



REGIONE  
SICILIANA



COMUNE DI  
CONTESSA ENTELLINA



COMUNE DI SANTA  
MARGHERITA DI BELICE



COMUNE DI  
SAMBUCA DI SICILIA



COMUNE DI  
MENFI



Committente:



CONTESSA ENTELLINA  
ENERGY & INFRASTRUCTURE

CONTESSA ENTELLINA S.R.L.  
P.IVA 1329980960  
VIA DANTE 7 MILANO C.A.P. 20123

Titolo del Progetto:

**Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un parco eolico denominato "Contessa Entellina" di 39,6 MW con sistema di accumulo di 12 MW e le relative opere connesse da svilupparsi nei comuni di Contessa Entellina (PA), Santa Margherita di Belice (AG), Sambuca di Sicilia (AG) e Menfi (AG)**

Documento:

**PROGETTO DEFINITIVO**

N° Tavola:  
REL0012

Elaborato:

**Relazione Geologica**

SCALA:

-

FOGLIO:

1 di 1

FORMATO:

A4

folder: Relazioni progetto civile\_Specialistiche

Nome File: RS06REL0012A0.pdf

Progettazione:



NEW DEVELOPMENTS srl  
piazza Europa, 14 - 87100 Cosenza (CS)

Progettisti:



dott. Geol. Eugenio Martire

Rev:	Data Revisione:	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	11/12/2023	PRIMA EMISSIONE	New Dev.	CONTESSA ENTELLINA	CONTESSA ENTELLINA

## INDICE DEI CONTENUTI

Premessa.....	3
1. Inquadramento Geografico .....	5
2. Inquadramento Geologico Generale .....	6
3. Caratteristiche Geolitologiche.....	8
4. Caratteristiche Geomorfologiche .....	10
5. Caratteristiche Idrologiche e Idrogeologiche .....	19
6. Vincoli Territoriali .....	24
7. Modello Geologico .....	25
8. Caratterizzazione Geotecnica.....	27
9. Sismicità dell'Area .....	28
10. Verifica Di Stabilità Del Pendio .....	42
11. Potenziale di Liquefazione .....	42
Conclusioni.....	44
Elaborati Cartografici .....	46
Allegati .....	46

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Ubicazione del Comune di Castellammare del Golfo su scala nazionale .....	5
Figura 2 - Lo schema in figura rapporta il contesto morfo-altimetrico con la natura geologica dei luoghi, per quanto concerne la regione Sicilia .....	7
Figura 3 - A sinistra banco calcareo marnoso affiorante in prossimità della stazione elettrica; a destra biocalcarenite in prossimità della torre n° 2 .....	9
Figura 4 - Ubicazione dei vari Aerogeneratori, dell'impianto di accumulo e della stazione elettrica su base ortofoto (immagine Google).....	12
Figura 5 - Posizione dell'Aerogeneratore 1 su Mappa Geomorfologica.....	13
Figura 6 - Posizione dell'Aerogeneratore 2 su Mappa Geomorfologica.....	13
Figura 7 - Posizione dell'Aerogeneratore 3 su Mappa Geomorfologica.....	14
Figura 8 - Posizione dell'Aerogeneratore 4 su Mappa Geomorfologica.....	15
Figura 9 - Posizione dell'Aerogeneratore 5 su Mappa Geomorfologica.....	15
Figura 10 - Posizione dell'Aerogeneratore 6 su Mappa Geomorfologica.....	16
Figura 11 - Posizione dell'impianto di accumulo (in verde) e della stazione elettrica (in blu) su Mappa Geomorfologica .....	17
Figura 12 - Stralcio "a" e "b" della carta geomorfologica con ubicazione dei movimenti franosi in corrispondenza del passaggio del cavidotto interrato .....	18
Figura 13 - Il percorso del Fiume Belice su Base regionale .....	19
Figura 14 - Scheda pozzo codice Ispra n. 1602. ....	22
Figura 15 - Ubicazione prove in situ, su base C.T.R. (non in scala).....	25
Figura 16 - Rappresentazione grafica della storia sismica del Comune d Contessa Entellina (PA) .....	30
Figura 17 - Rappresentazione grafica della storia sismica del Comune di Menfi (AG).....	31
Figura 18 - Zonazione Sismogenetica ZS9 .....	32

Figura 19 - Stralcio della mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio. I punti visualizzati si riferiscono a: parametro dello scuotimento a(g); probabilità di superamento del 10% in 50 anni.....	32
Figura 20 - Rappresentazione schematica del significato delle accelerazioni, delle classi di categoria di suolo e del fattore topografico (da Microsism - procedure automatiche di microzonazione sismica, Giulio Riga) .	35
Figura 21 - AREA 1 Maglia sismica e Coordinate del sito di appartenenza dell'area di studio (dal software "Parametri sismici" - Geostru).....	35
Figura 22 - AREA 2 Maglia sismica e Coordinate del sito di appartenenza dell'area di studio (dal software "Parametri sismici" - Geostru).....	40
Figura 23 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ (da AGI, 2005).....	43
Figura 24 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$ (da AGI, 2005).....	43

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Coordinate ubicazione degli aerogeneratori nel sistema WGS84 e ubicazione catastale .....	6
Tabella 2 - Elenco delle litologie presenti nell'area di studio.....	8
Tabella 3 - Parametri geotecnici AREA DEGLI AEROGENERATORI.....	27
Tabella 4 - Parametri geotecnici AREA DELL'IMPIANTO DI ACCUMULO E DELLA STAZIONE ELETTRICA .....	27
Tabella 5 - Numero eventi sismici Comune di Contessa Entellina (PA).....	29
Tabella 6 - Eventi sismici più significativi dal 1823 al 2005 .....	30
Tabella 7 - Numero eventi sismici Comune di Menfi (AG) .....	30
Tabella 8 - Eventi sismici più significativi dal 1817 al 2005 .....	31
Tabella 9 - Valori di accelerazione orizzontale nelle zone sismiche .....	34
Tabella 10 - Categorie di Sottosuolo .....	36
Tabella 11 - Coefficiente di Amplificazione Stratigrafica.....	36
Tabella 12 - Categorie Topografiche.....	37
Tabella 13 - Valori del coefficiente di amplificazione topografica $St$ .....	37
Tabella 14 - AREA 1 Siti di Riferimento.....	39
Tabella 15 - AREA 1 Parametri Sismici.....	39
Tabella 16 - AREA 1 Coefficienti Sismici - Stabilità dei pendii .....	39
Tabella 17 - AREA 2 Siti di Riferimento.....	40
Tabella 18 - AREA 2 Parametri Sismici.....	41
Tabella 19 - AREA 2 Coefficienti Sismici - Stabilità dei pendii .....	41

## Premessa

Su incarico della società New Developments s.r.l. con sede legale in Piazza Europa n° 14, Cosenza (CS) il sottoscritto geologo Eugenio Martire iscritto all'ordine dei Geologi della Calabria a partire dal Gennaio 2013 al n° 1129, ha effettuato uno studio GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO-GEOTECNICO-SISMICO DI BASE, al fine di definire le condizioni di un'area interessata dal **“Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un parco eolico denominato "Contessa Entellina" di 39,6 MW da svilupparsi nei comuni di Contessa Entellina (PA), Santa Margherita di Belice (AG), Sambuca di Sicilia (AG) e Menfi (AG)”**.

Gli aerogeneratori sorgeranno su territorio comunale di *Contessa Entellina*, in provincia di Palermo, mentre il futuro impianto di accumulo e la stazione elettrica sorgeranno nel territorio di *Menfi*, in provincia di Agrigento; il cavidotto si svilupperà per circa 23,5 Km attraversando i territori comunali di *Santa Margherita di Belice* e *Sambuca di Sicilia* entrambe appartenenti alla provincia di Agrigento.

Il progetto prevede la realizzazione di n. 6 aerogeneratori aventi un diametro di rotore da **170 m**, un'altezza mozzo di **135 m** e potenza nominale pari a **6,6 MW** cadauno per un totale complessivo pari a **39,6 MW** di potenza nominale installata e le opere indispensabili per la connessione alla Rete. Il parco eolico denominato “Contessa Entellina” è in pieno accordo con il piano programmatico Comunitario e Nazionale, l'iniziativa è finalizzata alla produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile.

Tralasciando i comuni interessati marginalmente, **Contessa Entellina** risulta il comune di riferimento per il progetto e attribuisce anche il nome al futuro parco eolico; il comune di *Menfi* assume anch'esso un'importanza rilevante in quanto ospiterà l'impianto di accumulo e la stazione elettrica.

Le finalità che si vogliono raggiungere con il presente studio si esplicano nella definizione geologica/geomorfologica, geotecnica e sismica del sito esaminato. A tal fine è stato predisposto, nell'area in esame, un programma di studi di ampiezza commisurata al contesto delle opere previste in progetto, costituito da:

- esame della cartografia ufficiale, unitamente a ricerche bibliografiche atte al reperimento di notizie (storiche, morfologiche, tettoniche, sismiche, idrologiche, idrogeologiche, ecc.) e dati tecnici riguardanti l'area in oggetto;
- caratterizzazione geologica ed esame delle condizioni geomorfologiche con il rilievo diretto di superficie esteso anche alle aree limitrofe per acquisire i dati necessari alla valutazione delle caratteristiche morfologiche, idrologiche, climatiche ed ambientali più evidenti, relative al territorio in oggetto.

Il modello geologico rilevato, gli studi e le analisi effettuate hanno consentito di definire:

### Il quadro geologico/geomorfologico:

L'inquadramento geologico, con riferimento alla bibliografia geologica esistente, alla cartografia acquisita, alle indagini stratigrafiche consultate e a quelle svolte ex-novo per questo studio, consente

di definire i caratteri litostratigrafici, l'origine e la natura dei litotipi, lo stato di alterazione e di aggregazione, i caratteri strutturali generali, la descrizione dei lineamenti geomorfologici della zona in generale e infine la descrizione delle forme naturali ed antropiche e degli elementi morfo-strutturali significativi ai fini geomorfologici e sismici.

Il quadro geotecnico:

Il modello geologico/tecnico di riferimento ha altresì consentito di determinare gli spessori e le caratteristiche geotecniche dei terreni, di valutare l'effetto della presenza di falde idriche sotterranee che potrebbero influenzare la stabilità dell'area e dei futuri manufatti e infine di valutare gli eventuali processi morfologici e le azioni di dissesto potenziali o in atto nell'area in studio ed in quella circostante.

Il quadro sismico di riferimento:

La definizione del quadro sismico locale è connessa alla macrozonazione sismica dell'area attraverso l'individuazione della zona sismica del Comune in cui ricade l'intervento da realizzare, ai sensi dell'O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 e alla caratterizzazione della pericolosità sismica dell'area mediante l'individuazione del parametro  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima del terreno) e dell'intensità macrosismica  $I_{max}$ .

Lo studio è stato condotto secondo i dettami delle seguenti normative tecniche:

- **D.M. 17/01/2018** "Norme Tecniche sulle Costruzioni";
- **D.M. 11/3/88** "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- **D.P.R. 380/2001 parte II capo II** "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica";
- **D.P.R. 380/2001 parte II capo IV** "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- **D.P.R. 5/10/2010, n. 207** "Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n°163 recante "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE";
- **LEGGE regionale 13 agosto 2020, n. 19** "Norme per il governo del territorio";
- **Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)** di seguito denominato Piano Stralcio o Piano o P.A.I., redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000;
- **Direttiva 2007/60/CE** relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni.

Il risultato di tale studio, infine, è focalizzato alla definizione degli eventuali accorgimenti tecnici necessari al mantenimento di un equilibrio idrologico e morfologico accettabile tali da migliorare, o in ogni caso non aggravare, le condizioni di sicurezza del territorio e garantire per il progetto adeguati livelli di sicurezza.

## 1. Inquadramento Geografico

Il comune di **Contessa Entellina** dista circa 80 km circa dal capoluogo di provincia, è posta nella Valle del Belice al centro della Sicilia Occidentale, alle falde settentrionali del monte Genuardo, e si adagia sul declivio delle colline Brinjat a 571 m s.l.m.

L'area oggetto di realizzazione del parco eolico si trova ad un'altitudine media di circa m 450 s.l.m. e le coordinate geografiche, nel sistema WGS84 nell'intorno del parco sono le seguenti:

- latitudine: 37.703436 N
- longitudine: 13.105298 E



*Figura 1 - Ubicazione del Comune di Contessa Entellina su scala nazionale*

In generale, l'area in cui sorgeranno i 6 aerogeneratori è attraversata da alcune stradine comunali in parte asfaltate e da diverse piccole stradine di campagna sterrate; il sito in cui sorgeranno gli aerogeneratori è raggiungibile tramite una strada asfaltata e in buone condizioni mentre i punti esatti in cui sorgeranno gli aerogeneratori sono raggiungibili solo con l'ausilio di fuoristrada o mezzi simili; L'area in cui sorgerà l'impianto di accumulo e la stazione elettrica è facilmente raggiungibile mediante strade asfaltate percorribili con qualsiasi mezzo; per visionare la precisa ubicazione degli aerogeneratori e della stazione elettrica si può consultare il *corpus* cartografico allegato alla presente relazione.

Dal punto di vista cartografico l'intero territorio interessato dal progetto ricade all'interno dei quadranti 619060 denominato *Borgo Cavaliere*, 619100 denominato *Sambuca di Sicilia Nord*, 618120 denominato *Monte Vago Sud*, 619090 denominato *Santa Margherita di Belice* e 618160 denominato *Menfi Nord* della Carta Tecnica Regionale CTR scala 1:10.000; i primi due quadranti rappresentano il territorio in cui sorgeranno gli aerogeneratori, terzo e quarto sono interessati dal sol passaggio del

cavidotto e, infine, l'ultimo rappresenta l'area in cui sorgerà l'impianto di accumulo e la stazione elettrica. Per quanto riguarda la Carta Geologica, l'intero parco è rappresentato nel Foglio 619 denominato Santa Margherita di Belice, in scala 1:100.000 della Carta Geologica d'Italia.

Nella tabella che segue sono riportate le posizioni dei 6 aerogeneratori in progetto, in coordinate piane nei sistemi di riferimento WGS84 - fuso 33 N:

*Tabella 1 – Coordinate ubicazione degli aerogeneratori nel sistema WGS84 e ubicazione catastale*

WTG	COORDINATE PIANE SISTEMA UTM WGS 84 - FUSO 33 NORD		Ubicazione catastale
	EST	NORD	
<b>WTG.01</b>	<b>331713.107</b>	<b>4173942.535</b>	<b>Contessa Entellina (PA) foglio 38 part. 420</b>
<b>WTG.02</b>	<b>332052.093</b>	<b>4174361.818</b>	<b>Contessa Entellina (PA) foglio 38 part. 68</b>
<b>WTG.03</b>	<b>332841.190</b>	<b>4174601.120</b>	<b>Contessa Entellina (PA) foglio 38 part. 302</b>
<b>WTG.04</b>	<b>333624.489</b>	<b>4174697.147</b>	<b>Contessa Entellina (PA) foglio 38 part. 98</b>
<b>WTG.05</b>	<b>334068.330</b>	<b>4175017.016</b>	<b>Contessa Entellina (PA) foglio 39 part. 94</b>
<b>WTG.06</b>	<b>334630.162</b>	<b>4174997.028</b>	<b>Contessa Entellina (PA) foglio 39 part. 239</b>

La stazione elettrica in progetto, con di fianco l'impianto di accumulo, è identificabile alle seguenti coordinate WGS84 :

Latitudine **37°38'17.31"N**, Longitudine **12°58'59.89"E**.

## 2. Inquadramento Geologico Generale

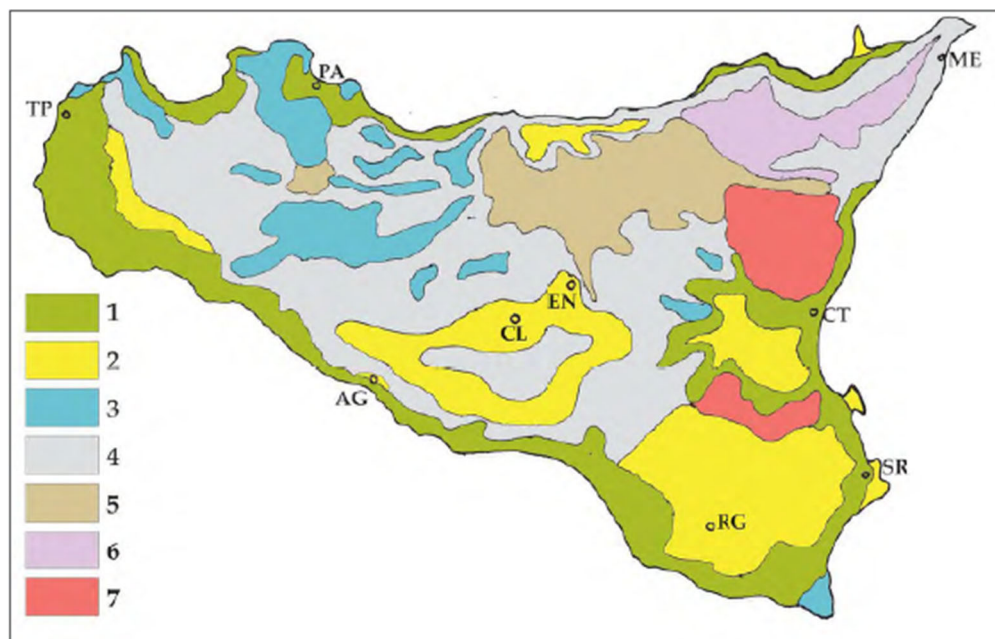
La Sicilia occupa un settore del Mediterraneo centro-occidentale ed è un segmento del sistema alpino che si sviluppa lungo il limite di placca Africa-Europa. Questo segmento di catena collega le Maghrebidi africane con l'Appennino meridionale, attraverso il cuneo di accrezione della Calabria. La catena ed il suo prolungamento sommerso occidentale e settentrionale si estendono dal blocco sardo attraverso la Sicilia, fino al settore ionico-pelagiano ed in parte sono affioranti nel Mar Tirreno centro-meridionale. Dopo la fase orogenica alpina paleogenica, i movimenti compressivi più importanti di questo settore del Mediterraneo sono legati alla rotazione antioraria del blocco Sardo-Corso, considerato da alcuni autori come un arco vulcanico. La rotazione, che si sviluppò dall'Oligocene superiore al Miocene inferiore, ha portato alla collisione del blocco Sardo-Corso con il margine continentale africano.

Le unità tettoniche presenti nella Sicilia Centro occidentale derivano in gran parte dalla deformazione di successioni carbonatiche, bacinali e di piattaforma carbonatica. Catalano & D'Argenio (1978, 1982), Catalano et al. (1989 a, con bibliografia), Roure et al. (1990), Lentini et al. (1995), Giunta (1993), Catalano et al. (1996), Monaco et al. (1996), Nigro & Renda (1999) hanno descritto la Sicilia occidentale e centrale come un cuneo embricato di scaglie tettoniche pellicolari costituite da rocce carbonatiche e silicoclastiche meso-cenozoiche.

L'area in esame ricadente nel Foglio 619 "Santa Margherita di Belice" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000), è ubicata nella zona occidentale della Sicilia, caratterizzato da affioramenti di formazioni bio-calcarenitiche e marnose di età Aquitaniano che rappresenta il primo dei sei piani o stadi stratigrafici in cui è suddivisa l'epoca del **Miocene**, compreso tra 23,03 e 20,43 milioni di anni fa.

Il basamento dell'area in esame è costituito da formazioni argillose e marnose risalenti al Miocene Medio – Inferiore. L'evoluzione tettonico sedimentaria dell'intero bacino ha portato dapprima alla deposizione una Formazione gessosa solfifera e alla successiva deposizione di sabbie e conglomerati per poi passare a depositi alluvionali Ocolenici.

In generale questo contesto abbraccia gran parte della Sicilia centro/occidentale; la natura geologica dei luoghi consente agli agenti atmosferici una modellazione del paesaggio con la formazione di colline dalle forme dolci e arrotondate in corrispondenza dei rilievi a sedimenti fini (come appunto per il sito in esame) e di scarpate e forme più spigolose in corrispondenza di aree in cui le formazioni sono di natura più lapidea/cementata.



Distribuzione morfo-altimetrica. 1: pianure calcarenitiche costiere; 2: altipiani calcarenitici; 3: monti a calcarei; 4: colline argillose con spuntoni di gessi nelle zone centrali ed occidentali; 5: monti e colline mammoso-arenacee; 6: monti a metamorfiti; 7: monti e colline vulcaniche.

*Figura 2 - Lo schema in figura rapporta il contesto morfo-altimetrico con la natura geologica dei luoghi, per quanto concerne la regione Sicilia*



### 3.Caratteristiche Geolitologiche

Le litologie su cui sorgeranno i 6 aerogeneratori, l'impianto di accumulo e la stazione elettrica sono di seguito elencate:

*Tabella 2 – Elenco delle litologie presenti nell'area di studio*

Litologie in prossimità degli aerogeneratori	
Depositi eluvio - colluviali	<b>b2</b>
Marne bianche	<b>CIP</b>
Biocalcareni e Arenarie quarzose glauconiche	<b>CCR</b>
Litologie in prossimità della stazione elettrica	
Calcari marnosi biancastri	<b>RAG1</b>
Litologie attraversate dal cavidotto	
Depositi di frana	<b>a1</b>
Limi e limi sabbiosi nerastri con ciottoli poligenici	<b>e</b>
Sublitareniti, biocalcareni e biocalciruditi	<b>AGG</b>
Argille ed argille marnose grigio-azzurre	<b>BLC</b>
Argille ed argille marnose grigio-azzurre con presenza di calcareniti	<b>BLCc</b>
Calcari bianchi ben stratificati in grossi banchi	<b>INI</b>
Marne e calcari marnosi bianche	<b>TRB</b>
Depositi ghiaiosi e ciottolosi passanti verso l'alto a sabbie e limi	<b>SBE</b>

In dettaglio, per come anche meglio consultabile all'interno della cartografia allegata al presente studio, l'aerogeneratore n°4 ricade su litologia **b2**, gli aerogeneratori n°3 e n°6 su litologia **CIP** e i restanti aerogeneratori n° 1, 2 e 5 ricadono sulla litologia **CCR**.

Per meglio comprendere gli spessori delle formazioni presenti nell'area esaminata, sono state prodotte n° 3 sezioni Geo-litologiche, in scala 1:3500, realizzate in modo da abbracciare gran parte degli aerogeneratori in progetto, l'impianto di accumulo e la stazione elettrica.

Dalle risultanze delle prove penetrometriche dpm\_30 e delle prove simiche di tipo M.A.S.W., in prossimità degli aerogeneratori, risulta evidente di come ci si trovi in presenza di un contesto sedimentario in cui le caratteristiche geotecniche dei terreni migliorano man mano che si scende in profondità. Le diverse prove penetrometriche effettuate nell'area degli aerogeneratori hanno portato a un rifiuto strumentale a circa 7/8 m di profondità con un aumento del *numero di colpi d'infissione* delle aste graduate a partire generalmente da 4/5 m di profondità; sempre nell'area degli aerogeneratori, analizzando lo spettro delle prove M.A.S.W. effettuate, è evidente di come ci si trovi in corrispondenza di terreni con velocità Vs decisamente inferiori a 800 m/s, a testimonianza del fatto che il substrato sismico non è rinvenibile nei primi 35 m di profondità dal piano campagna.

Il substrato litologico, per l'area degli aerogeneratori è rappresentato dalle *Marne sabbiose grigio-versastre (RDE)* risalenti all'Oligocene superiore – Aquitaniano inferiore (Circa 20 milioni di anni fa).

Per l'area della stazione elettrica e dell'impianto di accumulo, le prove DPM e M.A.S.W. eseguite lasciano pochi dubbi sulla stratigrafia esistente: ci si trova su un grande blocco calcareo marnoso affiorante (RAG1) con la prova DPM che non ha superato i 60 cm e con le Vs della prova sismica che hanno raggiunto velocità superiori ai 700 m/s già a partire da 1 m di profondità. La litologia RAG1 rappresenta già il substrato sismico dell'area mentre il basamento geologico è rappresentato dai Calcari bianchi della *Formazione di INICI* (per come meglio apprezzabile dalle sezioni geologiche prodotte).

Durante il rilevamento geologico effettuato e durante l'esecuzione della varie prove si è, inoltre, constatata la bontà delle carte geologiche di riferimento per le aree analizzate.



*Figura 3 – A sinistra banco calcareo marnoso affiorante in prossimità della stazione elettrica; a destra bio-calcarenite in prossimità della torre n° 2*

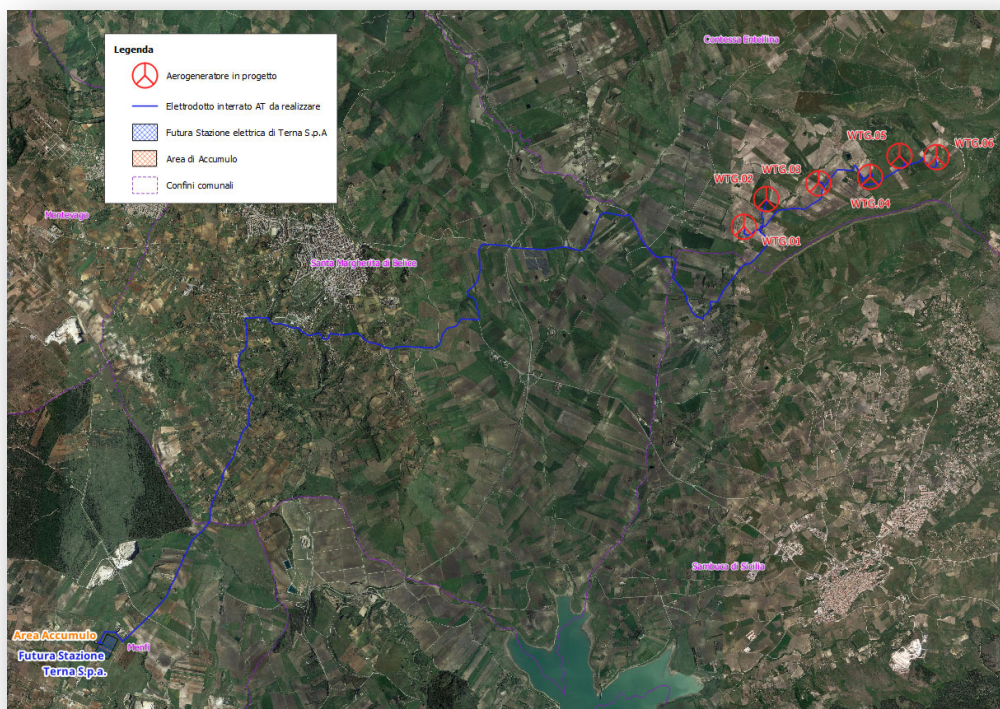
In definitiva si può asserire che da un punto di vista geologico i terreni del parco eolico *Contessa Entellina* (ad esclusione dell'area della stazione elettrica) si presentano di scarsa consistenza nei primi 4/5 m di profondità per poi migliorare all'aumentare della profondità. Non vi è traccia di substrato geologico nei primi 30 m di profondità rispetto al piano campagna. Nell'area degli aerogeneratori si possono trovare in affioramento clasti derivanti dalla disgregazione del substrato miocenico, ma dalle prove effettuate si esclude di incontrarlo nei primi 30 m di profondità rispetto al piano campagna. Le prove dpm30 sono state influenzate dalla presenza di tali clasti, il tutto testimoniato da intervalli isolati di 10/20 cm con numero di colpi di infissione molto alto rispetto ai precedenti e successivi intervalli. Per l'area dell'impianto di accumulo si segnala roccia praticamente in affioramento con una sottilissima copertura pedogenizzata.

In linea generale, da un punto di vista geologico, l'area in esame risulta essere molto complessa; ci sono diversi contatti tettonici che causano mutazioni di paesaggio nel giro di poche centinaia di m.

## 4. Caratteristiche Geomorfologiche

Geomorfologicamente, a livello generale, l'area oggetto di studio si presenta in un contesto collinare con versanti generalmente a pendenza inferiore a 15°. La presenza di depositi sedimentari ha dato modo agli agenti atmosferici di modellare il paesaggio con forme dolci e sinuose. Tutti i sei aerogeneratori saranno ubicati su un versante che degrada verso Nord-Ovest; le uniche scarpate degne di nota e a pendenze decisamente più elevate si segnalano più a monte, in prossimità della cresta morfologica del promontorio denominato *Serra Lunga*. Numerosi sono gli impluvi originatisi nell'area che danno origine a piccoli orli di scarpata fluviale.

L'area degli aerogeneratori si trova a una quota media s.l.m. di circa 450 m con una pendenza media nell'ordine dei 10°.



**Figura 4 - Ubicazione dei vari Aerogeneratori, dell'impianto di accumulo e della stazione elettrica su base ortofoto (immagine Google, non in scala)**

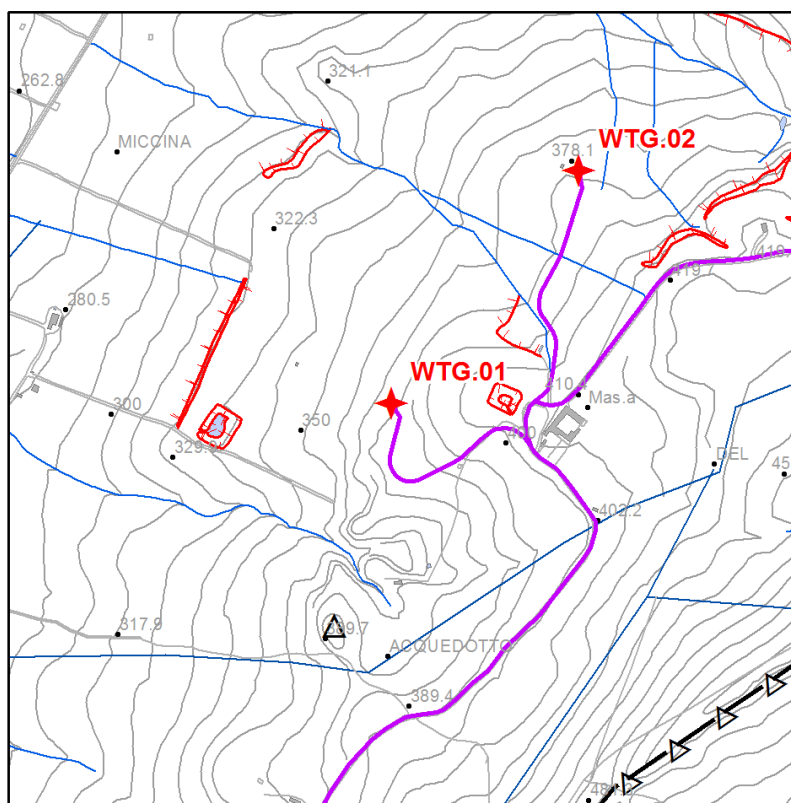
Percorrendo le varie arterie viarie per raggiungere i siti in cui sorgeranno gli aerogeneratori, ci si imbatte in numerosi abbassamenti della sede stradale a testimonianza della presenza di tanti piccoli movimenti franosi, alcuni dei quali non cartografati in quanto circoscritti a poche decine di m<sup>2</sup> e lontani dai centri abitati. L'innesco di questi movimenti gravitativi è certamente influenzato da una carente e spesso obsoleta regimentazione delle acque meteoriche.

Le caratteristiche geomorfologiche di dettaglio dei singoli aerogeneratori sono le seguenti:

- **Aerogeneratore 1**

L'area dell'aerogeneratore n.1 è posta ad una quota di circa 377 m s.l.m., su un terreno che degrada dolcemente verso nord-ovest. Il terreno su cui sorgerà l'aerogeneratore è caratterizzato da una pendenza media di circa 11,7° e quindi catalogabile come Categoria topografica T1.

Nell'intorno della Torre 1 si segnala la presenza di piccoli orli di scarpata, di un picco isolato e di n° 2 impluvi che non destano nessun problema nella realizzazione dell'opera; non vi è presenza di movimenti franosi nelle vicinanze.

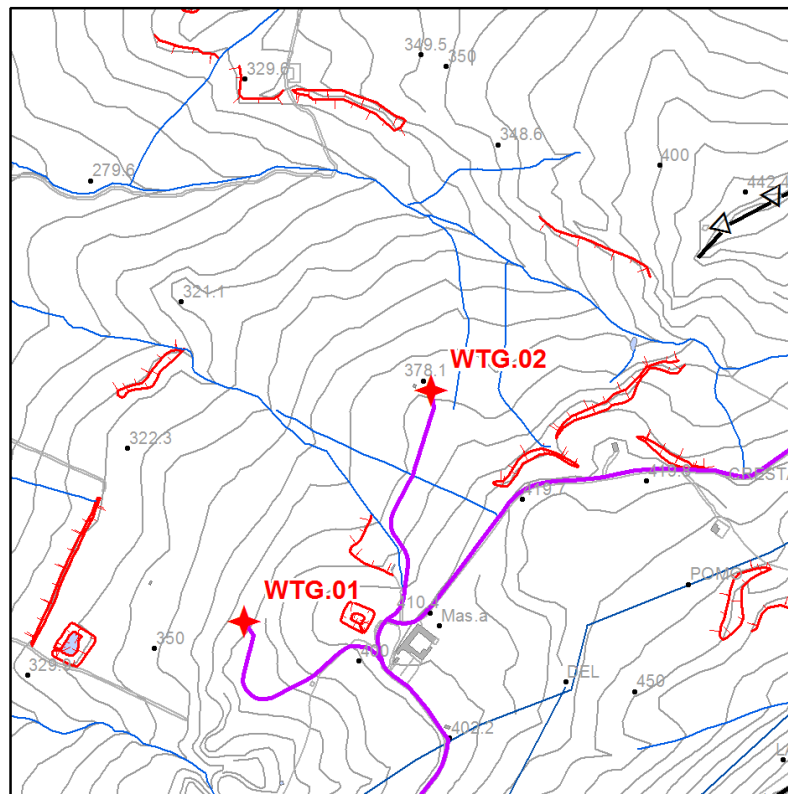


*Figura 5 - Posizione dell'Aerogeneratore 1 su Mappa Geomorfologica (non in scala)*

- **Aerogeneratore 2**

L'area dell'aerogeneratore n.2 è posta ad una quota di circa 381 m s.l.m., su un terreno che degrada dolcemente verso nord-ovest. Il terreno su cui sorgerà l'aerogeneratore è caratterizzato da una pendenza media di circa 7° e quindi catalogabile come Categoria topografica T1.

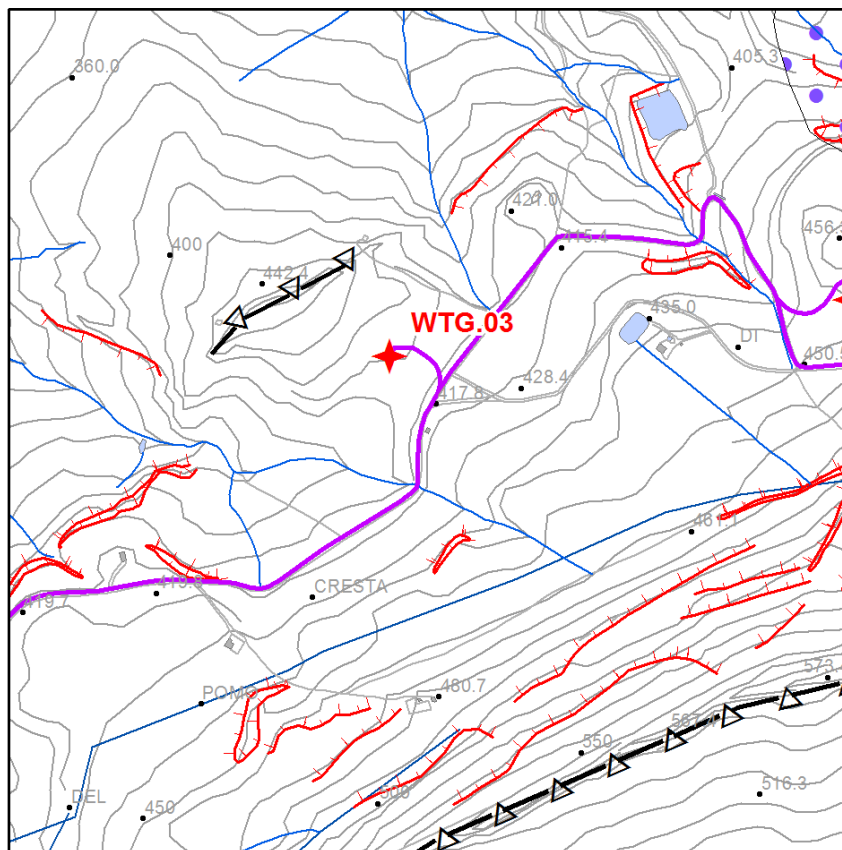
Nell'intorno della Torre 1 si segnala la presenza di piccoli orli di scarpate e di n° 2 impluvi che non destano nessun problema nella realizzazione dell'opera; non vi è presenza di movimenti franosi nelle vicinanze.



*Figura 6 - Posizione dell'Aerogeneratore 2 su Mappa Geomorfologica (non in scala)*

- **Aerogeneratore 3**

L'area dell'aerogeneratore n.3 è posta ad una quota di circa 415 m s.l.m., su un piccolo versante che degrada verso sud/est. Il terreno su cui sorgerà l'aerogeneratore è caratterizzato da una pendenza media di circa 3,5° e quindi catalogabile come Categoria topografica T1. Tra gli elementi degni di nota, si segnala la presenza di una piccola cresta morfologica in direzione Nord-ovest. Non si segnala la presenza di movimenti franosi nelle vicinanze o di altri elementi geomorfologici degni di nota fatta eccezione per qualche piccolo orlo di scarpata presente un pò in tutte le direzioni.

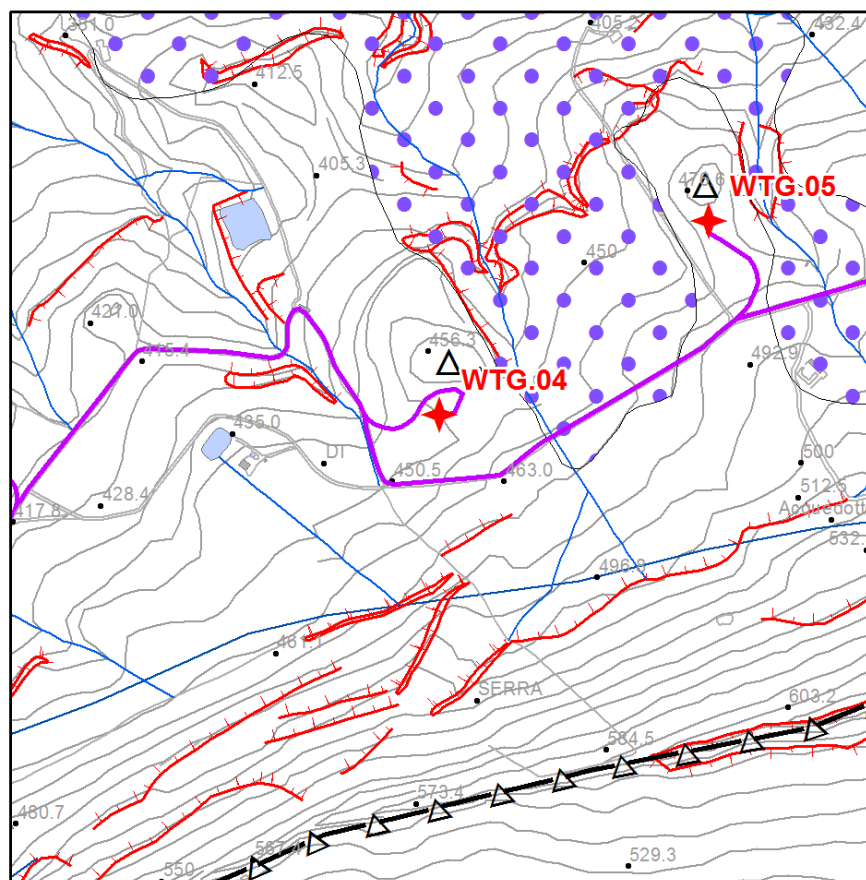


*Figura 7 - Posizione dell'Aerogeneratore 3 su Mappa Geomorfologica (non in scala)*

- **Aerogeneratore 4**

L'area dell'aerogeneratore n.4 è posta ad una quota di circa 452 m s.l.m., su un versante che degrada dolcemente verso ovest. Il terreno su cui sorgerà l'aerogeneratore è caratterizzato da una pendenza media di circa 3° e quindi catalogabile come Categoria topografica T1. Immediatamente a est del punto in cui sorge l'aerogeneratore si segnala la presenza di un movimento franoso impostato in un impluvio che segue principalmente l'andamento sud/nord. L'aerogeneratore n° 4 è protetto da un picco isolato posto poche decine di metri più a nord.

Da rilevamento geologico effettuato, non ci segnalano criticità nel punto in cui sorgerà l'aerogeneratore.



*Figura 8 - Posizione dell'Aerogeneratore 4 su Mappa Geomorfologica (non in scala)*

- **Aerogeneratore 5**

L'area dell'aerogeneratore n.5 è posta ad una quota di circa 475 m s.l.m., su un versante che degrada verso sud-ovest. Il terreno su cui sorgerà l'aerogeneratore è caratterizzato da una pendenza media di circa 5° e quindi catalogabile come Categoria topografica T1. Immediatamente a est e a ovest del punto in cui sorge l'aerogeneratore si segnala la presenza di un movimento franoso impostato in partenza in due impluvi che seguono principalmente l'andamento sud/nord. L'aerogeneratore n° 5 è protetto da un picco isolato posto poche decine di metri più a nord.

Da rilevamento geologico effettuato, non ci segnalano criticità nel punto in cui sorgerà l'aerogeneratore.

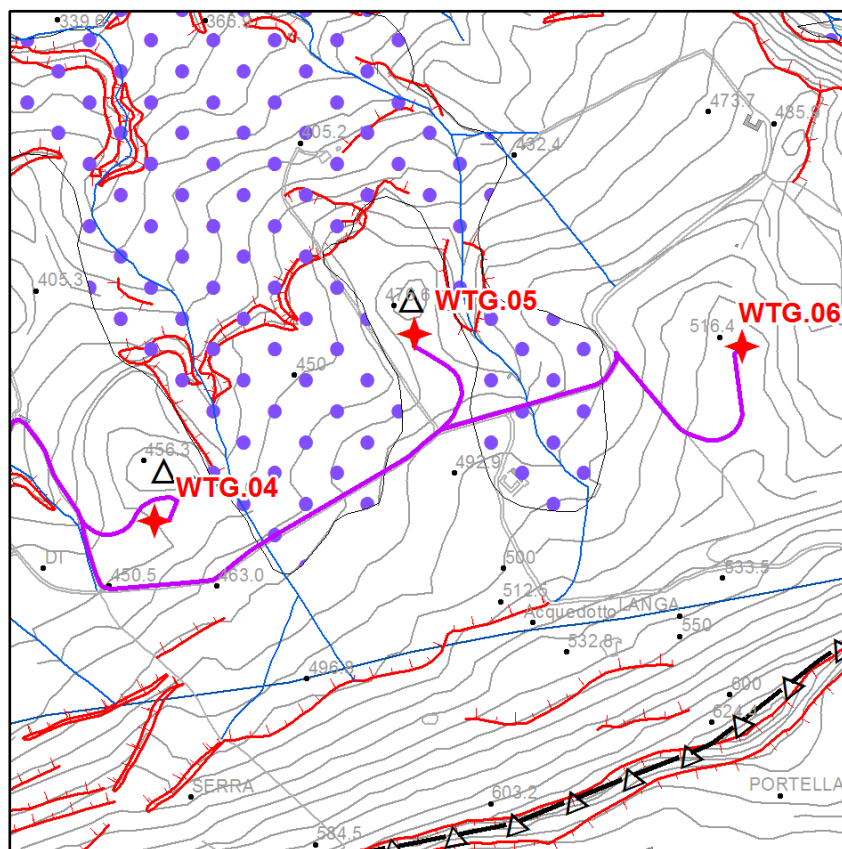


Figura 9 - Posizione dell'Aerogeneratore 5 su Mappa Geomorfologica (non in scala)



- **Aerogeneratore 6**

L'area dell'aerogeneratore n.6 è posta ad una quota di circa 515 m s.l.m. in prossimità di un picco isolato. Il terreno su cui sorgerà l'aerogeneratore è caratterizzato da una blanda pendenza e quindi catalogabile come Categoria topografica T1. Fatta esclusione per la presenza del picco isolato che caratterizza il punto esatto in cui sorgerà l'aerogeneratore, non si segnalano altri elementi geomorfologici degni di nota; da rilevamento geologico effettuato, non ci segnalano criticità nel punto esatto in cui sorgerà l'aerogeneratore; la frana originatasi nell'impluvio presente più a ovest non desta preoccupazione per quanto concerne l'aerogeneratore n° 6.

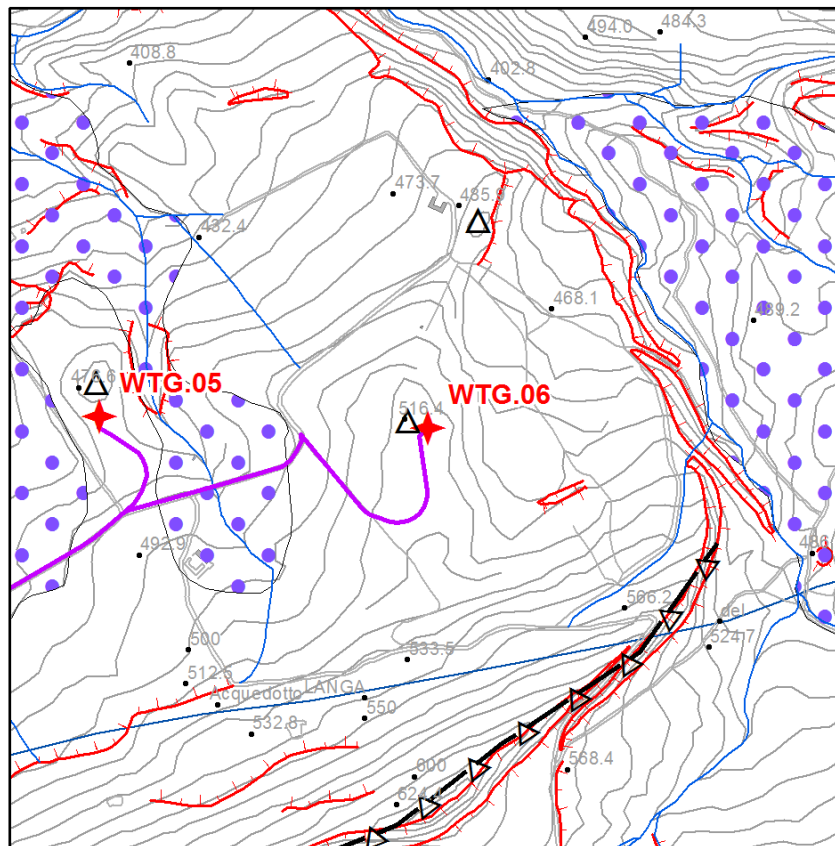
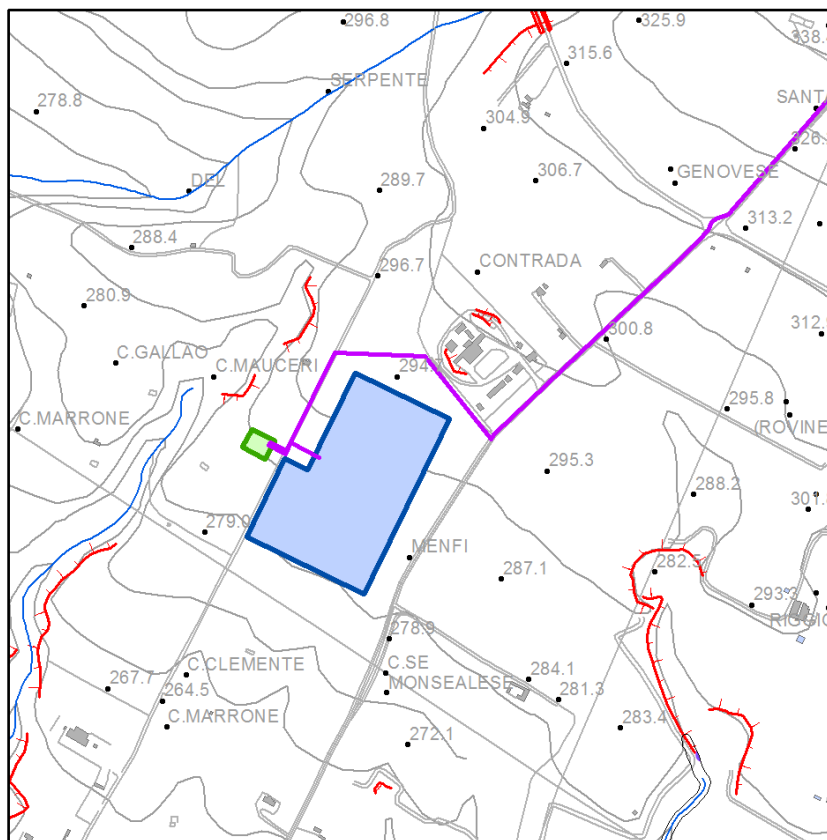


Figura 10 - Posizione dell'Aerogeneratore 6 su Mappa Geomorfologica (non in scala)

• **Impianto di accumulo elettrochimico e stazione elettrica**

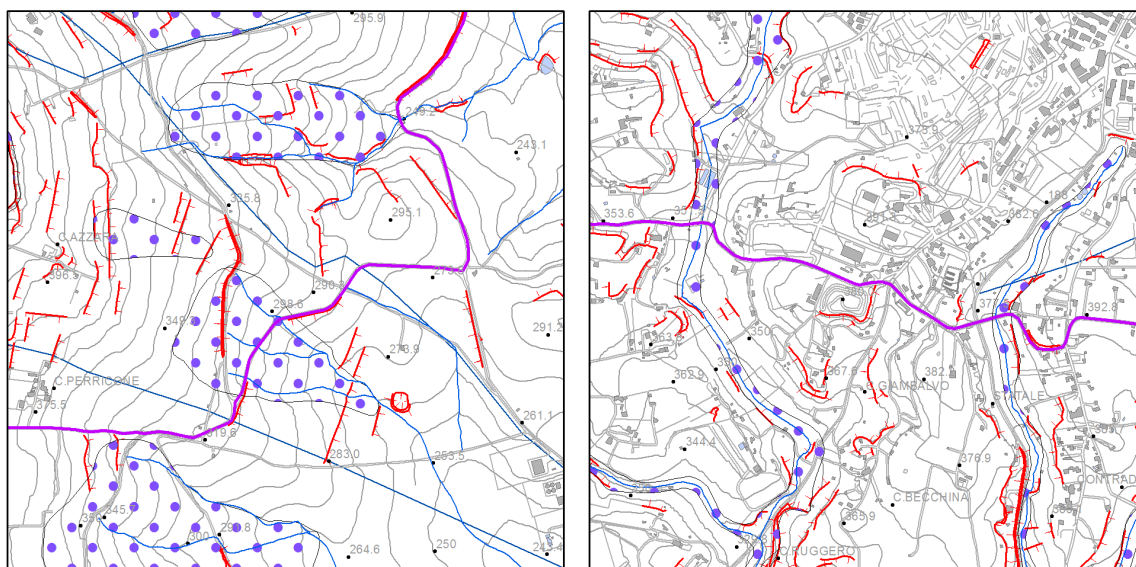
L'area dell'impianto di accumulo e della stazione elettrica si trova in linea d'area a oltre 11 km di distanza dal più vicino aerogeneratore (n° 1) ed è posta ad una quota di circa 285 m s.l.m., su un terreno che degrada dolcemente verso SUD. Il terreno è caratterizzato da una pendenza media di circa 2° e quindi catalogabile come Categoria topografica T1. Non si segnala la presenza di alcun movimento franoso nelle vicinanze. Da un punto di vista geomorfologico, le uniche forme degna di nota da segnalare sono rappresentate da piccoli orli di scarpata fluviale che interessano i canali che solcano l'area.



**Figura 11 - Posizione dell'impianto di accumulo (in verde) e della stazione elettrica (in blu) su Mappa Geomorfologica (non in scala)**

• **Cavidotto**

Il cavidotto si sviluppa per **23,482 km**, dai singoli aerogeneratori fino all’impianto di accumulo e alla stazione elettrica con circa **21,1 km** di tratto interrato su strada asfaltata, **2,4 km** di tratto interrato su strade non asfaltate e/o su terreno agricolo; esaminando il percorso del cavidotto, si può notare di come esso attraversi alcuni movimenti franosi tutti caratterizzati da un livello di rischio Medio (livello di Rischio 3 in una scala di 5). Il percorso del cavidotto segue principalmente le arterie stradali esistenti e inevitabilmente intercetta anche le aree in frana; lo scrivente ritiene opportuna questa scelta progettuale in quanto la manutenzione delle strade potrebbe concorrere al mantenimento degli equilibri esistenti. Ipotizzare un percorso in terreni agricoli, al fine di aggirare i movimenti franosi cartografati potrebbe essere controproducente.



*Figura 12 - Stralcio “a” e “b” della carta geomorfologica con ubicazione dei movimenti franosi in corrispondenza del passaggio del cavidotto interrato (non in scala)*

A supporto dello studio sono stati prodotti n° 2 stralci in scala 1:10.000 in della carta geomorfologica in cui sono evidenziati gli elementi geomorfologici che caratterizzano l’area di studio e in particolare si tratta di:

- Picchi isolati;
- Creste geomorfologiche;
- Orli di scarpate e argini;
- Movimenti franosi.

Il grado di pericolosità associato ai movimenti franosi cartografati, è stato approfondito all’interno della cartografia (stralcio 1 e 2) sui *Vincoli P.A.I.* in scala 1.10.000.

## 5. Caratteristiche Idrologiche e Idrogeologiche

Per quanto concerne il reticolo idrografico dell'area di studio è bene differenziare l'area degli aerogeneratori con l'area della stazione elettrica in quanto ci si trova in contesti geomorfologici differenti e inevitabilmente differiscono anche i caratteri idrogeologici.

Per quanto concerne l'area degli aerogeneratori, il sistema idrografico è costituito essenzialmente da numerose piccole aste idriche che convogliano le acque meteoriche dalle quote altimetriche più elevate, rappresentate dalla sommità della **Serra Lunga** fino al fondovalle. Si tratta di piccole aste idriche aventi tutte un andamento principale sud/est – nord/ovest caratterizzate da apporti idrici derivanti principalmente da eventi meteorici in quanto le sommità geomorfologiche sono poco distanti.

L'asta idrica principale scorre nel fondovalle ed è rappresentata dal **Fiume Bèlice** caratterizzato da una lunghezza di 95 km (il terzo più della regione dopo *Imera meridionale* e *Simeto*) e da un bacino idrografico di 964 km<sup>2</sup>, uno dei maggiori della Sicilia meridionale per estensione.



Figura 13 – Il percorso del Fiume Belice su Base regionale

Per quanto concerne, invece, l'area dell'impianto di accumulo e della stazione elettrica, lo scorrimento delle acque superficiali ha solcato i calcari affioranti creando dei canali più o meno incisi con andamento praticamente perpendicolare alla linea di costa distante appena 8 km (dopo il superamento del centro abitato di Menfi).

In allegato al presente studio, è stata prodotta la **Carta Idrogeologica** in scala 1: 10.000 in cui le unità litologiche presenti sono state classificate in base ai loro gradienti di permeabilità; si ricorda che generalmente i suoli permeabili sono ricchi di ciottoli o granuli sabbiosi, mentre i suoli impermeabili sono ricchi di particelle argillose e limose.

Nell'area in esame sono state riscontrate tre unità differenti:

### **LITOTIPI A PERMEABILITÀ BASSA**

Questa classe è identificabile con le unità presente in sito:

- **BLC:** Argille ed argille marnose grigio-azzurre
- **BLCc:** Argille ed argille marnose grigio-azzurre con presenza di calcareniti

Queste formazioni, essendo costituite da depositi principalmente argillosi, o comunque da sedimenti finissimi e/o rocce lapidee poco fratturate, risultano caratterizzate da una scarsa permeabilità, con valori del coefficiente di permeabilità  $K \leq 10^{-8}$ . La caratteristica principale dell'argilla è che la dimensione dei suoi pori è talmente piccola da non consentire il passaggio dell'acqua che viene praticamente trattenuta per ritenzione; ne deriva una circolazione idrica nulla o comunque trascurabile che favorisce il ruscellamento superficiale.

### **LITOTIPI A PERMEABILITÀ MEDIA**

Questa classe è identificabile con le unità presente in sito:

- **b2:** Depositi eluvio – colluviali
- **e:** Limi e limi sabbiosi nerastri con ciottoli poligenici
- **CIP:** Marne bianche
- **CCR:** Biocalcareni e Arenarie quarzose glauconiche
- **RAG1:** Calcari marnosi biancastri
- **a1:** Depositi di Frana
- **AGG:** Sublitàreniti, biocalcareni e biocalciruditi
- **INI:** Calcari bianchi ben stratificati in grossi banchi
- **TRB:** Marne e calcari marnosi bianche

Queste formazioni sono costituite da depositi sabbiosi fini o grossolani ma immersi in una matrice limosa/argillosa o a volte da depositi rocciosi fratturati e si presentano con valori del coefficiente di permeabilità  $10^{-5} < k \leq 10^{-8}$ . Si tratta, appunto, di una classe intermedia tra le unità molto permeabili e quelle poco permeabili.

La natura impermeabile dei terreni impedisce lo stazionamento di falde freatiche a pochi metri di profondità dal piano campagna; i fenomeni di infiltrazione sono notevolmente penalizzati a favore del ruscellamento superficiale; di conseguenza risulta più facile incontrare piccole pozze o ristagni di acqua a seguito di eventi meteorici intensi, laddove le pendenze dei terreni si addolciscono.

### **LITOTIPI A PERMEABILITÀ ALTA**

Questa classe è identificabile con l'unità presente in sito:

- **SBE:** Depositi ghiaiosi e ciottolosi passanti verso l'alto a sabbie e limi.

Le litologie a permeabilità elevata sono caratterizzate principalmente da depositi a grana grossolana, caratterizzate da conglomerati e sabbie con matrice generalmente sabbiosa ma a volte anche sabbiosa/limosa.

Queste formazioni, essendo costituite da sedimenti principalmente grossolani, risultano caratterizzate da una permeabilità primaria per porosità ( $K \Rightarrow 10^{-4}$  m/sec), con alte caratteristiche di trasmissività.

Nell'ambito di questi depositi si distinguono orizzonti molto permeabili, dati dai livelli di ghiaia e sabbia a granulometria grossolana e talvolta orizzonti meno permeabili in cui è presente una matrice più fine.

Dalle indagini effettuate, spinte fino a profondità massima di 8 m, non è stata rilevata la presenza della falda freatica, la quale, considerando la buona permeabilità dei litotipi affioranti viene supposta essere a oltre 15 m di profondità rispetto al piano campagna. Oltre alle varie considerazioni che si possono fare, è stato anche consultato il sito dell'ISPRA in cui sono riportati i dati di vari pozzi eseguiti su territorio nazionale:

[http://sgi2.isprambiente.it/viewersgi2/?resource=wms%3Ahttp%3A//sgi2.isprambiente.it/arcgis/services/servizi/indagini464/MapServer/WMSserver%3Frequest%3DGetCapabilities%26service%3DWMS&title=ITA\\_Indagini\\_sottosuolo464#](http://sgi2.isprambiente.it/viewersgi2/?resource=wms%3Ahttp%3A//sgi2.isprambiente.it/arcgis/services/servizi/indagini464/MapServer/WMSserver%3Frequest%3DGetCapabilities%26service%3DWMS&title=ITA_Indagini_sottosuolo464#)

Nell'intorno dell'area degli aerogeneratori non ci sono pozzi censiti ISPRA e di conseguenza non abbiamo informazioni sulla presenza di falda a grandi profondità mentre nei pressi della stazione elettrica e dell'impianto di accumulo è presente un pozzo censito, consultabile al seguente link:

[http://sgi2.isprambiente.it/indagini/scheda\\_indagine.aspx?Codice=1602](http://sgi2.isprambiente.it/indagini/scheda_indagine.aspx?Codice=1602)

Dalla consultazione della scheda del sopramenzionato pozzo, risulta evidente di come la falda si attesti a diverse decine di metri di profondità rispetto al piano campagna e di come la stessa non influisca sulla realizzazione delle opere di cui in progetto.

Dati generali	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
Codice: 1602 Regione: SICILIA Provincia: AGRIGENTO Comune: MENFI Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 83,00 Quota pc slm (m): 295,00 Anno realizzazione: 2004 Numero diametri: 1 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 4,000 Portata esercizio (l/s): 2,500 Numero falde: 1 Numero filtri: 1 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): SI Numero strati: 4 Longitudine WG S84 (dd): 12,992333 Latitudine WG S84 (dd): 37,836550 Longitudine WG S84 (dms): 12° 59' 32,40" E Latitudine WG S84 (dms): 37° 38' 11,58" N  (*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia	

#### DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	83,00	83,00	270

#### FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	30,00	40,00	10,00

#### POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	30,00	80,00	50,00	200

#### MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
ott/2004	30,00	40,00	10,00	2,500

#### STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	1,00	1,00		TERRENO AGRARIO
2	1,00	30,00	29,00	PLIOCENE SUP.	CALCARENITI PIU' O MENO CEMENTATI DI COLORE BIANCASTRO
3	30,00	40,00	10,00	TRIAS. SUP.- MIOCENE INF.	CALCARI MARNOSI CON I LIVELLI SABBIOSI DI COLORE GRIGIASTRO
4	40,00	83,00	43,00	TRIAS. SUP.- MIOCENE INF.	CALCARI - CALCARI MARNOSI DI COLORE BIANCASTRO

Figura 14 – Scheda pozzo codice Ispra n. 1602

Nella carta idrogeologica (stralcio 2/2) prodotta in scala 1:10.000 e allegata al presente studio, sono stati opportunamente riportati tutti i pozzi censiti rilevati con inserita anche una fascia di rispetto di 200 m ad ognuno di essi. Il percorso del cavidotto in alcuni punti attraversa le fasce di rispetto dei suddetti pozzi ma, considerata l'esigua profondità a cui verrà interrato il cavo e la limitata estensione dello scavo, si può ritenere del tutto trascurabile l'installazione del cavidotto rispetto allo sfruttamento della risorsa idrica mediante pozzo.

L'analisi del regime pluviometrico è stata effettuata attraverso gli annali idrologici pubblicati dalla Regione Siciliana; in particolare, si sono presi in considerazione i dati inerenti al periodo 1965-1994 registrati dalle stazioni di rilevamento ricadenti all'interno del bacino del Belice, elencate nel precedente paragrafo.

Dalle analisi effettuate si evince che, nel periodo suddetto, il valore di piovosità media annua

è pari a circa 617.80 mm; inoltre, nello stesso periodo considerato l'anno più piovoso è risultato il 1976, nel quale si sono registrati 948.40 mm di pioggia; l'anno meno piovoso, invece, è stato il 1977, con 200.80 mm, Il mese più piovoso relativo al periodo considerato è stato quello di Febbraio del 1976 che ha fatto registrare ben 137.8 mm di pioggia.

In generale, nell'arco di ogni singolo anno i giorni più piovosi ricadono nel semestre autunno-inverno e, in particolare, nell'intervallo temporale Ottobre-Febbraio mentre le precipitazioni diventano decisamente di scarsa entità nel periodo compreso tra Maggio e Settembre.

In definitiva, i caratteri pluviometrici riportati delineano un clima di tipo temperato mediterraneo, caratterizzato da precipitazioni concentrate nel periodo autunnale- invernale e quasi assenti in quello estivo.

Gli elementi climatici esaminati influiscono direttamente sul regime delle acque sotterranee e, essendo le piogge concentrate in pochi mesi (essenzialmente nel periodo Ottobre-Febbraio), assumono particolare interesse i fenomeni di ruscellamento superficiale, di infiltrazione e di evaporazione.

L'evaporazione è sempre modesta nei mesi freddi e nelle zone di affioramento dei termini litoidi di natura calcareo-dolomitica lo è anche nei mesi caldi, a causa della permeabilità di tali litotipi (per fessurazione e/o per porosità nella coltre d'alterazione) che favorisce l'infiltrazione delle acque ruscellanti.



## 6. Vincoli Territoriali

I vincoli territoriali che insistono su una determinata area, posso essere sia di natura idrogeologica (aree vincolate a causa di dissesti potenziali, quali frane o inondazioni) oppure di natura paesaggistica o archeologici. Generalmente quando si parla di vincoli idrogeologici entra in gioco il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico P.A.I. redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000, 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, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio.

Il P.A.I. ha sostanzialmente tre funzioni:

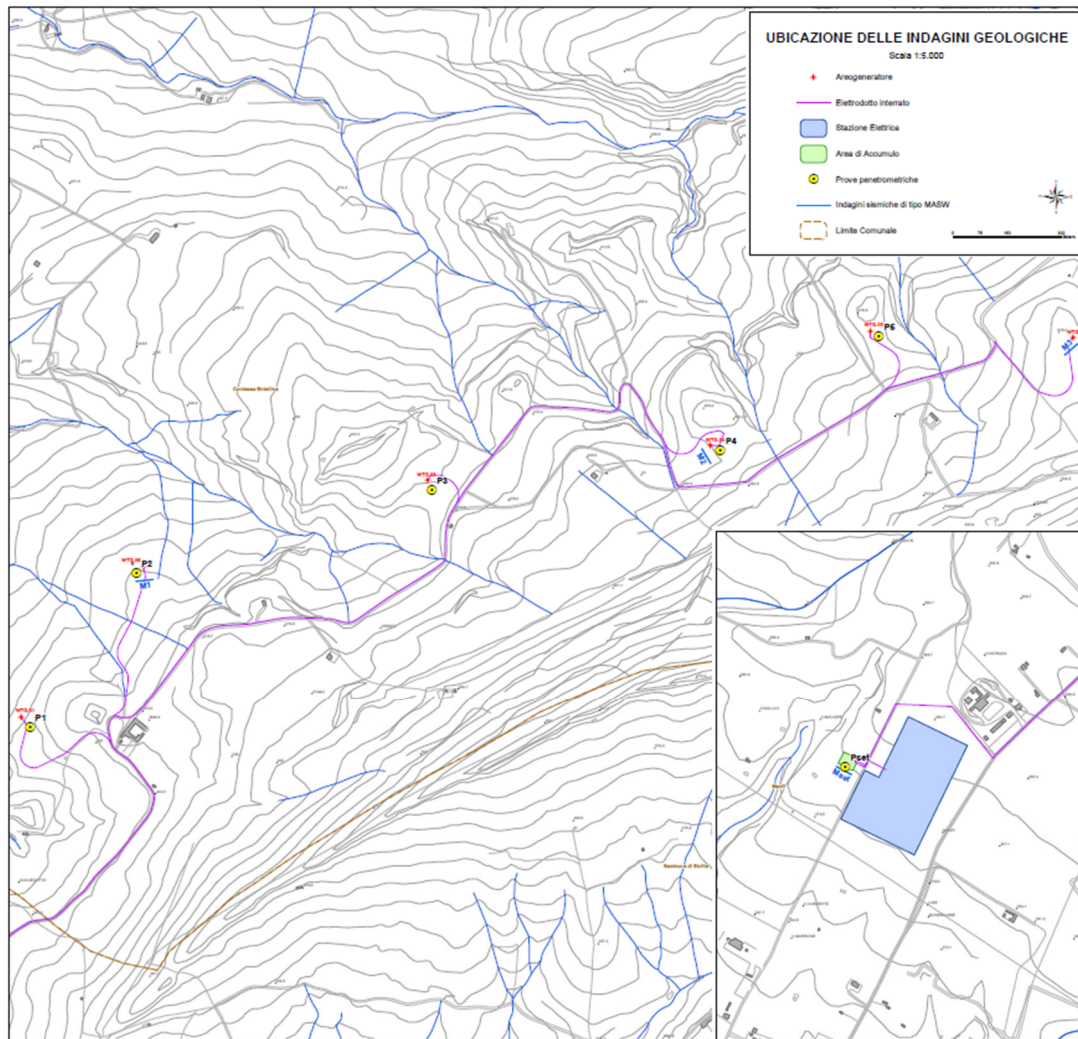
- La funzione conoscitiva, che comprende lo studio dell'ambiente fisico e del sistema antropico, nonché della ricognizione delle previsioni degli strumenti urbanistici e dei vincoli idrogeologici e paesaggistici;
- La funzione normativa e prescrittiva, destinata alle attività connesse alla tutela del territorio e delle acque fino alla valutazione della pericolosità e del rischio idrogeologico e alla conseguente attività di vincolo in regime sia straordinario che ordinario;
- La funzione programmatica, che fornisce le possibili metodologie d'intervento finalizzate alla mitigazione del rischio, determina l'impegno finanziario occorrente e la distribuzione temporale degli interventi.

Per il sito in esame, si fa riferimento al PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) e a supporto della presente relazione è stata prodotta uno stralcio della Cartografia PAI in due sezioni in scala 1:10.000 in cui le diverse frane insistenti sul territorio sono opportunamente colorate in base al grado di pericolosità. Nelle carte i poligoni "retinati" attribuiscono, invece, il **Grado di Rischio** a ciascun elemento esposto. Considerata l'assenza di centri abitati, dalla consultazione delle cartografie si evince di come, attualmente, il rischio sia associato alla sola viabilità e che generalmente sia di livello medio.

L'area degli aerogeneratori è quella maggiormente interessata da movimenti franosi (nessuno dei quali, ovviamente interessa i punti esatti in cui sorgeranno le pale eoliche) mentre man mano che ci si avvicina verso l'area della stazione elettrica si nota una sostanziale diminuzione dei dissesti in atto soprattutto in considerazione dell'assetto geologico/geomorfologico molto più favorevole alla stabilità.

## 7. Modello Geologico

Per la definizione del modello geologico dell'area, sono state eseguite n°3 prove sismiche di tipo MASW e n° 5 prove penetrometriche DPM30 in prossimità dell'area degli aerogeneratori e n° 1 prova DPM30 e n° 1 prova MASW nell'area dell'impianto di accumulo limitrofo alla futura Stazione elettrica. La figura seguente indica l'ubicazione delle prove effettuate.



*Figura 15 - Ubicazione prove in situ, su base C.T.R. (non in scala).*

Per tutte le informazioni sulle risultanze delle prove penetrometriche e sismiche effettuate in sito, è consultabile il **Report sulle indagini** allegato alla presente relazione.

In generale, per l'area degli aerogeneratori si segnala in affioramento un terreno di copertura con spessore di circa 4 m mentre un secondo cambio significativo nelle caratteristiche meccanico/sismiche dei terreni si incontra in genere intorno ai 7/8 m di profondità rispetto al piano campagna.

---

Sulla base delle indagini effettuate, dalla consultazione di carte tematiche e di referti bibliografici sui litotipi affioranti, è stato possibile produrre il seguente **Modello Geologico** del sito in esame:

**Area in cui saranno ubicati gli aerogeneratori**

- **Terreno di copertura**, poco consistente con spessore di circa 4 m;
- **Depositi sedimentari arenacei marnosi** mediamente consistenti, con spessori di circa 3 - 4 m;
- **Depositi sedimentari arenacei marnosi** maggiormente consistenti rinvenibili a partire da 7-8 m di profondità rispetto al piano campagna;

**Area in cui sarà ubicato l'impianto di accumulo e la stazione elettrica**

- **Terreno di copertura** poco consistente, con spessore di circa 60 cm con presenza di piccoli clasti calcarei lapidei;
- **Basamento calcareo** dapprima fratturato e successivamente compatto/lapideo.

**Area in cui si svilupperà il percorso del cavidotto**

Dai vari aerogeneratori, fino all'impianto di accumulo e alla stazione elettrica, il cavidotto attraversa numerose litologie, talvolta molto differenti fra loro, per come meglio specificato nei capitoli precedenti; a tal riguardo, essendo il cavidotto interrato a basse profondità rispetto al piano campagna e constatato che gran parte del suo percorso combacia con la viabilità stradale già presente nell'area, ne risulta trascurabile il suo modello geologico di riferimento.

## 8. Caratterizzazione Geotecnica

Il modello geotecnico che qui si propone è un compendio di tutte le prove e le indagini storiche esaminate oltre che delle risultanze di quelle eseguite ex novo in situ. Nella tabella sono riportati i parametri geotecnici che meglio caratterizzano i terreni in loco ridotti cautelativamente del 10% rispetto alle risultanze delle prove penetrometriche dpm\_30 effettuate.

I parametri del terzo strato non derivano dalle risultanze delle prove penetrometriche in quanto il rifiuto strumentale non ha consentito di investigare gli stessi a mezzo dpm\_30.

### AREA DEGLI AEROGENERATORI

Tabella 3 - Parametri geotecnici AREA DEGLI AEROGENERATORI

Strato	$\phi$ (°) Picco	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> ) Picco	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )
<b>Terreno di copertura</b> (spessore 4 m circa) poco consistente	22 – 24	0,10 – 0,20	1,70 - 1,80
<b>Depositi sedimentari arenacei marnosi</b> (spessore 3/4 m circa) mediamente consistenti	25 – 27	0,25 – 0,30	1,85 - 1,95
<b>Depositi sedimentari arenacei marnosi</b> (a partire da 7/8 m circa) maggiormente consistenti	28 – 30	0,30 – 0,35	2,00 - 2,05

### AREA DELL'IMPIANTO DI ACCUMULO E DELLA STAZIONE ELETTRICA

Tabella 4 - Parametri geotecnici AREA DELL'IMPIANTO DI ACCUMULO E DELLA STAZIONE ELETTRICA

Strato	$\phi$ (°) Picco	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> ) Picco	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )
<b>Terreno di copertura</b> (0 – 0,50 m) poco consistente	22 – 24	0,10 – 0,20	1,70 - 1,80
<b>Basamento calcareo</b> <sup>1</sup> lapideo	34 - 40	-	2,00 – 2,40

<sup>1</sup> I parametri forniti per il basamento calcareo sono stati ricavati da letteratura in quanto non desumibili dalle risultanze della prova penetrometrica DPM30.

Per la messa in opera degli aerogeneratori si dovranno necessariamente eseguire carotaggi spinti fino a profondità maggiori rispetto a quanto investigato a mezzo Dpm\_30; da questa prima campagna indagini si è ottenuto un quadro geologico stratigrafico tale da affermare che la messa in posto delle fondazioni dovrà avvenire ad almeno 7/8 m di profondità rispetto al piano campagna, in modo da intercettare i livelli stratigrafici più compatti che presentano caratteristiche geotecniche migliori rispetto agli orizzonti più superficiali.

Per quanto concerne l'area di accumulo il basamento calcareo quasi affiorante rende superflua ogni prescrizione di sbancamento da effettuare. Si potrà prevedere un semplice livellamento del terreno con una asportazione del solo livello pedologico che presenta spessore esiguo (da 0 a 50 cm)

## 9. Sismicità dell'Area

La caratterizzazione sismica del sito è un elemento necessario ai fini della modellazione geologica e della progettazione geotecnica degli interventi.

La Normativa Nazionale (Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018), attualmente prevede due tipi di approcci nella valutazione dell'azione sismica:

Un **approccio semplificato** (nel caso in cui la Classe d'Uso della costruzione sia I oppure II, situazioni topografiche e/o stratigrafiche non complesse) in cui la valutazione viene eseguita utilizzando il foglio di calcolo ministeriale Spettri NTC v.1.0.3 dal quale si estrapolano gli spettri di risposta elastici ed inelastici di progetto, determinando quindi quelli che sono i parametri dipendenti;

Un **approccio numerico mono o bidimensionale** (nel caso in cui debba essere impiegato l'utilizzo di accelerogrammi naturali per costruzioni aventi Classe d'Uso III o IV, situazioni stratigrafiche e/o topografiche complesse, condizioni di sottosuolo non classificabili nelle 5 tipologie elencate nella tabella 3.2.II delle NTC2018), per la determinazione della Risposta Sismica Locale, utilizzando appositi codici di calcolo numerici che permettono di valutare con maggior accuratezza l'azione sismica attraverso una complessa procedura di normalizzazione degli spettri ottenuti rispetto a quelli di normativa.

Considerato che l'area oggetto di studio presenta una morfologia di superficie semplice (pendenze medie inferiori a 15° con classificazione topografica T1) e una stratigrafia considerata riconducibile alle categorie elencate nella tabella 3.2.II delle NTC2018; considerato inoltre che non si riscontrano delle significative inversioni nel profilo di velocità delle onde di taglio e che le opere in progetto ricadano in classe d'uso II si è scelto di utilizzare un approccio semplificato al fine di valutare l'azione sismica sul sito.

Si è pertanto proceduto ad illustrare la sismicità del sito ed a determinare la caratterizzazione sismica dei terreni presenti nell'area d'interesse con le modalità di seguito riportate:

- macrozonazione sismica dell'area attraverso l'individuazione della zona sismica del Comune in cui ricade la struttura da realizzare, ai sensi dell'O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003;
- definizione della categoria del suolo di fondazione del sito in esame (microzonazione), mediante il profilo verticale di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ), ottenuto dalle prove geofisiche realizzate all'interno della zona progettuale, secondo quanto specificato al paragrafo 3.2.2 del D.M. 17/01/2018;
- caratterizzazione della pericolosità sismica dell'area mediante l'individuazione del parametro  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima del terreno) e dell'intensità macrosismica  $I_{max}$ .

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), ha dato conto dei principali terremoti registrati dalle diverse fonti di carattere storiografico, letterario e naturalistico nella pubblicazione del **DBMI15** - Database Macrosismico Italiano 2015 V4.0, di cui a seguire si riporta, un estratto degli eventi sismici più significativi per l'area, negli ultimi anni.

Per quanto concerne il territorio comunale di Contessa Entellina che ospiterà gli aerogeneratori:

*Tabella 5 - Numero eventi sismici Comune di Contessa Entellina (PA)*

### Contessa Entellina

PlaceID	IT_66458
Coordinate (lat, lon)	37.729, 13.185
Comune (ISTAT 2015)	Contessa Entellina
Provincia	Palermo
Regione	Sicilia
Numero di eventi riportati	10

Tabella 6 – Eventi sismici più significativi dal 1823 al 2005

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4-5	1823	03	05	16	37		Sicilia settentrionale	107	8	5.81
NF	1909	06	07	01	30		Corleone	16	3-4	3.73
NF	1909	12	03	11	50		Camporeale	15	4	3.70
2	1954	11	20	05	35	2	Sicilia centro-occidentale	34	5-6	4.24
6-7	1968	01	15	01	33	0	Valle del Belice	15	8	5.37
8	1968	01	15	02	01	0	Valle del Belice	162	10	6.41
6	1968	01	25	09	56	4	Valle del Belice	32	8	5.37
5	1968	02	12	16	26	0	Valle del Belice	14	6	4.66
3	1992	08	06	04	23	1	Stretto di Sicilia	19		3.94
NF	2005	11	21	10	57	4	Sicilia centrale	255		4.56

**Int.** Intensità macrosismica, espressa in scala MCS, Mercalli-Cancani-Sieberg

**NMDP** Numero di punti, numero di osservazioni macrosismiche disponibili per il terremoto

**Io** Intensità macrosismica epicentrale, espressa in scala MCS, Mercalli-Cancani-Sieberg

**Mw** Magnitudo momento

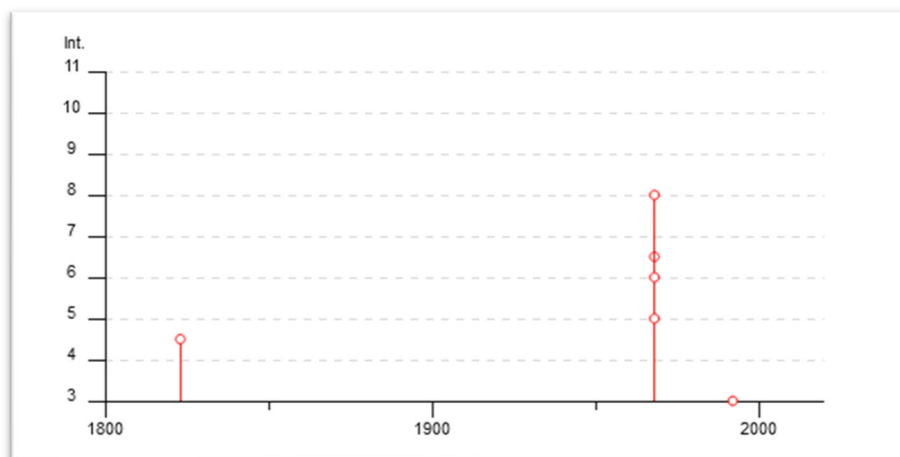


Figura 16 - Rappresentazione grafica della storia sismica del Comune di Contessa Entellina (PA)

Per quanto concerne il territorio comunale di Menfi che ospiterà l'impianto di accumulo e la Stazione elettrica:

Tabella 7 - Numero eventi sismici Comune di Menfi (AG)

### Menfi

PlaceID	IT_67539
Coordinate (lat, lon)	37.600, 12.968
Comune (ISTAT 2015)	Menfi
Provincia	Agrigento
Regione	Sicilia
Numero di eventi riportati	16

Tabella 8 – Eventi sismici più significativi dal 1817 al 2005

Effetti	In occasione del terremoto del						NMDP	Io	Mw	
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale			
3-4	1817	01	14				Stretto di Sicilia	4	4-5	3.93
NF	1897	05	15	13	42	3	Tirreno meridionale	85	5	4.52
3	1908	12	28	04	20	2	Stretto di Messina	772	11	7.10
3	1933	02	26	02	48		Sciacca	11	5	4.34
4	1959	12	23	09	29		Piana di Catania	108	6-7	5.11
6	1968	01	14	12	28	2	Valle del Belice	15	6-7	5.10
7	1968	01	14	15	48	3	Valle del Belice	18	7	4.84
7-8	1968	01	15	02	01	0	Valle del Belice	162	10	6.41
7-8	1968	01	16	16	42	4	Valle del Belice	17	8	5.45
8	1968	01	25	09	56	4	Valle del Belice	32	8	5.37
5	1968	02	12	16	26	0	Valle del Belice	14	6	4.66
5	1968	09	01	05	02	3	Valle del Belice	11	5-6	4.61
5-6	1972	12	27	08	15	1	Valle del Belice	17	5-6	4.34
4	1981	06	07	13	00	5	Mazara del Vallo	50	6	4.93
NF	2004	05	05	13	39	4	Isole Eolie	641		5.42
NF	2005	11	21	10	57	4	Sicilia centrale	255		4.56

**Int.** Intensità macrosismica, espressa in scala MCS, Mercalli-Cancani-Sieberg

**NMDP** Numero di punti, numero di osservazioni macrosismiche disponibili per il terremoto

**Io** Intensità macrosismica epicentrale, espressa in scala MCS, Mercalli-Cancani-Sieberg

**Mw** Magnitudo momento

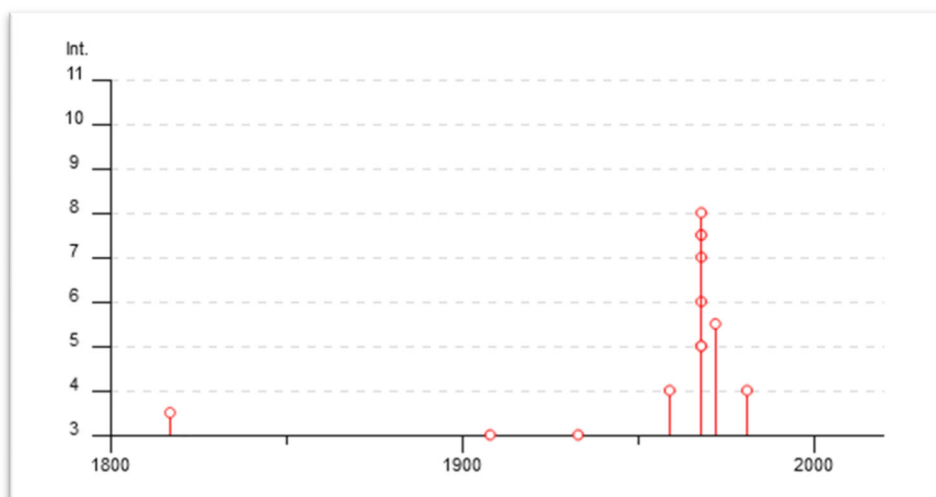


Figura 17 - Rappresentazione grafica della storia sismica del Comune di Menfi (AG)

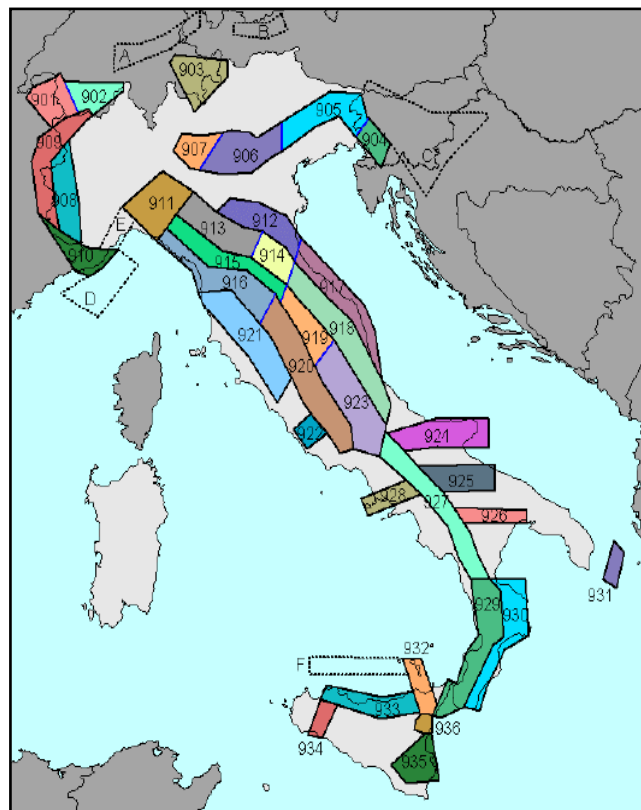


## **NORMATIVA SISMICA**

Per quanto attiene alla caratterizzazione sismica dell'area oggetto d'intervento, si fa riferimento al DM 17/01/2018, che riprende l'O.P.C.M. 3274/2003, che prevede la definizione di una pericolosità sismica di base, espressa in termini di accelerazione massima prevista su substrato di riferimento, su cui è stata creata una mappa di pericolosità sismica di riferimento per l'individuazione delle zone sismiche. L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha promosso nel luglio del 2003 la redazione della mappa; in particolare è stata elaborata una nuova zonazione sismogenetica, denominata ZS9 (Meletti et al., 2008), a partire da un sostanziale ripensamento della precedente zonazione ZS4 (Meletti et al., 2000) alla luce delle evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni sul potenziale sismogenetico acquisite negli ultimi anni. La ZS9 è corredata, per ogni Zona Sismogenetica, da un meccanismo focale prevalente e da un valore di profondità media dei terremoti, determinati nella prospettiva di un loro utilizzo con le relazioni di attenuazione.

La zonazione sismogenetica ZS9 è il risultato di modifiche, accorpamenti ed elisioni delle numerose zone sismogenetiche della ZS4 e dell'introduzione di nuove zone.

Riassumendo, nella ZS9 le informazioni sulle sorgenti sismogenetiche s'innestano sul quadro di evoluzione cinematica plio-quaternaria su cui si basava la ZS4. Tuttavia, l'elaborazione della ZS9 si fonda su una base informativa decisamente più ricca e affidabile di quella disponibile all'epoca della prima realizzazione della ZS4.



**Figura 18 - Zonazione Sismogenetica ZS9**

La zonazione è costituita da 36 zone–sorgente, cui vanno aggiunte 6 zone–sorgente per le quali non è valutata però la pericolosità sismica.

**Il territorio in oggetto ricade all'interno della zona 934 della zonazione sismogenetica ZS9.**

L'O.P.C.M. 3274/2003 prevede anche una pericolosità dipendente dalle caratteristiche geologiche del sito, espressa secondo il concetto di categoria di suolo di fondazione, che a sua volta si basa sul concetto di  $V_{s,30}$ , ovvero di velocità equivalente delle onde S nei primi 30 m di spessore. Tale parametro è determinato tramite indagini geofisiche oppure tramite indagini geotecniche che forniscono il valore di  $N_{spt}$ .

In base alle Nuove norme Tecniche per le Costruzioni del 17/01/2018, emesse ai sensi delle leggi 05/11/1971 n. 1086, 02/02/1974 n. 64, così come riunite nel Testo Unico per l'Edilizia di cui al D.P.R. 06/06/2001 n. 380, e all'art. 5 del decreto-legge 28/05/2004 n. 136, convertito in legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27/07/2004 n. 186 e ss. mm. ii, si definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle prestazioni loro richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso d'incendio, e di durabilità. Esse forniscono, quindi, i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

In particolare, le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La definizione di "pericolosità sismica di base" è espressa in termini di accelerazione orizzontale massima prevista su substrato di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (bedrock, suolo A), nonché in ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione in essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_vR$ , nel periodo di riferimento  $VR$ .

Ai fini della suddetta normativa, le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_vR$ , a partire dai seguenti valori dei parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  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.

La zona investigata ricade nell'ambito dei territori Comunali di Contessa Entellina e Menfi che, in base alla classificazione sismica nazionale (O.P.C.M. 2003), rientrano in **zona 1**.

Tabella 9 - Valori di accelerazione orizzontale nelle zone sismiche

zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [ag/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ag/g]
➔ 1	> 0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

Sulla base della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, il territorio in questione si colloca in un'area in cui si possono verificare valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ), con probabilità di superamento del 10 % in 50 anni, superiori a 0.25 ag/g.

Si riporta il risultato della consultazione tramite il seguente link: <https://esse1-gis.mi.ingv.it/>, della mappa probabilistica della pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa su una griglia regolare a passo 0.02°, relativamente al parametro dello scuotimento rappresentato da  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima del suolo).

### Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

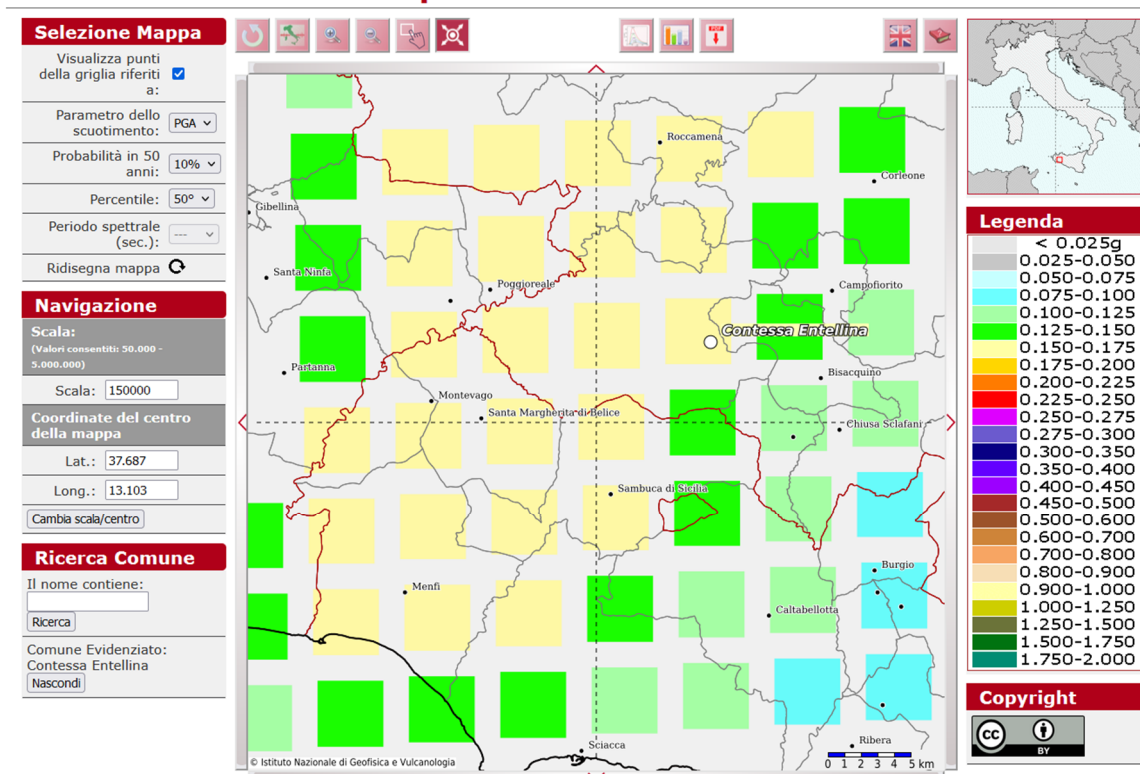


Figura 19 - Stralcio della mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio. I punti visualizzati si riferiscono a: parametro dello scuotimento  $a(g)$ ; probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

## SCENARI DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE ED EFFETTI DI SITO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi; in assenza di tali analisi, si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento, attraverso la misura delle Vs. In particolare, si valuta:

- **Effetti Stratigrafici** legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno;
- **Effetti Topografici** legati alla configurazione topografica del piano campagna. La modifica delle caratteristiche del moto sismico per effetto della geometria superficiale del terreno va attribuita alla focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta dei rilievi a seguito dei fenomeni di riflessione delle onde sismiche ed all'interazione tra il campo d'onda incidente e quello diffratto. I fenomeni di amplificazione cresta-base aumentano in proporzione al rapporto tra l'altezza del rilievo e la sua larghezza.

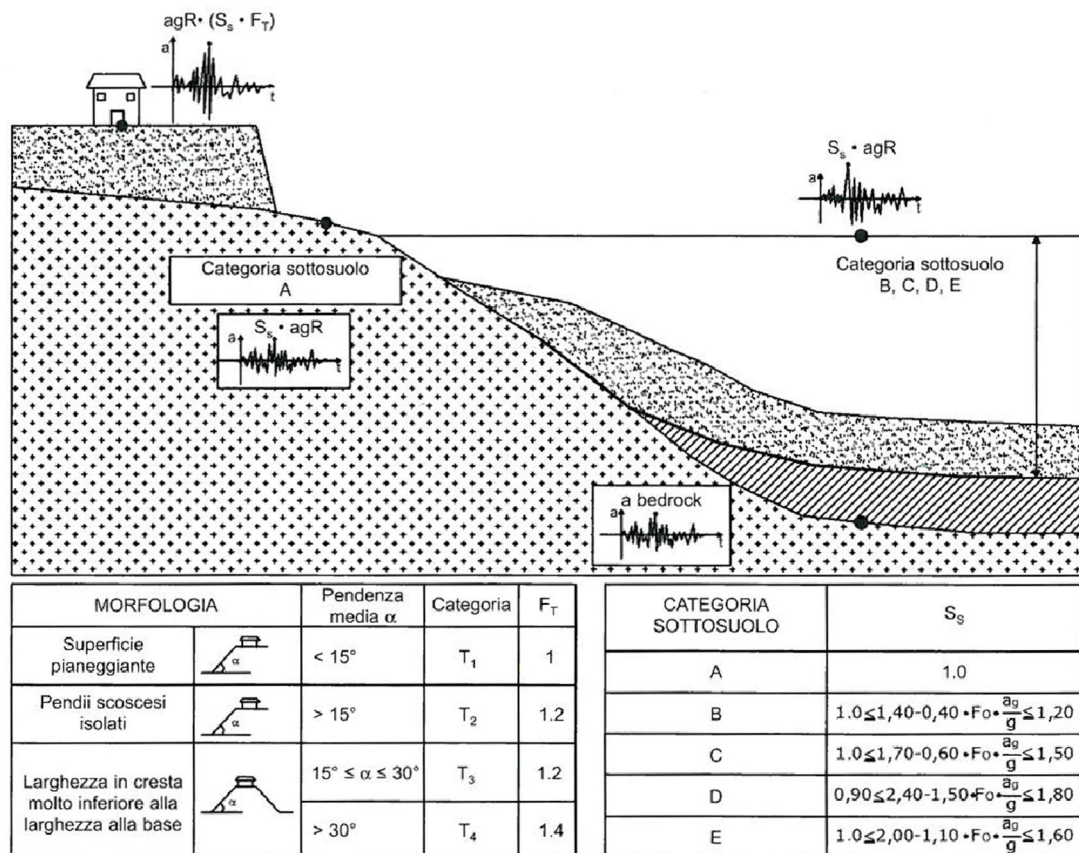


Figura 20 - Rappresentazione schematica del significato delle accelerazioni, delle classi di categoria di suolo e del fattore topografico (da *Microsism - procedure automatiche di microzonazione sismica*, Giulio Riga)

### Effetti stratigrafici

L'amplificazione stratigrafica è attesa su suoli di categoria diversa da A, caratterizzati da  $V_s < 800$  m/s e spessori  $>$  di 3 metri. Qualsiasi tipologia di suolo (roccia o deposito quaternario) che possiede  $V_s > 800$  m/s rientra, invece, nella categoria A ed è considerata bedrock sismico, quindi non in grado di generare amplificazione stratigrafica. Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si individuano le seguenti categorie di sottosuolo:

**Tabella 10 - Categorie di Sottosuolo**

Categorie	Descrizione
A	<i>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.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Il coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s$  può essere calcolato in funzione dei valori di  $F_0$  e  $a_g/g$ , mediante le seguenti espressioni:

**Tabella 11 – Coefficiente di Amplificazione Stratigrafica**

Categoria	$S_s$
A	1
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 F_0 a_g/g \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 F_0 a_g/g \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 F_0 a_g/g \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 F_0 a_g/g \leq 1,60$

nelle quali:

$F_0$  = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale; ha valore minimo pari a 2.2.

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima del terreno su sito di riferimento rigido orizzontale;

$g$  = accelerazione di gravità.

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

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

Dove:

- $h_i$  spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

In base alle prospezioni sismiche effettuate, sono scaturiti valori di  $V_{S,eq}$  pari compresi fra 360 e 800 m/s (con  $H=30.00$  m), per quanto riguarda i siti che ospiteranno gli aerogeneratori e un valore di  $V_{S,eq}$  di 715.51 m/s (con  $H=10.57$  m) per quanto concerne l'area dell'impianto di accumulo; pertanto, i terreni possono essere classificati come di **Categoria B** sottoscrivendo che nell'area dell'impianto di accumulo la tendenza è addirittura verso la categoria **A** se non fosse per la fratturazione del blocco calcareo nei primi 10 m che tiene onde  $V_s$  sotto gli 800 m/s.

### Effetti topografici

La focalizzazione (o concentrazione) delle onde sismiche in corrispondenza di creste, cime o cigli di scarpata è il fenomeno che sta alla base della cosiddetta "amplificazione topografica". L'amplificazione topografica è massima in corrispondenza di linee di cresta/cigli di scarpata e poi decresce con modelli complessi allontanandoci da esse.

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

**Tabella 12 - Categorie Topografiche**

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
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 $i > 30^\circ$

a cui corrispondono i seguenti valori del coefficiente topografico:

**Tabella 13 – Valori del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$**

Categoria	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,00
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,20
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,20
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,40

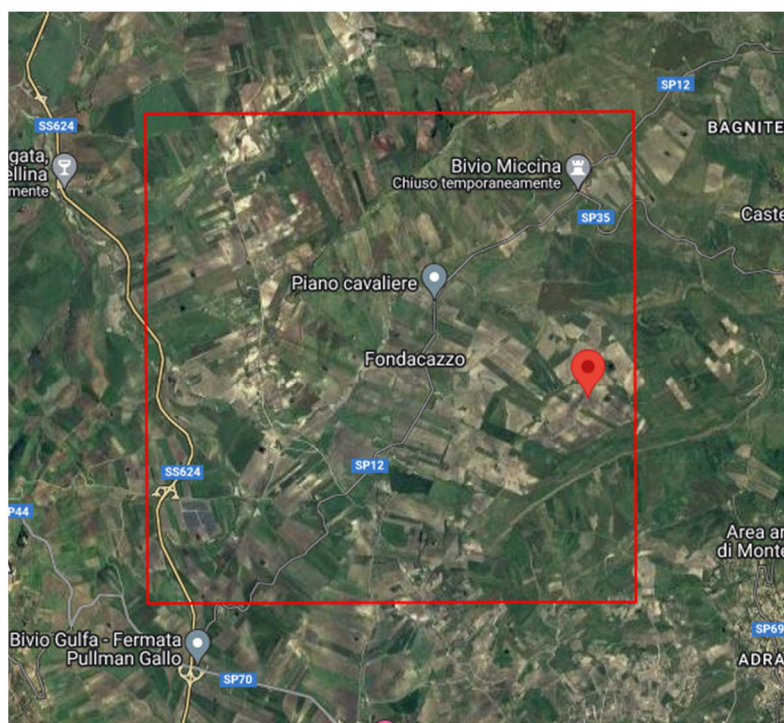
Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Geomorfologicamente l'area oggetto di studio si presenta collinare con pendenze massime che arrivano a 14,5° circa e comunque mai superiori ai 15°, con conseguente classificazione topografica del terreno **T1**: "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ".

### **STIMA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA**

Ai fini della pericolosità sismica, il territorio su cui ricade l'intero parco eolico è stato suddiviso in 2 aree che presentano simili caratteristiche; la prima area comprende gli aerogeneratori mentre la seconda area comprende l'impianto di accumulo e la stazione elettrica. I valori dei parametri spettrali ai vari stati limiti sono stati determinati con GeoStru PS - <http://www.geostru.com/geoapp>.

#### **AREA 1 (Aerogeneratori)**



WGS84: Lat 37.703886 - Lng 13.105997

ED50: Lat 37.704955 - Lng 13.106856

*Figura 21 - AREA 1 Maglia sismica e Coordinate del sito di appartenenza dell'area di studio (dal software "Parametri sismici" - Geostru)*

**Classe d'uso: II.** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV,

reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

**Vita nominale:** 50 [anni]

**Tipo di interpolazione:** Superficie rigata

**Tipo di elaborazione:** Stabilità dei pendii

*Tabella 14 - AREA 1 Siti di Riferimento*

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	47168	37,684020	13,050010	5516,9
Sito 2	47169	37,684270	13,112980	2362,3
Sito 3	46947	37,734260	13,112740	3299,4
Sito 4	46946	37,734020	13,049680	5978,0

#### Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

*Tabella 15 – AREA 1 Parametri Sismici*

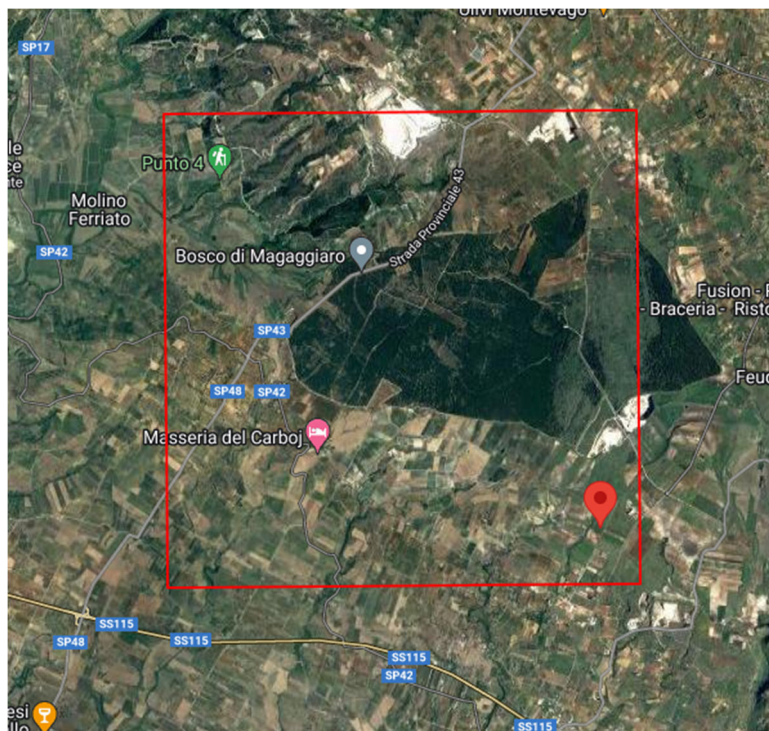
	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,035	2,322	0,207
Danno (SLD)	63	50	0,050	2,306	0,245
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,163	2,417	0,284
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,220	2,468	0,302

*Tabella 16 – AREA 1 Coefficienti Sismici - Stabilità dei pendii*

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,200	1,510	1,000	0,008	0,004	0,414	0,200
SLD	1,200	1,460	1,000	0,012	0,006	0,588	0,200
SLV	1,200	1,410	1,000	0,047	0,024	1,921	0,240
SLC	1,180	1,400	1,000	0,073	0,036	2,549	0,280



**AREA 2 (Impianto di accumulo e stazione elettrica)**



WGS84: Lat 37.638544 - Lng 12.981378

ED50: Lat 37.639615 - Lng 12.982239

*Figura 22 - Maglia sismica e Coordinate del sito di appartenenza dell'area di studio (dal software "Parametri sismici" - Geostru)*

**Classe d'uso: II.** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

**Vita nominale:** 50 [anni]

**Tipo di interpolazione:** Superficie rigata

**Tipo di elaborazione:** Stabilità dei pendii

*Tabella 17 - AREA 2 Siti di Riferimento*

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	47388	37,633420	12,924530	5128,1
Sito 2	47389	37,633730	12,987480	800,7
Sito 3	47167	37,683740	12,987020	4924,5
Sito 4	47166	37,683420	12,924070	7067,1

## Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente  $c_u$ : 1

*Tabella 18 - AREA 2 Parametri Sismici*

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,032	2,300	0,200
Danno (SLD)	63	50	0,046	2,303	0,236
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,163	2,402	0,277
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,220	2,469	0,295

*Tabella 19 – AREA 2 Coefficienti Sismici - Stabilità dei pendii*

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,200	1,520	1,000	0,008	0,004	0,371	0,200
SLD	1,200	1,470	1,000	0,011	0,006	0,544	0,200
SLV	1,200	1,420	1,000	0,047	0,024	1,922	0,240
SLC	1,180	1,400	1,000	0,073	0,036	2,547	0,280

## 10. Verifica Di Stabilità Del Pendio

Ricordando quanto detto nel paragrafo caratteristiche geomorfologiche al quale si rimanda esplicitamente, essendo i versanti in esame assoggettati alla categoria topografica T1 con pendenze medie inferiori ai 15° e generalmente favorevoli alla stabilità non si è ritenuto necessario eseguire, in questa fase progettuale, specifiche verifiche di stabilità dei pendii

Analizzando l'ubicazione di ogni singolo aerogeneratore e l'ubicazione dell'impianto di accumulo e della stazione elettrica, non si segnalano situazioni di pendenze elevate o di potenziale instabilità di versante che rendano necessarie verifiche di stabilità di versante mirate in contesti geomorfologici più ristretti; tuttavia verifiche di stabilità *ante* e *post operam* saranno predisposte in sede di progettazione esecutiva in quanto propedeutica per la definizione degli stati limite.

In linea generale, per la salvaguardia della stabilità dei pendii, si raccomanderà di prestare attenzione alla regimentazione delle acque meteoriche in modo tale che le stesse non vadano a invadere l'area di sedime, intercettandole più a monte degli aerogeneratori per poi convogliarle verso gli elementi idrici naturali più prossimi al sito.

## 11. Potenziale di Liquefazione

Le "Norme tecniche per le costruzioni" del 2018 (D.M. 17.01.2018), al § 7.11.3.4, "stabilità nei confronti della liquefazione", forniscono la seguente definizione nei riguardi di tale possibile manifestazione: "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".

Ciò avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e quindi allorché gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero. In questo contesto, il problema principale che si pone in fase di progettazione è la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie, ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa. In riferimento al § 7.11.3.4.2, "Esclusione della verifica a liquefazione", della sopracitata normativa, 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  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  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 Figura successiva a nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura b nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

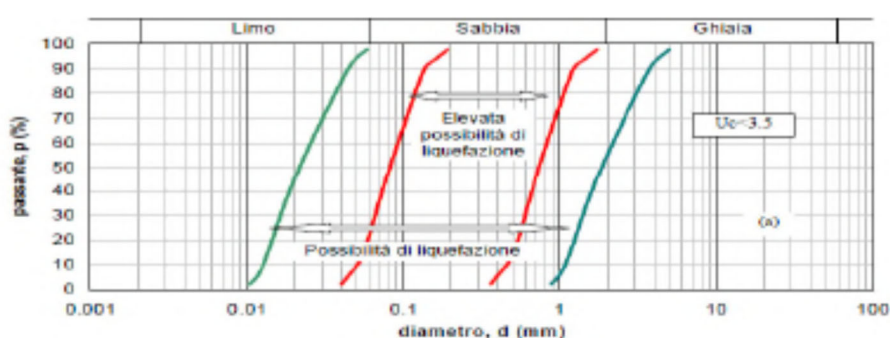


Figura 23 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  (da AGI, 2005).

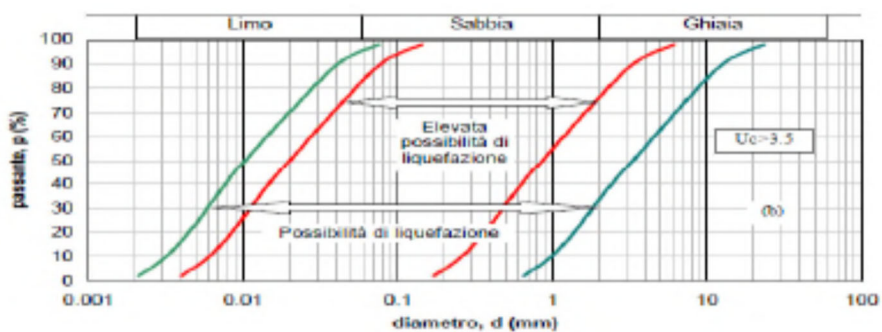


Figura 24 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$  (da AGI, 2005).

Nel caso dell'area in esame, in prossimità dei siti degli aerogeneratori non si ritiene possano sussistere le condizioni per il verificarsi del fenomeno di liquefazione per l'assenza di falda freatica nei primi 15 m rispetto al piano campagna mentre in prossimità dell'area dell'impianto di accumulo, oltre che per l'assenza di falda freatica, anche per la natura lapidea dei terreni affioranti.

## Conclusioni

Il presente studio geologico è stato redatto, su incarico della società **New Developments s.r.l.**, al fine di definire le condizioni geolitologiche, geomorfologiche, idrologiche, geomeccaniche e sismologiche di un'area interessata dal **"Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un parco eolico denominato "Contessa Entellina" di 36.6 MW da svilupparsi nei comuni di Contessa Entellina (PA), Santa Margherita di Belice (AG), Sambuca di Sicilia (AG) e Menfi (AG)"**.

In considerazione delle finalità di progetto, si possono effettuare le seguenti considerazioni conclusive:

- Dal punto di vista geologico è possibile definire il seguente modello:

Per l'area in cui sorgono gli aerogeneratori:

- **Terreno di copertura** poco consistente, con spessore di circa 4 m;
- **Depositi sedimentari arenaceo/marnosi** mediamente consistenti, con spessori di circa 3 - 4 m;
- **Depositi sedimentari arenaceo/marnosi** maggiormente consistenti rinvenibili a partire da 7-8 m di profondità rispetto al piano campagna;

Per l'area in cui sorgeranno l'impianto di accumulo e la stazione elettrica:

- **Terreno di copertura** poco consistente, con spessore di circa 60 cm con presenza di piccoli clasti calcarei lapidei;
- **Basamento calcareo** dapprima fratturato e successivamente compatto/lapideo.

- Dal punto di vista geomorfologico, l'area in cui sorgeranno gli aerogeneratori è posta all'interno di una vallata che presenta altitudine media di circa 450 m s.l.m.; i siti che ospiteranno gli aerogeneratori e la stazione elettrica presentano pendenze che variano dai 12 ai 3° con conseguente assegnazione della categoria Topografica T1.

L'area della stazione elettrica e dell'impianto di accumulo sorge a circa 285 m s.l.m. con pendenza media di appena 2°.

- La cartografia P.A.I. non annovera i siti che ospiteranno gli aerogeneratori del parco, l'impianto di accumulo e la stazione elettrica fra quelli a rischio idrogeologico-geomorfologico. Si segnala la presenza di un movimento franoso che lambisce gli aerogeneratori 5 e 6 ma che allo stesso tempo non può in nessun modo interessarli direttamente in quanto gli stessi sono protetti da un picco isolato che si eleva dal versante principale a protezione degli stessi.
- Il cavidotto in alcuni tratti del suo percorso, attraversa delle aree cartografate in frana a cui è associato un rischio medio; per come spiegato nei capitoli precedenti, si ritiene che sia comunque la soluzione migliore in quanto il percorso del cavidotto segue le arterie stradali esistenti e anche in considerazione dell'estensione molto limitata dei fenomeni franosi.
- Dal punto di vista idrogeologico il sistema idrografico è costituito principalmente da piccole aste di bassissimo grado gerarchico che convogliano le acque meteoriche verso valle. Non si segnala la presenza di un corso idrico principale di riferimento nell'area degli aerogeneratori e dell'impianto di

- accumulo; Il fiume Belice è distante alcuni chilometri e non interferisce in alcun modo con la progettazione del parco eolico in esame. La maggior parte dei litotipi affioranti presentano una permeabilità media fatta eccezione per alcune litologie meno permeabili (come ad esempio le argille BLC e BLCc) e altre molto più permeabili (come ad esempio i depositi ghiaiosi sabbiosi **SBE**).
- Dal punto di vista geotecnico i parametri geotecnici utili ai fini della progettazione degli interventi in oggetto vengono elencati nel capitolo “caratterizzazione geotecnica”; tuttavia i terreni di fondazione nei pressi degli aerogeneratori presentano scarse caratteristiche geotecniche per i primi 4 m circa e, di conseguenza, per ricavare i parametri geotecnici degli orizzonti stratigrafici più profondi, si rende necessario integrare in una fase successiva di progettazione, le indagini eseguite, con carotaggi e prelievi di campione da poter analizzare in laboratorio. Per la posa delle fondazioni, si dovrà prevedere di sbancare fino ad almeno 7/8 m in modo da intercettare gli orizzonti che presentano caratteristiche geotecniche migliori, oppure di prevedere già da questa fase delle palificazioni di fondazione.
  - Dal punto di vista sismico, il territorio in esame ricade in una zona con accelerazione sismica su substrato di riferimento (bedrock, suolo A) pari a  $0.150 - 0.175 a_g/g$ , i territori comunali di Contessa Entellina e Menfi sono classificati in “Zona Sismica 1”. Dalle risultanze delle prove M.A.S.W effettuate, la categoria del sottosuolo è riconducibile alla Classe B ( $V_{s_{eq}}$  compresi tra 360 e 800 m/s) sia per quanto concerne l’area dell’impianto di accumulo e della stazione elettrica che per quanto concerne l’area degli aerogeneratori.

In definitiva, si può asserire che il rischio per l’area interessata dall’intervento è sostanzialmente rappresentato dalla scarsa consistenza del terreno di fondazione che potrebbe dar luogo a cedimenti differenziali. Lo scrivente reputa opportuno, per ciascun aerogeneratore, la messa in opera delle fondazioni solo dopo aver intercettato i livelli di terreno più consistenti (a partire da 7/8 m circa).

Per le opere edili inerenti alla costruzione dell’impianto di accumulo sarà cura del progettista stabilire la soluzione progettuale migliore in relazione ai parametri forniti nella presente relazione; si consiglia comunque di escludere la primissima fascia di suolo agrario che presenta scarse caratteristiche geotecniche.

Al fine di salvaguardare l’attuale stabilità dei versanti si consiglia di rendere efficace il controllo, la regimazione e il disciplinamento delle acque di ruscellamento superficiale e d’infiltrazione, nell’intorno delle singole pale eoliche mediante specifiche opere di presidio idraulico (vespai, canalizzazioni, ecc) da estendere adeguatamente attorno all’area d’interesse, con il loro recapito fino agli elementi naturali e/o artificiali più vicini e sicuri. La regimentazione delle acque meteoriche dovrà avvenire già diverse decine di metri più a monte rispetto al punto esatto in cui sorgeranno gli aerogeneratori; le

stesse raccomandazioni valgono per l'area dell'impianto di accumulo e per i punti in cui il cavidotto attraversa aree in frana.

## Elaborati Cartografici

- ✓ Carta Geologica - scala 1:10.000 (stralcio 1/2 e 2/2)
- ✓ Profili geologici - scala 1:3.500
- ✓ Carta Geomorfologica - scala 1:10.000 (stralcio 1/2 e 2/2)
- ✓ Carta Idrogeologica - scala 1:10.000 (stralcio 1/2 e 2/2)

## Allegati

- ✓ CARTA DEI VINCOLI - Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) scala 1:10.000 (Tavola 1/2 e 2/2)
- ✓ Report sulle indagini

DICEMBRE 2023

*Il geologo*  
Dott. Eugenio Martire