

# PARCO EOLICO "SAN GAVINO MONREALE"

PROGETTO DI UN IMPIANTO EOLICO DI POTENZA PARI A 48,0 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RICADENTI NEI COMUNI DI SAN GAVINO MONREALE (SU) E GUSPINI (SU).



## Proponente

**WIND ENERGY SAN GAVINO MONRELAE S.r.l.**

VIA CARAVAGGIO, 125 - 65125 PESCARA  
P.IVA: 02372150686



## Progettazione

**HE** **Hydro Engineering s.s.**  
di Damiano e Mariano Galbo  
via Rossotti, 39  
91011 Alcamo (TP) Italy



## Titolo Elaborato

### Il geologo

## RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE SISMICA E LITOTECNICA



LIVELLO PROGETTAZIONE	CODICE ELABORATO	FILENAME	FORMATO	SCALA
PROGETTO DEFINITIVO	SGM-PD-R012-RO RELAZIONE GEOLOGICA		A2X4	1:10.000

## Revisioni

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	07-2023	PRIMA EMISSIONE	CB	CB	CB

REGIONE SARDEGNA  
PROVINCIA DI SUD SARDEGNA  
COMUNE DI SAN GAVINO MONREALE

COMMITTENTE	TITOLO PROGETTO	IL GEOLOGO	PAG
	Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto eolico di potenza pari a 48 MWp e relative opere di connessione alla rete ricadente nei Comuni di San Gavino Monreale e Guspini Provincia Sud Sardegna (SU) - RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE SISMICA E LITOTECNICA -	Dott. Carlo Cibella	0 / 20

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>1</b>
<b>2. INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO .....</b>	<b>3</b>
<b>3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....</b>	<b>7</b>
<b>4. CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DELL'AREA .....</b>	<b>13</b>
4.1 Caratterizzazione sismica del sottosuolo .....	17
<b>5. CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA DEL SOTTOSUOLO .....</b>	<b>18</b>
<b>6. CONCLUSIONI.....</b>	<b>20</b>

COMMITTENTE	TITOLO PROGETTO	IL GEOLOGO	PAG
	Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto eolico di potenza pari a 48 MWp e relative opere di connessione alla rete ricadente nei Comuni di San Gavino Monreale e Guspini Provincia Sud Sardegna (SU) -RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE SISMICA E LITOTECNICA --	Dott. Carlo Cibella	1 / 20

## 1. PREMESSA

La presente relazione è stata redatta dietro incarico ricevuto dalla Hydro Engineering, nella persona dell'Ing. M. Galbo, in nome e per conto di WIND ENERGY SAN GAVINO MONREALE S.R.L. con sede in Via Caravaggio 125 – 65125 Pescara – P-Iva 02372150686.

L'incarico contempla la redazione dello studio geologico relativo al progetto definitivo per la realizzazione dell'impianto eolico denominato "San Gavino Monreale" composto da 8 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 6,0 MW, per una potenza complessiva di 48 MW, ubicato nel comune di San Gavino Monreale e nel Comune di Guspini per le sole opere di connessione alla rete, Provincia di Sud Sardegna.

Il modello tipo di aerogeneratore scelto avrà potenza nominale di 6,0 MW con altezza mozzo pari a 115,0 m, diametro rotore pari a 170 m e altezza massima al top della pala pari a 200 m. Questa tipologia di aerogeneratore è allo stato attuale quella ritenuta più idonea per il sito di progetto dell'impianto.

Le aree interessate dal posizionamento degli aerogeneratori ricadono nelle contrade Terra Niedda (WTG01 e WTG08), Funtana Cabora (WTG02), Milanu Arau (WTG03 e WTG07), San Pontixeddus (WTG04), Gora Freilis (WTG05 e WTG06).

Oltre che degli aerogeneratori, il progetto si compone dei seguenti elementi:

- un elettrodotto interrato con cavi a 36 kV, di collegamento tra gli aerogeneratori;
- un edificio di consegna;
- nuova stazione Elettrica di Terna di trasformazione della RTN a 220/150/36 kV "Guspini" da inserire in entra – esce alla linea RTN 220 kV "Sulcis - Oristano" (progetto in capo ad un altro proponente).

Si precisa che la progettazione della futura stazione elettrica di trasformazione di Terna 220/150/36 kV "Guspini 36" e che interessa il Comune di Guspini (SU), sono oggetto di procedimento autorizzativo che fa capo ad un altro proponente definito "Capofila", che ha partecipato alle attività di coordinamento organizzate da Terna spa.

Nell'ambito del progetto lo studio è stato articolato tramite l'esecuzione di tutti i rilievi necessari per:

- determinare la costituzione geologica delle due aree interessate dal progetto;
- individuare le caratteristiche stratigrafiche dei terreni dei siti interessati dal progetto;

COMMITTENTE	TITOLO PROGETTO	IL GEOLOGO	PAG
	Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto eolico di potenza pari a 48 MWp e relative opere di connessione alla rete ricadente nei Comuni di San Gavino Monreale e Guspini Provincia Sud Sardegna (SU) -RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE SISMICA E LITOTECNICA --	Dott. Carlo Cibella	2 / 20

- descrivere le caratteristiche tecniche di massima dei vari terreni con particolare interesse per quelle che più incidono in questo di progetto (composizione mineralogica, coesione, angolo d'attrito, peso dell'unità di volume, peso specifico, granulometria, etc.);
- individuare in generale le categorie del suolo di fondazione ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, ai sensi della normativa vigente (D.M. del 17/01/18 e ss.mm.ii).

Il lavoro è stato condotto essenzialmente mediante ricognizioni di superficie e dall'analisi diretta dei terreni presenti nelle vicinanze attraverso la visione di tagli artificiali e tramite l'acquisizione delle indagini eseguite in area limitrofa nell'ambito di altri lavori.

Scopo dello studio è stato quello di verificare l'assetto geologico-strutturale dell'area in esame, accertando in particolare se nel sito in progetto esistono caratteristiche geologiche tali da garantire la stabilità delle opere previste in progetto, in relazione alle tensioni indotte sul terreno dalle opere che si andranno a realizzare.

La caratterizzazione litotecnica del sottosuolo è stata dedotta tramite dati forniti dalla letteratura geotecnica integrati con risultati di prove di laboratorio effettuate nell'area nell'ambito di altri progetti.

La categoria sismica del terreno, ai sensi del D.M.17/01/2018, è stata dedotta - in forma preliminare - da indagini sismiche tipo Masw effettuate nell'area nell'ambito di altri progetti.

Con i dati in nostro possesso abbiamo redatto la presente relazione geologica in ossequio a:

- “Norme Tecniche per le Costruzioni” ai sensi del DM 17.01.2018 e ss.mm.ii.
- Carta Geologica ISPRA 547 Villacidro in scala 1:50.000.

Sulla scorta dei dati acquisiti, sono stati prodotti i seguenti elaborati che costituiscono parte integrante del presente studio:

- Corografia in scala 1: 25.000
- Inquadramento dell'area su ortofoto.
- Inquadramento dell'area su CTR
- Carta geologica, in scala 1:10.000,
- Sezione geologica.

COMMITTENTE	TITOLO PROGETTO	IL GEOLOGO	PAG
	Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto eolico di potenza pari a 48 MWp e relative opere di connessione alla rete ricadente nei Comuni di San Gavino Monreale e Guspini Provincia Sud Sardegna (SU) -RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE SISMICA E LITOTECNICA --	Dott. Carlo Cibella	3 / 20

## 2. INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

Le aree interessate dal posizionamento degli aerogeneratori in numero di otto ricadono nelle contrade Terra Niedda (WTG01 e WTG08), Funtana Cabora (WTG02), Milanu Arau (WTG03 e WTG07), San Pontixeddus (WTG04), Gora Freilis (WTG05 e WTG06).

Di seguito cartografie e fogli di mappa catastali interessati dalle opere: IGM 25 K:

- 547\_IV\_San Gavino Monreale
- 546\_I\_Guspini

CTRN 10K:

- 546040 – 547010 – 547020 – 546080 – 547050 – 547060

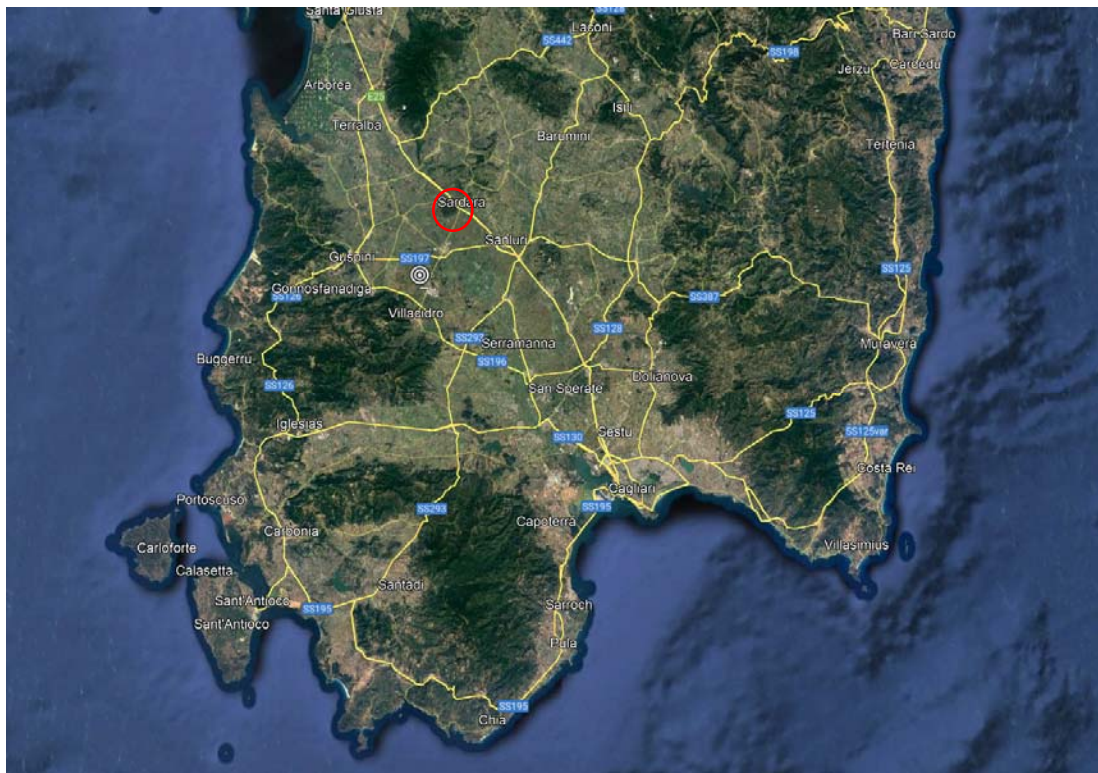
Di seguito le coordinate assolute nel sistema UTM 32 WGS84 degli aerogeneratori:

NOME	EST	NORD	Riferimenti catastali
WTG01	478416,31	4376027,77	San Gavino Monreale Foglio 52, p.lla: 77
WTG02	478292,29	4375353,45	San Gavino Monreale Foglio 51, p.lla: 132
WTG03	478013,95	4374770,32	San Gavino Monreale Foglio 51, p.lla: 102
WTG04	477317,71	4374062,74	San Gavino Monreale Foglio 60, p.lle: 126, 123
WTG05	477431,49	4373456,40	San Gavino Monreale Foglio 60, p.lla: 39
WTG06	478533,47	4373383,31	San Gavino Monreale Foglio 68, p.lla: 46
WTG07	477397,59	4374589,63	San Gavino Monreale Foglio 69, p.lla: 67
WTG08	478910,60	4376354,85	San Gavino Monreale Foglio 52, p.lla: 62

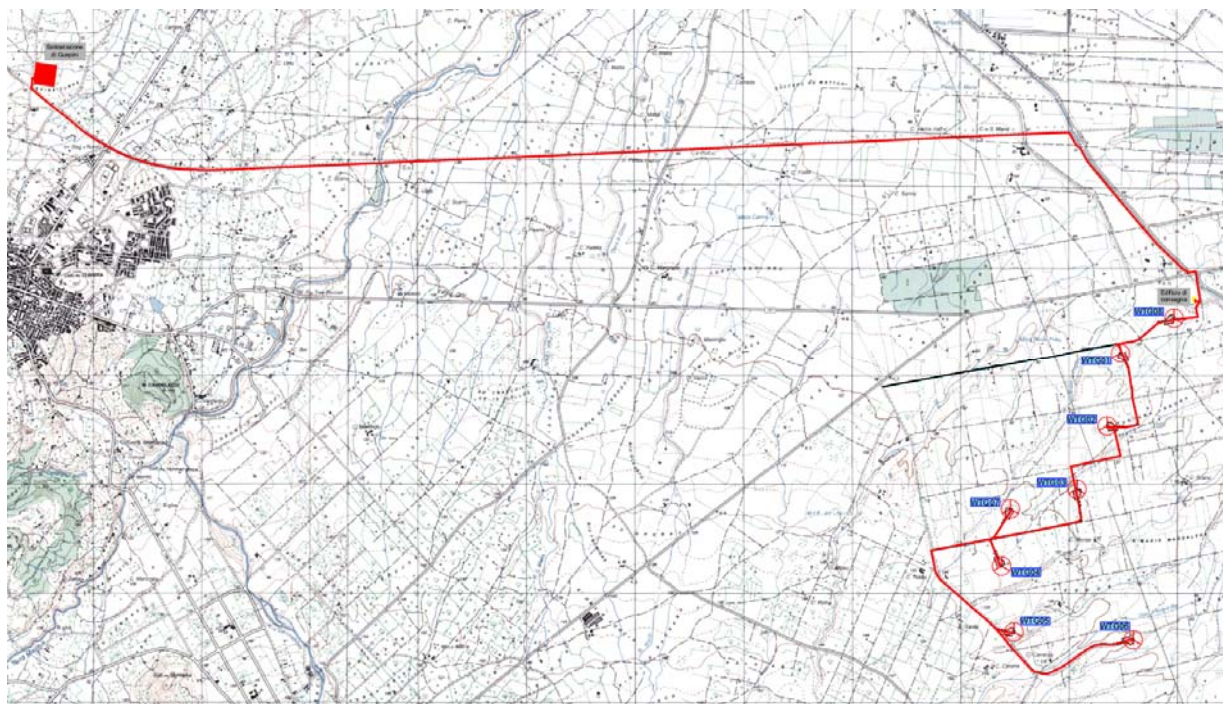


COMMITTENTE	TITOLO PROGETTO	IL GEOLOGO	PAG
	Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto eolico di potenza pari a 48 MWp e relative opere di connessione alla rete ricadente nei Comuni di San Gavino Monreale e Guspini Provincia Sud Sardegna (SU) -RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE SISMICA E LITOTECNICA --	Dott. Carlo Cibella	4 / 20

### UBICAZIONE AREA DI IMPIANTO



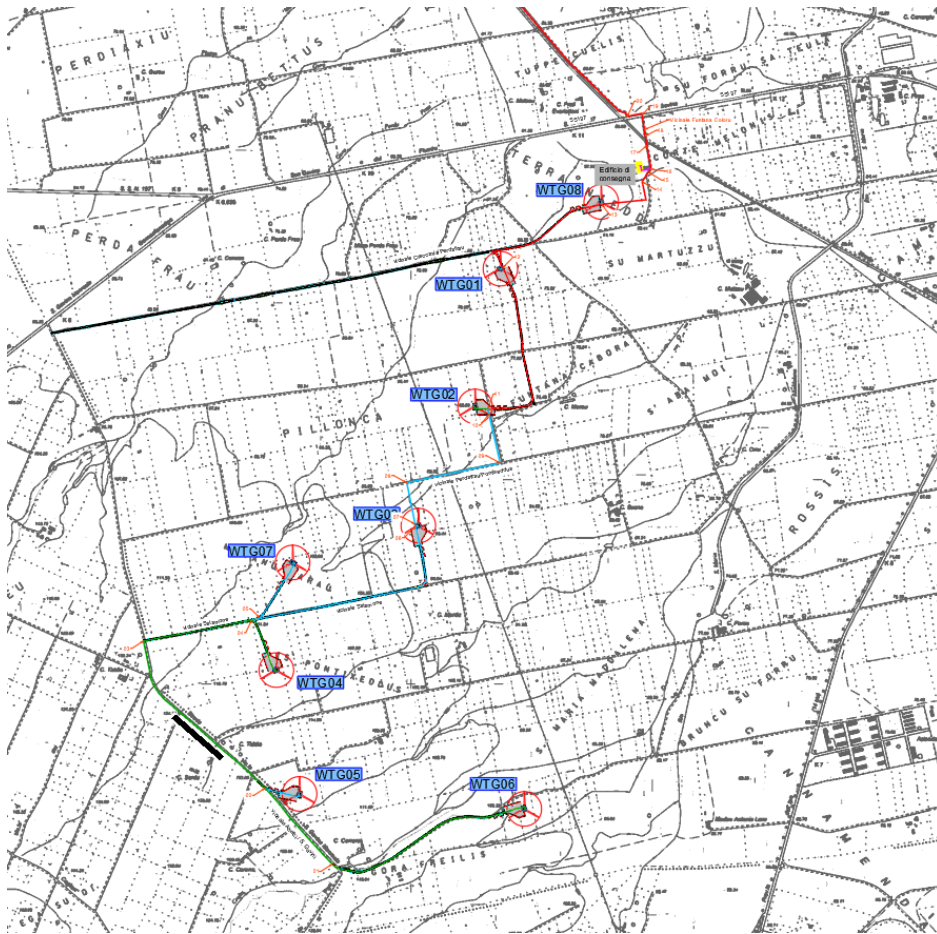
Inquadramento impianto su immagine satellitare



Inquadramento impianto su IGM 1:25.000



COMMITTENTE	TITOLO PROGETTO	IL GEOLOGO	PAG
	Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto eolico di potenza pari a 48 MWp e relative opere di connessione alla rete ricadente nei Comuni di San Gavino Monreale e Guspini Provincia Sud Sardegna (SU) -RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE SISMICA E LITOTECNICA --	Dott. Carlo Cibella	5 / 20




Inquadramento impianto su CTR scala 1: 10.000



Inquadramento impianto su ortofoto



COMMITTENTE	TITOLO PROGETTO	IL GEOLOGO	PAG
	Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto eolico di potenza pari a 48 MWp e relative opere di connessione alla rete ricadente nei Comuni di San Gavino Monreale e Guspini Provincia Sud Sardegna (SU) -RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE SISMICA E LITOTECNICA --	Dott. Carlo Cibella	6 / 20



Inquadramento impianto su ortofoto



COMMITTENTE	TITOLO PROGETTO	IL GEOLOGO	PAG
	Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto eolico di potenza pari a 48 MWp e relative opere di connessione alla rete ricadente nei Comuni di San Gavino Monreale e Guspini Provincia Sud Sardegna (SU) --RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE SISMICA E LITOTECNICA --	Dott. Carlo Cibella	7 / 20

### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area interessata, situata tra l'abitato di Guspini (ad ovest) e quello di San Gavino Monreale (ad est), è situato alle pendici del complesso Paleozoico che si erge nettamente rispetto alla vasta pianura del Campidano che collega il Golfo di Oristano e il Golfo di Cagliari con direzione NNW-SSE, pertanto è posizionato al bordo occidentale del Graben del Campidano, importante struttura tettonica a carattere regionale formatasi durante una fase distensiva che ha portato al ribassamento della porzione centrale rispetto ai pilastri tettonici, horst, costituiti dal basamento Paleozoico sia a Ovest che a Est della pianura appena menzionata.

I complessi geologici che si possono rinvenire in prossimità dell'area interessata dal progetto sono, a partire dal più antico al più recente:

- Formazione dell'Arburese risalente al Cambriano - Ordoviciano;
- Complesso granitoide dell'Arburese del ciclo Carbonifero - Permiano;
- Complesso Triassico con depositi carbonatici di piattaforma;
- Complesso Vulcanico Oligo – Miocenico;
- Basalti Pliocenici;
- Depositi alluvionali Plio – Pleistocenici.

Durante il Paleozoico, la Sardegna non aveva la conformazione geografica attuale in quanto era ancora appartenente al dominio europeo essendo collegata alla penisola iberica.

Le litologie meglio identificate come Formazione dell'Arburese sono state datate al Cambriano medio – Ordoviciano inferiore in seguito alla fauna riscontrata in cui è stata osservata la presenza di Acritarchi.

La base di questa Formazione, coeva a quella delle Arenarie di San Vito, non è osservabile in rilievo, per cui è difficile osservare in affioramento lo spessore relativo.

Da un punto di vista prettamente litologico si tratta di alternanze di sedimenti quali limi, argille e arenarie che sono state oggetto di un metamorfismo regionale di basso grado, noto come anchimetamorfismo, caratteristico della zona a falde esterne, posizionata nella Sardegna sud-occidentale.

Pertanto, in seguito ai fenomeni di metamorfismo termico e alle spinte avvenute durante la fase ercinica è possibile osservare in affioramento varie strutture metamorfiche quali piani di scistosità. Le differenze tra le componenti fini e le componenti più arenacee sono spesso distinguibili per via della colorazione e della spaziatura tra i giunti di scistosità, in quanto in presenza di matrice più fine la distanza tra i giunti è inferiore rispetto ai termini più grossolani.

COMMITTENTE	TITOLO PROGETTO	IL GEOLOGO	PAG
	Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto eolico di potenza pari a 48 MWp e relative opere di connessione alla rete ricadente nei Comuni di San Gavino Monreale e Guspini Provincia Sud Sardegna (SU) -RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE SISMICA E LITOTECNICA --	Dott. Carlo Cibella	8 / 20

L'ambiente di deposizione di questi sedimenti è da attribuire ad una piattaforma terrigena in facies torbidity.

La successione è costituita da metarenarie micacee, quarziti e, più raramente, metarenarie feldspatiche e metagrovacche, di colore variabile dal grigio-verdastro al grigio scuro. Queste metareniti formano regolari alternanze, da centimetriche a metriche, con metasiltiti e metapeliti grigio-verdastre e nere. Per aumento di spessore degli intervalli arenitici, si passa localmente a metarenarie e quarziti con sottili intercalazioni filladiche scure.

Le metarenarie sono generalmente ben selezionate, ricche di miche detritiche e con scarsa matrice cloritico - sericitica. Quarzo, feldspati e muscovite sono i componenti fondamentali, mentre subordinati sono tormalina, epidoti ed ossidi. Le quarziti grossolane grigio-chiare, massive e in spesse bancate, sono associate a metaconglomerati minuti, più raramente grossolani, in livelli di pochi metri di spessore ed in lenti, costituiti prevalentemente da clasti di quarzo e di originarie quarzo-areniti e arenarie. La potenza di questa formazione non è valutabile in modo preciso ma è certamente stimabile in diverse centinaia di metri. Per quanto concerne le giaciture esse non sono omogenee. Nella fascia continua ai granitoidi si rinvengono facies metamorfiche di contatto, talora con cordierite e andalusite.

Il basamento Paleozoico cristallino è composto dall'intrusione granodioritica e leucogranitica a grana media che affiora in corrispondenza del rilievo del Monte Furone Mannu ad Ovest dell'abitato di Guspini. Tale blocco fa parte del batolite sardo-corso intrusosi durante il Carbonifero-Permiano, che affiora in seguito ai fenomeni erosivi che hanno smantellato le coperture soprastanti nel corso delle ere geologiche. L'intrusione arburese è caratterizzata rispetto al resto dei graniti e granitoidi diffusi vastamente nel territorio regionale dalla presenza di cordierite, con uno spiccato carattere peralluminoso. Il limite orientale di questo complesso intrusivo è bordato dalla direttrice tettonica occidentale del Graben del Campidano, impostatosi sulla precedente Fossa Sarda. Tali direttrici vengono individuate come delle faglie normali che vedono il basamento come blocco di letto (foot wall) rispetto al quale il blocco di tetto (hanging wall) è stato ribassato in seguito a fenomeni distensivi che hanno portato all'apertura del Graben. Questa tipologia di faglie è da attribuire ad una tettonica di tipo distensivo e divergente e presentano un'inclinazione elevata che si aggira intorno ai 60°. Ambienti tipici di queste strutture regionali sono presenti in aree di rift.

L'età di questa formazione varia dai 305 ai 298 Ma circa ed è attribuibile al Carbonifero superiore - Permiano.

Nelle Granodioriti inequigranulari la grana è da media a medio-fine e il carattere inequigranulare della tessitura è determinato dalla presenza di fenocristalli di K-feldspato pluricen-

COMMITTENTE	TITOLO PROGETTO	IL GEOLOGO	PAG
	Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto eolico di potenza pari a 48 MWp e relative opere di connessione alla rete ricadente nei Comuni di San Gavino Monreale e Guspini Provincia Sud Sardegna (SU) -RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE SISMICA E LITOTECNICA --	Dott. Carlo Cibella	9 / 20

timetrici la cui distribuzione è disomogenea a scala dell'affioramento. Anche qui la fluidità magmatica è ben marcata dall'isorientazione della biotite e del K-feldspato oltre che dai numerosi inclusi femici. Tra le fasi femiche si osserva sporadicamente anfibolo verde, mentre la biotite presenta proporzioni modali tra il 15 e 20%.

Spesso questi graniti si presentano alterati con un grado di arenizzazione elevato in seguito a fenomeni di alterazione chimica (idrolisi dei silicati) e successiva erosione differenziale.

Il complesso granodioritico è spesso intersecato da filoni idrotermali a chimismo acido, ricchi in quarzo, del ciclo magmatico del Carbonifero – Permiano. Tali filoni spesso si presentano arricchiti in minerali ricchi di metalli pesanti.

Ad Est dell'abitato di Guspini, ai piedi del rilievo vulcanico di Cuccuru Zeppara affiorano litologie risalenti al Triassico: si tratta di depositi carbonatici di piattaforma circalitorale e transizionale, con presenza di calcari dolomitici, dolomie arenacee con intercalazioni gessose con buona presenza di contenuto fossilifero.

Questi depositi sedimentari sono stati datati al Triassico medio in base al contenuto fossilifero riscontrato, in associazione con altri affioramenti disseminati nel territorio regionale. All'affioramento presentano una colorazione da grigio a giallo-nocciola. I loro affioramenti sono appunto limitati e presentano stratificazioni decimetriche immergenti verso NW con inclinazioni inferiori ai 10°.

Circa un terzo dell'Isola è coperto da sedimenti e vulcaniti del Carbonifero superiore-Permiano, del Mesozoico e del Terziario. Le formazioni più rappresentate sono di età miocenica, esse infatti affiorano con continuità dal Golfo di Cagliari a quello di Sassari e rappresentano da sole oltre la metà degli affioramenti delle coperture post-erciniche. Complessivamente le coperture non metamorfiche hanno una potenza di circa 6000 m; i maggiori spessori sono raggiunti nella "Fossa sarda" (VARDABASSO, 1962) o "Rift Sardo" (CHERCHI & MONTADERT, 1982), una serie di bacini sedimentari terziari che interessano una fascia meridiana tra il Golfo di Cagliari e quello di Sassari, e nel graben plio-pleistocenico del Campidano, che congiunge i golfi di Cagliari e di Oristano.

Dopo la sua evoluzione ercinica la Sardegna, benchè al di fuori dalla zona orogenica alpina, si è trovata ai margini di due cinture orogeniche: i Pirenei e gli Appennini. Successivamente essa è stata delimitata, prima ad Ovest e poi ad Est, da due episodi di rifting ad evoluzione oceanica: l'apertura del Bacino balearico nel Burdigaliano e l'apertura del Tirreno centro-meridionale nel Miocene superiore-Pliocene. L'evoluzione post-ercinica della Sardegna è sempre stata interpretata come quella di un cratone sostanzialmente stabile, oggetto a periodi-



COMMITTENTE	TITOLO PROGETTO	IL GEOLOGO	PAG
	Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto eolico di potenza pari a 48 MWp e relative opere di connessione alla rete ricadente nei Comuni di San Gavino Monreale e Guspini Provincia Sud Sardegna (SU) -RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE SISMICA E LITOTECNICA --	Dott. Carlo Cibella	10 / 20

che trasgressioni e regressioni senza implicazioni negli eventi collisionali che hanno interessato tutte le aree limitrofe durante il Ciclo alpino.

A contatto con i depositi triassici è possibile osservare affioramenti di lave andesitiche del primo ciclo oligo-miocenico. Il vulcanismo Oligo-Miocenico sardo rappresenta uno degli eventi geologici terziari più importanti del Mediterraneo occidentale. L'importanza di questo ciclo vulcanico è testimoniata dalla grande estensione degli affioramenti e dai cospicui spessori delle successioni vulcaniche che raggiungono parecchie centinaia di metri.

Si tratta di un'associazione di prodotti con affinità calcalcalina e subordinatamente tholeiitica e calcalcalina alta in potassio, rappresentata da serie vulcaniche da basaltico-andesitiche a dacitiche, spesso in colate laviche e cupole di ristagno, e da serie da dacitiche a riolitiche, principalmente in espandimenti ignimbrici. Alcuni studi petrografici e geochimici dei prodotti vulcanici della Sardegna indicano una genesi dei magmi per fusione parziale di rocce originarie del mantello lungo zone di subduzione oceanica (COULON, 1977). Tali prodotti andesitici, assieme a quelli più differenziati, sarebbero l'evoluzione di un magma primario per frazionamento a deboli pressioni, in camere magmatiche situate a circa 15-20 Km di profondità e con possibili contaminazioni crostali.

Si tratta di litologie appartenenti al complesso vulcanico della catena del Monte Arcuentu.

Il rilievo di Cuccuru Zeppara è invece caratterizzato dall'affioramento di basalti Plio-Pleistocenici con composizione da basaltico alcalina a transizionale. Tale affioramento risulta caratteristico per la fessurazione di tipo colonnare generatasi in seguito al raffreddamento della lava conferendo una tipica conformazione a canne d'organo osservabile nel versante occidentale del rilievo in seguito all'abbandono di una cava che estraeva blocchi basaltici per le costruzioni, con tipica sezione esagonale per quanto concerne le colonne.

L'età di questo rilievo è di circa 2 – 5 milioni di anni.

Le ultime litologie presenti nell'area risultano i depositi del Quaternario caratterizzati dall'alternanza di conglomerati, sabbie, arenarie e depositi di ambienti costieri e litorali costituenti la "Panchina Tirreniana". In prossimità dei rilievi è inoltre possibile riscontrare dei depositi di versanti che rispecchiano le litologie più a monte con clasti più o meno arrotondati in seguito ai fenomeni di alterazione ed erosione dovute all'esposizione ai fenomeni esogeni e al trasporto.

I depositi pilo-quaternari, costituiti da un'alternanza di sedimenti conglomeratici, sabbiosi e argillosi di ambiente fluvio-palustre, sono caratterizzati da due diversi tipi di alluvioni. Le prime chiamate anche "Alluvioni Terrazzate" (AT), sono costituite da ciottoli del basamento

COMMITTENTE	TITOLO PROGETTO	IL GEOLOGO	PAG
	Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto eolico di potenza pari a 48 MWp e relative opere di connessione alla rete ricadente nei Comuni di San Gavino Monreale e Guspini Provincia Sud Sardegna (SU) -RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE SISMICA E LITOTECNICA --	Dott. Carlo Cibella	11 / 20

paleozoico, si presentano talora argillificate e pseudostratificate; appartengono al “Primo Grande Alluvionamento” che è avvenuto prima della messa in posto dei basalti plio-quadernari, affioranti tra Pabillonis e Guspini. Tali depositi presentano la caratteristica di possedere un basso grado di permeabilità. Le seconde, denominate “Alluvioni Sciolte” (AS) sono costituite da rocce del basamento paleozoico, ma si differenziano dalle prime, oltre che per la minore coesione, per la presenza di clasti di natura basaltica. Tali alluvioni possono essere ritenute permeabili.

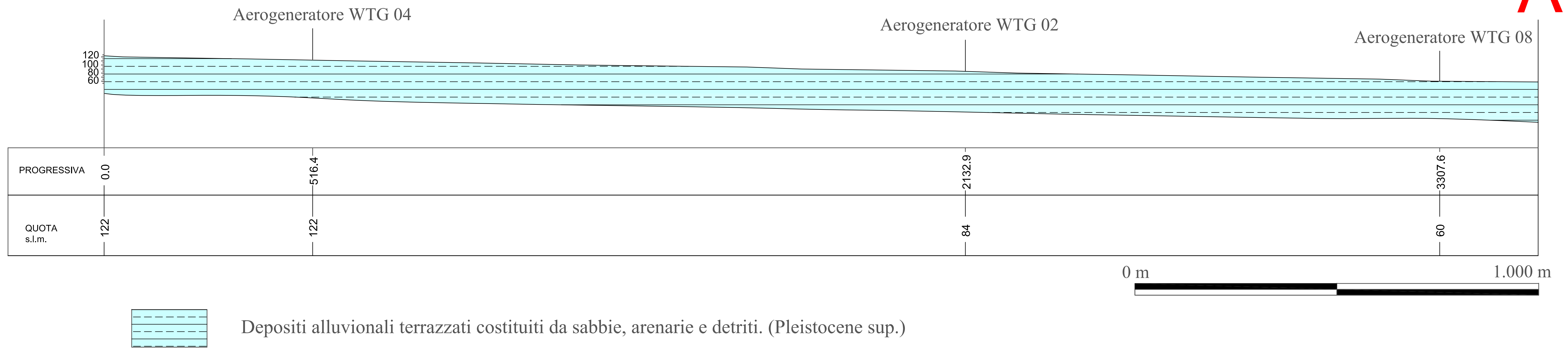
In particolare, nel sito interessato dal parco eolico, si rinvencono depositi alluvionali del Pleistocene superiore noti in letteratura come Sintema di Portovesme Subsintema di Portoscuso, costituiti da prevalenti elementi di metamorfiti del basamento paleozoico e magmatiti erciniche, sabbie e ghiaie con elementi lapidei eterometrici da spigolosi a sub-arrotondati in matrice lino-argillosa rossastra

Per maggiori dettagli si rimanda alla carta geologica allegata Tav. 1. ed alla sezione stratigrafica allegata nella pagina successiva.

# Sezione stratigrafica A-A'

A

A'





COMMITTENTE	TITOLO PROGETTO	IL GEOLOGO	PAG
	Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto eolico di potenza pari a 48 MWp e relative opere di connessione alla rete ricadente nei Comuni di San Gavino Monreale e Guspini Provincia Sud Sardegna (SU) - RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE SISMICA E LITOTECNICA -	Dott. Carlo Cibella	13 / 20

#### 4. CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITA' DELL'AREA E VALUTAZIONI SUL RISCHIO SISMICO

Per ridurre gli effetti del terremoto, l'azione dello Stato si è concentrata sulla classificazione del territorio, in base all'intensità e frequenza dei terremoti del passato, e sull'applicazione di speciali norme per le costruzioni nelle zone classificate sismiche.

La legislazione antisismica italiana, allineata alle più moderne normative a livello internazionale prescrive norme tecniche in base alle quali un edificio debba sopportare senza gravi danni i terremoti meno forti e senza crollare i terremoti più forti, salvaguardando prima di tutto le vite umane. Sino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. I Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102, che corrispondono al 45% della superficie del territorio nazionale, nel quale risiede il 40% della popolazione.

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.

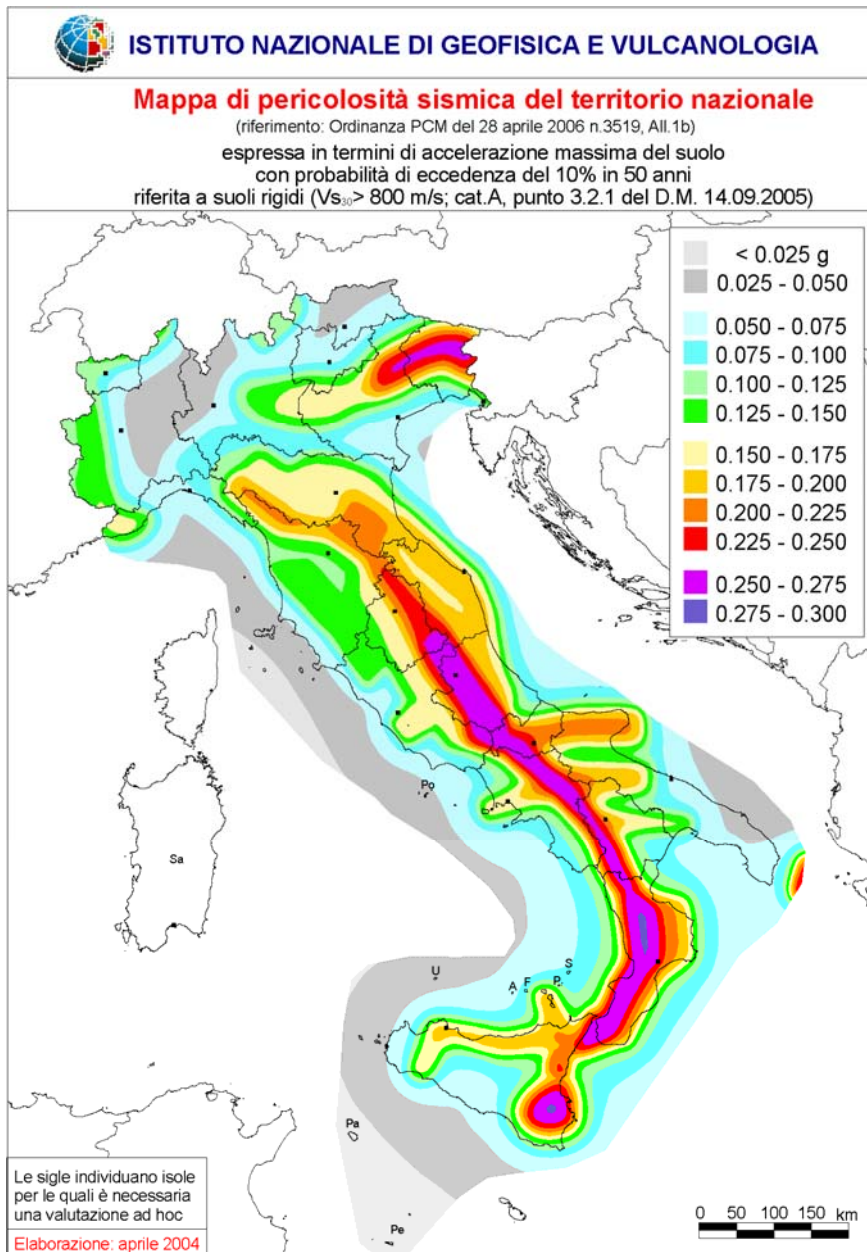
Il provvedimento detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 - "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"), hanno 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.

In virtù della normativa vigente (Definizione dei terreni secondo l'Ordinanza 3519/06 – Categoria sismica), il territorio nazionale è suddiviso, sotto il profilo sismico, in quattro diverse categorie alle quali è associata un'accelerazione orizzontale massima:

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

COMMITTENTE	TITOLO PROGETTO	IL GEOLOGO	PAG
	Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto eolico di potenza pari a 48 MWp e relative opere di connessione alla rete ricadente nei Comuni di San Gavino Monreale e Guspini Provincia Sud Sardegna (SU) -RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE SISMICA E LITOTECNICA-	Dott. Carlo Cibella	14 / 20

### Suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido



Secondo il predetto O.P.C.M., il territorio del Comune di Trapani viene classificato come “Zona 2”, a cui corrisponde un valore dell'accelerazione orizzontale di picco “ag” compreso tra 0,15 e 0,25 g.

Le attuali Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 17/01/2018) hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona – e quindi territorio comunale – precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco

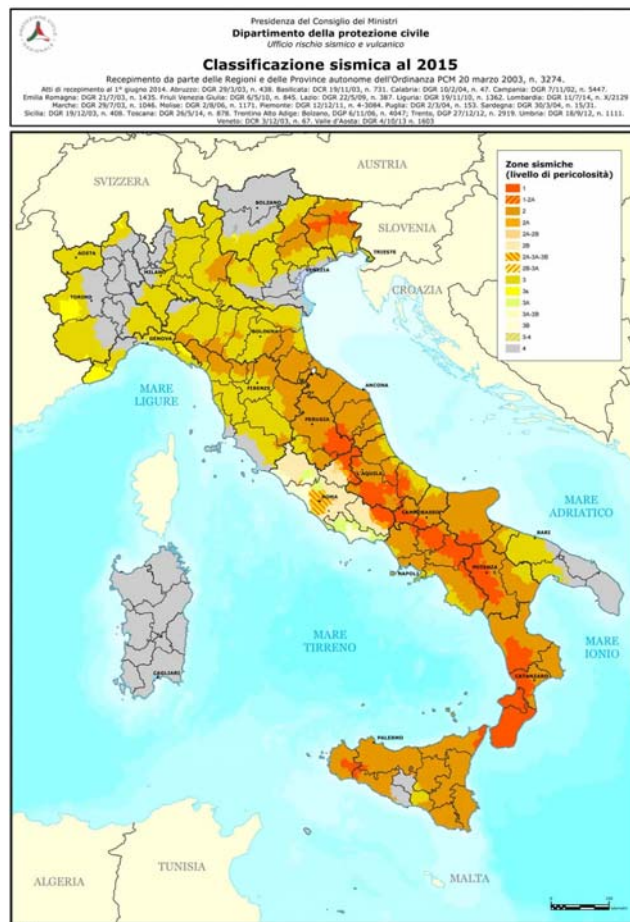
e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

Dal Gennaio 2018, con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento “propria” individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

COMMITTENTE	TITOLO PROGETTO	IL GEOLOGO	PAG
	Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto eolico di potenza pari a 48 MWp e relative opere di connessione alla rete ricadente nei Comuni di San Gavino Monreale e Guspini Provincia Sud Sardegna (SU) -RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE SISMICA E LITOTECNICA-	Dott. Carlo Cibella	15 / 20

La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti

(Regione, Genio civile, ecc.).



Il territorio comunale di Cagliari, come per tutta la regione, è incluso nell'elenco delle zone sismiche 4, con un valore di accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag) minore o uguale a 0.05. E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.

Negli ultimi decenni non sono stati pochi i terremoti di energia non esattamente trascurabile localizzati in Sardegna oppure a poche decine di chilometri dalle sue coste con epicentro in mare. Il 18 giugno 1970, ad esempio, un terremoto di magnitudo Mw 4.8 localizzato nel Mare

di Sardegna, alcune decine di chilometri a nord-ovest di Porto Torres, viene avvertito distintamente anche lungo le coste Liguri e in Costa Azzurra. Sette anni più tardi, il 28 agosto 1977, è la volta di un terremoto di magnitudo Mw 5.4 localizzato in mare, un centinaio di km a sud-ovest di Carloforte. Anche se la distanza è considerevole, la scossa viene avvertita in modo molto sensibile in tutta la Sardegna meridionale e provoca panico a Cagliari. Più di recente, il 26 aprile 2000, due forti scosse (la maggiore di magnitudo Mw 4.8) localizzate nel Tirreno centrale, poche decine di km a est di Olbia sono avvertite in gran parte dell'isola suscitando spavento lungo la costa nord orientale, in particolare a Olbia e Posada e il 24 Marzo 2006 a Capo Teulada con magnitudo 4.03.

Sono noti anche che, tra i terremoti storicamente più antichi, quello del 4 giugno 1616 determinò danneggiamenti vari a edifici della Cagliari di allora e ad alcune torri costiere attorno a Villasimius. Altri terremoti degni di nota (oltre ai primi registrati dall'Istituto Nazionale di Geofisica negli anni 1838 e 1870 rispettivamente del VI e V grado della scala Mercalli e successivamente il 17 Agosto 1771, sempre nella stessa area di 4.3°. Risalgono al 1948 (epicentro nel Canale di Sardegna, verso la Tunisia, VI grado della scala Mercalli) e al 1960 (V grado



COMMITTENTE	TITOLO PROGETTO	IL GEOLOGO	PAG
	Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto eolico di potenza pari a 48 MWp e relative opere di connessione alla rete ricadente nei Comuni di San Gavino Monreale e Guspini Provincia Sud Sardegna (SU) - RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE SISMICA E LITOTECNICA -	Dott. Carlo Cibella	16 / 20

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

E' opportuno soffermarsi su alcuni aspetti di carattere generale utili all'inquadramento del "problema sismico".

La propagazione delle onde sismiche verso la superficie è influenzata dalla deformabilità dei terreni attraversati. Per tale ragione gli accelerogrammi registrati sui terreni di superficie possono differire notevolmente da quelli registrati al tetto della formazione di base, convenzionalmente definita come substrato, nel quale le onde di taglio, che rappresentano la principale causa di trasmissione degli effetti delle azioni sismiche verso la superficie, si propagano con velocità maggiori o uguali a 800 m/sec.

Si può osservare in generale che nel caso in cui la "formazione di base" sia ricoperta da materiali poco deformabili e approssimativamente omogenei (es. calcari e calcareniti) gli accelerogrammi che si registrano al tetto della formazione di base non differiscono notevolmente da quelli registrati in superficie: inoltre in tale caso lo spessore dei terreni superficiali non influenza significativamente la risposta dinamica locale.

Nel caso in cui la formazione di base è ricoperta da materiali deformabili, gli accelerogrammi registrati sulla formazione in superficie possono differire notevolmente, in particolare le caratteristiche delle onde sismiche vengono modificate in misura maggiore all'aumentare della deformabilità dei terreni.

La trasmissione di energia dal bed rock verso la superficie subisce trasformazioni tanto più accentuate quanto più deformabili sono i terreni attraversati; all'aumentare della deformabilità alle alte frequenze di propagazione corrispondono livelli di energia più bassi e viceversa a frequenze più basse corrispondono livelli di energia più alti.

Il valore del periodo corrispondente alla massima accelerazione cresce quanto la rigidità dei terreni diminuisce; nel caso di rocce sciolte tale valore aumenta anche all'aumentare della potenza dello strato di terreno.

**In particolare l'esame della risposta sismica locale consente di affermare che nell'area interessata dal progetto, di cui al presente studio, si può escludere "la presenza di aree soggette a fenomeni di liquefazione".**

In definitiva si osserva che l'area strettamente oggetto di interventi risulta sismicamente stabile in relazione alle caratteristiche geomorfologiche, litologiche, stratigrafiche e sismiche.

COMMITTENTE	TITOLO PROGETTO	IL GEOLOGO	PAG
	Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto eolico di potenza pari a 48 MWp e relative opere di connessione alla rete ricadente nei Comuni di San Gavino Monreale e Guspini Provincia Sud Sardegna (SU) -RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE SISMICA E LITOTECNICA-	Dott. Carlo Cibella	17 / 20

#### 4.1 Caratterizzazione sismica del sottosuolo

Per la caratterizzazione sismica del sottosuolo in questa fase progettuale sono stati acquisiti i risultati di indagini sismiche tipo Masw effettuate in aree limitrofe a quelle in esame, nell'ambito di progetti relativi ad impianti fotovoltaici.

L'indagine sismica tipo Masw ha lo scopo di individuare le velocità di propagazione delle onde sismiche secondarie (onde S) all'interno dei terreni che costituiscono i primi 30 metri di sottosuolo, secondo la normativa vigente (D.M. 17/01/2018 e ss.mm.ii.).

##### Metodo d'indagine e risultati ottenuti

Quando un terreno viene sollecitato elasticamente, lungo l'interfaccia terreno-aria, si generano onde di Rayleigh attraverso l'interazione tra le onde di compressione P e le onde di taglio S. E' noto che la propagazione delle onde superficiali, nel caso di mezzi stratificati e trasversalmente isotropi, avviene in maniera diversa rispetto al caso di mezzi omogenei; non esiste più una unica velocità ma ogni frequenza è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione a sua volta legata alle varie lunghezze d'onda. Queste interessano il terreno a diverse profondità e risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche, appunto variabili con la profondità. Questo comportamento è fondamentale nello sviluppo dei metodi sismici che utilizzano le onde di superficie.

L'elaborazione e l'interpretazione dei dati sismici consente di analizzare i dati acquisiti in campagna in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della VS (velocità delle onde di taglio) ed effettuare la classificazione del suolo ( $V_{S,30}$  e  $V_{S,eq}$ ) secondo le normative tecniche nazionali ed internazionali e la stima dei principali parametri geotecnici.

Tale risultato viene ottenuto tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW.

Le analisi dei profili sismici MASW hanno permesso la definizione di modelli 1D di velocità delle onde di taglio, localizzabili nei baricentri dello stendimento. I dati ottenuti dal processo di elaborazione dei sondaggi acquisiti hanno fornito valori di  $V_{Seq(30)}$  compresi tra 212 e 259 m/s, valori che rientrano tutti nella categoria sismica del sottosuolo **C** ovvero: *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.*

Il coefficiente topografico è il T1.

COMMITTENTE	TITOLO PROGETTO	IL GEOLOGO	PAG
	Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto eolico di potenza pari a 48 MWp e relative opere di connessione alla rete ricadente nei Comuni di San Gavino Monreale e Guspini Provincia Sud Sardegna (SU) - RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE SISMICA E LITOTECNICA -	Dott. Carlo Cibella	18 / 20

## 5. CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA DEL SOTTOSUOLO

A seguito delle indagini eseguite nella presente fase progettuale, l'area interessata dal Parco Eolico, dal punto di vista dei terreni di fondazione, ricade all'interno dei terreni alluvionali del Pleistocene, così come di seguito descritto:

- **U1:** Strato di alterazione composto da terreno vegetale costituito da ghiaie e sabbie di colore rossastro, il cui spessore massimo non supera il metro.
- **U2:** depositi alluvionali costituiti da sabbie e ghiaie di colore rossastro immersi in una matrice limoso-argillosa. Le informazioni desunte dalla letteratura scientifica, in uno con i risultati delle indagini masw, confermano spessori superiori a 30 metri.

La definizione dei parametri fisico-meccanici del sottosuolo investigato, in questa fase progettuale, è stata ottenuta tramite l'interpretazione di prove geotecniche di laboratorio eseguite su campioni prelevati in aree prossime a quelle di progetto e tramite l'acquisizione dei risultati di prove penetrometriche continue pesanti.

Lo strato **U1** costituisce lo stato di alterazione che risulta presente in maniera uniforme all'interno dell'area d'impianto. Lo spessore varia tra i 0.30 e 0.4 m e comunque si attesta entro il metro. Si tratta di un terreno avente scarse caratteristiche fisico-meccaniche, molto compressibile.

I parametri geotecnici desunti da prove DPSH acquisite, in via del tutto cautelativa sono i seguenti:

Il peso dell'unità di volume ( $\gamma$ ) è pari 17.5 KN/m<sup>3</sup>.

L'angolo di attrito in condizioni drenate  $\phi' = 30^\circ$ ; la coesione drenata è prossima allo zero.

Lo strato **U2** è composto da depositi alluvionali eterogenei costituiti da ghiaie in matrice sabbia limosa di colore rossastro incoerente. Gli elementi lapidei sono di natura magmatica a spigoli sub angolari aventi dimensioni millimetriche talora centimetriche.

Dal punto di vista granulometrico tali depositi, come riferito, si presentano piuttosto eterogenei infatti le analisi li descrivono come ghiaia argillosa con sabbia debolmente limosa, ghiaia limosa e argillosa con sabbia oppure come ghiaia sabbiosa limosa e argillosa. La classe prevalente è quella delle ghiaie e poi in subordine si hanno le classi granulometriche più sottili.

Il contenuto naturale d'acqua ( $W_n$ ) è compreso tra il 9 ed il 14%.



COMMITTENTE	TITOLO PROGETTO	IL GEOLOGO	PAG
	Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto eolico di potenza pari a 48 MWp e relative opere di connessione alla rete ricadente nei Comuni di San Gavino Monreale e Guspini Provincia Sud Sardegna (SU) -RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE SISMICA E LITOTECNICA-	Dott. Carlo Cibella	19 / 20

I parametri fisico-meccanici ottenuti tramite l'interpretazione delle prove penetrometriche, in uno con l'interpretazione delle prove di laboratorio sono i seguenti:

$$\gamma = 18.0-19.5 \text{ KN/m}^3 \quad c' = 2,0-6,0 \text{ KPa}; \quad \varphi' = 30-35^\circ ;$$

$$\text{Modulo elastico (E}_y) = 26-49 \text{ Mpa}; \quad \text{Modulo edometrico (E}_d) = 60,8-122 \text{ Mpa}.$$

COMMITTENTE	TITOLO PROGETTO	IL GEOLOGO	PAG
	Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto eolico di potenza pari a 48 MWp e relative opere di connessione alla rete ricadente nei Comuni di San Gavino Monreale e Guspini Provincia Sud Sardegna (SU) - RELAZIONE SULLA CARATTERIZZAZIONE SISMICA E LITOTECNICA -	Dott. Carlo Cibella	20 / 20

## 6. CONCLUSIONI

Il presente studio geologico è relativo al progetto definitivo per la realizzazione dell'impianto eolico denominato "San Gavino Monreale" composto da 8 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 6,0 MW, per una potenza complessiva di 48 MW, ubicato nel comune di San Gavino Monreale e nel Comune di Guspini per le sole opere di connessione alla rete, Provincia di Sud Sardegna.

In seguito alle argomentazioni presentate nei paragrafi precedenti si possono esporre le seguenti deduzioni:

- Dal punto di vista geologico nel sito di progetto si rinvengono depositi del Pleistocene superiore noti in letteratura come Subsistema di Portoscuso costituiti da prevalenti elementi di metamorfiti del basamento paleozoico e magmatiti erciniche, sabbie e ghiaie con elementi lapidei eterometrici da spigolosi a sub-arrotondati in matrice limo-argillosa rossastra. Lo spessore di tali depositi è notevole, superiore a 100 metri.
- La caratterizzazione stratigrafica del sito di progetto è stata ottenuta tramite l'acquisizione dei dati provenienti da una campagna di indagini effettuata in aree limitrofe.
- La caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni di fondazione è stata effettuata tramite l'interpretazione delle prove penetrometriche e delle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati in aree prossime a quelle in studio, nell'ambito di altro progetto.
- Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, in base alla classificazione dei terreni prevista dal Testo Unico per le costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018 e ss.mm.ii., il tipo di suolo dell'area in studio, considerato i dati a disposizione, ricade nella categoria **C** ovvero "*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s*". La categoria topografica del sito è la **T1**.
- Per quanto riguarda la valutazione delle pericolosità sismiche non si riscontra nessun particolare elemento di rischio che possa comportare un'amplificazione delle onde sismiche locali né, tanto meno, che possa creare nel sottosuolo fenomeni di liquefazione.

Palermo, Novembre 2023

Il Geologo  
Dott. Carlo Cibella

