

# “IR MELISSA STRONGOLI”

**Integrale ricostruzione dei Parchi Eolici Melissa Strongoli e Melissa San Francesco (KR) - Intervento di Repowering con sostituzione degli aerogeneratori esistenti e relativa riduzione del numero delle macchine**

*Comuni di Melissa e Strongoli (KR)*

COMMITTENTE



**Edison Rinnovabili S.p.A.**

Foro Buonaparte n.31 - Milano (MI)  
P.IVA: 12921540154

PROGETTAZIONE



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



Progettista: Ing. Mariano Galbo

## RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	PRIMA EMISSIONE	Novembre 2022	MG	VF	EG
<b>Codice commessa: EDIS758</b>		<b>Codifica documento: MEL-PD-REL-0013_00</b>			

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'OPERA DI FONDAZIONE.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO.....</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>QUADRAMENTO GEOLOGICO .....</b>	<b>17</b>
<b>7</b>	<b>ANALISI SISMICA DELLA ZONA DI INTERESSE.....</b>	<b>19</b>
7.1	PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO .....	24
<b>8</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....</b>	<b>26</b>

## 1 PREMESSA

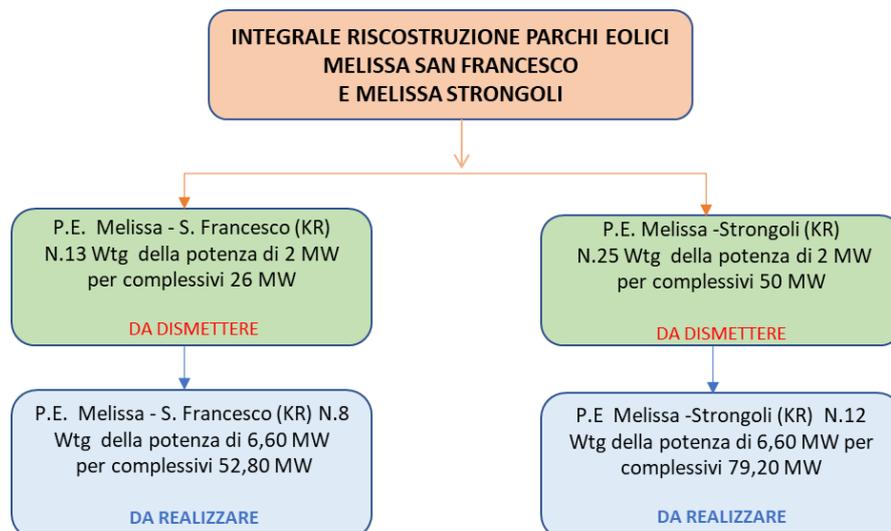
La società Edison Rinnovabili S.P.A. con sede in Foro Buonaparte n.31 – Milano (MI) è proprietaria dei parchi eolici denominati Parco eolico San Francesco ubicato nel Comune di Melissa (KR), costituito da 13 Wtg tipo Gamesa G87 da 2 MW per complessivi 26 MW e parco eolico Melissa Strongoli ubicato negli omonimi Comuni, costituito da 25 Wtg tipo Ecotecnica ECO80 da 2 MW per complessivi 50 MW

Da un punto di vista autorizzativo, Edison rinnovabili S.P.A. precisa che:

- il parco esistente denominato Parco eolico S. Francesco (KR) è stato autorizzato sulla base della normativa vigente all'epoca, mediante autorizzazione unica ai sensi del D.P.R. 387/2003 e delibera Giunta regionale 832/2004 con il numero 529 del 05/02/2007 e della potenza di 32 MW.
- il parco esistente denominato Parco eolico Melissa Strongoli (KR). è stato autorizzato sulla base della normativa vigente all'epoca, mediante autorizzazione unica ai sensi del D.P.R. 387/2003 e delibera Giunta regionale 832/2004 con il numero 18694 del 22/12/2006 e della potenza di 50 MW.

La società Hydro Engineering s.s. è stata incaricata di redigere il progetto definitivo relativo all'integrale ricostruzione dei Parchi Eolici Melissa Strongoli e Melissa San Francesco (KR), mediante la sostituzione degli aerogeneratori esistenti e relativa riduzione del numero delle macchine.

In particolare, il progetto del parco eolico San Francesco prevede la sostituzione di 13 Wtg da 2 MW con 8 Wtg da 6,60 MW passando dagli attuali 26 MW ai 52,8 MW futuri mentre il progetto di Melissa Strongoli prevede la sostituzione di 25 Wtg da 2 MW con 12 Wtg da 6,60 passando dagli attuali 50,00 MW ai 79,20 MW futuri.



Il progetto prevede altresì:

- smantellamento dei 38 aerogeneratori esistenti tra Melissa Strongoli (25 unità) e San Francesco (13 unità);
- smantellamento dei cavi esistenti ad eccezione di quelli del cavidotto esterno di Melissa Strongoli che sono solo da integrare con una nuova linea;
- costruzione di un elettrodotto MT da 30 kV, sia interno di collegamento tra gli aerogeneratori, che verso la stazione di trasformazione utente 30/150 kV negli stessi siti dei cavidotti esistenti;
- smantellamento degli n.2 locali MT delle cabine di smistamento (CS1,2) nel campo di Melissa Strongoli;
- installazione di n.2 nuovi locali MT associati alle cabine di smistamento esistenti, più installazione di una terza cabina di smistamento completa di cabinato MT e locale servizi ausiliari.
- adeguamento delle due sottostazioni elettriche di trasformazione utente esistenti
- potenziamento delle linee RTN

Il presente documento si propone di fornire una descrizione tecnica del Progetto definitivo dell'impianto eolico, volto al rilascio da parte delle Autorità competenti, delle autorizzazioni e concessioni necessarie alla sua realizzazione.

Il presente documento si propone di descrivere la caratterizzazione geotecnica e sismica dei siti in oggetto e di riportare le verifiche geotecniche relative alla realizzazione delle fondazioni dell'aerogeneratore.

Le caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni sono state desunte dallo studio geologico redatto dal Dott. Geologo Carlo Cibella allegato al presente progetto.

## 2 DESCRIZIONE DELL'OPERA DI FONDAZIONE

Nella attuale fase di progettazione definitiva, si eseguiranno dei calcoli preliminari basati sullo studio geologico del dott. Carlo Cibella.

Durante la fase di progettazione esecutiva a seguito di indagini geologiche più approfondite saranno valutate eventuali alternative alle fondazioni indirette.

Come risulta dal calcolo di pre-dimensionamento, la fondazione indiretta proposta sarà costituita da un plinto circolare, di diametro fino a 23,50 m e spessore variabile su pali di adeguata lunghezza, diametro e numero. All'interno del plinto di fondazione sarà annegata una gabbia di ancoraggio metallica cilindrica dotata di una piastra superiore di ripartizione dei carichi ed una piastra inferiore di ancoraggio. Entrambe le piastre sono dotate di due serie concentriche fori che consentiranno il passaggio di barre filettate ad alta resistenza di diametro 36 mm, che, tramite dadi, garantiscono il corretto collegamento delle due piastre.

A tergo dei lati del manufatto dovrà essere realizzato uno strato di drenaggio dello spessore di 60 cm, munito di tubazione di drenaggio forata per l'allontanamento delle acque dalla fondazione. Nella fondazione, oltre al sistema di ancoraggio della torre, saranno posizionate le tubazioni passacavo in PVC corrugato, nonché gli idonei collegamenti alla rete di terra

Il dimensionamento finale delle fondazioni sarà effettuato sulla base dei parametri geotecnici derivanti dalle prove in sito e di laboratorio su campioni indisturbati prelevati nel corso di appositi sondaggi in fase di progettazione esecutiva.

L'analisi dei terreni e il predimensionamento delle fondazioni (cfr. relazione di predimensionamento delle fondazioni MEL-PD-REL-0008) suggeriscono l'adozione di una fondazione su pali.

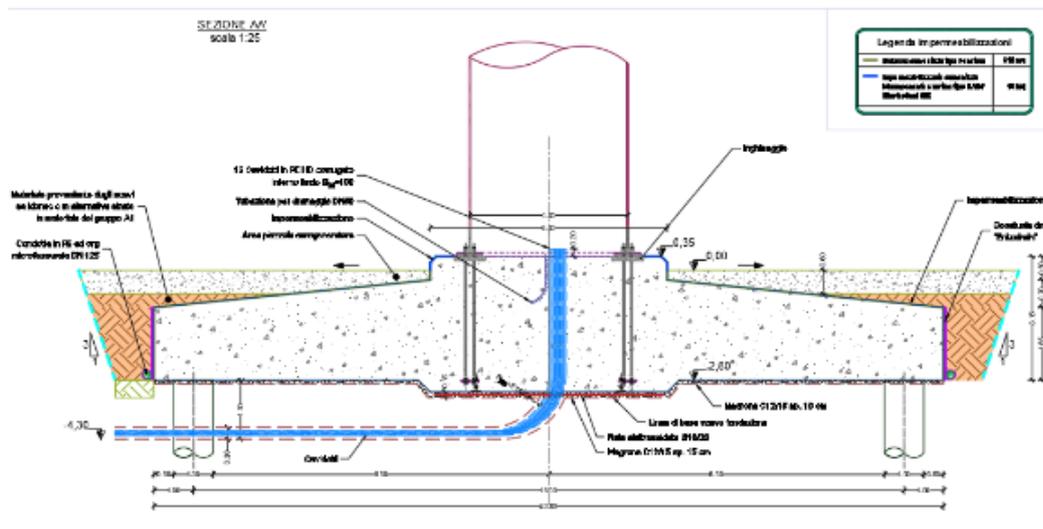


Fig.1

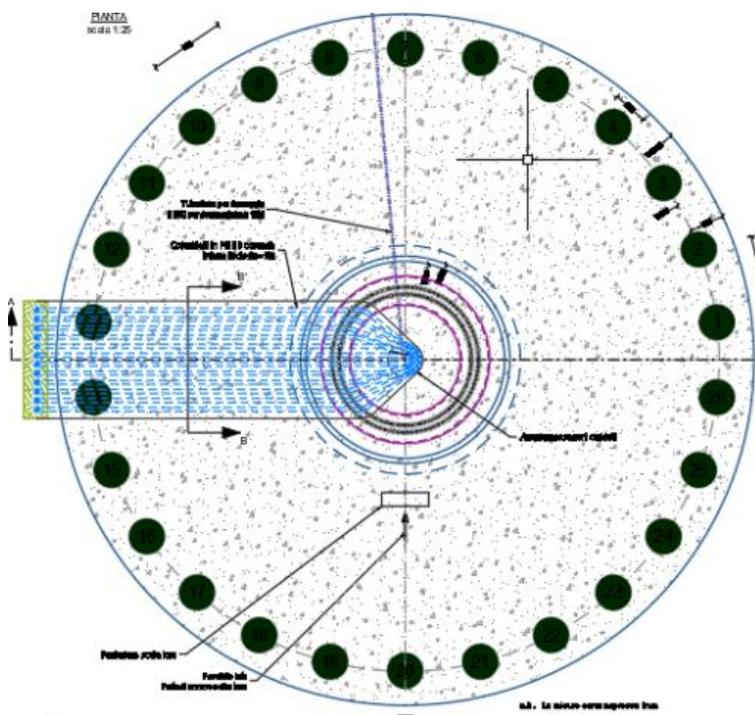


Fig.2 Tipologia della fondazione su pali prevista -diametro fondazione 20,00 m

All'interno del plinto di fondazione sarà annegata una gabbia di ancoraggio metallica cilindrica dotata di una piastra superiore di ripartizione dei carichi ed una piastra inferiore di ancoraggio. Entrambe le piastre sono dotate di due serie concentriche di fori che consentiranno il passaggio di barre filettate ad alta resistenza che, tramite dadi, garantiscono il corretto collegamento delle due piastre. A tergo dei lati del manufatto dovrà essere realizzato uno strato di drenaggio dello spessore di 160 cm, munito di tubazione di drenaggio forata per l'allontanamento delle acque dalla fondazione.

### 3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la normativa tecnica nazionale in vigore: “Norme Tecniche per le Costruzioni”, D.M. 17/01/2018.

Si farà, inoltre, riferimento alle seguenti normative:

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

Legge n. 64 del 02.02.1974 – “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.

IEC 60400-1 “Wind Turbine safety and design”;

Eurocodice 2 “Design of concrete structures”.

Eurocodice 3 “Design of steel structures”.

Eurocodice 4 “Design of composite steel and concrete structures”.

Eurocodice 7 “Geotechnical design”.

Eurocodice 8 “Design of structures for earthquake resistance”.

#### 4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Gli aerogeneratori dell'impianto ricostruito saranno in numero di 20 (venti) e denominati con le sigle:

- IR01-02.....-12 per i nuovi aerogeneratori del parco di Melissa Strongoli
- IR13-14.....-20 per i nuovi aerogeneratori del parco di San Francesco

I riferimenti cartografici sono i seguenti:

- Fg. IGM: 02-03-04
- Fg CTR: 562094-562091-562104-562052-562063
- Fg. Catastali Strongoli: 01-02-03
- Fg. Catastali Melissa: 10-11-21-22-23-33-41-42-44-45-46
- Fg. Catastali Ciro Marina: 39

Di seguito le coordinate assolute nel sistema UTM 33 WGS84 degli aerogeneratori in ricostruzione:

WTG	E	N
IR01	679790.150	4350971.750
IR02	679208.600	4351123.000
IR03	678830.850	4350562.300
IR04	678353.000	4350398.000
IR05	677912.000	4350267.900
IR06	677416.000	4350428.000
IR07	677057.150	4350512.700
IR08	676532.500	4350485.000
IR09	675884.700	4349999.000
IR10	675272.650	4350096.300
IR11	674747.250	4350212.800
IR12	673920.600	4349802.000
IR13	680432.293	4352916.354
IR14	679967.316	4353012.346
IR15	679463.000	4353141.000
IR16	678875.371	4352870.328
IR17	679012.359	4353485.330
IR18	679891.000	4353965.000
IR19	680103.289	4354575.348
IR20	678696.358	4354481.325

*Tab. 1 Coordinate aerogeneratori di integrale ricostruzione nel sistema UTM 33 WGS84*

L'impianto eolico ricostruito ricade nelle *medesime porzioni* di territorio interessate dall'impianto esistente. In particolare, dei 20 nuovi aerogeneratori 16 unità coincideranno con *le medesime posizioni* degli esistenti e solo quattro wtg, la IR06, IR09, IR15 e IR18 saranno realizzate in postazioni diverse dalle esistenti.

Per maggiore chiarezza si veda la seguente tabella:

WTG	EX	P.E
IR01	A1	Melissa strongoli
IR02	A3	Melissa strongoli
IR03	A5	Melissa strongoli
IR04	A7	Melissa strongoli
IR05	A9	Melissa strongoli
IR06	---	Melissa strongoli
IR07	A12	Melissa strongoli
IR08	A14	Melissa strongoli
IR09	--	Melissa strongoli
IR10	A20	Melissa strongoli
IR11	A22	Melissa strongoli
IR12	A25	Melissa strongoli
IR13	A7	Melissa San Francesco
IR14	A5	Melissa San Francesco
IR15	---	Melissa San Francesco
IR16	A1	Melissa San Francesco
IR17	A10	Melissa San Francesco
IR18	---	Melissa San Francesco
IR19	A16	Melissa San Francesco
IR20	A12	Melissa San Francesco

Tab.2 Corrispondenza tra le coordinate degli aerogeneratori esistenti e nuovi

Gli aerogeneratori che saranno installati verranno scelti tra diversi fornitori ed in grado di sviluppare ciascuno 6,60 MW di potenza massima, con le seguenti specifiche tecniche orientative:

- altezza mozzo fino a 125 m;
- diametro del rotore fino a 160 m;
- altezza massima fino a 200 m.

Il modello di macchina scelto come riferimento della progettazione è SG155; esso è indicativo e al momento della eventuale realizzazione saranno effettuate analisi del mercato al fine di cogliere le migliori opportunità tecniche ed economiche nella scelta dell'aerogeneratore, mantenendosi in linea con le caratteristiche del modello di macchina utilizzato nelle presenti relazioni.

Il modello di aerogeneratore è selezionato a titolo esemplificativo sulla base del quale sono state fatte le analisi della presente documentazione

La struttura di fondazione dell'aerogeneratore sarà di tipo composto da:

- pali di fondazione di diametro (in genere non inferiore a 1,00 m), di profondità e di numero da definire nella successiva fase di progettazione esecutiva;
- plinto di fondazione di collegamento tra pali e sostegno dell'aerogeneratore, interamente interrato ed avrà esemplificativamente (le dimensioni finali si potranno avere solo nella successiva fase di progettazione esecutiva) forma troncoconica di diametro massimo 23,5 m e con altezza variabile da 1,60 m a 2,40 m. All'interno del plinto è annegato un elemento in acciaio denominato anchor cage, cui collegare la prima sezione del sostegno di cui al punto successivo. Le dimensioni sopra riportate sono da interpretarsi come orientative;
- sostegno dell'aerogeneratore costituito da una struttura in acciaio di forma troncoconica, di altezza fino ad un massimo di 125,0 m.

I cavi di potenza saranno interrati e seguiranno, dove possibile, il tracciato dei vecchi cavi che saranno rimossi dallo scavo per far posto ai nuovi cavidotti. Non si escludono interventi e/o aggiustamenti locali, oltre all'utilizzo di metodologia di Trivellazione Orizzontale Controllata.

La scelta di potenziare l'impianto esistente discende da una approfondita analisi di producibilità, nonché dall'attenzione che la Società proponente riservano per l'ambiente. Ci si riferisce, in particolare, allo sfruttamento massimo delle aree già interessate dalla presenza del parco eolico esistenti e della viabilità e dei servizi ausiliari esistenti, a servizio del parco tuttora in esercizio, che verranno semplicemente adeguati al passaggio dei mezzi di trasporto eccezionali.

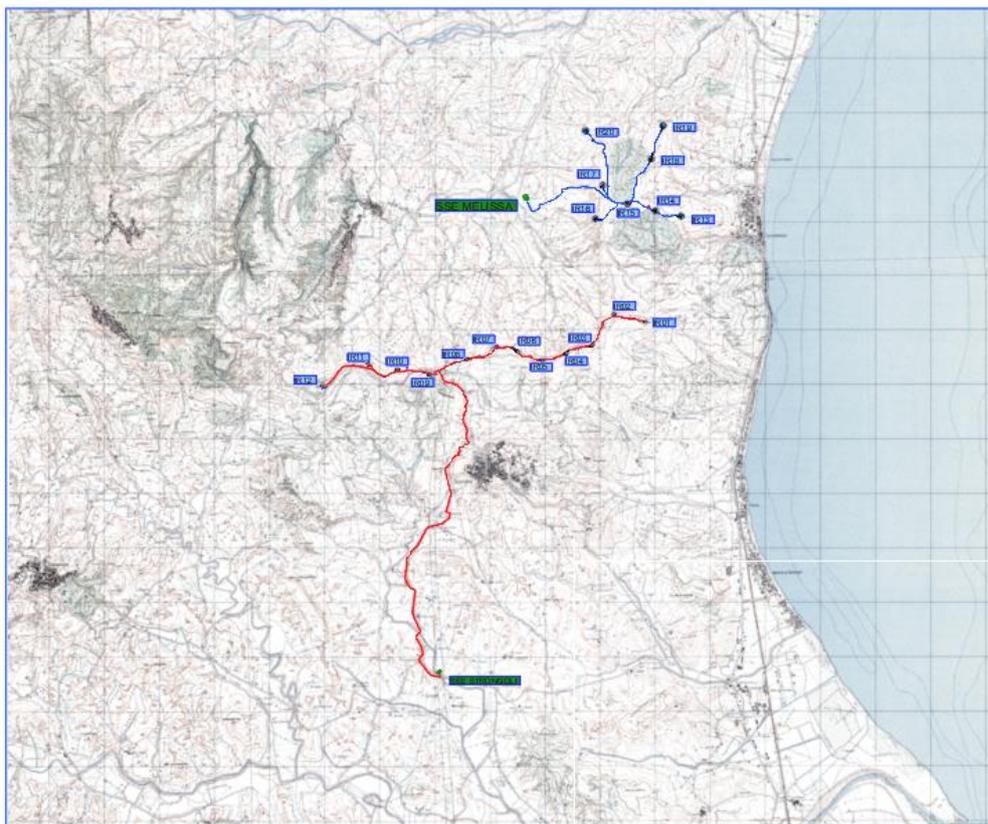


Fig.3 Layout di integrale ricostruzione su carta 1:100.000

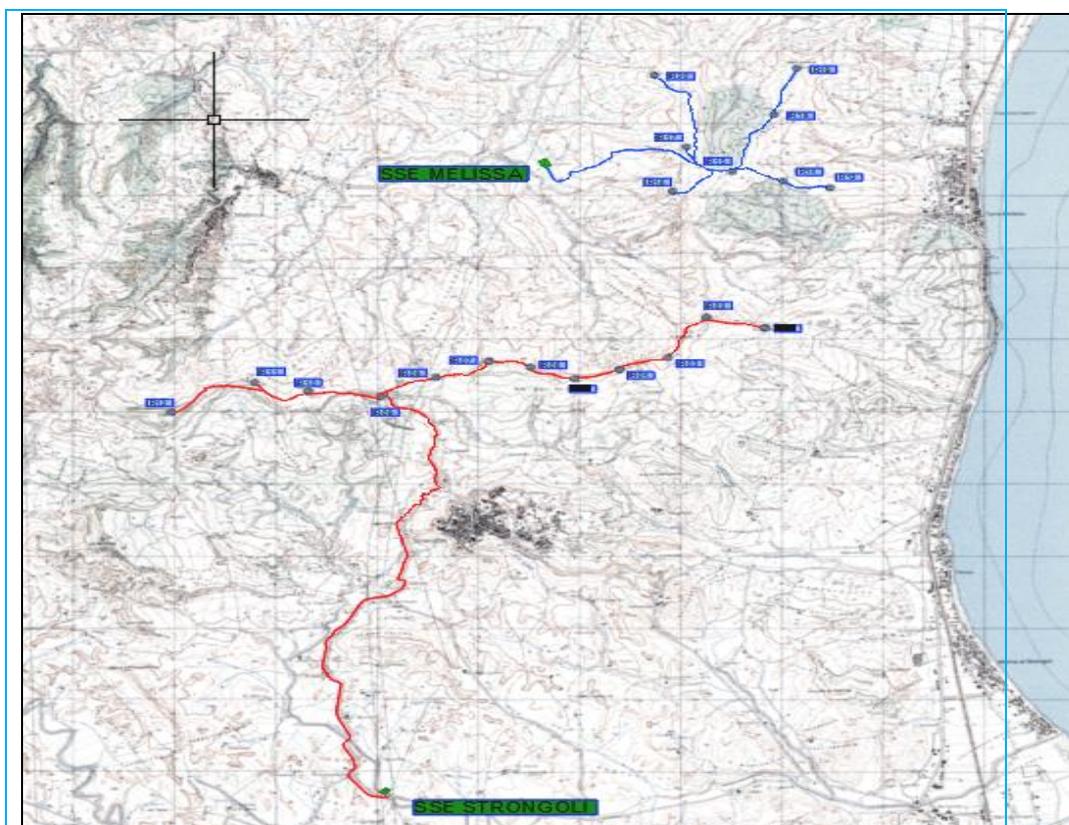


Fig.4 Layout di integrale ricostruzione su IGM 1:25000

## 5 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

L'assetto geomorfologico di un territorio è determinato dall'interazione tra le caratteristiche geologico-strutturali dei terreni presenti in affioramento e gli agenti morfogenetici predominanti in quella particolare area.

Una prima notevole differenza si ha a seconda che siano presenti in affioramento rocce coerenti, pseudocoerenti o incoerenti.

Partendo dalla tettonica, che deforma i corpi litologici di un'area dando luogo a forme cosiddette "strutturali", la risposta di queste due grandi categorie di terreni agli agenti morfodinamici esterni risulta profondamente diversa.

Le litologie di tipo pseudocoerente si conformano secondo rilievi dall'andamento spesso mammellonare, regolari, interrotti localmente da forme geomorfologiche legate ad attività erosiva intensa; mentre le litologie coerenti e/o cementate danno luogo a forme più acclivi e dall'andamento più accidentato ed irregolari.

Questa marcata differenziazione di origine "strutturale" viene ulteriormente accentuata dalla cosiddetta "erosione selettiva", ossia dalla differente risposta dei terreni agli agenti morfogenetici, che nel sistema morfoclimatico attuale sono dati essenzialmente dalle acque di precipitazione meteorica.

Le litologie coerenti vengono erose in misura più ridotta e tendono quindi a risaltare nei confronti delle circostanti litologie pseudocoerenti.

La porzione di territorio oggetto del presente studio segue grossomodo il confine comunale tra gli abitati di Melissa e Strongoli, posti rispettivamente a Nord e a Sud, lungo una cresta con una direzione E-NE/W-SW per quanto riguarda il *Parco eolico Melissa Strongoli*. La porzione orientale del territorio del Comune di Melissa (KR) per quanto riguarda il *Parco eolico San Francesco*.

La cresta su cui verranno realizzate le torri presenta i tipici caratteri morfologici collinari con rilievi di forma allungata intervallati da selle; inoltre sono presenti in corrispondenza degli allineamenti N-S importanti sdoppiamenti che danno origine ad aree sub pianeggianti.

Nel parco eolico di Melissa e Strogoli partire da Ovest verso Est, si individuano i seguenti rilievi principali, Cozzo Granatello (382 m s.l.m.), Serra Melissa (354 m s.l.m.), San Basilio 333 m s.l.m., Punta Spineta (300 m s.l.m.); le selle più importanti intersecano la S.S. 492 sia al Km 3.2 che al km 1.5, con quote rispettivamente di 315 m e 302 m s.l.m.

Il Parco eolico San Francesco è ubicato lungo le Serre a monte di Torre Melissa, in località I Destri per la parte orientale, la parte centrale del Parco Eolico ricade su Serra Camoscio, e su Manca di San Francesco la parte occidentale. A sud lungo la strada provinciale 21 è ubicata la SE.

L'assetto orografico del territorio in esame deriva principalmente dai processi geodinamici della tettonica regionale mentre la geomorfologia, dipende in gran parte dall'azione modellante degli agenti esogeni che sono fondamentalmente le precipitazioni meteoriche. I fenomeni principali sono quelli *erosivi*, che per la omogeneità litologica ad elevata componente argillosa risultano molto intensi; si assiste comunque ad una risposta differenziale variabile da zona a zona, legata fondamentalmente alla natura litologica e alla geometria delle unità geologiche affioranti.

Il rilievo geologico di campagna in uno con lo studio dell'aerofotogrammetria ha consentito di verificare quanto le aree oggetto di studio siano interessate da spinti fenomeni di erosione particolarmente accentuati lì dove i versanti si presentano piuttosto acclivi, composti in prevalenza da litotipi di natura argilloso-siltitica.

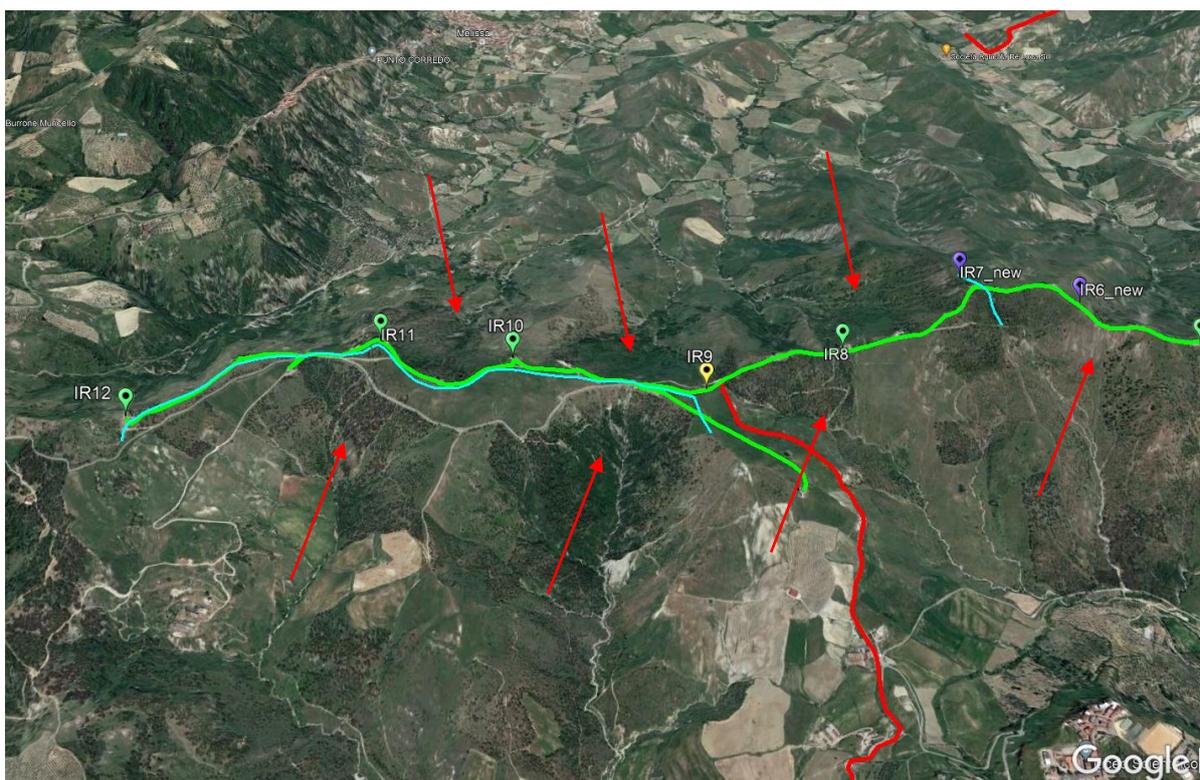


Foto 1

Tali fenomeni derivano dall'azione erosiva svolta dai sottobacini idrografici dei vari impluvi che dalla sommità dei rilievi si spingono verso valle in direzione sud e nord rispetto alla dorsale sulla quale si sviluppa l'impianto eolico in progetto. Le aree risultano così

interessate da fenomeni di denudazione dei versanti che a luoghi degenerano in forme calanchive, caratterizzate da elevate pendenze e scarso ricoprimento vegetazionale. In linea di massima non interessano i siti in cui ricadranno gli aerogeneratori perché le aree in erosione si collocano in particolar modo lungo i versanti della dorsale. Soltanto le fondazioni degli aerogeneratori denominati IR05, 07, 08, 14 e 16 sono lambite dai coronamenti dei fenomeni erosivi. Per tali fondazioni, nella fase esecutiva della progettazione, si dovrà prestare particolarmente attenzione al sistema di regimentazione idraulica delle piazzole ed alla realizzazione di opere di presidio per garantire la stabilità delle piazzole e delle fondazioni.

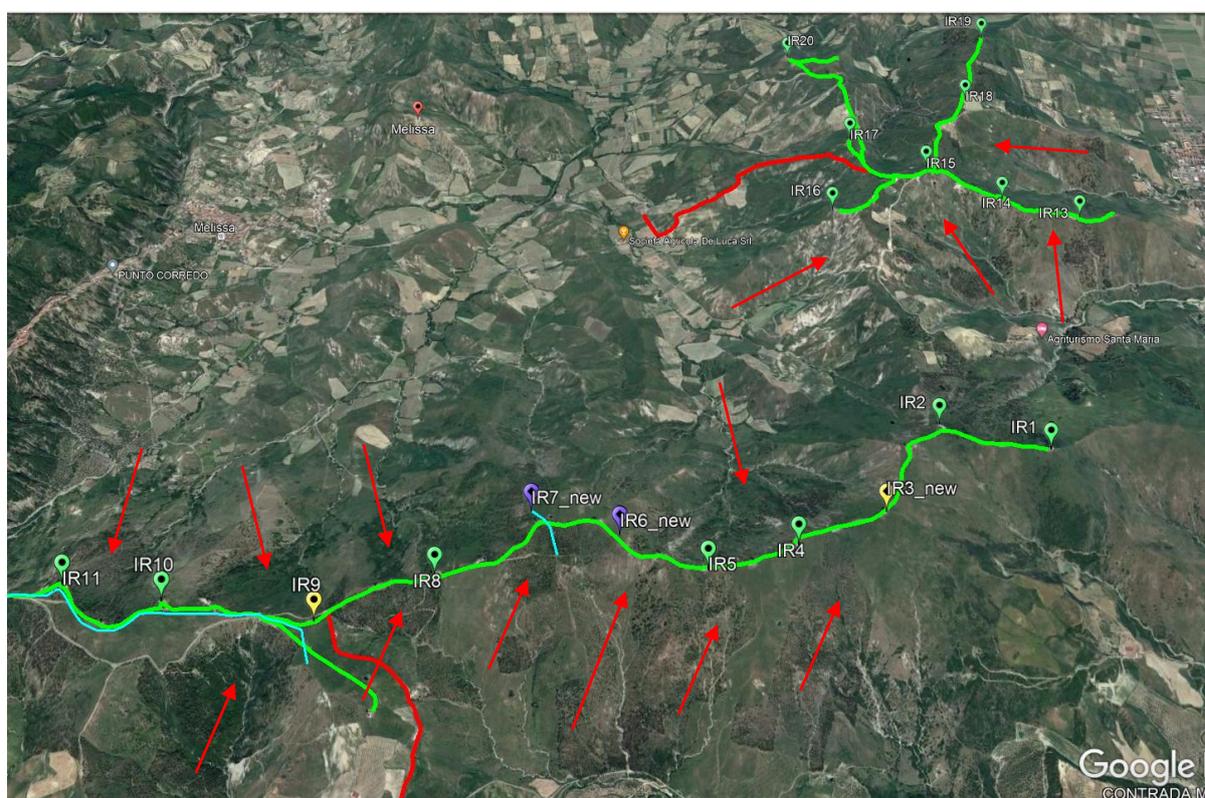


Foto 2 Le due immagini esposte rappresentano la posizione degli aerogeneratori sulle dorsali esistenti, le frecce di colore rosso indicano le aree interessate da erosione. Tali aree sono state delimitate all'interno della (Tav. 2)

Si fa presente che nel sito in studio, consultate le carte redatte dall'Autorità di Bacino della Regione Calabria nell'ambito del Piano di Assetto Idrogeologico di cui al Decreto del Segretario Generale n 540 del 13/10/2020, in particolare in quella dei dissesti, non sussistono vincoli di alcun ordine e grado, fatta eccezione per l'area in cui ricade l'aerogeneratore IR13 che lambisce un'area dove, nel versante che degrada verso Sud si riscontra un fenomeno franoso indicato nelle carte del PAI come frana di scorrimento a pericolosità P3, in quello che degrada verso Nord un fenomeno franoso indicato come frana

complessa a pericolosità P2. Inoltre per quanto riguarda le carte della pericolosità e del rischio idraulico nessun aerogeneratore ricade in aree soggette a vincolo (aree di attenzione vedi cartografia allegata).

Da un punto di vista idrografico, sono presenti numerosi bacini imbriferi, sia a Nord che a Sud rispetto alla cresta. Nel primo caso l'asse di drenaggio delle aste di primo ordine avviene lungo la massima pendenza in direzione N-S; nel secondo caso invece presentano una orientazione preferenziale di direzione NW-SE. In entrambi i casi non si esclude un controllo strutturale di tipo fragile, con un'impostazione delle aste lungo piani di debolezza (faglie e/o fratture), le cui evidenze morfologiche sono mascherate dai prodotti dell'erosione. Nella zona di testata dei bacini stessi, si ha lo sviluppo di numerose aste secondarie con un pattern di tipo sub dendritico.

Il modello idrogeologico nell'area di progetto ovvero la circolazione idrica sotterranea, in base al modello geologico descritto, si compone delle seguenti Unità Idrogeologiche s.l.:

- Argille Varicolori
- Arenarie Siltitiche in facies di flysch.

Nel primo caso si tratta di **Unità idrogeologiche permeabili per porosità** rappresentate dai litotipi argilloso-limosi e marnosi del membro inferiore della Argille Varicolori, che costituisce il substrato di gran lunga più rappresentativo nell'area di progetto. La permeabilità è molto bassa con alcune eccezioni locali legate alla presenza nella coltre superficiale o agli strati litoidi inglobati nella massa argillosa. Il valore del coefficiente K è stimabile (da letteratura) compreso tra  $1 \times 10^{-6}$  oppure  $10^{-7}$  cm/s, valore che consente di considerare questi terreni caratterizzati da bassa permeabilità. Tale condizione di fatti ha comportato un maggiore sviluppo del reticolo idrografico superficiale e la quasi assenza di falde idrica in s.s.

Nel secondo caso si tratta di **Unità idrogeologiche permeabili per fratturazione** Sono rappresentati dai litotipi calcarei e calcarenitici del membro superiore delle Argille Varicolori, che costituisce il substrato di una parte dell'area di progetto. La permeabilità è variabile da mediamente a molto permeabili. In questo caso i processi di filtrazione sono agevolati, dalle fratture presenti nell'ammasso roccioso. I valori del coefficiente di permeabilità K può assumere valori stimabili (da letteratura) compresi tra  $10^{-4}$  a  $10^{-2}$  cm/sec. Ma dato il ridotto spessore complessivo di tale membro, non si ha la formazione di falde acquifere significative.

**Unità idrogeologiche a permeabilità mista**, sono rappresentati termini che costituiscono le Arenarie siltitiche (in facies di flysch) e dalle alternanze calcaree e calcarenitiche con marne e argille limoso-marnoso del membro superiore delle Argille Varicolori. In entrambi i casi le

alternanze di litologie permeabili sia per porosità (arenarie e calcareniti) che per fatturazione (calcarei e calcari marnosi), con litologie considerate poco permeabili o addirittura impermeabili (argille e limi) determina la formazione di modeste emergenze temporanee generalmente stagionali. Inoltre essendo caratterizzate da anisotropia laterale, la circolazione idrica risulta estremamente discontinua. I valori del coefficiente K possono essere considerati nel complesso medio-bassi e compresi tra  $10^{-4}$  e  $10^{-6}$  cm/sec.

## 6 QUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area oggetto di intervento si colloca a ridosso del crinale di confine tra i comuni di Melissa e Strongoli e si estende per circa 6 km superando un dislivello di circa 50 m. Le Unità Geologiche affioranti sono di origine sedimentaria, principalmente a granulometria medio-fine, costituite sia da termini litoidi che sciolti, depositatesi in ambiente marino.

L'unità che affiora maggiormente è relativa alle Argille Varicolori (o Argille Policrome), seguono in maniera minore le Arenarie Siltitiche in facies di flysch ed infine in modo del tutto subordinato dai termini della Successione evaporitica. Tali unità sono datate tutte al Miocene Medio-Superiore. Costituiscono la porzione più recente dei litotipi affioranti i detriti di falda.

**Detrito di falda**, è costituito dalla disgregazione delle arenarie presenti nelle argille varicolori e localmente nel Flysch Numidico, presentano una granulometria variabile dalla porzione millimetrica a quella centimetrica, con elementi a spigoli vivi, spesso non cementati, sono presenti principalmente all'interno delle incisioni fluviali nei versanti dove affiorano terreni rocciosi facilmente erodibili dalle acque meteoriche.

**Argille Varicolori** (o Policrome), nella zona interessata dalla progettazione è presente l'affioramento più importante delle Argille Varicolori di tutta l'area del crotonese, assumendo una forma cuneiforme che decorre da Cozzo Granatello ampliandosi verso Est sino a Torre Melissa, dove raggiunge una larghezza di circa 3 km.

Da un punto di vista stratigrafico, le Argille Varicolori giacciono in discordanza angolare sulle Argille Mioceniche che non affiorano sulla Cresta, si immergono globalmente verso Sud-Est debordando così sulle formazioni più antiche.

Sono costituite da argille con venature di calcite, con colore variabili da grigio scuro fino a grigioverde e da sottili strati marnosi, calcarei o calcareo-silicei (residui di radiolari); l'ambiente di deposizione è marino profondo a bassa energia.

Verso l'alto seguono alternanze di argille stratificate di colore rosso e verde, e calcari a bioclasti lenticolari di colore verdastro poco fratturati; l'ambiente di deposizione è marino profondo.

In posizione sommitale hanno colori variegati, con tonalità variabili dal verde al rosso fino al grigio, inglobanti blocchi eterometrici con dimensioni massime di 1-2 metri, molti dei quali sono costituiti da calcari.

**Arenarie Siltitiche** (in facies di Flysch), si rinvengono in posizione sommitale rispetto alle precedenti, si tratta di un'alternanza di arenarie e peliti, ben stratificate di colore brunastro, con strati a base netta di spessore decimetrico e laminazione variabile da pianoparallela a caotica; il rapporto Arenarie/Pelite è di poco superiore a 1. In affioramento gli strati arenacci si presentano poco cementati, spesso alterati con dimensioni medie dei granuli di 2 mm di diametro.

Gli affioramenti più estesi si trovano ad Est di Serra Melissa, in affioramento danno origine ad un modesto detrito superficiale.

Da sottolineare che le Argille Varicolori che giacciono immediatamente sotto queste unità, si presentano stratificate similmente alla loro parte basale; questo fa supporre un passaggio graduale tra le due unità e che quindi le Arenarie Siltitiche non siano un vero olistolite, ma piuttosto una lente ben circoscritta inglobata entro le Argille Varicolori.

**Serie Evaporitica**, affiora nella parte più occidentale dell'area, sono presenti le unità che compongono la Serie Evaporitica. Alla base sono presenti marne ben stratificate, di colore crema o grigio chiaro, note col nome di «marne tripolacee» contenenti a volte scisti neri con una elevata percentuale di sostanza organica e forte odore bituminoso; passano verso l'alto a calcari evaporatici seguiti da gessi in banchi che costituiscono il termine più elevato della serie.

Associato alla Serie Evaporitica sono presenti giacimenti di Zolfo che nell'area della progettazione, in località Còmero in passato veniva coltivato.

In particolare la litologia più diffusa lungo la Cresta interessata dalla progettazione, in senso areale è rappresentata principalmente dalle Argille Varicolori distinguibili in 3 unità Litostratigrafiche:

- il membro inferiore costituito prevalentemente da una facies argilloso-limosa che arealmente tende ad assottigliarsi verso Nord,
- il membro intermedio costituito dall'associazione litologica di sottili strati diasprigni rossi e bruni, argilliti silicee, silts e rare intercalazioni bituminose nerastre, il cui spessore varia da 10 a 30 m,
- il membro superiore costituito essenzialmente da calcari marnosi, calcareniti e rare calciruditi.

Seguono le Arenarie Siltitiche in facies di Flysch ed infine, subordinatamente le litologie relative alla Serie Evaporitica.

## 7 ANALISI SISMICA DELLA ZONA DI INTERESSE

L'area in esame ricade all'interno di un contesto geologico-strutturale complesso ed articolato: l'Orogene Calabro-Peloritano, costituito da varie unità tettono-stratigrafiche del basamento cristallino ercinico tra loro impilate e insieme sovrascorse sui terreni sedimentari del dominio ionico nel corso dell'orogenesi Alpina (Eocene superiore-Pliocene inferiore).

Dopo una prima fase compressiva, responsabile prevalentemente di strutture tettoniche di tipo compressive, parallele all'asse longitudinale della catena, l'area è stata interessata da un regime tettonico di tipo distensivo, legato all'apertura del bacino tirrenico ed alla conseguente rotazione in senso orario dell'Orogene Calabro-Peloritano.

Il regime distensivo ha portato alla formazione di strutture tettoniche anch'esse parallele all'asse longitudinale della catena ed ad una serie di strutture compressive, di accomodamento, perpendicolari alle prime.

Tali strutture, ancor oggi attive, hanno influenzato non soltanto l'orografia dell'area ed i processi erosivi e sedimentari che vi avvengono, ma anche la sismicità della stessa, legata per l'appunto alle grandi faglie normali che separano il massiccio silano ad ovest, dal bacino sedimentario crotonese ad est.

Le faglie normali citate sono infatti responsabili degli ultimi sismi avvenuti nell'area di cui si ha memoria storica:

**27.03.1638**, questo terremoto ebbe effetti distruttivi nella Calabria centrale nei paesi di Nicastro, Sant'Eufemia e Rogliano; gravi danni vi furono anche nelle città di Catanzaro e Cosenza; Danni minori invece furono registrati nel resto della Calabria e pure a Messina. I morti in totale furono 15.000,

**06.06.1938**, un nuovo sisma colpì la Calabria, e questa volta con epicentro nel crotonese, molti comuni sul versante orientale della Sila subirono crolli e gravi distruzioni, vi furono crolli anche nella città di Catanzaro, Crotona, Cosenza e nei comuni della Valle del Crati,

**06/11/1659**, un violento terremoto colpì la Calabria centrale; i danni maggiori si estesero su un'area compresa tra il golfo di Sant'Eufemia e quello di Squillace. I comuni danneggiati dal terremoto furono un centinaio tra le provincie di Vibo Valentia, Cosenza, Catanzaro e Reggio Calabria. La città di Catanzaro subì molti danni, a Reggio Calabria i

danni furono minori, invece a Cosenza il terremoto fu solo avvertito. Le vittime in totale furono oltre 2000.

**05.02.1783**, la scossa del 5 febbraio 1783 fu solo la prima delle 5 che colpirono la Calabria e la Sicilia. Gli epicentri di questi terremoti migrarono dallo stretto di Messina fino alla Stretta di Catanzaro. Le scosse più forti si verificarono nei giorni 5 – 6 – 7 di febbraio e poi 2 scosse il giorno 28 marzo. Le scosse continuarono per 3 anni.

I comuni rasi al suolo dal terremoto furono circa 200, le vittime furono oltre 30.000. Il sistema idrogeologico dell'area subì enormi sconvolgimenti e dissesti. Anche le città di Messina, Reggio Calabria e Catanzaro furono seriamente danneggiate mentre a Cosenza i danni furono minori. Vi furono lievi danni anche nelle isole Eolie e nell'area etnea in Sicilia.

**13.10.1791**, a pochi anni di distanza dal catastrofico terremoto del 1783 un nuovo sisma causò ancora danni nella Calabria centrale tra la valle del Mesima e i versanti delle Serre. L'area delle distruzioni interessò le provincie di Vibo Valentia e quella di Catanzaro. Alcuni danni più lievi furono registrati anche tra la piana di Gioia Tauro e la Locride. Le vittime furono solo 15 perché quasi tutta la popolazione viveva nelle baracche dal 1783 a causa del terremoto precedente.

**12.02.1854**, la scossa fu molto violenta tanto da far cadere a terra le persone. Il terremoto ebbe effetti distruttivi sulla città di Cosenza e paesi limitrofi, danni molto gravi si ebbero anche su una decina di località dell'alta Valle del Crati. Crolli e distruzioni estese furono registrati anche a Arcavacata, Rende, Paternò Calabro, Borgo Partenope e Tessano. Danni più lievi invece lungo la costa tirrenica da Amantea a Scalea e anche a Catanzaro. Le vittime in totale furono oltre 500.

**16.11.1894**, questo terremoto produsse danni sia nella Calabria meridionale e sia nella Sicilia orientale, in particolare nel Messinese. In Calabria i danni maggiori furono registrati sul versante nord-occidentale dell'Aspromonte, in totale i comuni danneggiati in Calabria furono 124, mentre in Sicilia furono 15. Vennero registrati danni anche nella città di Reggio Calabria, Messina e nelle isole Eolie. le vittime di questo terremoto furono oltre 500 e migliaia i feriti.

**08.09.1905**, La violenza di questo terremoto produsse danni in quasi tutta la Calabria, nella Sicilia orientale e nelle isole Eolie; lievi danni si ebbero anche in Basilicata e nelle provincie di Taranto e Salerno. Gli effetti maggiori di questo terremoto si ebbero nella Calabria centrale lungo la fascia tirrenica tra la Piana di Gioia Tauro alla Valle del Crati e

nella Stretta di Catanzaro. Danni minori vi furono in tutte le principali città della Calabria, Cosenza, Reggio Calabria, Catanzaro e Crotona. I comuni colpiti da questo terremoto furono 326 e le vittime furono oltre 500; i senza tetto 300.000. Il terremoto causò pure uno tsunami di modeste dimensioni ma senza provocare vittime.

**23.10.1907**, dopo 2 anni dal disastroso terremoto del 1905, un nuovo sisma colpì la Calabria Meridionale, i paesi più colpiti furono Monteleone, Pizzo, Tropea, Cittanova, Ferruzzano, Brancaleone, gravi danni anche a Casalnuovo, Palizzi, Pietrapennata e S. Ilario dello Ionio. Le vittime in totale furono 160, di cui la maggior parte nel paese di Ferruzzano. Il terremoto causò pure uno tsunami ma che non provocò vittime.

**28.12.1908**, quello del 28 dicembre 1908 è stato uno dei più forti terremoti che si siano mai verificati in Italia. Il terremoto ha avuto il suo epicentro nello stretto di Messina e ha raggiunto una magnitudo di 7.2 provocando immense distruzioni nella Sicilia Orientale e nella Calabria meridionale; le città più importanti distrutte da questo terremoto furono Messina e Reggio Calabria. Il terremoto che si verificò in mare, produsse un'onda di Tsunami alta 13 metri che uccise 2000 persone che si erano rifugiate sul molo di Messina. In totale le vittime ufficiali causate dal terremoto furono 80 mila, ma in realtà sarebbero stimati almeno 120 mila morti calcolando che molte persone all'epoca non erano registrate all'anagrafe.

**11.05.1947**, alle ore 8:35 del giorno 11 maggio 1947 una scossa di magnitudo 5.7 scuote il versante ionico della Calabria; gli effetti più gravi furono registrati a Ischia sullo Ionio, Badolato, Gasperina e Stalettì. Le vittime furono 4, i feriti furono oltre 100; i senza tetto furono un migliaio.

Nella classificazione sismica del territorio nazionale, secondo quanto decretato dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, i Comuni di Strongoli e di Melissa ricadono in zona sismica 2, a cui corrisponde una accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresa tra 0.15 e 0.25, pari ad un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastica (ag max) corrispondente a 0.25 g. In assenza di questo tipo di analisi, la valutazione preliminare dell'azione sismica può essere realizzata attraverso la determinazione delle categorie di sottosuolo (definite nel cap. 3.2.2 delle NTC 2018) e di una pericolosità di base fondata su un reticolo di punti di riferimento, costruito per l'intero territorio nazionale (vedi mappa).

L'area di Strongoli è caratterizzata da un'accelerazione compresa tra 0.150 - 0.175 g, come indicato nella mappa di pericolosità sismica con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

Tale mappa di pericolosità sismica è riferita ad un periodo di ritorno  $TR=475$ , corrispondente ad una vita nominale dell'opera  $VN = 50$  anni e ad un coefficiente d'uso  $CU = 1$  (struttura ordinaria), parametri legati tra loro dalla seguente formula  $TR = -VR / \log (1-PVR)$ .

Zona	Descrizione	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g$ )
1	E' la zona più pericolosa. Possono verificarsi fortissimi terremoti	$a_g > 0.25$
2	In questa zona possono verificarsi forti terremoti	$0.15 < a_g = 0.25$
3	In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari	$0.05 < a_g = 0.15$
4	E' la zona meno pericolosa. I terremoti sono rari	$a_g = 0.05$

Tab.3

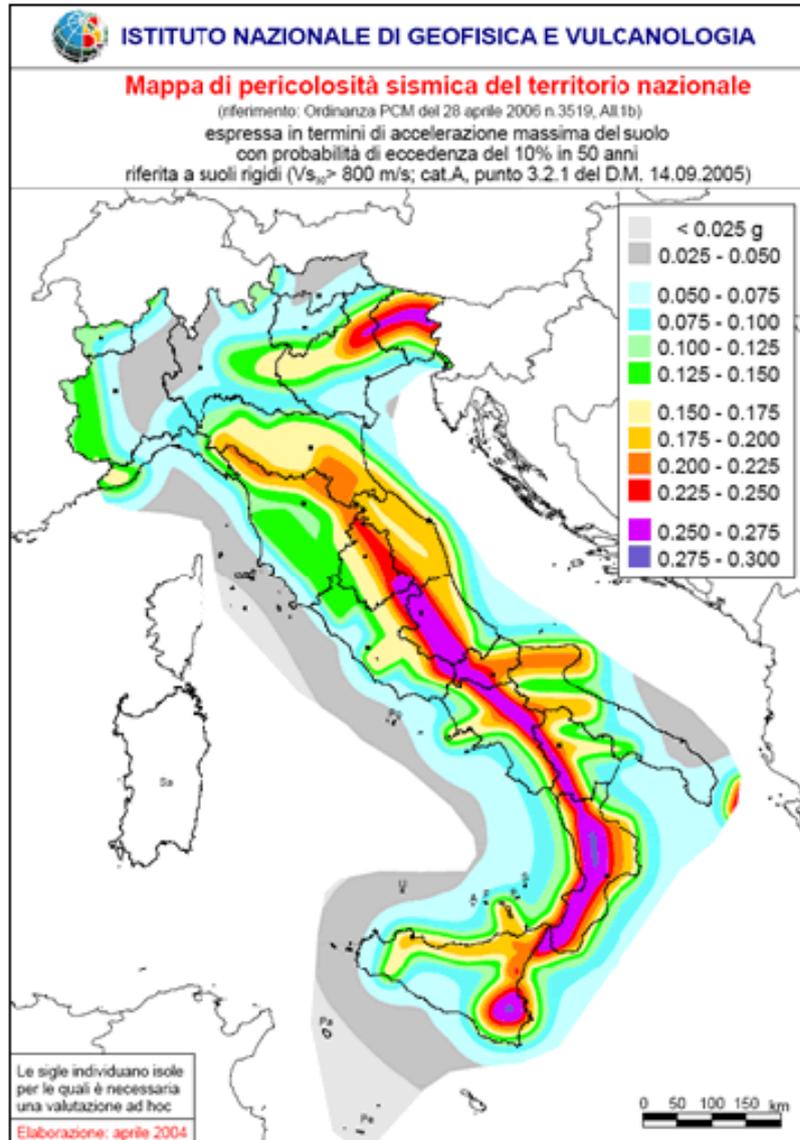


Fig. 5

Mappa della pericolosità sismica dell'Italia espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (<http://zonesismiche.mi.ingv.it>).

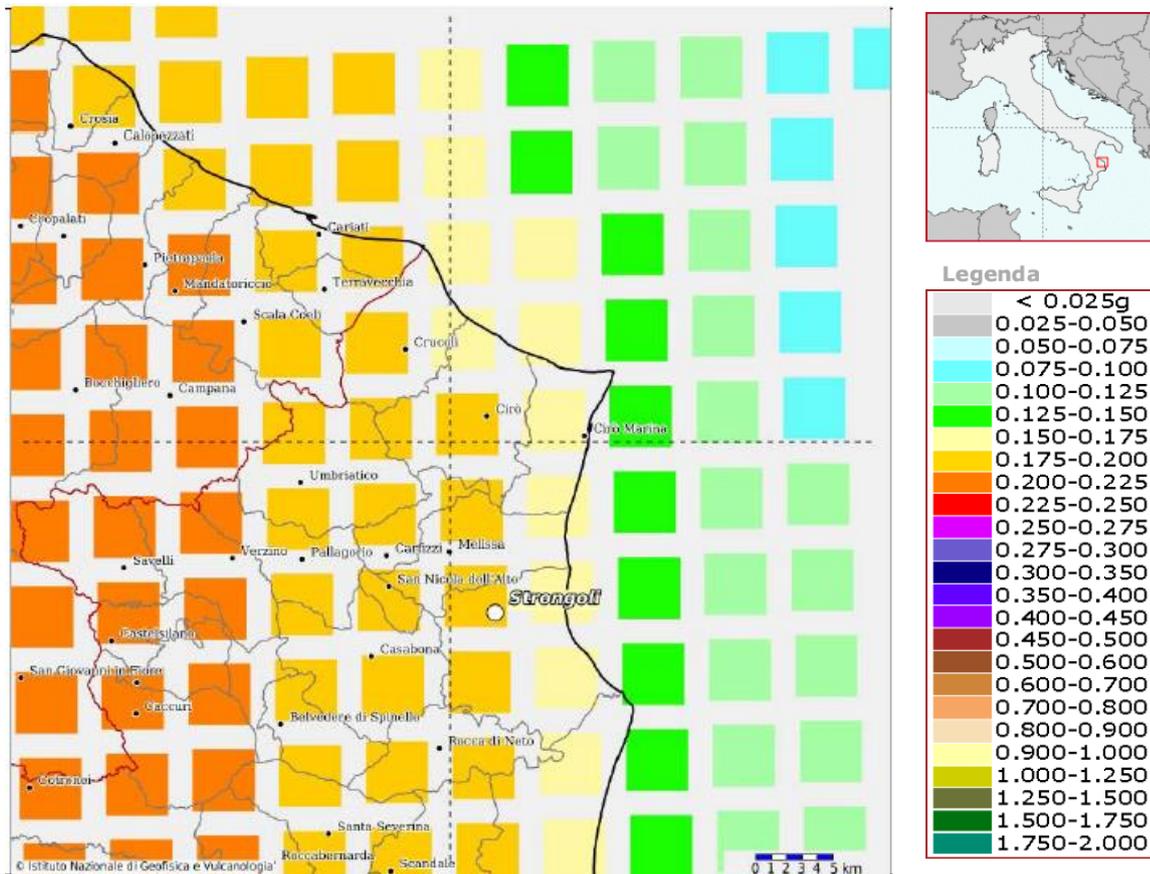


Fig. 6 Mappa interattiva della pericolosità sismica di Strongoli (Kr) (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>)

## 7.1 PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Di seguito si forniscono la categoria del suolo e la categoria topografica, che in questa fase progettuale sono del tutto indicativi, nella fase successiva dovranno essere confermati con opportune indagini sismiche eseguite per ogni sito di progetto. Si demanda al progettista il calcolo degli spettri elastici.

### Categoria sottosuolo:

**B:** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

### Categoria topografica:

T3: *Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media compresa tra 15° e 30°.*

Sulla base degli studi e delle indagini condotte non esistono terreni che in caso di sisma possano dar luogo a fenomeni di liquefazione.

In generale l'area interessata non presenta pericolosità sismiche

## 8 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per la caratterizzazione geotecnica delle litologie che costituiscono la stratigrafia puntuale del sito di progetto, si sono utilizzati e sintetizzati per tipo litologico i dati provenienti dalle prove geotecniche effettuate sui campioni prelevati nel corso dell'esecuzione dei sondaggi sopra elencati:

### **Argille scagliose Bruno-Verdastre caotiche (Argille Varicolori)**

Trattasi di argille con colori variabili da grigio scuro a grigio-verde che localmente presentano intercalazioni di sottili strati marnosi, calcarei o calcareo-silicei.

In posizione sommitale hanno colori variegati, con tonalità variabili dal verde al rosso fino al grigio. In corrispondenza di questa litologia sono ubicati gli Aerogeneratori denominati:

**IR02 – IR03 – IR04 – IR05 – IR06 - IR07- IR10 - IR11 – IR12 – IR13 - IR14**

Di seguito si riportano i parametri geotecnici riguardanti tale litologia desunti dalle prove di laboratorio effettuate su campioni provenienti da indagini eseguite nelle vicinanze dell'area di progetto.

$$\gamma = 20 \text{ KN/mc} \quad - \quad C' = 15-20 \text{ KPa} \quad - \quad \varphi' = 26^{\circ}-32^{\circ}$$

$$C_u = 100 \text{ KPa}$$

$$E_{ed} = 5 \text{ MPa}$$

### **Flysch Numidico**

Alternanza di arenarie e peliti, ben stratificate di colore brunastro, con strati a base netta di spessore decimetrico e laminazione variabile da pianoparallela a caotica; In affioramento gli strati arenacei si presentano poco cementati, spesso alterati con dimensioni medie dei granuli di 2 mm di diametro.

### **Facies arenaceo-siltitica (Flysch Numidico)**

In corrispondenza di questa litologia sono ubicati gli Aerogeneratori denominati:

**IR08 - IR09**

Di seguito si riportano i parametri geotecnici riguardanti tale litologia desunti dalle prove di laboratorio effettuate su campioni provenienti da indagini eseguite nelle vicinanze dell'area di progetto.

$$\gamma = 21-22 \text{ KN/mc} \quad - \quad C' = 25-50 \text{ KPa} \quad - \quad \varphi' = 35^\circ-45^\circ$$

$$C_u = 300 - 500 \text{ KPa}$$

$$E_{ed} = 10 - 14 \text{ MPa}$$

### **Argille siltose con Arenarie (Flysch Numidico)**

In corrispondenza di questa litologia sono ubicati gli Aerogeneratori denominati:

#### **IR01 – IR15 – IR16 – IR17 – IR18 – IR19 – IR20**

Di seguito si riportano i parametri geotecnici riguardanti tale litologia desunti dalle prove di laboratorio effettuate su campioni provenienti da indagini eseguite nelle vicinanze dell'area di progetto.

$$\gamma = 20-21 \text{ KN/mc}$$

$$C' = 20-25 \text{ KPa}$$

$$\varphi' = 28^\circ-32^\circ$$

$$C_u = 200 - 300 \text{ KPa}$$

$$E_{ed} = 8 - 10 \text{ Mpa}$$

### **Calcari e marne della serie evaporitica:**

marne tripolacee contenenti a volte scisti neri con una elevata percentuale di sostanza organica e forte odore bituminoso; passano verso l'alto a calcari evaporitici seguiti da gessi in banchi

Tali litologie sono state rinvenute nel sondaggio S12 da 15,50 m a 23,00 m dal p.c.; nei Sondaggi S14 e S18 alle profondità comprese tra 12,00 e 30,00 m dal p.c.

Di seguito si riportano i parametri geotecnici riguardanti tale litologia desunti dalle prove di laboratorio effettuate su campioni provenienti da indagini eseguite nelle vicinanze dell'area di progetto.

$$\gamma = 21-22 \text{ KN/mc}$$

$$C' = 25-40 \text{ KPa}$$

$$\varphi' = 39^\circ-44^\circ$$

$$C_u = 300 - 460 \text{ KPa}$$

$$E_{ed} = 20 \text{ Mpa}$$