub Bacino 02 "Tirso". In base alla cartografia tematica regionale, si evince che tutte le opere (area impianto e cavidotto) risultano al di fuori di zone a rischio idraulico



*Figura 11 – Perimetrazione PAI nei dintorni dell'area impianto*



-  Hi\* - (Aree da modellazione 2D con  $V_p \leq 0,75$ )
-  Hi0 - P0 (Tratto studiato nel quale la piena risulta contenuta all'interno delle sponde per tutti i Tr)
-  Hi1 - P1 (Aree a pericolosità idraulica Moderata o Fascia geomorfologica)
-  Hi2 - P2 (Aree a pericolosità idraulica Media)
-  Hi3 - P2 (Aree a pericolosità idraulica Elevata)
-  Hi4 - P3 (Aree a pericolosità idraulica Molto elevata)

*Figura 12 – Località Prato Sardo (Nuoro) – Perimetrazione aree P.A.I*

L'assetto geologico del settore interessato dalla realizzazione degli aerogeneratori è condizionato dalla presenza di un substrato roccioso sostanzialmente poco permeabile e da una coltre detritica prevalentemente colluviale di spessore poco significativo, non favorevole alla formazione di una circolazione idrica sotterranea a carattere freatico.

Altri flussi idrici sotterranei possono impostarsi entro gli ammassi rocciosi ma a profondità decisamente maggiori rispetto alle quote direttamente influenzate dalle opere di fondazione per cui non si prevedono interazioni di quest'ultima con le opere in progetto non in casi di eccezionalità non rilevati nello sviluppo della presente analisi.

Per le stesse ragioni non sussistono i presupposti affinché l'opera in progetto possa influenzare in qualche modo le caratteristiche qualitative o idrodinamiche delle acque sotterranee.

## 6.2 Pericolosità sismica

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

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

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

### Sismica di base

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

La "pericolosità sismica di base", di seguito chiamata semplicemente pericolosità sismica, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni e alle strutture. Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - INGV, <http://esse1.mi.ingv.it/>.

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

- $a_g$  = accelerazione orizzontale massima del terreno (espressa in  $g/10$ );
- $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T^*_c$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Da un punto di vista normativo, pertanto, la pericolosità sismica di un sito non è sintetizzata più dall'unico parametro ( $a_g$ ), ma dipende dalla posizione rispetto ai nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame (Tabella A1 delle NTC), dalla Vita Nominale e dalla Classe d'Uso dell'opera. I punti del reticolo di riferimento riportati nella Tabella A1 delle NTC hanno un passo di circa 10 km e sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine. La rappresentazione grafica dello studio di pericolosità sismica di base dell'INGV, da cui è stata tratta la Tabella A1 delle NTC, è caratterizzata da una mappa di pericolosità Sismica del Territorio Nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo rigido (in g) in funzione della probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento considerato. Per tutte le isole, gli spettri di risposta sono definiti in base a valori di  $a_g, F_0, T_c^*$  uniformi su tutto il territorio di ciascuna isola e per tali valori, necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B. (Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti). Per la Regione Sardegna, e quindi per il Comune di Sassari, l'assegnazione dei parametri per i vari tempi di ritorno è semplificata dalle tabelle sottostanti che assegna i singoli valori di  $a_g, F_0, T_c^*$ .

TR=30			TR=50			TR=72			TR=101			TR=140		
$a_g$	$F_0$	$T_c^*$	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$
0,186	2,61	0,273	0,235	2,67	0,296	0,274	2,7	0,303	0,314	2,73	0,307	0,351	2,78	0,313C

TR=201			TR=475			TR=975			TR=2475		
$a_g$	$F_0$	$T_c^*$	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$
0,393	2,82	0,322	0,5	2,88	0,34	0,603	3	0,372	0,747	3,09	0,401

Tabella 1- valori di  $a_g, F_0, T_c^*$  per la Regione Sardegna

### Categoria di sottosuolo

In base a quanto attualmente esposto delle "Norme tecniche per le costruzioni" del D.M. 17 gennaio 2018, che aggiornano e sostituiscono il precedente D.M. del 14 gennaio 2008, è necessario determinare le azioni sismiche di progetto tramite specifiche analisi di sito o mediante un approccio semplificato che si basa sul calcolo della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio ( $V_{s,eq}$ ) partendo dal piano di posa delle fondazioni.

Il valore di  $V_{s,eq}$  (in m/s) viene calcolato secondo la seguente espressione:

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

dove  $h_i$  e  $V_{s,i}$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti al disopra del substrato sismico (con  $V_s > 800\text{m/s}$ ), fino a un  $H$  massimo di 30 m ( $V_{s,30}$ ).

Seppur senza il conforto di riscontri sperimentali diretti se non riferibili a contesti geologici analoghi, la presenza del substrato roccioso sub affiorante o sotto copertura di uno strato detritico di spessore sub metrico consente, cautelativamente, di adottare una **categoria di sottosuolo di tipo "A"** ovvero « **Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m**» (Tab.2)

		Descrizione
Categoria di Sottosuolo	<b>A</b>	<b>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di <math>V_{s30}</math> superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</b>
	B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
	C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana 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.
	D	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.
	E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella 2 – Riferimenti alle categorie di sottosuolo secondo le NTC.

### Condizioni topografiche

Il sito in esame è ubicato in corrispondenza di un contesto non antropizzato con inclinazione media inferiore di  $15^\circ$  e pertanto, in base a quanto previsto dal DM del 17 gennaio 2018, Tabella 3.2.III, l'area può essere classificata nella seguente categoria topografica: **Categoria Topografica "T1"**

		Descrizione
Categorie Topografiche	<b>T1</b>	<b>Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione <math>i \leq 15^\circ</math>;</b>
	T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ ;
	T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ ;
	T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$ .

## 7. MODELLO GEOTECNICO

Richiamando quanto esposto nel capitolo dedicato alla modellazione geologica, vista l'ampiezza del settore di intervento più significativo per quanto concerne l'interazione opere/terreno (circa 10 km<sup>2</sup>) con gli impianti accorpati e distribuiti al contorno di un asse coincidente con la S.P. 40, si ritiene utile analizzare preliminarmente anche gli aspetti geotecnici limitatamente alle zone di imposta degli aerogeneratori che costituiscono le opere di maggior impatto sul sottosuolo.

La semplicità dell'assetto litostatico dei luoghi precedentemente descritto facilita questa prima valutazione in quanto, sostanzialmente, è possibile elaborare una stratigrafia litotecnica con tre distinte unità litologiche che hanno diretto riferimento con quelle definite nella modellazione geologica.

Non essendo stato possibile al momento eseguire alcuna campagna di indagine diretta, la caratterizzazione litotecnica viene effettuata, in via preliminare e cautelativa, sulla base di dati provenienti da letteratura tecnica coadiuvate da informazioni estrapolate da indagini pregresse svolte in contesti geologici analoghi.

Si propone pertanto la seguente stratigrafia litotecnica indicativa che assume valore per tutti i aerogeneratori e che può ragionevolmente essere estrapolata a tutti gli altri interventi "minori" che costituiscono l'opera nel suo insieme.

**Litologia b2** – Suoli detritici eluvio-colluviali, a granulometria sabbio-limosa, con grado di pedogenesi variabile, incoerenti, da poco a moderatamente addensati, di spessore medio pari a 0,50 m.

I parametri geotecnici associabili in via cautelativa sono:

Peso di volume naturale	$\gamma = 17,00 \div 17,50 \text{ kN/m}^3$
Angolo di resistenza al taglio	$\varphi' = 27 \div 28^\circ$
Coesione efficace	$c' = 0,00 \div 0,10 \text{ daN/cm}^2$
Modulo elastico	$E_{el} = 80 \div 100 \text{ daN/cm}^2$

**Litologia BTUb** - Roccia in posto, in facies intrusiva (graniti e granodioriti), interessata da più sistemi di giunti variamente orientati e inclinati e talora da layering sia primario sia secondario o/o fissilità più o meno marcata e da fenomeni di alterazione in genere blandi.

I parametri geotecnici associabili in via cautelativa sono:

Peso di volume naturale	$\gamma = 20,00 \div 21,50 \text{ kN/m}^3$
Angolo di resistenza al taglio	$\varphi' = 32 \div 36^\circ$
Coesione efficace	$c' = 0,10 \div 0,20 \text{ daN/cm}^2$
Modulo elastico	$E_{el} = 350 \div 450 \text{ daN/cm}^2$

Stesse considerazioni, sempre di carattere preliminare, si possono estendere alle aree che ospiteranno le stazioni in località Prato Sardo. Come si evince dalla Fig.9 la geologia è la medesima dell'area ove sorgeranno gli aerogeneratori. In Fig. 10, si nota la conformazione del suolo, dominata dalla distruzione non omogenea di affioramenti o trovanti granitici. In fase di realizzazione delle strutture, sarà necessario predisporre una adeguata campagna di indagini geognostiche per valutare l'effettivo andamento del substrato lapideo granitico e le sue condizioni.

### Cavidotti.

I cavidotti delle due tipologie riportate in Fig. 13, correranno lungo strade già realizzate, per mitigare l'impatto dello scavo delle relative trincee. Dalla Carta della Pericolosità di Frana, si evince che un tratto del cavidotto passa in un'area cartografata a rischio medio Hg2. A tal proposito verrà realizzata apposita relazione di compatibilità geologica e geotecnica secondo quanto richiesto dalla norme vigenti. Già in questa fase si può comunque stabilire una fattibilità completa delle opere, le quali non andranno a modificare l'assetto geologico globale.

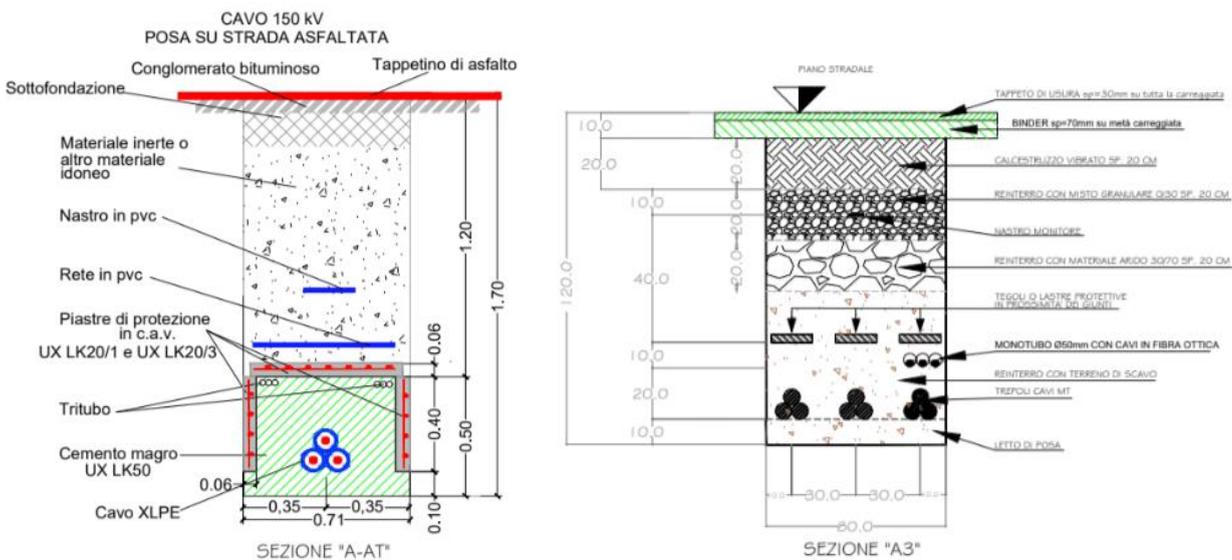


Figura 13 – a) Sezione cavidotto 150kV, b) Sezione cavidotto MT

Negli attraversamenti di opere stradali e/o fluviali, sarà utilizzata una tipologia di posa che prevede i cavi tripolari in tubo interrato, mediante l'uso della tecnica con trivellazione orizzontale controllata (T.O.C). La tecnica T.O.C. permette di posare mediante perforazione del sottosuolo i tubi PEAD in cui verranno successivamente inserite le terne di cavi tripolari o unipolari ed i tubi per cavi di telecomunicazione. Per le operazioni di perforazione saranno realizzate due aree : una di dimensioni minime pari a 10x10 m per posizionamento macchina perforatrice, punto di partenza della perforazione; e l'altra punto di arrivo, consistente in una buca di dimensioni pari a 5x3 m da

cui si procederà ad effettuare l'infilaggio delle tubazioni necessarie. L'installazione mediante sistema T.O.C. verrà realizzata procedendo dapprima alla perforazione guidata di un foro pilota, secondo l'andamento piano altimetrico concordato in fase di progetto esecutivo. Terminata la perforazione pilota si procederà all'alesatura del foro (allargamento) onde ottenere un diametro del preforo di dimensioni adeguate a garantire un agevole tiro/infilaggio della tubazione finale. L'obiettivo della perforazione è quello di posare condotte in PEAD alla profondità stabilita tale da superare gli ostacoli e le interferenze presenti.

### **7.1 Stima della capacità portante dei terreni di fondazione e della stabilità dei fronti di scavo**

Sulla base di quanto esposto, tutte le strutture di fondazione degli aerogeneratori andranno a poggiare sul substrato roccioso.

Fermo restando la necessità di supportare le valutazioni in questa sede con i dati provenienti dalle indagini geognostiche puntuali eseguite ad hoc, orientativamente si possono assumere valori di capacità portante dell'ordine di **2,5 daN/cm<sup>2</sup>**, senza che si manifestino cedimenti di entità apprezzabile o comunque pregiudizievoli per la stabilità delle strutture in progetto.

Giudizio sostanzialmente positivo viene dato anche per la stabilità dei fronti di scavo verticali nella ipotesi che gli stessi risultino di altezza non superiore ai 2,00 m con la sola precauzione di conformare la parte sommitale costituita dallo strato detritico superficiale (suolo colluviale + quello di forte alterazione, se presente) con un angolo di scarpa non superiore ai 35°.

A seguito dell'indagine ambientale che ha condotto alla conoscenza delle condizioni geomorfologiche del sito, del contesto geologico, della natura dei materiali costituenti il modello stratigrafico del sottosuolo, risulta che il materiale da scavare è abbastanza omogeneo in relazione alla tipologia di terreno incontrato e alle opere che si andranno a realizzare. Infatti il terreno è costituito da sabbie in matrice limosa e andando in profondità, con gli scavi per l'esecuzione dei pali, il terreno che si va ad intercettare diventa limo argilloso duro.

Nel corso dei sopralluoghi e delle indagini effettuate, non sono emersi impatti di qualsivoglia natura che evidenziassero inquinamenti dei terreni superficiali (tracce o residui di emissioni su suolo o nel suolo) derivanti dalle attività effettuate in sito in epoca storica o recente o da altri eventi o accumuli accidentali. Per cui i terreni in posto sono, per la loro origine e per la totale assenza nell'area di interesse di attività antropiche o naturali che possano aver provocato inquinamento, perfettamente inerti e non necessitano di alcun trattamento chimico fisico per la rimozione di eventuali inquinanti. Ovviamente, in fase di realizzazione delle opere, tali caratteristiche di assenza di materiali inquinanti

saranno verificate mediante l'esecuzione di prelievi di materiale, in quantità proporzionale all'intero volume di scavo, e mediante l'esecuzione di prove di caratterizzazione chimica, effettuate secondo le modalità previste per legge. Quindi, verificata preventivamente l'assenza di materiali inquinanti all'interno dei materiali di scavo, verrà garantito un elevato livello di tutela ambientale durante l'esecuzione delle opere di progetto, e si verificherà che le caratteristiche chimiche e chimico-fisiche dei materiali di recupero siano tali che il loro impiego nel sito prescelto non determini rischi per la salute e per la qualità delle matrici ambientali interessate, non intaccando in alcun modo le norme di tutela delle acque superficiali e sotterranee, della flora, della fauna e degli habitat che non sono presenti nell'area di intervento, poiché priva di vincoli di natura ambientale.

## 7.2 Liquefazioni dei terreni

Per liquefazione si intende generalmente una somma di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. 7.11.3.4.1 NTC 2018).

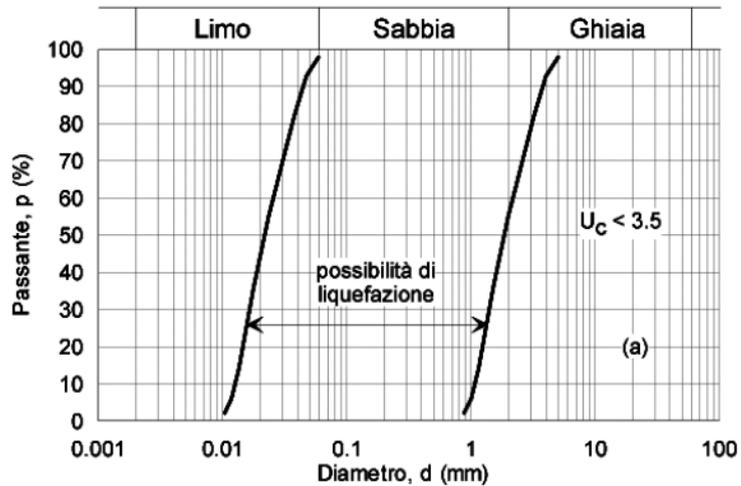
La perdita di resistenza dei terreni con determinate caratteristiche, sotto sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, e il conseguente raggiungimento di una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso, avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta fino ad arrivare al valore della pressione totale di confinamento, fino ad annullare gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio. Tali fenomeni di liquefazione dei terreni si verificano soprattutto in presenza di sabbie fini e nei limi saturi di densità da media a bassa e a granulometria piuttosto uniforme, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa.

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$  dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{c1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 14 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

Il nostro caso specifico esula dagli accertamenti di liquefazione in quanto siamo in presenza di substrato roccioso affiorante o sub affiorante.



a)

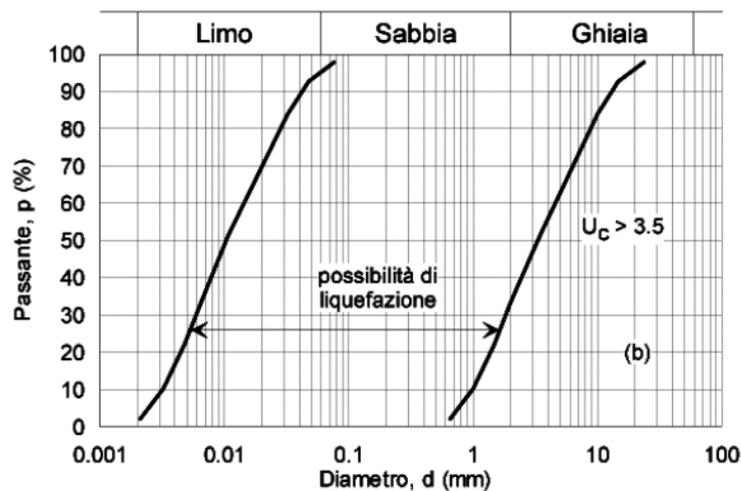


Figura 14 – Fusi granulometrici dei terreni soggetti a liquefazione

## 8. CONCLUSIONI

Dagli elementi esaminati, l'assetto geologico del settore territoriale nel quale si prevede la realizzazione dell'impianto eolico in progetto, si caratterizza per la predominanza di substrati rocciosi di natura cristallina intrusiva (graniti e granodioriti delle unità intrusive BTUb *Unità di Benetutti – Facies di Orune*, interessati nel primo metro corticale da fenomeni più o meno spinti di alterazione eluviale e da detensionamento e ricoperti da una coltre detritica eluvio-colluviale e di versante discontinua e di spessore sub-metrico.

Questa configurazione litostratigrafica consente di prevedere l'appoggio diretto delle opere fondali degli aerogeneratori su substrato roccioso dotato di elevate caratteristiche di resistenza al taglio e di rigidità tali da evitare qualsiasi condizione di instabilità dell'insieme opera-terreno nel tempo.

Non si prevede altresì che l'evoluzione morfodinamica naturale delle aree coinvolte possa in qualche modo compromettere la funzionalità delle opere per dissesti di tipo idraulico in quanto i siti di intervento ricadono in posizioni prive di pericolosità da inondazione/allagamento. Non si ritiene inoltre che gli interventi da realizzare, compresa la viabilità di servizio e gli scavi per i cavidotti, possano alterare le attuali dinamiche di deflusso superficiale.

Laddove l'analisi effettuata risulta non esaustiva si provvederà nella successiva fase progettuale all'esecuzione delle indagini geognostiche e geotecniche. Sotto il profilo idrogeologico, la predominanza di rocce cristalline a permeabilità da nulla a molto bassa che consente un'infiltrazione solo ed esclusivamente attraverso una porosità secondaria per fratturazione dotata di trasmissività generalmente irrilevante, permette di escludere interazioni negative tra scavi, sbancamenti e flussi idrici sotterranei se non con quelli temporanei dovuti a particolari condizioni meteorologiche (piogge intense, scioglimento di eventuali accumuli nevosi) capaci di saturare il modesto spessore detritico eluvio-colluviale e lo strato di alterazione della roccia. Sotto il profilo geotecnico, ad esclusione della coltre detritica superficiale e alcune facies di alterazione corticale della roccia i substrati rocciosi in posto offrono elevate garanzie di stabilità nel tempo per le opere fondali. La compattezza della roccia non alterata richiederà l'impiego del martello demolitore per la realizzazione degli sbancamenti atti alla posa dei dadi di fondazione degli aerogeneratori. Per detti motivi si ritiene che nulla osti alla realizzazione dell'intervento in progetto, fatta salva l'esigenza di acquisire riscontri diretti attraverso l'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche che dovrà obbligatoriamente supportare la successiva fase di progettazione.