

# REGIONE SARDEGNA

Provincia di Sassari (SS)

## COMUNI DI NULE E BENETUTTI



1	EMISSIONE PER ENTI ESTERNI	09/07/20	NASTASI M.	FURNO C.	NASTASI A.
0	EMISSIONE PER COMMENTI	06/06/20	NASTASI M.	FURNO C.	NASTASI A.
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.

Committente:

**INNOGY ITALIA S.p.A.**



**innogy**

Sede legale in Milano, via F. Restelli, 3/1 - 20124 Milano. Codice Fiscale e P. IVA 0259064021

Società di Progettazione:

*Ingegneria & Innovazione*



Via Pippo Fava, 1 - 96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1813283  
Web: [www.antexgroup.it](http://www.antexgroup.it) e-mail: [info@antexgroup.it](mailto:info@antexgroup.it)

Progetto:

**PARCO EOLICO DI NULE E BENETUTTI**

Livello:

**DEFINITIVO**

Elaborato:

RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

Progettista/Resp. Tecnico

Dott. Ing. Furno Cesare

Scala:

NA

Nome DIS/FILE:

C 19023S05-PD-RT-05-01

Allegato:

1/1

F.to:

A4

*Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.  
È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.  
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.*



## INDICE

1. PREMESSA .....	3
2. FASI DI LAVORO .....	4
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	5
4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO-IDROGEOLOGICO.....	7
4.1. Morfologia.....	7
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	8
6. CARATTERIZZAZIONE DEL SITO SECONDO LE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (NTC 2018).....	9
6.1. Pericolosità sismica.....	11
7. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE .....	14
7.1. Qualità dell'ammasso roccioso.....	16
8. PIANO DELLE INDAGINI SUCCESSIVA ALLA FASE PROGETTUALE IN ATTO.....	20
9. CONCLUSIONI .....	22

## 1. PREMESSA

Su incarico di INNOGY ITALIA SpA, la società ANTEX GROUP Srl ha redatto il progetto definitivo relativo alla realizzazione di un impianto eolico nei comuni di Nule e Benetutti, nella provincia di Sassari.

Il progetto prevede l'installazione di n. 11 nuovi aerogeneratori con potenza unitaria di 5,7 MW, per una potenza complessiva di impianto di 62,7 MW.

Nel dettaglio il progetto prevede l'installazione di n.8 aerogeneratori nei terreni del Comune di Nule (SS) e di n.3 aerogeneratori nei terreni del Comune di Benetutti (SS).

Gli aerogeneratori saranno collegati alla nuova Stazione di trasformazione Utente, posta nel comune di Buddusò (SS), tramite cavidotti interrati con tensione nominale pari a 30 kV.

La stazione di trasformazione utente riceverà l'energia proveniente dall'impianto eolico a 30 kV e la eleverà alla tensione di 150 kV.

Tutta l'energia elettrica prodotta verrà ceduta alla rete tramite collegamento in antenna a 150 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150 kV, in GIS denominata "Buddusò", già in iter nel Piano di Sviluppo di Terna.



Le attività di progettazione definitiva e di studio di impatto ambientale sono state sviluppate dalla società di ingegneria ANTEX Group Srl.

ANTEX Group Srl è una società che fornisce servizi globali di consulenza e management ad Aziende private ed Enti pubblici che intendono realizzare opere ed investimenti su scala nazionale ed internazionale.

È costituita da selezionati e qualificati professionisti uniti dalla comune esperienza professionale nell'ambito delle consulenze ingegneristiche, tecniche, ambientali, gestionali, legali e di finanza agevolata.

Sia ANTEX che INNOGY pongono a fondamento delle attività e delle proprie iniziative, i principi della qualità, dell'ambiente e della sicurezza come espressi dalle norme ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001 nelle loro ultime edizioni.

Difatti, le Aziende citate, in un'ottica di sviluppo sostenibile proprio e per i propri clienti e fornitori, posseggono un proprio Sistema di Gestione Integrato Qualità-Sicurezza-Ambiente.

	<p>REALIZZAZIONE PARCO EOLICO DI NULE E BENETUTTI</p> <p><b>RELAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b></p>	 <p>Ingegneria &amp; Innovazione</p>		
		09/07/2020	REV: 1	Pag.4

## 2. FASI DI LAVORO

La caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni in questa fase è stata eseguita consultando i dati bibliografici presenti, ubicati su siti che hanno le stesse caratteristiche geologiche simili alla nostra area di studio.

Questi dati sono utili in questa fase progettuale per conoscere in maniera generica le caratteristiche dei litotipi presenti.

In una fase successiva sarà pianificata una campagna di indagini utile ad implementare i dati geotecnici ed ottemperare alle NTC 2018, le quali fanno riferimento al modello geologico e geotecnico dell'area oggetto di studio, descritto come segue;

*“La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve comprendere la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento.*

*In funzione del tipo di opera, di intervento e della complessità del contesto geologico nel quale si inserisce l'opera, specifiche indagini saranno finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico.*

*Esso deve essere sviluppato in modo da costituire utile elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche.”*

Le norme, alla quale si è fatto riferimento sono elencate di seguito:

- le norme vigenti in tema di LL.PP. e in particolare dal D.M. del 17.01.2018 (NTC) e ss.mm.ii. e relativa circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.
- le linee guida edite dall'A.R.T.A. nell'ambito del Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.).
- **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 in applicazione della Legge 02.02.1974 n°64.
- **Circ. Min. LL.PP. n° 30483 del 24.09.1988** – Istruzioni per l'applicazione del D.M. LL.PP.11.03.1988.

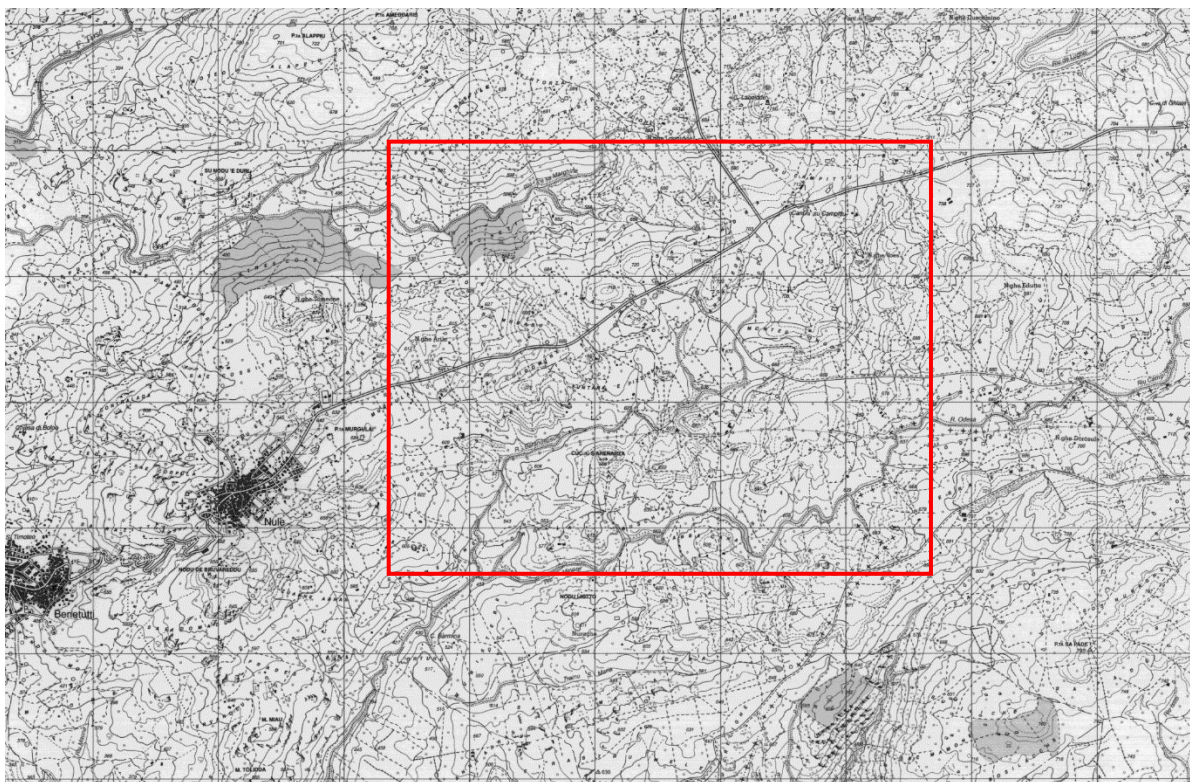
Si farà, inoltre, riferimento alle seguenti normative:

- Legge n. 1086 del 05.11.1971 “Norme per la disciplina delle opere in c.a. normale e precompresso, ed a struttura metallica”;

- Legge n. 64 del 02.02.1974 – “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- IEC 60400-1 “Wind Turbine safety and design”;
- Eurocodice 2 “Design of concrete structures”.
- Eurocodice 3 “Design of steel structures”.
- Eurocodice 4 “Design of composite steel and concrete structures”.
- Eurocodice 7 “Geotechnical design”.
- Eurocodice 8 “Design of structures for earthquake resistance”.

### 3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Al fine di verificare la fattibilità del progetto in esame e definire al meglio il modello geologico in fase di progetto definitivo, è stato eseguito uno studio geologico, geomorfologico e idrogeologico delle aree in esame, spinte fino ad un intorno utile a definire le caratteristiche sopra menzionate.

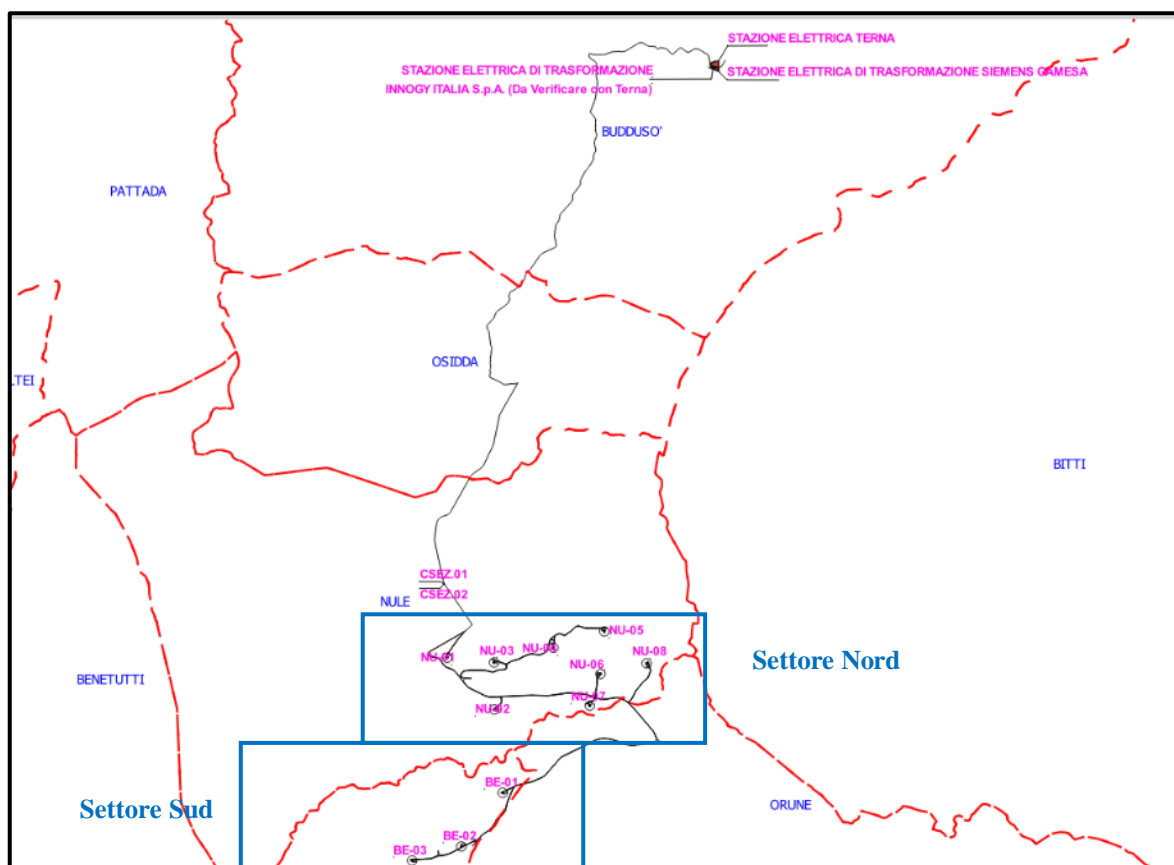


**Fig.1 – Corografia della zona in scala 1:25000**

L'area sulla quale verranno installate le turbine ricade nel Foglio 481 sez. II Benetutti (fig.1) all'interno dei Comuni di Nule e Benetutti, entrambi in provincia di (SS), mentre la sottostazione ricade nel territorio di Buddusò sempre in provincia di (SS).

Le quote relative all'impianto eolico vanno dai 624 m.s.l.m ai 718 m.s.l.m., esso si trova a circa 4 km ad est degli abitati di Nule e Benetutti.

La sottostazione invece è ubicata a circa 2 km ad est dell'abitato di Buddusò, più a Nord rispetto all'impianto eolico in progetto.



**Fig. 2 - Mappa dei vari siti degli impianti presenti**

## 4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO-IDROGEOLOGICO

### 4.1. Morfologia

L'area di intervento è individuata sulla cartografia tecnica della Regione Autonoma della Sardegna in scala 1:10000, più precisamente all'interna delle CTR n° 481030; 481040; 481070; 481080; 481110; 481120; 481150; 481160.

Tale zona appartiene ad un contesto geomorfologico di collina, caratterizzato dalla presenza di un altopiano cosparso di incisioni torrentizie e piccoli rilievi tondeggianti.

La vasta area di studio risulta caratterizzata da terreni coltivati, praterie e piccole macchie di arbusti, e la roccia caratteristica del luogo è spesso affiorante, il tutto ben rappresentato nella cartografia dell'uso del suolo della Regione Autonoma della Sardegna.

È stata redatta una carta geomorfologica che mette in evidenza le caratteristiche del territorio, evidenziando solo qualche vallecchia ad U e le aree in prossimità dei crinali dove sorgeranno le turbine (fig.4).

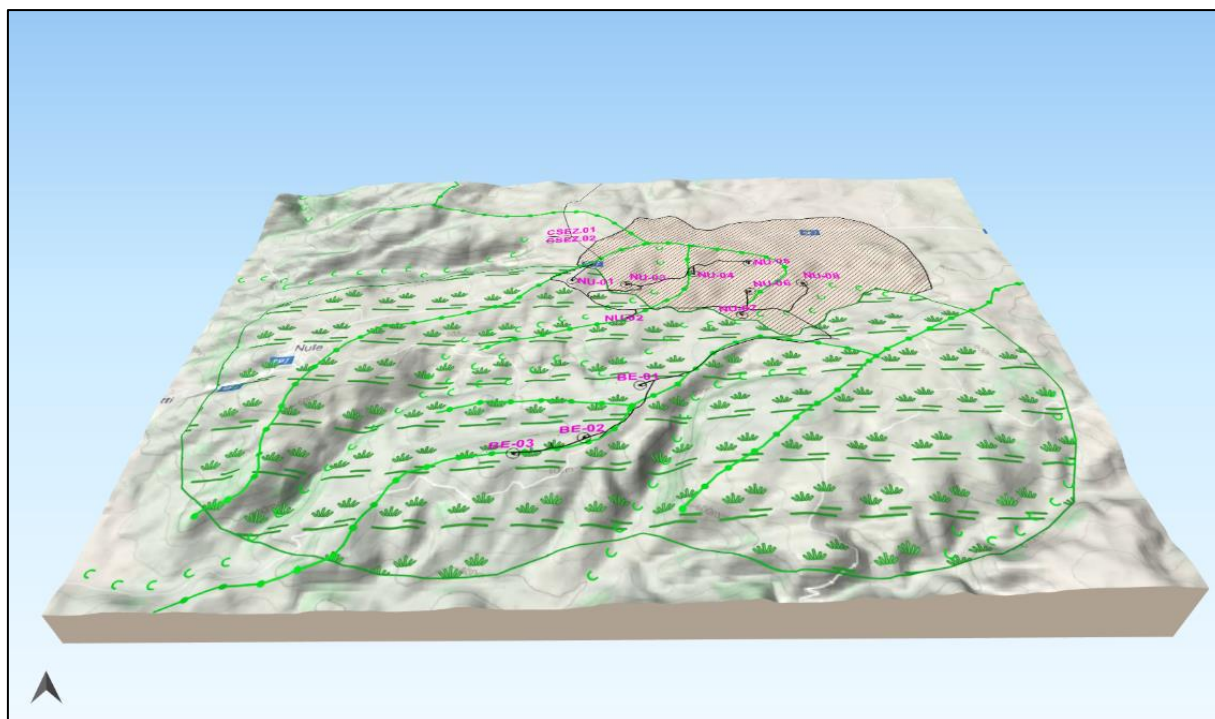


Fig. 4 - modello 3d dell'area con le evidenze geomorfologiche, tav. 6-7 in allegato.

## 5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Le caratteristiche geologiche di questa porzione di territorio sono prettamente di origine metamorfiche associate al complesso granitoide del Goceano-Bittese (CarbiniferoSup.-Permiano).

La zona dunque è caratterizzata da:

### **Terreno vegetale:**

Rappresenta l'orizzonte superficiale dall'originario piano campagna, non sempre presente e con spessori estremamente diversificati (da pochi cm a poco più di 1 metro) derivante dall'alterazione in posto degli orizzonti superficiali delle formazioni affioranti.

### **Depositi alluvionali.**

Sono presenti, in esigui spessori, lungo i fondivalle laddove l'energia di trasporto è tale da permetterne il deposito. OLOCENE.

### **Coltri eluvio-colluviali.**

Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica. OLOCENE

### **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.

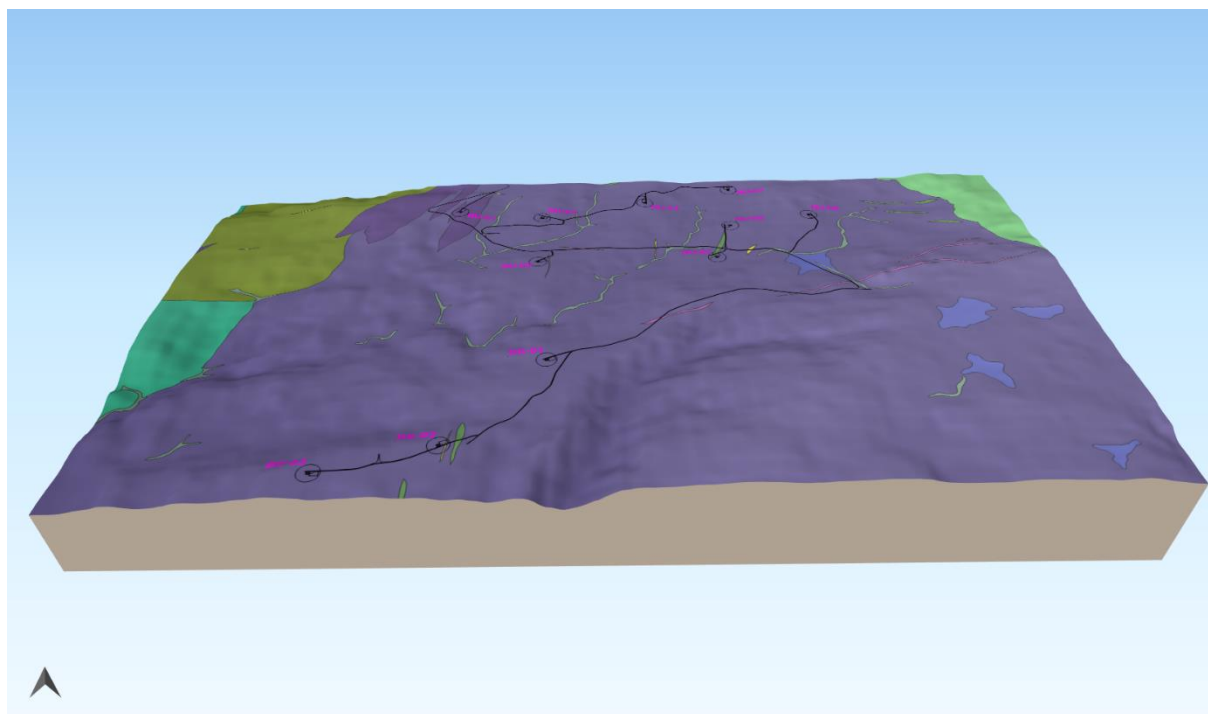
CARBONIFERO SUP. – PERMIANO

### **Facies Punta Gomoretta (unità intrusiva di sos canales).**

Graniti a cordierite, andalusite e muscovite, a grana media, inequigranulari, porfirici per rari fenocristalli di Kfs biancastri di taglia fino a 3-4 cm, tessitura isotropa. CARBONIFERO SUP. – PERMIANO

### **Filoni e ammassi di micrograniti. CARBONIFERO SUP. - PERMIANO**





**Fig. 6 - modello 3d dell'area con litologia e turbine in evidenza**

Dalla figura 6, si può notare come le turbine sono ubicate tutte all'interno della stessa formazione (Facies di Orune), ad eccezione della NU01 (vedi carta geologica allegata) che insiste sulla Facies di Bultei, ma che comunque fa parte del complesso granitoidale del Goceano-Bettese.

## **6. CARATTERIZZAZIONE DEL SITO SECONDO LE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (NTC 2018)**

Le opere e le componenti strutturali devono essere progettate, eseguite, collaudate e soggette a manutenzione in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione, in forma economicamente sostenibile e con il livello di sicurezza previsto dalle presenti norme.

Vista la costruzione in oggetto, l'opera è soggetta alle considerazioni della seguente tabella, seguendo le indicazioni scritte nelle N.T.C. 2018.

<b>S.L.U. stati limite ultimi (2.1 NTC)</b>	Capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera;
<b>VITA NOMINALE (2.4.1 NTC)</b>	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale $\geq 50$ (punto 2 della tab. 2.4.I NTC)
<b>CLASSI D'USO (2.4.2 NTC)</b>	<b>Classe IV:</b> Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità.
<b>COEFFICIENTE <math>C_U</math> (2.4.3 NTC)</b>	<b>2 (Tab. 2.4.II)</b>
<b>Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): (3.2.1 NTC)</b>	A seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
<b>CONDIZIONI TOPOGRAFICHE (3.2.2 NTC)</b>	<b>T2:</b> Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ (Tabella 3.2.IV NTC)

Inoltre c'è da dire che la **verifica della sicurezza** nei confronti degli **stati limite ultimi (SLU)** di resistenza si ottiene con il “*Metodo semiprobabilistico dei Coefficienti parziali*” di sicurezza tramite l'equazione

$$E_d \leq R_d$$

con:

**$E_d$**  = valore di progetto dell'effetto delle azioni, valutato in base ai valori di progetto nelle varie combinazioni di carico.

**$R_d$**  = resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali e ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate.

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $N_V$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ :

$$V_R = V_N \times C_U$$

## 6.1. Pericolosità sismica

A completamento delle elaborazioni relative a MPS04 eseguite dall' INGV ed il dipartimento di protezione civile è stata redatta una **valutazione standard (10%, 475 anni) di  $a_{max}$  (16mo, 50mo e 84mo percentile) per le isole rimaste escluse nella fase di redazione di MPS04.**

Per cui per quanto concerne il territorio Sardo viene riportato quanto segue:

**Sardegna.** *Per la valutazione della pericolosità sismica di un territorio esteso come quello della Sardegna occorrerebbe: a) poter definire una o più ZS; b) in alternativa, utilizzare un approccio a sismicità diffusa. Entrambe queste ipotesi sono percorribili ma producono risultati poco stabili data la bassissima sismicità dall'isola e aree circostanti. Il catalogo CPTI04 riporta solo due eventi di magnitudo  $\leq 5Mw$  (1924 e 1948). In occasione dell'evento del 1948 sono state osservate intensità pari a 6MCS in alcune località della Sardegna nordoccidentale. I terremoti più recenti (avvenuti nel 2000, 2004 e 2006), tutti di  $Mw < 5$  e localizzati in mare, hanno prodotto in terraferma effetti di modesta entità.*

*Tenendo conto del fatto che:*

- *la sismicità è bassa, anche a livello strumentale (fig.7);*
- *i dati storici non segnalano danni significativi, si ritiene ragionevole assumere per l'intera isola un valore di default pari a 0.050g*

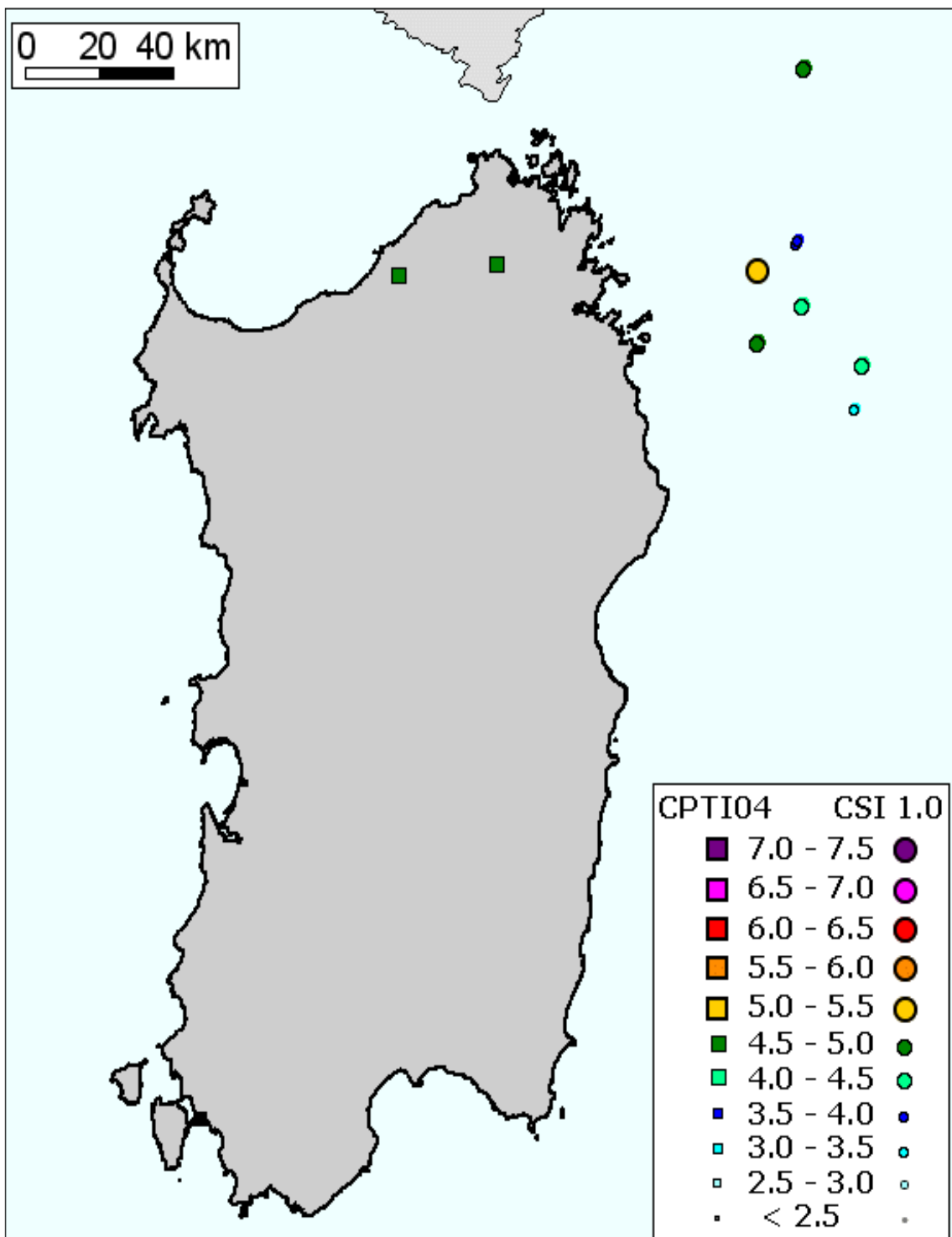


Fig. 7 - Distribuzione dei terremoti in Sardegna e nei mari adiacenti.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
N. nodo	Località	Longitud.	Latitud.	Prop. di riclass. (1998)	amax in MPS04 50mo (g)	amax in MPS04 84mo (g)	Zona sismica secondo OPCM 3274	Valore di ancoraggio secondo OPCM 3274	amax in questo studio 50mo (g)	amax in questo studio 84mo (g)	Valore di amax adottato (g)	Spettro suggerito
42096	Stromboli N	15.2204	38.8214		0.0777	0.0866			0.1956	0.2290	0.1956	ad hoc
42318	Stromboli S	15.2191	38.7714	2	0.0802	0.0898	2	0.25	0.2024	0.2391	0.2024	ad hoc
42982	Panarea E	15.0875	38.6234		0.1041	0.1170			0.2034	0.2423	0.2034	ad hoc
42981	Panarea O	15.0236	38.6243	2	0.1185	0.1302	2	0.25	0.1969	0.2340	0.1969	ad hoc
43196	Filicudi	14.5758	38.5796	2	0.0936	0.1031	2	0.25	0.1960	0.1961	0.25	zona 2
43415	Alicudi E	14.3836	38.5314		0.0698	0.0779			0.2439	0.2491	0.25	zona 2
43414	Alicudi O	14.3199	38.5319	2	0.0660	0.0740	2	0.25	0.2471	0.2519	0.25	zona 2
42508	Ustica N	13.1708	38.7345		0.0388	0.0437			0.1198	0.1281	0.15	zona 3
42730	Ustica S	13.1711	38.6845	NC	0.0407	0.0462	2	0.25	0.1407	0.1492	0.15	zona 3
50924	Pantelleria	11.9365	36.8234		0.0177	0.0204						zona 4
50925		11.9987	36.8243		0.0187	0.0214						zona 4
51146		11.9376	36.7734		0.0166	0.0195						zona 4
51147		11.9998	37.7743	NC	0.0177	0.0204	4	0.05			0.05	zona 4
51148		12.0619	36.7752		0.0186	0.0213						zona 4
51369		12.0008	36.7243		0.0165	0.0194						zona 4
51370		12.0629	36.7252		0.0175	0.0203						zona 4
56706	Lampedusa	12.5760	35.5308	NC	<0.025		4	0.05			0.05	zona 4
55157	Linosa	12.8779	35.8831	NC	<0.025		4	0.05			0.05	zona 4
	Sardegna Nord	-	-	NC	<0.025		4	0.05			0.05	zona 4
	Sardegna Sud	-	-	NC	<0.025		4	0.05			0.05	zona 4
43646	Lipari	14.9565	38.4752	2	0.1829	0.2053	2	0.25			0.1829	ad hoc
43868	Vulcano (Vulcanello)	14.9554	38.4252	2	0.1880	0.2112	2	0.25			0.1880	ad hoc
43200	Salina (Malfa)	14.8310	38.5768	2	0.1626	0.1805	2	0.25			0.1805	ad hoc

Riepilogo dei dati relativi alle isole: valori di amax proposti da MPS04, da questo studio, e valori finali adottati; spettri suggeriti



Alla luce di quanto detto precedentemente, occorre eseguire uno studio sismico ben definito e con le indagini geofisiche adatte a ricavare il Vs30 eq e definire così la categoria di sottosuolo presente.

Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, secondo la relazione:

$$V_{s, eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore h(strato) e dalla velocità delle onde S Vs(strato).

Per H si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

	REALIZZAZIONE PARCO EOLICO DI NULE E BENETUTTI <b>RELAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	 Ingegneria & Innovazione		
		09/07/2020	REV: 1	Pag.14

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  $V_{s30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

In questa fase progettuale, per la valutazione della categoria di sottosuolo, ci baseremo, anche in questo caso, su dati di letteratura pubblicati online, in condizioni litostratigrafiche simili.

Considerando che i litotipi presenti sono di tipo roccioso ci si aspetta un  $V_{s30eq}$  compreso tra 360 m/s e 800 m/s, considerando anche che i primi metri siano molto fratturati, in questa fase si può ipotizzare un suolo di **categoria B**:

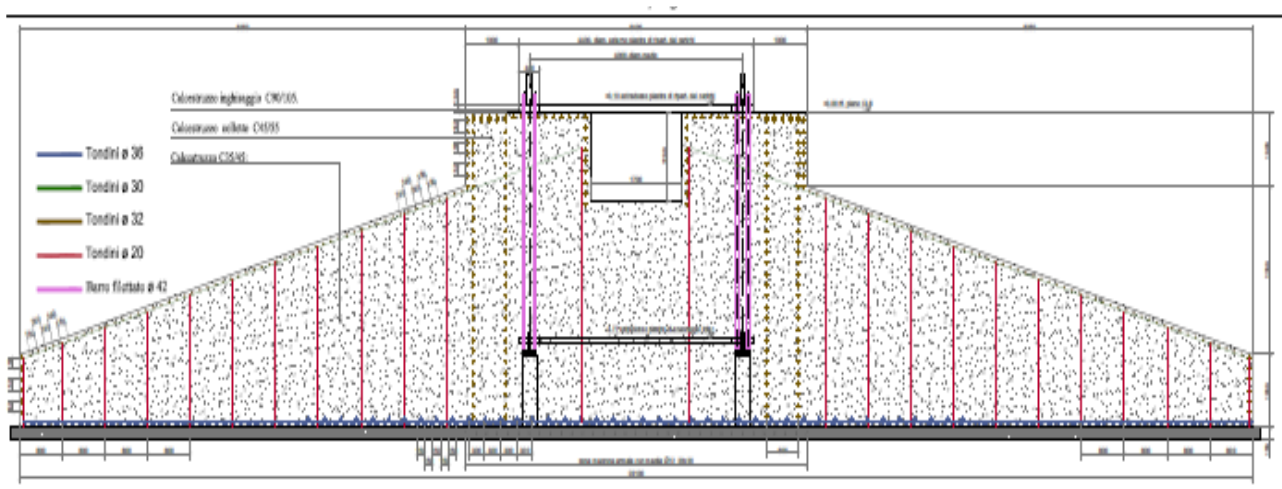
*” Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 e 800 m/s (ovvero  $N_{SPT,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina) ”.*

Queste valutazioni dovranno essere confermate in una fase successiva con una campagna sismica atta a definire al meglio il valore di  $V_{s30}$  misurato e le caratteristiche sismiche dell'area in esame.

## 7. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE

Nel presente progetto si prevede la realizzazione di opere di fondazioni del tipo diretto in relazione alla stratigrafia locale del terreno.

La fondazione diretta sarà costituita da un plinto circolare, avente diametro pari a 23,10 m ed un'altezza di 4,30 m.



I carichi agenti sulle opere di fondazione sono essenzialmente quelli scaricati dalle torri e la valutazione dei carichi e dei sovraccarichi sarà effettuata in accordo con le disposizioni del punto 3.1 del D.M. 2018.

Nella zona oggetto di studio, dai rilevamenti eseguiti, si è potuto constatare la natura dei vari litotipi è prettamente lapidea, per cui è stato eseguito lo studio dell'ammasso roccioso descritto di seguito.



**Fig. 8 – immagine di roccia in posto in cui sono ben evidenti le fratture dell’ammasso.**

### **7.1. Qualità dell’ammasso roccioso**

In generale tutta la zona, visualizzando le carte geologiche della Regione Sardegna, è caratterizzata da uno strato più o meno spesso di terreno agricolo, uno strato sottostante molto alterato dell’ordine di circa un metro, che verrebbe comunque asportato del tutto, ed uno strato molto fratturato ma che verrebbe indicato come bedrock per la posa delle fondazioni.

Nel campo della progettazione d’infrastrutture d’ingegneria civile, siano esse legate alla stabilità di un versante o alla stabilità di un’opera in sotterraneo, difficilmente si possono avere informazioni dettagliate sulle caratteristiche di resistenza e di deformabilità dell’ammasso roccioso interessato alla progettazione.



Per far fronte a ciò, è stato utilizzato uno schema che possa soddisfare e risolvere, secondo un metodo empirico, i problemi dovuti alla scarsa conoscenza o esperienza di una determinata area.

Il metodo utilizzato è la classificazione di Beniawsky, basata sul rilievo geostrutturale in campagna, di sei parametri:

A1 = resistenza a compressione uniassiale;

A2 = Rock Quality Designation Index (Indice RQD);

A3 = spaziatura delle discontinuità;

A4 = condizioni delle discontinuità;

A5 = condizioni idrauliche;

A6 = orientamento delle discontinuità.

Da questi sei parametri si ricava l'Rock Mass Rating (RMR, Beniawsky) che, nella pratica, viene differenziato come:

**RMR di base = RMR<sub>b</sub> = A1 + A2 + A3 + A4 + A5**

**RMR corretto = RMR<sub>c</sub> = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) + A6**

Tabella riepilogativa del rilievo strutturale, eseguito con applicativo Geostru sulle **vulcaniti plio-pleistoceniche**:

Resistenza a compressione uniassiale (Su) dallo STANDARD ISRM						
Si frattura solo dopo molti colpi di martello					Su (MPa)	100-200
					A1	12
RQD ottenuto dalla percentuale di recupero di una carota estratta da un sondaggio						
Numero medio di giunti per metro n					6	
Rock Quality Designation RQD (%)					87	
					A2	17
Spaziatura delle discontinuità						
Spaziatura delle discontinuità s (m)					0.60	
Valore derivato dalla spaziatura delle discontinuità					A3	10.55
Condizioni delle discontinuità						
Persistenza (continuità) del giunto			V1	m	1-3	
Apertura giunto			V2	mm	0.1-1 mm	
Rugosità del giunto			V3	rugosa		
Alterazione delle pareti			V4	non alterate		
Riempimento delle discontinuità			V5	Compatto > 5mm		
V1	V2	V3	V4	V5		
4	1	5	6	4	A4	20
Condizioni idrauliche						
Condizioni idrauliche su un fronte di 10 metri					umida	
					A5	10
Orientamento delle discontinuità						
Applicazione					Fondazioni	
Orientamento delle discontinuità					Favorevole	
					A6	-2

I risultati mediante uso del software sono i seguenti

Rock Mass Rating (Beniawsky)	
RMR base	70
RMR corretto	70
Coesione c (KPa)	350
Angolo di attrito $\phi$	40
Mod. di deformaz. E (GPa)	39
Classe	Seconda
Descrizione	Buono

Per una maggiore sicurezza saranno utilizzati i seguenti dati:

Facies di Orune			
$\gamma =$	<b>2,5-2.90</b>	<b>T/m<sup>3</sup></b>	<b>Peso di volume</b>
$\phi' =$	<b>36</b>	<b>°</b>	<b>(angolo di attrito)</b>
$C' =$	<b>0</b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>(coesione)</b>
<b>E =</b>	<b>11-133</b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>(modulo di deformazione)</b>

I dati descritti in questa relazione sono dati empirici, utili in questa fase a fornire informazioni sulle caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi attraversati.

Questi dati dovranno essere integrati, in fase successiva, da una campagna di indagini dirette ed indirette, atta a ricavare dalle indagini di laboratorio sui campioni prelevati, i dati geotecnici dei litotipi presenti.

Le verifiche strutturali e geotecniche delle fondazioni, saranno effettuate con l'Approccio 2 come definito al §2.6.1 del D.M. 2018, attraverso la combinazione A1+M1+R3.

Le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 definiti nella Tab. 6.2.I del D.M. 2018. I valori di resistenza del terreno sono stati ridotti tramite i coefficienti della colonna M1 definiti nella Tab. 6.2.II del D.M. 2018.

I valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per i coefficienti R3 della Tab. 6.4.I del D.M. 2018 per le fondazioni superficiali.

Si è quindi provveduto a progettare le armature di ogni elemento strutturale per ciascuno dei valori ottenuti secondo le modalità precedentemente illustrate.

Nella sezione relativa alle verifiche dei “Tabulati di calcolo” in allegato sono riportati, per brevità, i valori della sollecitazione relativi alla combinazione cui corrisponde il minimo valore del coefficiente di sicurezza.

## 8. PIANO DELLE INDAGINI SUCCESSIVA ALLA FASE PROGETTUALE IN ATTO

Per definire il modello geologico e geotecnico dell’area sul quale sorgeranno le turbine, secondo la normativa vigente, occorrono indagini mirate ed esaustive in un intorno utile a caratterizzare la zona.

La campagna geognostica ha lo scopo di:

- Ricostruire in 3D la successione stratigrafica per il Modello Geologico di Riferimento (MGR);
- ricostruire nell’ambito del Volume significativo, mediante parametrizzazione, l’assetto geotecnico per la definizione del Modello Geotecnico;
- ricostruire l’andamento della falda;
- effettuare la Modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base del sito di costruzione, per la determinazione delle azioni sismiche.



Per definire l’azione sismica di progetto si deve poi valutare l’effetto della risposta sismica locale (RSL), facendo riferimento al volume significativo sismico, ossia a quella porzione di sottosuolo compresa tra il piano campagna ed il basamento rigido da cui parte il moto sismico.

### Sondaggi geognostici:

È richiesto il numero minimo di un sondaggio per ogni turbina della profondità minima di 6 m, eseguiti "a rotazione, con carotaggio continuo" utilizzando un carotiere semplice o doppio, a seconda della natura del terreno.

Le carote dovranno essere riposte nelle apposite cassette catalogatrici, atte alla loro conservazione, ove saranno riportati, in modo indelebile, il numero del sondaggio e la profondità di riferimento.

Le cassette dovranno essere fotografate e le foto dovranno essere allegate nella relazione illustrativa finale a cura del geologo.

	<p>REALIZZAZIONE PARCO EOLICO DI NULE E BENETUTTI</p> <p><b>RELAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b></p>	 <p>Ingegneria &amp; Innovazione</p>		
		09/07/2020	REV: 1	Pag.21

I sondaggi dovranno essere ubicati sulle planimetrie e la stratigrafia del terreno attraversato, dovrà essere corredata da:

- elementi relativi ai campionamenti ed alle prove “in situ”;
- descrizione approssimata dei singoli strati;
- quota campioni prelevati;
- quota falda;
- RQD;
- percentuale di carotaggio;
- foto cassetta e ubicazione.

Per ognuno dei sondaggi previsti si dovranno prelevare almeno 2 campioni per poterli fare analizzare e ricavarne i dati geotecnici necessari.

#### Analisi di laboratorio:

I campioni, che si suppone siano tutti rimaneggiati o a disturbo limitato, saranno analizzati per restituire i parametri geotecnici necessari per il calcolo fondazionale.

Saranno quindi ricavati i seguenti dati:

- peso di volume;
- angolo di attrito;
- coesione;
- resistenza alla compressione monoassiale;
- modulo di young dinamico o di elasticità;
- modulo di young statico o di elasticità;

#### Indagini geofisiche:

L'influenza del profilo stratigrafico sulla RSL (risposta sismica locale) viene valutata con riferimento alle 7 categorie del profilo stratigrafico del sottosuolo di fondazione, definite dalle NTC di cui al D.M. 17-01-2018, in relazione alle caratteristiche geofisiche e geotecniche del sottosuolo.

In particolare, il parametro da considerare è rappresentato dalla velocità media equivalente ( $V_{s30}$ ) delle onde di taglio nei primi 30 metri di profondità a partire dal piano di imposta delle fondazioni.

Per cui dovranno essere eseguite:

- un'indagine down hole della profondità di 30 m da realizzare in uno dei sondaggi in corrispondenza della turbina
- indagini Masw da eseguire nelle aree dove sono evidenziate cambiamenti di litologia o condizioni geomorfologiche particolari.
- Indagine RSL (risposta sismica locale) per ognuna delle turbine in oggetto.

## 9. CONCLUSIONI

La presente relazione illustra le caratteristiche geotecniche e sismiche dell'area in esame, mettendo in evidenza tutti quegli aspetti necessari ad ottemperare alle NTC 2018 ed ottenere così, il modello geologico e geotecnico descritto dalla norma.

E'importante mettere in evidenza che i dati descritti sono dati ottenuti da letteratura geologica su litotipi più o meno simili pubblicati online.

Questi dati, sono utili per caratterizzare in linea generale l'area in fase di progetto definitivo, in una fase successiva dovrà essere sviluppata una campagna geognostica con sondaggi ed indagini geofisiche, per fare in modo di ottenere dati reali da fornire ai calcolisti per i calcoli strutturali delle turbine in progetto.