

Provincia di Agrigento



Regione Sicilia



Provincia di Trapani



Comune di Menfi



Comune di Castelvetro



Comune di Sambuca di Sicilia



Comune di Montevago



**PROGETTO DI UN IMPIANTO EOLICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA
DA FONTE EOLICA DENOMINATO "MAGAGGIARO",
POTENZA NOMINALE 49,6 MW_{dc} DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI MENFI (AG) E
CASTELVETRANO (TP) E RELATIVE OPERE CONNESSE ED INFRASTRUTTURE
INDISPENSABILI NEI COMUNI DI MENFI (AG), MONTEVAGO (AG), SAMBUCA DI
SICILIA (AG) E CASTELVETRANO (TP).**

DOC.18 – RELAZIONE GEOLOGICA

Redatta ai sensi della Circolare ARTA Sicilia n. 3 del 20 giugno 2014 - 3/DRA
NTC 2018 – D. Lgs. 17.01.2018

Committente:

FRI-EL S.p.A.

Piazza della Rotonda, 2 - 00198 Roma (RM) - Italia

FRI-EL S.p.A.

I Tecnici			
	<p>Dr. Geol. MICHELE OGNIBENE</p>  		
		Rev.00	
		Revisione	Data
Descrizione	RELAZIONE GEOLOGICA		
Commessa			

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	4
2	DATI DEL SOGGETTO PROPONENTE.....	5
3	DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....	7
4	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	9
5	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	12
6	GEOLOGIA.....	13
6.1	Inquadramento Geologico Generale.....	13
6.2	Caratteristiche litologiche dell’Aerogeneratore A1	14
6.3	Caratteristiche litologiche dell’Aerogeneratore A2	27
6.4	Caratteristiche litologiche dell’Aerogeneratore A3	17
6.5	Caratteristiche litologiche dell’Aerogeneratore A4	19
6.6	Caratteristiche litologiche dell’Aerogeneratore A6	20
6.7	Caratteristiche litologiche dell’Aerogeneratore A7	22
6.8	Caratteristiche litologiche dell’Aerogeneratore A8	23
6.9	Caratteristiche litologiche dell’Aerogeneratore A9	25
7	MODELLO GEOMORFOLOGICO	27
7.1	Considerazioni sulla stabilità del versante oggetto di Studio.....	27
8	VALUTAZIONI IDROGEOLOGICHE E PERMEABILITÀ.....	31
9	CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	33
9.1	Cenni sulla storia sismica del territorio.....	33
9.2	Pericolosità Sismica di Base	34
9.3	Pericolosità locale	35
9.4	Risultati dell’Indagine di Sismica Masw	36

9.5	Risultati del Calcolo	39
9.5.1	Indagine sismica Masw 1	39
9.5.2	Indagine sismica Masw 2	39
9.5.3	Indagine sismica Masw 3	40
9.5.4	Indagine sismica Masw 4	41
9.5.5	Indagine sismica Masw 5	42
9.5.6	Indagine sismica Masw 6	43
9.5.7	Indagine sismica Masw 7	44
9.5.8	Indagine sismica Masw 8	45
10	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE E LITOTECNICHE	47
11	CONCLUSIONI	49
	- Allegato Cartografico	

1. INTRODUZIONE

La Società FRI-EL S.p.A. intende realizzare una centrale di produzione di energia da fonte eolica, della potenzialità complessiva di 49,6 MW, in agro dei Comuni di Menfi, Montevago, Sambuca di Sicilia (AG) e Castelvetrano (PT).

La Società ha presentato a Terna S.p.A. (“il Gestore”) la richiesta di connessione alla RTN per una potenza in immissione di 49,6 MW; alla richiesta è stato assegnato Codice Pratica 202100274.

In data 27 Maggio 2021, il gestore ha trasmesso la soluzione tecnica minima generale per la connessione (STMG), formalmente accettata dalla Società in data 11 Giugno 2021.

La Società ha dunque trasmesso a Terna la documentazione progettuale relativa all’impianto di utenza ed all’impianto di rete per la connessione, al fine dell’ottenimento del benessere al progetto.

Lo schema di connessione alla RTN, descritto nella STMG, prevede che *l’impianto eolico debba essere collegato in antenna a 220 kV con la stazione elettrica (SE) della RNT a 220kV denominata “Sambuca”*.

Al fine di razionalizzare l’utilizzo delle strutture di rete, il Gestore ha proposto a FRI-EL, di condividere lo stallo RTN nella stazione “Sambuca” un gruppo di produttori a sua scelta tra i 2 disponibili;

Sono stati pertanto contattati tutti i produttori e la soluzione che appare comunque più promettente prevede l’inserimento in condominio secondo planimetria allegata. Non si allega alcun accordo produttori in quanto non vi è stato riscontro dai produttori contattati.

Il presente studio è stato condotto dallo scrivente Dott. Geol. Michele Ognibene regolarmente iscritto all’Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia al n. 3003 Sez. A, al fine di determinare le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dei terreni su cui insiste l’area in oggetto, attenzionando, in particolare, la presenza di eventuali pericolosità geomorfologiche e la compatibilità tra l’assetto geologico l.s. del sottosuolo e le opere da realizzare.

Lo studio geologico è stato redatto ai sensi della circolare ARTA 3/DRA del 20/06/2014 e del D.M. 17/01/2018 con i seguenti scopi:

- ✓ Fornire un quadro conoscitivo sufficiente per illustrare le caratteristiche geologiche del territorio in esame e identificare le eventuali situazioni locali che presentino livelli di pericolosità geologica tali da poter influenzare, in modo significativo, le scelte progettuali;

- ✓ Indicare le eventuali prescrizioni e gli eventuali accorgimenti tecnici affinché le condizioni di pericolosità non si aggravino o si manifestino nella zona in progetto.

Nello specifico, lo scopo del seguente lavoro è stato il seguente:

- Specificare le condizioni geologiche e idrogeologiche, con particolare riguardo all'accertamento delle condizioni di stabilità della zona e all'individuazione di eventuali processi morfodinamici in atto e la loro tendenza evolutiva;
- Delineare gli aspetti geologici e tettonici del territorio e definirne natura e composizione dei litotipi affioranti, nonché la loro geometria e il loro assetto strutturale;
- Ricostruire la locale successione stratigrafica;
 - Identificare le situazioni locali che presentino livelli di pericolosità sismica.

Saranno, pertanto, illustrati gli aspetti morfologici, geologici, idrografici e sismici dell'area, inquadrati nella più vasta geologia regionale, con riferimento anche alle condizioni di stabilità.

Per assolvere all'incarico conferitogli, lo scrivente ha eseguito:

- ✓ Il sopralluogo preliminare, al fine di accertare la reale situazione dei luoghi e lo stato delle strutture ivi insediate.
- ✓ La ricerca bibliografica, allo scopo di ricostruire, sulla base degli studi svolti da numerosi autori italiani e stranieri, il quadro generale della storia geologica e strutturale della zona.
- ✓ Il rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio, in una zona estesa al contorno, in modo da avere un quadro d'insieme indicativo e, quindi, inquadrare il sito nell'ambito di un contesto geolitologico e geomorfologico più ampio.
- ✓ L'analisi di n.8 indagini di sismica a rifrazione (identificate con le sigle da RZ1 a RZ8) che ha consentito di individuare le principali discontinuità grazie alla velocità delle onde P e di ricostruire il modello sismo-stratigrafico del sottosuolo in esame.
- ✓ L'analisi di n.8 acquisizioni di sismica MASW (identificate con le sigle da MW1 a MW8) eseguita entro l'area oggetto di studio, ai sensi dell'OPCM n. 3274 del 20/03/2003 (GU n.252 del 29/10/2003) e dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 17 Gennaio 2018.

Il lavoro ha inoltre portato alla redazione di allegati cartografici che ne costituiscono parte integrante.

2. DATI DEL SOGGETTO PROPONENTE

Il soggetto proponente dell’iniziativa è la società FRI-EL S.p.a., società per azioni.

La Società ha sede legale ed operativa in Roma (RM), Piazza della Rotonda n.2, ed è iscritta nella Sezione Ordinaria della Camera di Commercio Industria Agricoltura ed Artigianato di Milano, con numero REA RM-1385164, C.F. N. 07321020153 e P.IVA N. 01652230218.

Nella seguente tabella si riassumono le informazioni principali relative alla società FRI-EL S.p.a.

Denominazione	FRI-EL S.p.a.
Indirizzo sede legale ed operativa	Roma (RM), Piazza della Rotonda n.2
Codice Fiscale/Partita IVA	07321020153/01652230218
Numero REA	RM - 1385164
Capitale Sociale	5.000.000
Socio Unico	FRI-EL Green Power – A.G.
Telefono	06 6880 4163
PEC	fri-elspa@legalmail.it

Tabella 2.1: Informazioni principali della Società Proponente

3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto prevede la costruzione di una centrale di produzione di energia elettrica da fonte eolica, e delle opere indispensabili per la sua connessione alla RTN, nei Comuni di Menfi, Sambuca di Sicilia, Montevago (AG) e Castelvetrano (TP).

La centrale di produzione, anche detta “parco eolico”, è costituita da n.8 aerogeneratori della potenza unitaria pari a 6.2MW, interconnessi da una rete interrata di cavi MT 30kV. Le opere di connessione, invece, prevedono la costruzione di una stazione elettrica di trasformazione MT/AT, anche detta “stazione utente”, di proprietà del soggetto produttore.



Figura 3.1 –inquadramento generale da CTR 1:25.000 – impianto eolico ed opere di connessione

Il progetto complessivamente prevede la realizzazione delle seguenti opere:

1. Parco eolico composto da 8 aerogeneratori, della potenza complessiva di 49.600 kW, ubicati nel seguente modo: al comune di Menfi (AG) spetteranno le torri WTG01, WTG03, WTG04, WTG06, WTG07, WTG08 e WTG09; al comune di Castelvetrano (PT) spetterà la torre WTG02;

2. Elettrodotto in cavo interrato, in media tensione (30 kV), per il vettoriamento dell'energia prodotta dagli aerogeneratori verso la stazione elettrica di trasformazione 220/30kV di seguito indicata;
3. Nuova Stazione di Utenza 30kV/220 kV
4. Opere Condivise dell’Impianto di Utenza (Opere Condivise), costituite da sbarre comuni, dallo stallo arrivo linea e da una linea in cavo interrato a 220 kV, *condivise tra la Società ed altri operatori*, necessarie per la connessione della Stazione Utente con la stazione RTN a 220 kV “Sambuca”.
5. Nuovo stallo utente da realizzarsi nell'esistente Stazione elettrica “Sambuca” RTN a 220 kV

Le opere di cui ai precedenti punti 1) e 2) costituiscono il cosiddetto **Impianto Eolico**.

Le opere di cui ai precedenti punti 3) costituiscono il cosiddetto **Impianto di Utenza** per la connessione, e non sono oggetto della presente relazione tecnica.

4. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area interessata dalla realizzazione del parco eolico è situata principalmente nel territorio agrigentino quindi nei comuni di Menfi, Montevago, Sambuca di Sicilia e si affaccia con un solo aerogeneratore nel Trapanese, per la precisione nel comune di Castelvetro.

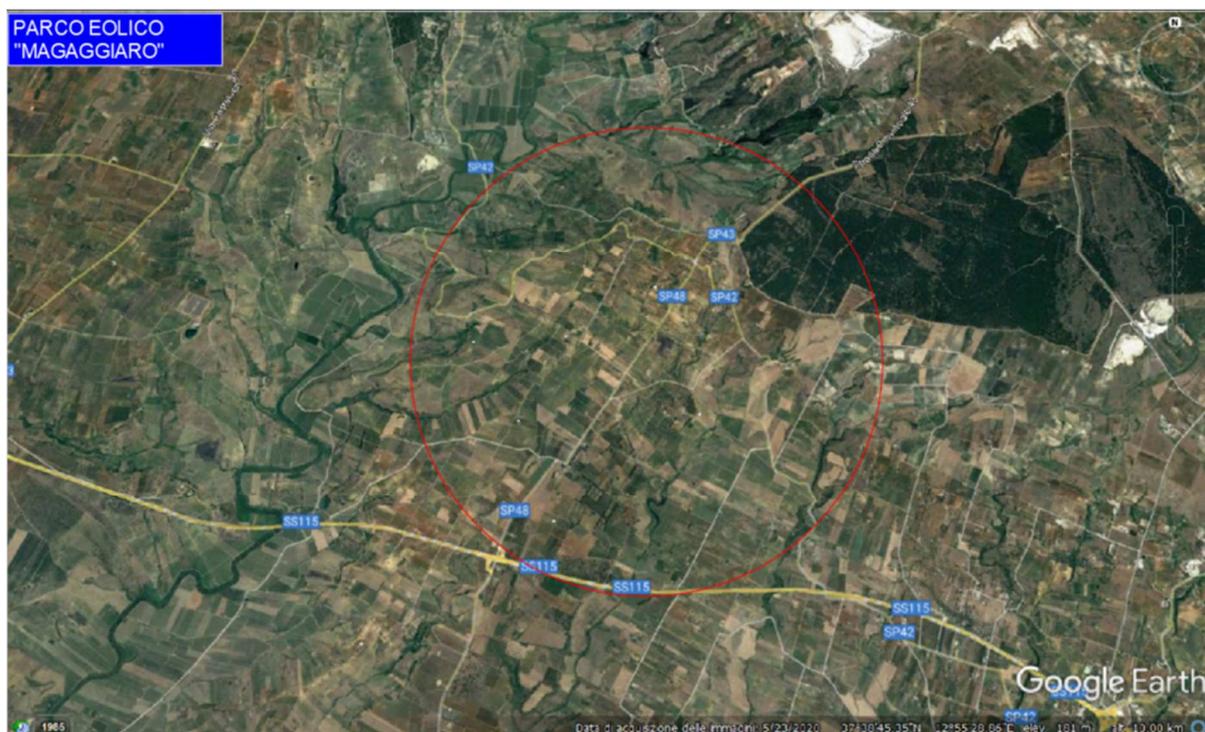


Figura 4.1 - Inquadramento generale area parco eolico.

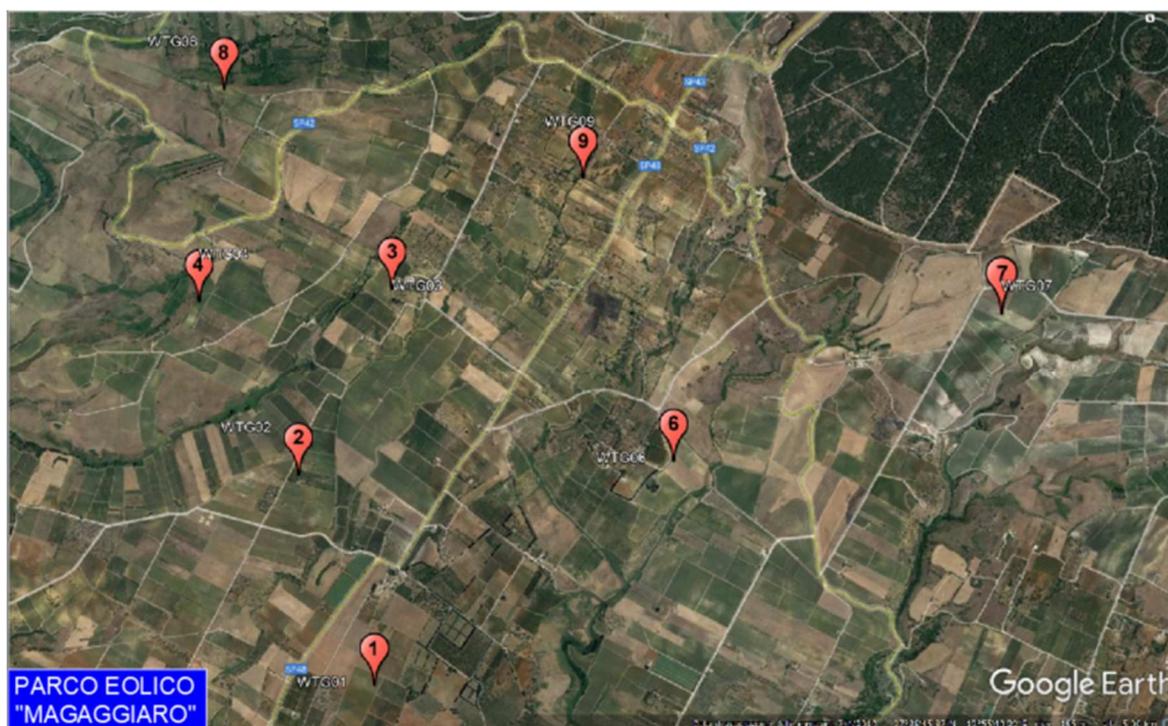


Figura 1.2 - Inquadramento generale con ubicazione torri - area parco eolico.

Di seguito le coordinate topografiche dei centri torre (formato WGS 84 UTM).

ID Aerogeneratori	COORDINATE WGS 84 UTM - ZONE 33		Quota s.l.m. (m)
	EST (m)	NORD (m)	
WTG01	316326	4167082	146
WTG02	315987	4168090	173
WTG03	316460	4168965	192
WTG04	315524	4168934	166
WTG06	317764	4168108	188
WTG07	319311	4168778	247
WTG08	315677	4169945	205
WTG09	317378	4169476	216

Tabella 4.1: Coordinate topografiche aerogeneratori

Dal punto di vista cartografico l'area studiata ricade all'interno delle Tavole foglio n°265 Quadrante I, Orientazione N.E. e foglio n°266 Quadrante IV, Orientazione N.O della Carta Ufficiale d'Italia edita dall' I.G.M.I. in scala 1:25.000 (**Cfr. Tav.1**) e nelle sezioni 618110, 618120, 618150, 618160 e 619130 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 (**Cfr. Tav.2**).

Dal punto di vista catastale si riporta di seguito la tabella con indicate le particelle interessate dalla realizzazione degli aerogeneratori.

Nr.	WTG	Comune	Foglio	P.lla	Ditta catastale				Natura del Terreno-Fabbricato	Classe	Tot. Superficie catastale			
					Cognome e Nome - Città di nascita - Data di nascita	Codice fiscale	Diritti e oneri reali	Quota			ha	a	ca	
1	01	Comune di Menfi	26	43	FERRARO MELCHIORRE nato a SANTA MARGHERITA DI BELICE (AG) il 21/06/1964	FRRMCH4H211224U	Proprietà	1000/1000	VIGNETO	3	8	64	85	
2	02	Comune di Castelvetrano	119	584	MANGIARACINA LEONARDO nato a MENFI (AG) il 22/10/1951	MNGLRD051R22F126P	Proprietà	1/1	SEMINATIVO	3	1	68	15	
3	03	Comune di Menfi	04	51	PALMINTERI TOMMASO nato a MENFI (AG) il 18/10/1963	PLMTMS63R18F126Z	Proprietà	1/1	VIGNETO	3		33	50	
									ULIVETO	4		56	60	
4	04	Comune di Menfi	04	11	PALMINTERI GASPARE nato a MENFI (AG) il 01/11/1962	PLMGPR62S01F126F	Proprietà	1/1	VIGNETO	3	3	64	70	
									SEMINATIVO	4	4	27	59	
5	06	Comune di Menfi	13	312	LOMBARDO ANTONINO nato a CASTELVETRANO (TP) il 28/08/1981	LMBNN81M28C286V	Proprietà	1/2	SUGHERETO	1	2	13	84	
					LOMBARDO SALVATORE EMANUELE nato a CASTELVETRANO (TP) il 31/12/1978	LMBSVT78T31C286F	Proprietà	1/2						
					LOMBARDO ANTONINO nato a CASTELVETRANO (TP) il 28/08/1981	LMBNN81M28C286V	Proprietà	1/2						
					LOMBARDO SALVATORE EMANUELE nato a CASTELVETRANO (TP) il 31/12/1978	LMBSVT78T31C286F	Proprietà	1/2	SEMINATIVO	3	7	33	43	
6	07	Comune di Menfi	14	135	ROMANO LORENZO nato a MENFI (AG) il 27/03/1954	RMNLN254C27F126D	Proprietà	1000/1000	VIGNETO	3	1	57	0	
					CLEMENTE DOMENICO nato a MESSINA (ME) il 03/05/1991	CLMDCN91E03F158W	Proprietà	1/1	SEMIN ARBOR	3	0	97	26	
7	08	Comune di Menfi	01	137								0	4	94
					147	CLEMENTE DOMENICO nato a MESSINA (ME) il 03/05/1991	CLMDCN91E03F158W	Proprietà	1/1	VIGNETO	3	0	53	80
8	09	Comune di Menfi	06	75	ABRUZZO MARIA ROSA nata a MENFI (AG) il 18/03/1941	BRZMPS41C58F126J	Proprietà	1000/1000	SEMINATIVO	3	0	14	40	
					79				ULIVETO	4	0	6	80	
					80				ULIVETO	3	0	20	10	
					81	NAPOLI FRANCESCA nata a MENFI (AG) il 02/06/1924	NPLRNC24H42F126T	Proprietà	1000/1000	ULIVETO	3	0	91	50
					85				ULIVETO	3	0	12	50	
					87				SEMIN ARBOR	4	0	4	10	
					88				PASCOLO	2	0	7	90	
					108	PALMINTERI GASPARE nato a MENFI (AG) il 01/11/1962	PLMGPR62S01F126F	Proprietà	1/1	SEMIN ARBOR	3		14	24
									ULIVETO	4		8	56	
					110	PALMINTERI GASPARE nato a MENFI (AG) il 01/11/1962	PLMGPR62S01F126F	Proprietà	1/1	VIGNETO	3		6	56
									ULIVETO	4		6	54	
					111	PALMINTERI GASPARE nato a MENFI (AG) il 01/11/1962	PLMGPR62S01F126F	Proprietà	1/1	SEMINATIVO	5		2	25
									ULIVETO	4		12	55	

Tabella 2.2: Particelle catastali oggetto dei terreni degli aerogeneratori.

Gli aerogeneratori WTG01, WTG03, WTG04, WTG06, WTG07, WTG08, WTG09 ricadono in agro del Comune di Menfi. L'aerogeneratore WTG02 verrà ubicato in agro nel comune di Castelvetrano. La superficie che racchiude gli aerogeneratori è estesa per circa 470 ha; i centri abitati più prossimi al sito sono rispettivamente (**Cfr. Tav.3**):

- Menfi (AG) ubicata a Sud-Est rispetto al Parco ed è distante circa 4.6 km.
- Santa Margherita Belice (AG) ubicata a Nord – Est rispetto al Parco ed è distante circa 7.4 km.
- Montevago (AG) ubicata a Nord – Est rispetto al Parco ed è distante circa 6.9 km.
- Partanna (TP) ubicata a Nord – Ovest rispetto al Parco ed è distante circa 6 km.
- Castelvetrano (TP) ubicata a Ovest rispetto al Parco ed è distante circa 9 km.

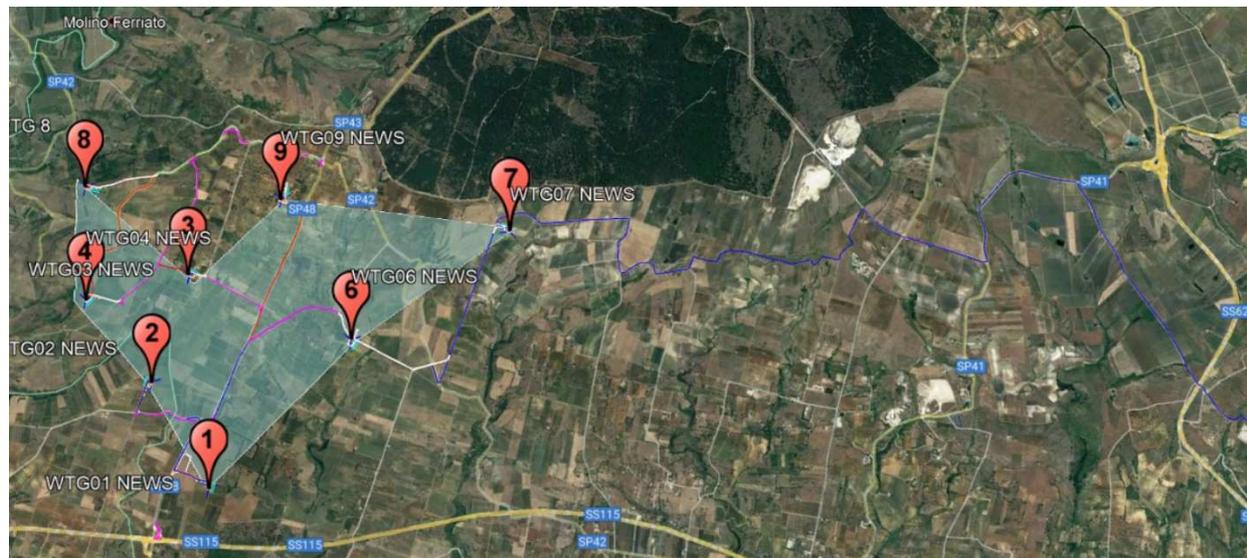


Figura 4.3 - Inquadramento generale con ubicazione torri - area parco eolico – tracciato cavidotto fino alla stazione utente

La stazione elettrica di trasformazione, lato utente è ubicata in prossimità alla stazione RTN esistente denominata “Sambuca”, dette opere sorgeranno a circa 7.5 km dal parco Eolico e a 4,2 km a Nord - Est dal centro abitato di Menfi (AG), con un'estensione di circa 1500 mq ricadente nel territorio del comune di Sambuca di Sicilia.



Figura 4.4 – Ubicazione opere di connessione ed RTN

5. RIFERIMENTI NORMATIVI

Gli studi geologici e la redazione della presente relazione sono stati eseguiti seguendo le prescrizioni delle norme, i cui riferimenti sono di seguito riportati:

- ✓ D.M. 17 Gennaio 2018 – Nuove Norme tecniche per le costruzioni;
- ✓ Circolare ARTA 3/DRA del 20/06/2014;
- ✓ Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274/2003 - “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.”; modificata dall’O.P.C.M. 3431 del 03/05/2005;
- ✓ Delibera della Giunta Regionale della Regione Siciliana n. 408 del 19/12/2003 - “Elenco dei comuni della Sicilia classificati sismici con i criteri della delibera di Giunta Regionale n.408 del 19 Dicembre 2003” pubblicato sulla GURS n.7 del 13/02/2004”;
- ✓ Regio Decreto Legge 30 dicembre 1923, n.3267 - “Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani”;
- ✓ Regolamento 16 maggio 1926, n.1126 - “Approvazione del regolamento per l'applicazione del R.D. 30 dicembre 1923, n.3267, concernente il riordinamento e la riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani”;
- ✓ Legge regionale 6 aprile 1996, n.16 - “Riordino della legislazione in materia forestale e di tutela della vegetazione”;
- ✓ Legge Regionale 14 aprile 2006, n.14 - “Modifiche ed integrazioni alla legge regionale 6 aprile 1996, n. 16, - "Riordino della legislazione in materia forestale e di tutela della vegetazione”;
- ✓ Legge 18 maggio 1989, n.183 - “Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo” e s.m.i.;
- ✓ Legge 3 agosto 1998, n. 267 - “Conversione in legge, con modificazioni, del decreto- legge 11 giugno 1998, n. 180, recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania” e s.m.i.;
- ✓ Nota del Dirigente Generale del Comando del Corpo Forestale n.55184 del 28/12/2011;
- ✓ D.A. N. 569 del 17/04/2012 - “Nuove direttive unificate per il rilascio delle autorizzazioni e del Nulla Osta al vincolo idrogeologico in armonia con il Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) G.U.R.S. N. 18 DEL 4 MAGGIO 2012, approvate con D. Assessoriale N. 569 del 17/4/2012.

6. GEOLOGIA

6.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Dal punto di vista geologico l'area di progetto si inquadra nel contesto geologico-strutturale della Sicilia sud-occidentale caratterizzato dall'avanzamento del fronte orogenico Maghrebide interessate dalle fasi plicative e di trasporto tettonico fin dall'Oligo-Miocene con la messa in posto delle unità Panormidi ed Imeresi, mentre le ultime fasi, durante il Pliocene inferiore-medio, coinvolsero in blandi piegamenti il dominio saccense con limitato trasporto tettonico per le zone di raccordo con il dominio sicano.

L'area risulta articolata in una serie di successive ed ampie spianate di varia estensione, degradanti verso la linea di costa. Dal punto di vista litologico questi ultimi sono caratterizzati da affioramenti di rocce calcarenitiche quaternarie a giacitura pressoché sub-orizzontale che conferiscono al paesaggio morfologico l'aspetto di ampi pianori interrotti da valli più o meno incise. Tali spianate, sono il risultato concomitante sia delle variazioni relative del livello del mare durante il Quaternario sia dell'azione dei corsi d'acqua che la incidevano e che hanno spianato e modellato il basamento roccioso.

La caratterizzazione stratigrafica e geomeccanica dei terreni è stata affidata ad una campagna di prove in situ in prossimità dell'area oggetto di studio; in particolare sono state eseguite le seguenti:

- n°8 indagini di sismica a Rifrazione;
- n°8 indagini simiche tipo MASW.

Queste prove in situ hanno consentito una prima ricostruzione stratigrafica dell'area in cui verranno installati gli aerogeneratori, che vengono di seguito descritte procedendo dalle più recenti alle più antiche (**Cfr. Tav.4**):

UNITA' A – Calcareniti di Marsala (MRs)

Calcarenite trasgressiva, inferiormente tenera, giallastra, con lenti sabbioso-argillose, superiormente più compatta, scarsamente fossilifera.

Pleistocene inferiore.

UNITA' B - Formazione Marnose-Arenacea della Valle del Belice (BLCa)

È costituita prevalentemente da argille e argille marnose grigio azzurre con intercalazioni nelle porzioni inferiori di arenarie torbiditiche che affiorano estesamente nell'area oggetto di studio.

UNITA' C - Formazione Ragusa (RAG)

È costituita da marne biancastre e calcari marnosi grigi, con presenza di intercalazioni biocalcarenitiche nummulitiche e biocalciruditi risedimentate.

UNITA' D - Formazione Marnosa di Cardelia (RDE)

È costituita da marne sabbiose grigio verdastre, talora rossastre, in genere laminate, con foraminiferi planctonici e abbondanti ichnofossili passanti verso l'alto a marne sabbiose grigie.

6.2 CARATTERISTICHE LITOLOGICHE DELL'AEROGENERATORE A1

Per la caratterizzazione geolitologica e sismica dell'area in progetto sono state eseguite n°8 indagini di sismica a rifrazione e n°8 indagini di sismica masw (**Cfr. Carta delle indagini Tav.5**). In particolare in corrispondenza dell'aerogeneratore A1 è stata effettuata l'indagine di sismica a Rifrazione denominata RZ1. Il modello di terreno ricavato dal processo di elaborazione della sismica a rifrazione RZ1 ha messo in evidenza la presenza, nei primi 10-12 metri, di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Tale interfaccia si presenta con aspetto lievemente ondulato ma nell'insieme con andamento sub-parallelo rispetto alla traccia della superficie topografica. In definitiva sono stati quindi individuati n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche V_p differenti (Fig. 6.2.1).

- 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione V_p , nell'ordine di 545,94 m/s, indicative di un orizzonte costituito da terreni mediamente addensati. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta variabile e mediamente valutabile in circa 2,5 metri.

- 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una V_p di 1002,93 m/s; tale valore, medio, è compatibile con terreni di natura tenera moderatamente consistenti afferenti alle calcareniti di Marsala poco cementate intercalate a livelli sabbioso-argillose.

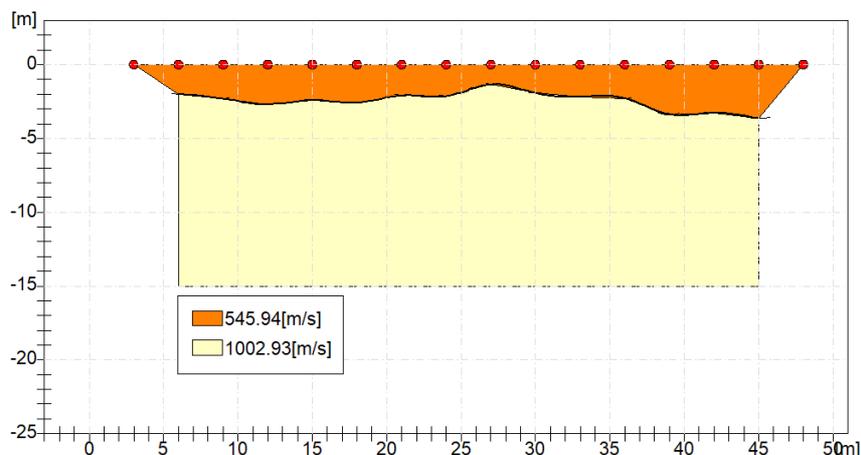


Fig. 6.2.1: Sismo-stratigrafia desunta dall'indagine Rz1.

Dal punto di vista sismo-stratigrafico è possibile ipotizzare una correlazione fra la sismo-stratigrafia e la litostratigrafia, occorre comunque rilevare che quasi mai un sismostrato corrisponde perfettamente con un litostrato. Tale ipotesi è inclusa nella Sintesi dei risultati riportata di seguito (Tab.6.2.1):

Tabella 6.2.1 – Sintesi dei risultati dell'indagine sismica Rz1.

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m dal p.c.)	Vs	CORRELAZIONI GEO-LITOLOGICHE
1	Da 0 a -2,5	262.26	Terreno agrario e porzione calcarenitica alterata limo-sabbiosa mediamente consistente.
2	Da 2,5 a 10-12	481.79	Calcareniti di Marsala poco cementate intercalate a livelli sabbioso-argillose.

6.3 CARATTERISTICHE LITOLOGICHE DELL'AEROGENERATORE A2

In corrispondenza dell'aerogeneratore A02 è stata effettuata l'indagine di sismica a Rifrazione denominata RZ2. Il modello di terreno ricavato dal processo di elaborazione della sismica a rifrazione RZ2 ha messo in evidenza la presenza, nei primi 10-12 metri, di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Tale interfaccia si presenta con aspetto lievemente ondulato ma nell'insieme con andamento sub-parallelo rispetto alla traccia della superficie topografica. In definitiva sono stati quindi individuati n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche V_p differenti (Fig. 6.3.1).

- 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione V_p , nell'ordine di 550,63 m/s, indicative di un orizzonte costituito da terreni mediamente addensati. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta variabile e mediamente valutabile in circa 2,6 metri.

- 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una V_p di 985,54 m/s; tale valore, medio, è compatibile con terreni di natura tenera moderatamente consistenti afferenti alle calcareniti di Marsala poco cementate intercalate a livelli sabbioso-argillose.

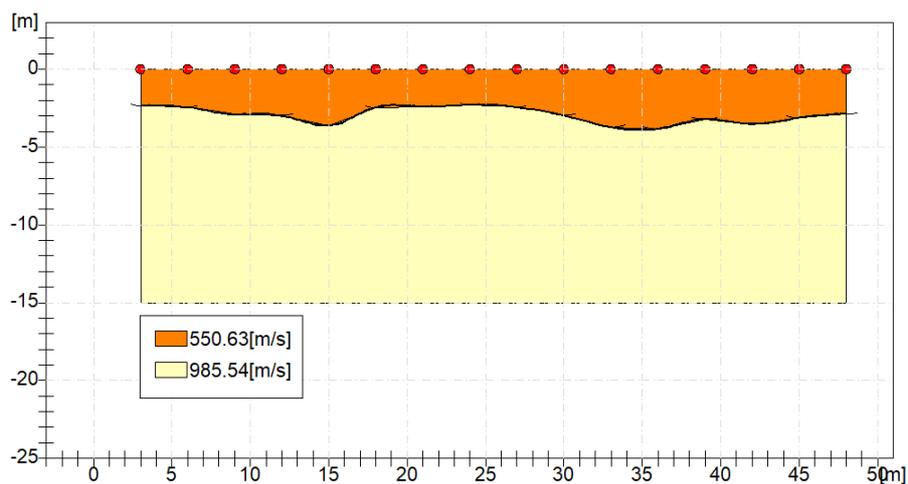


Fig. 6.3.1: Sismostratigrafia desunta dall'indagine RZ2.

Dal punto di vista sismo-stratigrafico è possibile ipotizzare una correlazione fra la sismostratigrafia e la litostratigrafia, occorre comunque rilevare che quasi mai un sismostrato

corrisponde perfettamente con un litostrato. Tale ipotesi è inclusa nella Sintesi dei risultati riportata di seguito (Tab.6.3.1):

Tabella 6.3.1 – Sintesi dei risultati dell’indagine sismica Rz2.

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m dal p.c.)	Vs	CORRELAZIONI GEO-LITOLOGICHE
1	Da 0 a -2,6	264.51	Terreno agrario e porzione calcarenitica alterata limo-sabbiosa mediamente consistente.
2	Da 2,6 a 10-12	473.44	Calcareniti di Marsala poco cementate intercalate a livelli sabbioso-argillose.

6.4 CARATTERISTICHE LITOLOGICHE DELL’AEROGENERATORE A3

In corrispondenza dell’aerogeneratore A03 è stata effettuata l’indagine di sismica a Rifrazione denominata RZ3. Il modello di terreno ricavato dal processo di elaborazione della sismica a rifrazione Rz3 ha messo in evidenza la presenza, nei primi 10-12 metri, di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Tale interfaccia si presenta con aspetto inclinato rispetto superficie topografica aspetto legato essenzialmente per una differenza di quota tra il primo ed il sedicesimo geofono. In definitiva sono stati quindi individuati n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche Vp differenti (Fig. 6.4.1).

- 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione Vp, nell’ordine di 449,48 m/s, indicative di un orizzonte costituito da terreni mediamente addensati. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta variabile e mediamente valutabile in circa 4,5 metri.

- 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una Vp di 885.6m/s; tale valore, medio, è compatibile con terreni di natura tenera moderatamente consistenti afferenti alle calcareniti di Marsala poco cementate intercalate a livelli sabbioso-argillose.

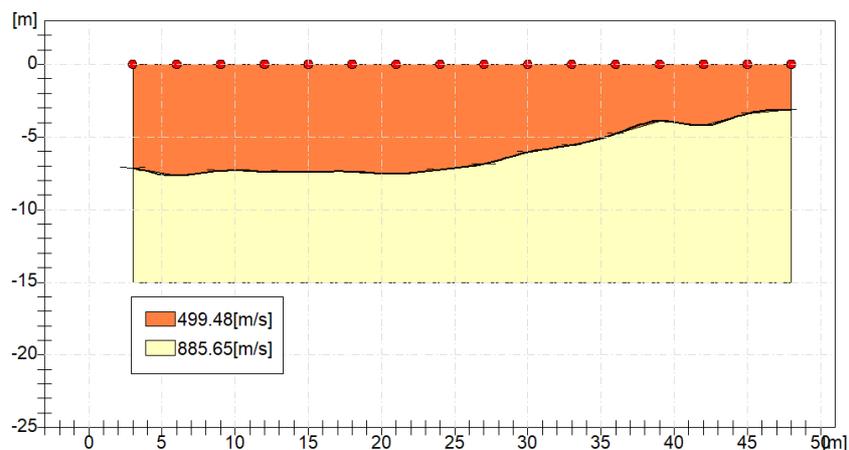


Fig. 6.4.1: Sismostratigrafia desunta dall'indagine Rz3.

Dal punto di vista sismo-stratigrafico è possibile ipotizzare una correlazione fra la sismostratigrafia e la litostratigrafia, occorre comunque rilevare che quasi mai un sismostrato corrisponde perfettamente con un litostrato. Tale ipotesi è inclusa nella Sintesi dei risultati riportata di seguito (Tab.6.4.1):

Tabella 6.4.1 – Sintesi dei risultati dell'indagine sismica Rz3.

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m dal p.c.)	Vs	CORRELAZIONI GEO-LITOLOGICHE
1	Da 0 a -4,5	239.94	Terreno agrario e porzione calcarenitica alterata limo-sabbiosa poco consistente.
2	Da 4,6 a 10-12	425.45	Calcareniti di Marsala poco cementate intercalate a livelli sabbioso-argillose.

6.5 CARATTERISTICHE LITOLOGICHE DELL’AEROGENERATORE A4

In corrispondenza dell’aerogeneratore A04 è stata effettuata l’indagine di simica a Rifrazione de nominata RZ5.

Il modello di terreno ricavato dal processo di elaborazione della sismica a rifrazione Rz5 ha messo in evidenza la presenza, nei primi 10-12 metri, di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Tale interfaccia si presenta con aspetto lievemente ondulato ma nell’insieme con andamento sub-parallelo rispetto alla traccia della superficie topografica. In definitiva sono stati quindi individuati n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche Vp differenti (Fig. 6.5.1).

- 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione Vp, nell’ordine di 331,99 m/s, indicative di un orizzonte costituito da terreni mediamente addensati. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta variabile e mediamente valutabile in circa 3 metri.

- 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una Vp di 905,32 m/s; tale valore, medio, è compatibile con terreni di natura tenera moderatamente consistenti afferenti alle calcareniti di Marsala poco cementate intercalate a livelli sabbioso-argillose.

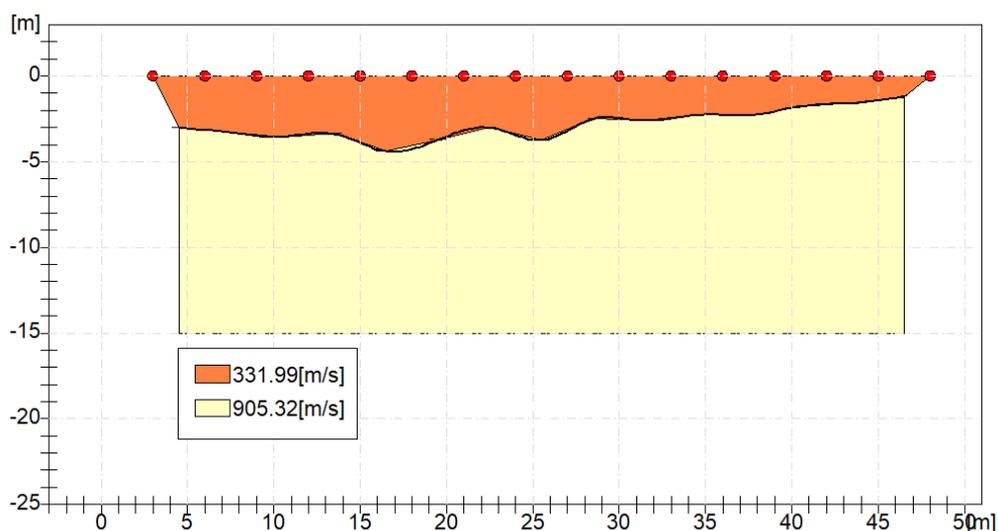


Fig. 6.5.1: Sismostratigrafia desunta dall’indagine RZ5.

Dal punto di vista sismo-stratigrafico è possibile ipotizzare una correlazione fra la sismo-stratigrafia e la litostratigrafia, occorre comunque rilevare che quasi mai un sismostrato corrisponde perfettamente con un litostrato. Tale ipotesi è inclusa nella Sintesi dei risultati riportata di seguito (Tab.6.5.1):

Tabella 6.5.1 – Sintesi dei risultati dell’indagine sismica Rz5.

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m dal p.c.)	Vs	CORRELAZIONI GEO-LITOLOGICHE
1	Da 0 a -3	264.51	Terreno agrario e porzione calcarenitica alterata limo-sabbiosa mediamente addensata e cementata.
2	Da 3 a 10-12	434.90	Calcareniti di Marsala poco cementate intercalate a livelli sabbioso-argillose.

6.6 CARATTERISTICHE LITOLOGICHE DELL’AEROGENERATORE A6

In corrispondenza dell’aerogeneratore A06 è stata effettuata l’indagine di sismica a Rifrazione denominata RZ7.

Il modello di terreno ricavato dal processo di elaborazione della sismica a rifrazione Rz7 ha messo in evidenza la presenza, nei primi 10-12 metri, di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Tale interfaccia si presenta con aspetto inclinato rispetto superficie topografica aspetto legato essenzialmente per una differenza di quota tra il primo ed il sedicesimo geofono. In definitiva sono stati quindi individuati n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche Vp sensibilmente differenti (Fig. 6.6.1).

- 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione Vp, nell’ordine di 742.20m/s, indicative di un orizzonte costituito da terreni sciolti e comunque poco addensati. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta variabile e mediamente valutabile in circa 3,5 metri.

- 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una V_p di 1097.38 m/s; tale valore, medio, è compatibile con terreni di natura tenera moderatamente consistenti afferenti ai depositi terrigeno arenacei con livelli micritici pelagici.

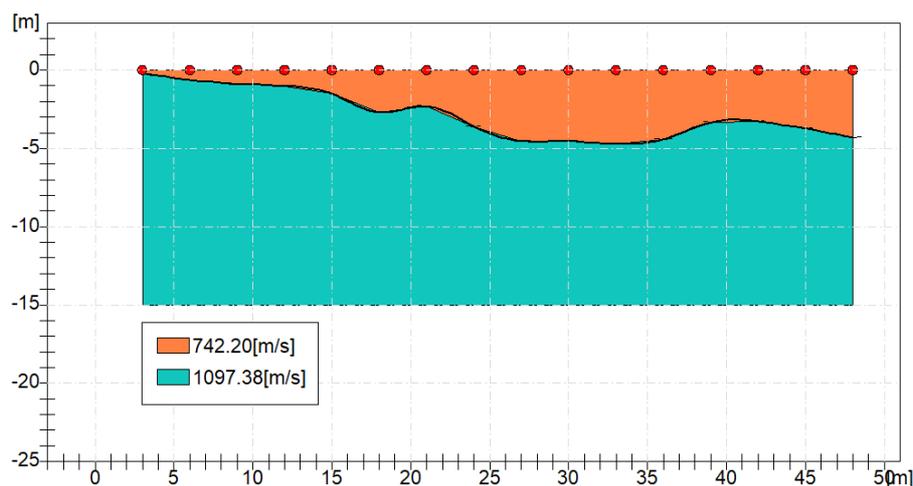


Fig. 6.6.1: Sismostratigrafia desunta dall'indagine Rz7.

Dal punto di vista sismo-stratigrafico è possibile ipotizzare una correlazione fra la sismostratigrafia e la litostratigrafia, occorre comunque rilevare che quasi mai un sismostrato corrisponde perfettamente con un litostrato. Tale ipotesi è inclusa nella Sintesi dei risultati riportata di seguito (Tab.6.6.1):

Tabella 6.6.1 – Sintesi dei risultati dell'indagine sismica Rz7.

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m dal p.c.)	V_s	CORRELAZIONI GEO-LITOLOGICHE
1	Da 0 a -3,5	356.54	Terreno agrario e porzione alterata arenacea moderatamente consistente.
2	Da 3,5 a 10-12	527.16	Depositi terrigeno arenacei con livelli micritici pelagici.

6.7 CARATTERISTICHE LITOLOGICHE DELL'AEROGENERATORE A7

In corrispondenza dell'aerogeneratore A07 è stata effettuata l'indagine di sismica a Rifrazione denominata RZ8.

Il modello di terreno ricavato dal processo di elaborazione della sismica a rifrazione RZ8 ha messo in evidenza la presenza, nei primi 10-12 metri, di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Tale interfaccia si presenta con aspetto lievemente ondulato ma nell'insieme con andamento sub-parallelo rispetto alla traccia della superficie topografica. In definitiva sono stati quindi individuati n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche V_p differenti (Fig. 6.7.1).

- 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione V_p , nell'ordine di 748,13 m/s, indicative di un orizzonte costituito da terreni mediamente addensati. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta variabile e mediamente valutabile in circa 6 metri.

- 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una V_p di 1821.9m/s; tale valore, medio, è compatibile con terreni di natura consistenti afferenti alle marne sabbiose argillose verde scuro.

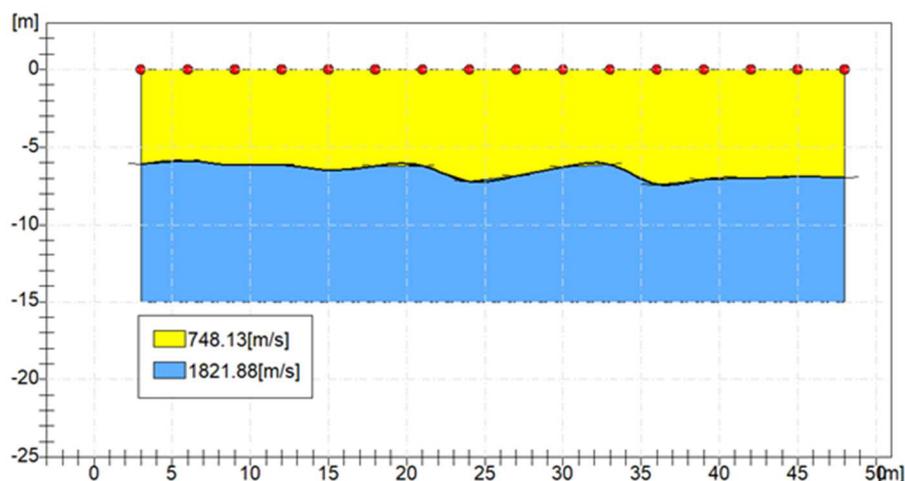


Fig. 6.7.1: Sismostratigrafia desunta dall'indagine RZ8.

Dal punto di vista sismo-stratigrafico è possibile ipotizzare una correlazione fra la sismostratigrafia e la litostratigrafia, occorre comunque rilevare che quasi mai un sismostrato

corrisponde perfettamente con un litostrato. Tale ipotesi è inclusa nella Sintesi dei risultati riportata di seguito (Tab.6.7.1):

Tabella 6.7.1 – Sintesi dei risultati dell’indagine sismica Rz8.

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m dal p.c.)	Vs	CORRELAZIONI GEO-LITOLOGICHE
1	Da 0 a -6	359.39	Terreno agrario e porzione alterata marnosa mediamente consistente.
2	Da 6 a 10-12	875.20	Marne sabbiose argillose verde scuro consistenti.

6.8 CARATTERISTICHE LITOLOGICHE DELL’AEROGENERATORE A8

In corrispondenza dell’aerogeneratore A08 è stata effettuata l’indagine di sismica a Rifrazione denominata RZ6.

Il modello di terreno ricavato dal processo di elaborazione della sismica a rifrazione Rz6 ha messo in evidenza la presenza, nei primi 10-12 metri, di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Tale interfaccia si presenta con aspetto lievemente ondulato ma nell’insieme con andamento sub-parallelo rispetto alla traccia della superficie topografica. In definitiva sono stati quindi individuati n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche Vp differenti (Fig. 6.8.1).

- 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione Vp, nell’ordine di 526,96 m/s, indicative di un orizzonte costituito da terreni mediamente addensati. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta variabile e mediamente valutabile in circa 2,5 metri.

- 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una Vp di 755,00 m/s; tale valore, medio, è compatibile con terreni di natura tenera moderatamente consistenti afferenti alle calcareniti di Marsala poco cementate intercalate a livelli sabbioso-argillose.

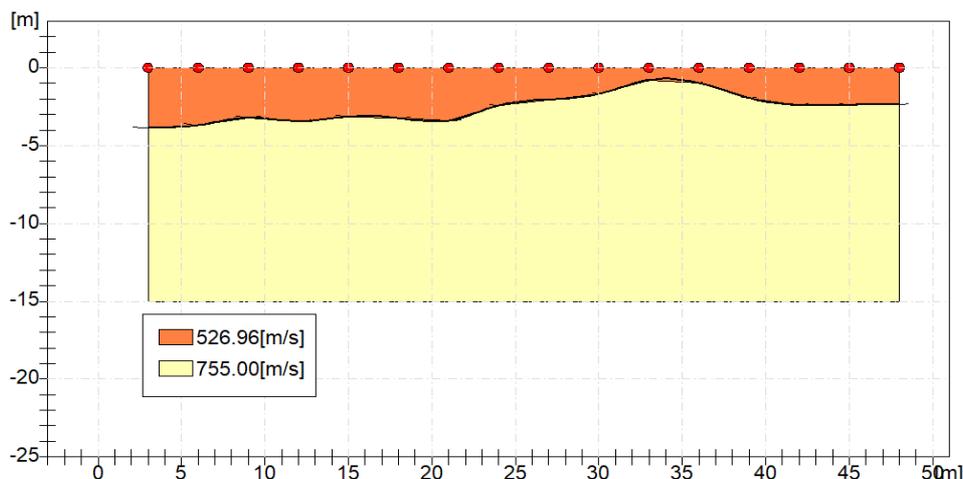


Fig. 6.8.1: Sismostratigrafia desunta dall'indagine Rz6.

Dal punto di vista sismo-stratigrafico è possibile ipotizzare una correlazione fra la sismostratigrafia e la litostratigrafia, occorre comunque rilevare che quasi mai un sismostrato corrisponde perfettamente con un litostrato. Tale ipotesi è inclusa nella Sintesi dei risultati riportata di seguito (Tab.6.8.1):

Tabella 6.8.1 – Sintesi dei risultati dell'indagine sismica Rz6.

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m dal p.c.)	Vs	CORRELAZIONI GEO-LITOLOGICHE
1	Da 0 a -2,5	253.14	Terreno agrario e porzione calcarenitica alterata limo-sabbiosa mediamente addensata e alterata.
2	Da 2,6 a 10-12	362.69	Calcareniti di Marsala poco cementate intercalate a livelli sabbioso-argillose.

6.9 CARATTERISTICHE LITOLOGICHE DELL’AEROGENERATORE A9

In corrispondenza dell’aerogeneratore A08 è stata effettuata l’indagine di sismica a Rifrazione denominata RZ4.

Il modello di terreno ricavato dal processo di elaborazione della sismica a rifrazione RZ4 ha messo in evidenza la presenza, nei primi 10-12 metri, di un solo orizzonte rifrattore ben definito. Tale interfaccia si presenta con aspetto inclinato rispetto superficie topografica aspetto legato essenzialmente per una differenza di quota tra il primo ed il sedicesimo geofono. In definitiva sono stati quindi individuati n°2 sismostrati caratterizzati da velocità delle onde sismiche V_p differenti (Fig. 6.9.1).

- 1° Sismostrato

È caratterizzato da velocità delle onde di compressione V_p , nell’ordine di 769,42 m/s, indicative di un orizzonte costituito da terreni mediamente addensati. Lo spessore, in riferimento alla traccia lungo la superficie topografica, risulta variabile e mediamente valutabile in circa 6 metri.

- 2° Sismostrato

Strato caratterizzato da una V_p di 985,54 m/s; tale valore, medio, è compatibile con terreni di natura tenera moderatamente consistenti afferenti ai depositi terrigeno arenacei con livelli micritici pelagici.

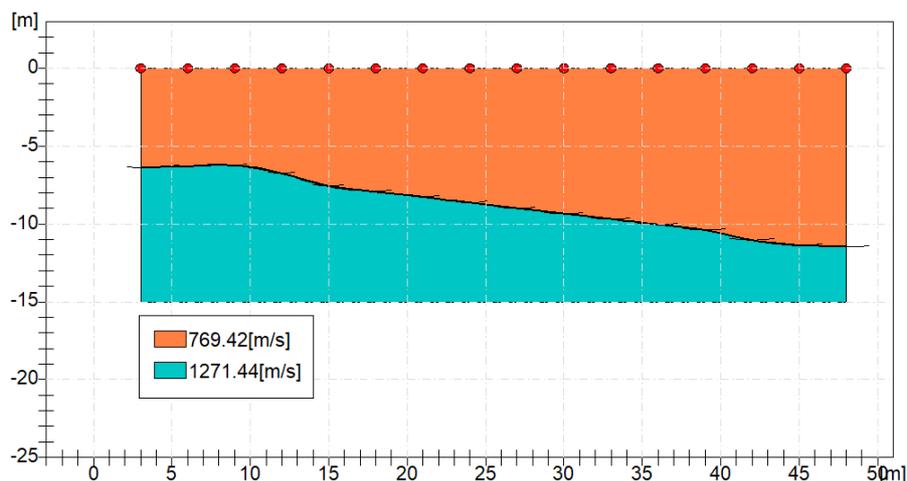


Fig. 6.9.1: Sismostratigrafia desunta dall’indagine RZ4.

Dal punto di vista sismo-stratigrafico è possibile ipotizzare una correlazione fra la sismostratigrafia e la litostratigrafia, occorre comunque rilevare che quasi mai un sismostrato

corrisponde perfettamente con un litostrato. Tale ipotesi è inclusa nella Sintesi dei risultati riportata di seguito (Tab.6.9.1):

Tabella 6.9.1 – Sintesi dei risultati dell’indagine sismica Rz4.

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m dal p.c.)	Vs	CORRELAZIONI GEO-LITOLOGICHE
1	Da 0 a -6	369.62	Terreno limo-sabbioso addensato.
2	Da 6 a 10-12	610.78	Depositi terrigeno arenacei con livelli micritici pelagici..

Volendo sintetizzare dunque quanto sopra specificato, il Parco Eolico ricadrà, per la maggior parte, nel complesso litologico della Formazione Calcarenitica di Marsala (Aerogeneratori A1, A2, A3, A4 e A8). Nello specifico le calcareniti si presentano di colore giallastro o rossastro, ben cementate, a cemento calcareo, in sottili livelli e in grossi banchi, con intercalazioni di sabbie e talora sottili livelli sabbioso-limosi. La stratificazione è in grosse bancate, talora invece in strati molto sottili con interposizione di straterelli limosi e sabbiosi (**Cfr. Sezione Geologica Tav.6**). Nella porzione centro meridionale dell’area oggetto di studio si riconosce, altresì, la presenza della formazione arenacea della Valle del Belice che ammantava i terreni i cui saranno realizzate le torri A6e A9.

L’Aerogeneratore A7, infine, risulta interessato dai terreni marnosi-sabbiosi ed argillosi di colore verde-scuro afferenti alla formazione di Cardelia.

7. MODELLO GEOMORFOLOGICO

Sotto il profilo morfologico generale, dallo studio effettuato, l'area ricade all'interno di un antico terrazzo marino il cui aspetto è caratterizzato da ampi pianori interrotti da valli più o meno incise. L'andamento plano-altimetrico diventa pressoché pianeggiante verso le aree costiere meridionali che si raccordano con le aree alluvionali.

Più in dettaglio, l'area risulta articolata in una serie di successive ed ampie spianate di varia estensione, disposte a gradinata decrescente dal Monte Magaggiaro (393,0 m s.l.m.), che rappresenta l'altitudine massima, verso la linea di costa. Tali spianate, di origine marina, sono da mettere in relazione con il sollevamento tettonico regionale avvenuto durante il Quaternario che ha comportato la creazione della predetta gradinata di terrazzi marini. Occorre comunque evidenziare come lungo tale gradinata di terrazzi marini si rinvengono spesso differenti depositi di copertura, piuttosto omogenei dal punto di vista litologico, sottoposti ad una notevole erosione sub-aerea che ha uniformato i lineamenti morfologici tanto da conferire all'area nell'insieme un'appariscente andamento plano-altimetrico tabulare ed omogeneo, obliterando le possibili evidenze di superfici connesse a dislocazioni tettoniche e mascherando, pertanto, una complessa situazione tettonica a faglie che coinvolge il substrato roccioso calcareo mesozoico. In tale contesto geodinamico, la struttura del Monte Magaggiaro rappresenta un ottimo esempio di alto morfologico-strutturale (horst) determinato da un sistema regionale di faglie aventi direttrici principali NW-SE.

7.1 CONSIDERAZIONI SULLA STABILITÀ DEI VERSANTI OGGETTO DI STUDIO

Come già evidenziato nel capitolo precedente l'area oggetto di studio risulta articolata in una serie di successive ed ampie spianate di varia estensione, degradanti verso la linea di costa. Dal punto di vista litologico questi ultimi sono caratterizzati da affioramenti di rocce calcarenitiche quaternarie a giacitura pressoché sub-orizzontale che conferiscono al paesaggio morfologico l'aspetto di ampi pianori interrotti da valli più o meno incise. Tali spianate, sono il risultato concomitante sia delle variazioni relative del livello del mare durante il Quaternario sia dell'azione dei corsi d'acqua che la incidono e che hanno spianato e modellato il basamento roccioso. Come ben evidenziato nella carta delle pendenze il sito ricade prevalentemente nelle classi di pendenza 0-2% e 2-5% (**Cfr. Carta delle Pendenze Tav.7**), con valori che aumentano in corrispondenza dei ripidi versanti che incidono i corsi d'acqua e che intersecano l'area con direzione preferenziale N-S. Dal punto di vista altimetrico in linea generale le quote tendono ad aumentare da sud verso nord, dove si raggiungono le quote massime in corrispondenza del rilievo Monte Magaggiaro (393,0 m s.l.m.). Gli aerogeneratori A2, A3, A4, e A6 ricadono nella fascia altimetrica 150-200 metri mentre a quote più elevate (fascia altimetrica 200-250 metri)

ritroviamo le torri A7, A8 e A9. Infine l'aerogeneratore A1 rientra tra le tinte altimetriche più basse nella classe 100-150 metri.

Per la conoscenza globale dello stato di dissesto idrogeologico del territorio, sono state consultate le carte redatte per il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia (Bacino Idrografico del Fiume Carboj 059 e Area Territoriale tra il bacino del Fiume Belice e il bacino del Fiume Carboj 058). Dalle relative cartografie P.A.I. (Cfr. Tavv. 8-9-10) sono state riprodotte le carte relative ai dissesti ed alla pericolosità geomorfologica. Le verifiche dirette attraverso sopralluoghi, integrate con gli studi e le indagini specifiche, non hanno evidenziato situazioni di rischio o individuato pericolosità connesse ai dissesti sui versanti o pericolosità idrauliche o idrologiche in corrispondenza delle aree di installazione degli aerogeneratori.

Gli unici aspetti di rilievo, censiti anche in seno alla cartografia PAI, sono collegati a fenomeni di erosione diffusa e incanalata che si localizzano lungo i ripidi fianchi delle incisioni torrentizie. Trattasi, essenzialmente, di dissesti attivi legati ad erosione accelerata che determinano una pericolosità P2 e che interferiscono soltanto con il passaggio del cavidotto in 4 zone di seguito specificate.

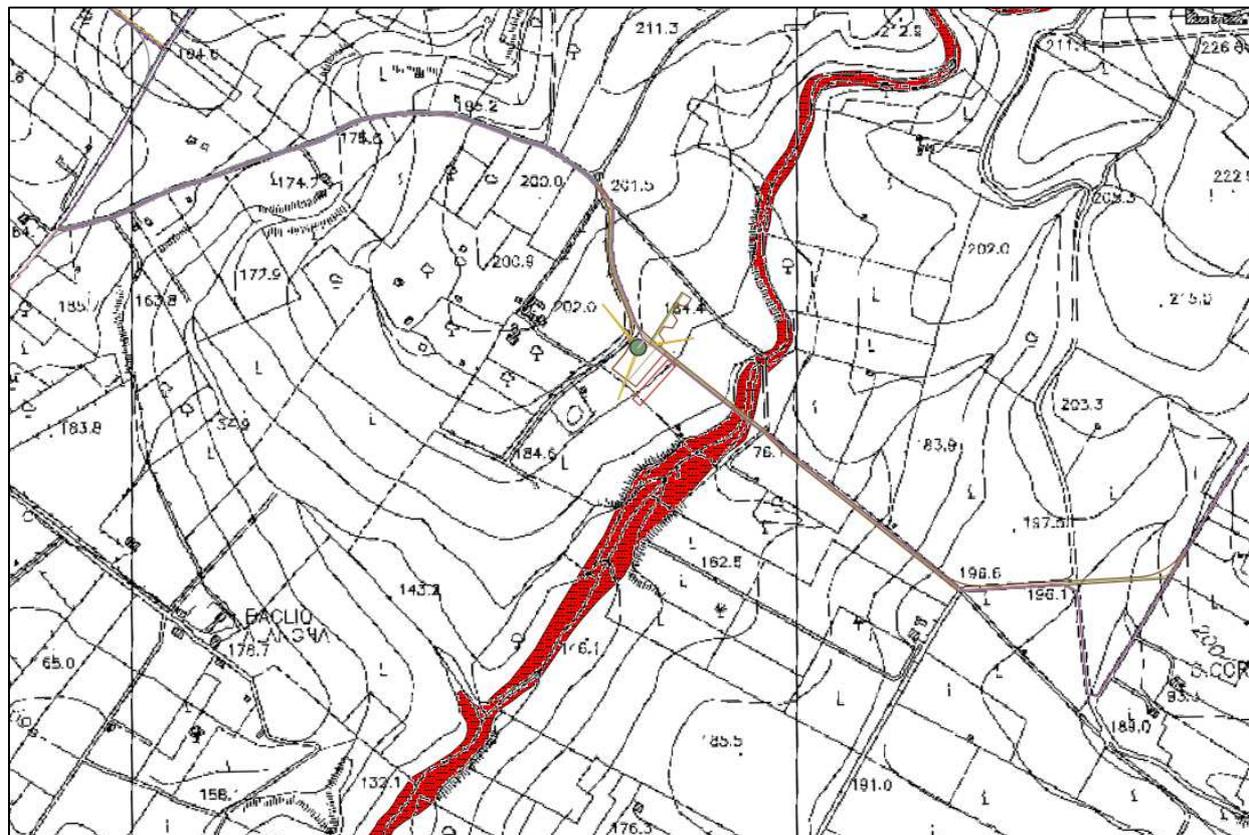


Fig.7.1.1: Interferenza tra il dissesto geomorfologico PAI (codice 058-1ME-002) ed il tracciato cavidotto.

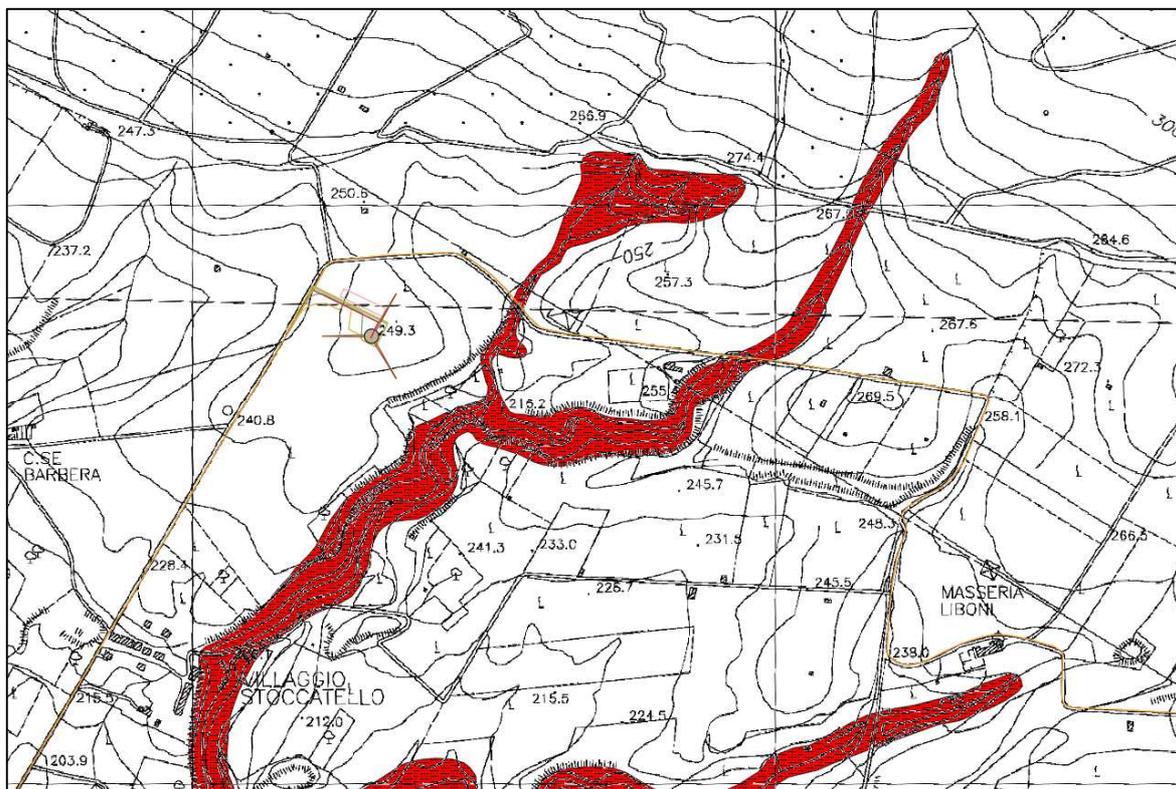


Fig.7.1.2 Interferenze tra i dissesti geomorfologici PAI nel Vallone Finocchio (codice 058-1ME-002) ed il tracciato cavidotto.

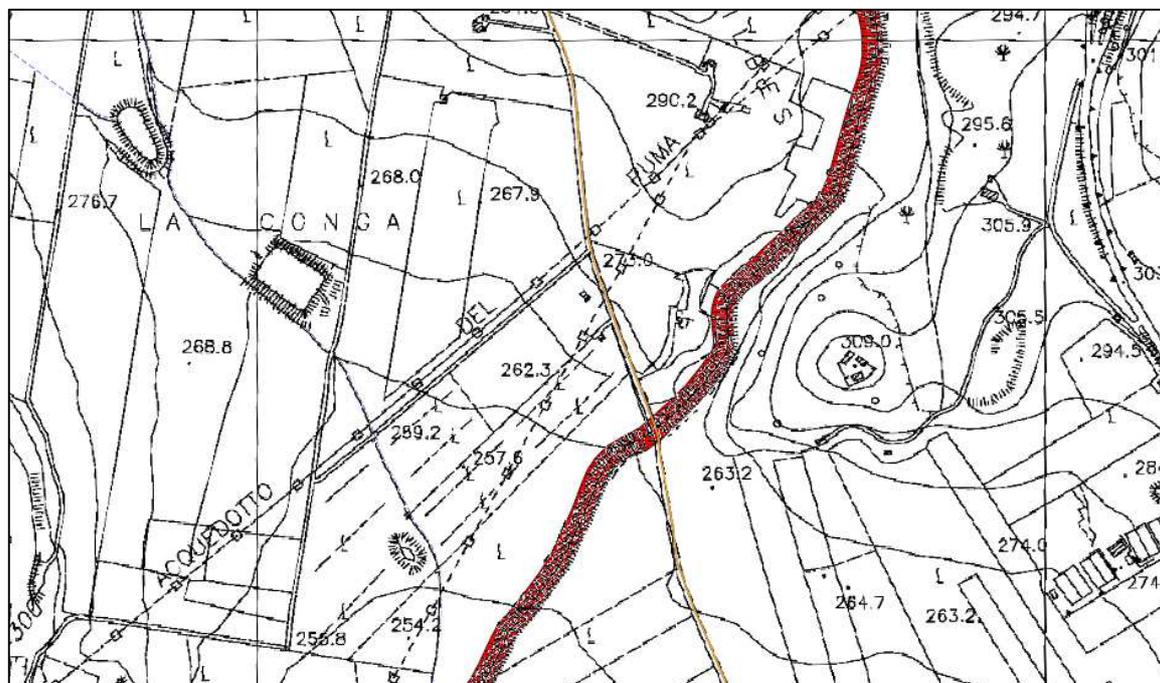


Fig.7.1.3 Interferenza tra il dissesto geomorfologico PAI nel Vallone S. Vincenzo (codice 058-1ME-003) ed il tracciato cavidotto.

In sintesi sono stati osservati i seguenti processi morfo-evolutivi (**Cfr. Tav. 11 Carta della Pericolosità Geologica**):

Erosione Accelerata:

Trattasi, essenzialmente, di dissesti geomorfologici attivi che determinano una pericolosità geomorfologica P2 (media) legati a processi di erosione accelerata che si manifestano in corrispondenza dei ripidi versanti che incidono i corsi d'acqua che intersecano il tracciato dei cavidotti con direzione preferenziale N-S. L'evoluzione risulta accentuata in occasione di eventi meteorologici piuttosto intensi e di lunga durata ed è limitato arealmente soltanto all'area di impluvio, infatti dai rilievi eseguiti avendo valutato un areale geologicamente significativo non sono emersi segni di dissesti in atto o potenziali. Peraltro come rappresentato negli elaborati tecnici, tali incisioni vallive verranno attraversate con tecnologia TOC (Trivellazione orizzontale controllata) ossia grazie all'impiego di una tecnologia NO-DIG che consentirà di limitare notevolmente i lavori di scavo a cielo aperto, a quelli connessi ed indispensabili all'impiego della suddetta tecnologia. Con tale tecnologia, pertanto, non verrà alterato il naturale equilibrio idro-morfologico dell'area.

Si rappresenta, infine, che tali fenomeni non interessano in alcun modo le aree dove verranno realizzati gli aerogeneratori che risultano, peraltro, scevri da fenomeni di instabilità in atto o potenziali.

Bisognerà prestare, comunque, particolare attenzione progettuale, in fase esecutiva, alle opere di regimentazione delle acque superficiali provenienti dalla piazzola e dalla strada di accesso al sito.

8. VALUTAZIONE IDROGEOLOGICHE E PERMEABILITÀ

La caratterizzazione idrogeologica dei terreni individuati scaturisce da una serie di osservazioni qualitative riguardanti gli aspetti macroscopici che questi presentano ad un primo esame, quali: porosità, fatturazione grado di cementazione, discontinuità strutturali. La permeabilità dei complessi idrogeologici affioranti nell'areale oggetto di studio, risulta essere, principalmente, primaria per porosità ed in maniera ridotta per fratturazione, laddove si riscontra una cementazione piuttosto spinta dei litotipi marnosi e arenacei.

Sulla base delle considerazioni di carattere geologico-strutturale, l'area in esame, può essere suddivisa, dal punto di vista idrogeologico, in tre complessi principali (**Cfr. Tav. 12 Carta Idrogeologica**); infatti, la circolazione idrica sotterranea presenta aspetti e caratteristiche differenti in relazione soprattutto ai litotipi affioranti, ma anche al loro particolare assetto.

Di seguito si riportano le caratteristiche idrogeologiche dei terreni dell'intorno investigato, associati in funzione delle loro caratteristiche.

Rocce permeabili per porosità e/o fessurazione (permeabilità medio-bassa)

Appartengono a questa categoria i depositi marnosi-sabbiosi, le marne biancastre e le arenarie torbiditiche. I terreni di tale complesso idrogeologico presentano una permeabilità variabile da medio-bassa anche se si possono riscontrare una permeabilità secondaria generata dalle vicissitudini tettoniche che le formazioni hanno subito in passato che possono aver determinato un quadro fessurativo con valori di apertura e persistenza variabili.

Rocce mediamente permeabili per fessurazione

Appartengono a questa categoria le Dolomie della Formazione Inici ed i calcari detritici organogeni. Anche in questo caso il grado di permeabilità dipende principalmente dagli stress tettonici subiti.

Rocce permeabili per porosità (permeabilità alta)

Appartengono a questa categoria infine le Calcareni di Marsala in particolare modo nei livelli conglomeratici e nelle intercalazioni sabbiose.

Dal punto di vista idrologico l'area in esame ricade all'interno dell'area territoriale compresa tra il bacino del Fiume Carboj e il bacino del Fiume Belice. Il reticolo idrografico è caratterizzato da brevi incisioni torrentizie che scorrono in direzione preferenziale NE-SW, in regime magra quasi tutto. Data la natura dei terreni affioranti (per lo più caratterizzati da permeabilità primaria per porosità) e per le caratteristiche climatiche della zona, il reticolo risulta complessivamente assai poco sviluppato; esso inoltre denota una modesta capacità filtrante dei terreni affioranti e quindi una discreta capacità di smaltimento delle acque di ruscellamento superficiale. Per quanto

riguarda gli aspetti delle interferenze con il reticolo idrografico si rappresenta che gli aerogeneratori non ricadono all'interno dell'eventuali aree di allegamento. Si riscontrano invece per quanto riguarda il tracciato del cavidotto una serie di attraversamenti evidenziati nella tavola di seguito allegata e per i quali si rimanda ai risultati dello studio idraulico redatto secondo le disposizioni previste dal DSG 189/2020 e del R.D. 523/1904.

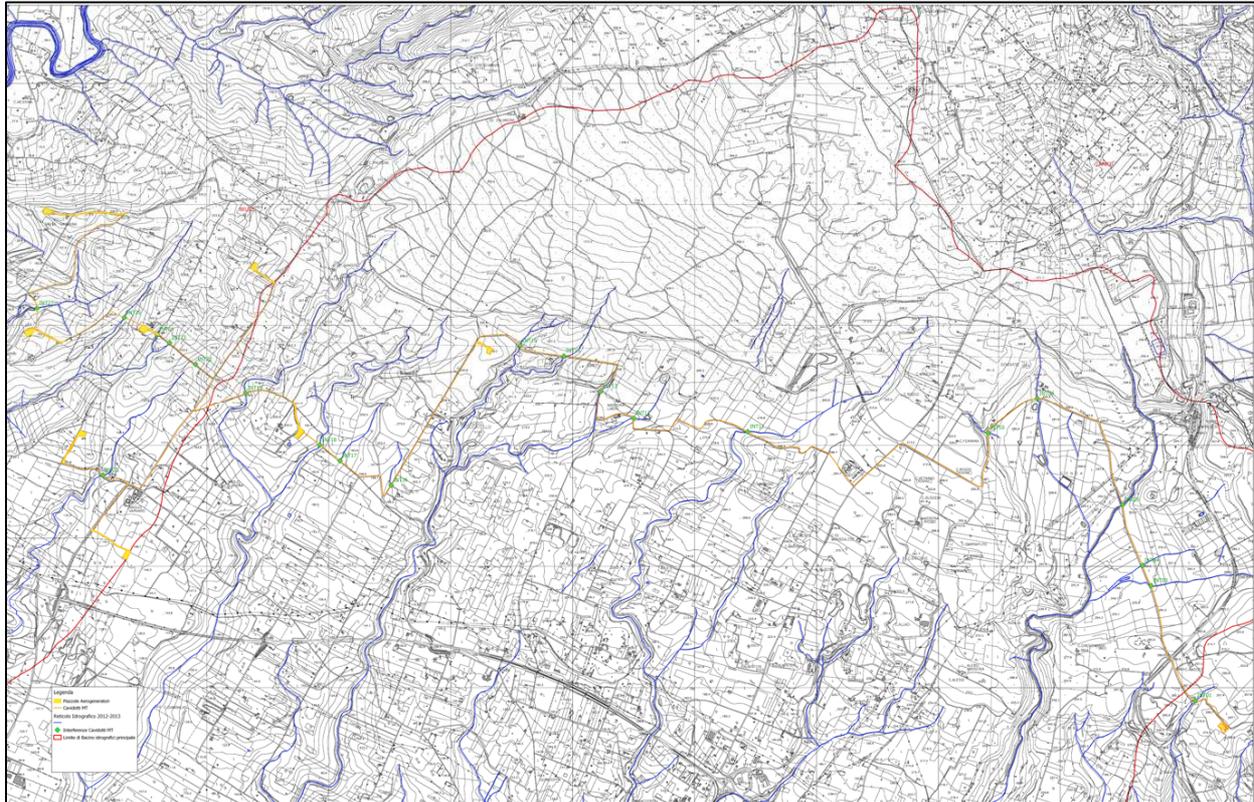


Fig. 8.1: Interferenze del tracciato del cavidotto con il reticolo idrografico censito nella cartografia ATA 2012-2013.

Dal punto di vista idraulico, l'area oggetto di intervento **non ricade** in aree vincolate come si evince dalla cartografia allegata al PAI Sicilia, attualmente presente nel portale dedicato (comprensiva degli ultimi aggiornamenti) relativamente a: siti d'attenzione; pericolosità e rischio idraulico. Infine da rimarcare che dai rilievi condotti e dallo studio dei terreni affioranti che comprendono sia l'area in esame che quella dell'immediato intorno, non sono state rilevate strutture idrogeologiche significative né la presenza di una falda idrica S.S. tale da potere interferire con le opere in progetto. Si prescrive, comunque, con lo scopo di verificare la presenza di adunamenti idrici nel sottosuolo, nelle successive fasi progettuali, di predisporre dei piezometri all'interno di ciascun sondaggio geognostico perforato in prossimità di ciascun aerogeneratore.

9. CLASSIFICAZIONE SISMICA

9.1 CENNI SULLA STORIA SISMICA DEL TERRITORIO

Il reticolo di punti che permette di valutare la pericolosità sismica di base è frutto sia dello studio delle sorgenti e delle strutture sismogenetiche sul territorio italiano, sia dell’analisi storica dei terremoti. La figura 9.1 mostra la mappa delle sorgenti e strutture sismiche per l’intero territorio siciliano presenti nel database DISS 3.2.1, sviluppato all’interno del progetto nazionale S2 è frutto della collaborazione tra il Dipartimento Nazionale di Protezione Civile (DNPC) e l’Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia (INGV); il database è liberamente consultabile in formato web-Gis all’indirizzo web: <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>.

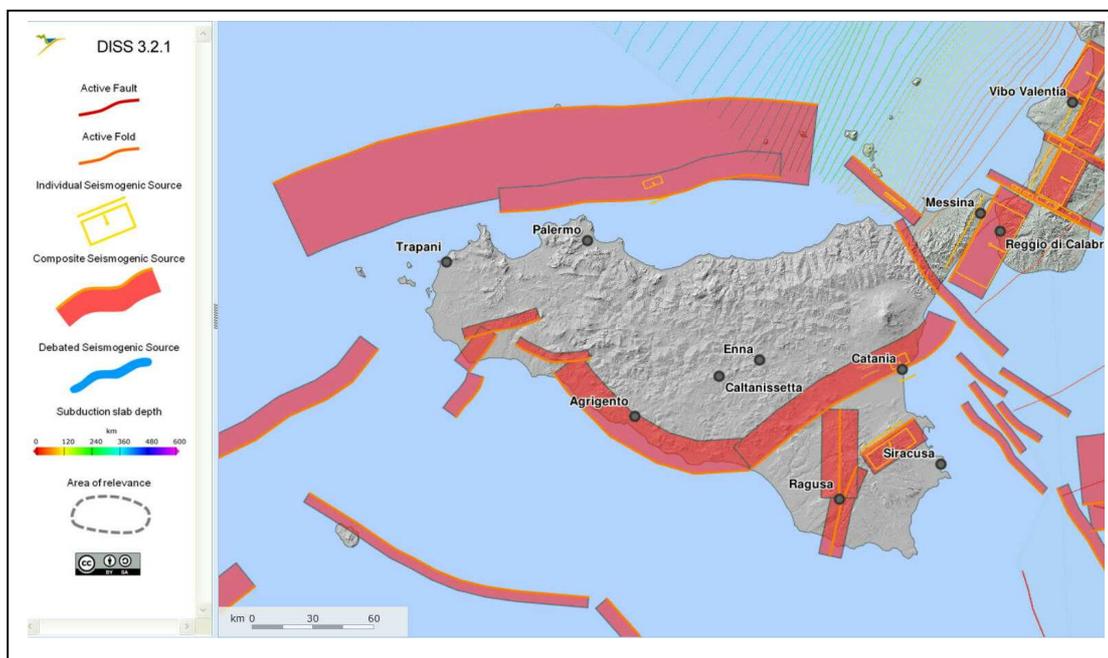


Fig. 9.1: Sorgenti sismogenetiche Sicilia. Fonte INGV.

Dal sito stesso dell’INGV è possibile sfogliare il database sui terremoti storici presenti sul territorio italiano (aggiornato alla versione DBMI15) consultabile all’indirizzo <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>.

Dall’interrogazione del database è possibile valutare la serie dei principali terremoti che hanno interessato in passato il territorio di Menfi con *Intensità* maggiore di 2.

9.2 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base rappresenta, sostanzialmente, la probabilità che un evento sismico si verifichi in una determinata area per un determinato periodo di tempo con una data intensità, ovvero la previsione probabilistica dello scuotimento del suolo in un sito con riferimento ad un terremoto standard di riferimento; in pratica fornisce i valori significativi delle accelerazioni massime attese al suolo (*PGA* - peak ground acceleration) riferite ad una situazione ideale con suolo rigido ed omogeneo ($V_s > 800$ m/s; categoria *A* nelle NTC 18). Già con l’ordinanza O.P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003 l’intero territorio italiano era stato riclassificato con l’individuazione di 4 categorie sismiche in funzione dei valori significativi delle accelerazioni massime attese al suolo riferite a suolo rigido ed omogeneo ($V_s > 800$ m/s) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni e con periodo di ritorno di 495 anni. In riferimento a tale macrozonazione sismica) l’area in esame ricade in zona 1 ($a_g > 0,25g$).

Nella nuova normativa, invece, poiché l’azione sismica viene definita facendo riferimento ad un reticolo i cui punti sono riportati in termini di latitudine e longitudine, di fatto può presentare una discreta variabilità anche all’interno di uno stesso territorio molto ristretto; più nello specifico l’azione sismica viene definita in funzione dei parametri (a_g , F_0 , T_c^*) che, secondo differenti tempi di ritorno (T_R), definiscono le forme spettrali e quindi la “pericolosità sismica di base” che assieme al fattore suolo (*S*), legato agli effetti di amplificazione locale (stratigrafica e topografica), andrà in definitiva a caratterizzare la “risposta sismica locale”.

In riferimento al vigente D.M. 17/01/2018, pertanto, al fine di ricavare i parametri di riferimento per l’azione sismica di base, si devono, innanzitutto, individuare le *coordinate di sito* tramite rilevatore satellitare WGS 84 - ETRF89.

A partire da queste ultime coordinate, tramite il foglio di calcolo rilasciato dal C.S. LL.PP. “*Spettri NTC vers. 1.03*” si possono ricavare i parametri a_g , F_0 , T_c^* per i vari periodi di ritorno T_R associati a ciascun *Stato Limite*, ipotizzando come tipologia un’opera ordinaria con $V_N = 50$ anni e classe d’uso IV. Si rimanda alla relazione geotecnica per le tabelle ed i grafici associati per ogni stato limite.

9.3 PERICOLOSITÀ LOCALE

La Pericolosità sismica locale, rappresenta una valutazione, a scala di dettaglio, delle variazioni della pericolosità sismica di base per effetto delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, litologiche, idrogeologiche e geotecniche del sito specifico (condizioni locali). È ormai cosa acclarata e confermata da innumerevoli studi, che la struttura geologica sovrastante il bedrock assume un ruolo determinante nella modifica del treno di onde sismiche con *fenomeni di amplificazione* o di smorzamento; sicché, ad esempio, quando si passa dal bedrock rigido ad un terreno più superficiale con minore rigidità (variazione di *impedenza*) le onde sismiche subiscono un rallentamento e, per la legge della conservazione dell'energia, la loro ampiezza aumenta. Ne consegue un'amplificazione del moto sismico con danni all'edificato superiori rispetto ad aree circostanti poggianti su un terreno di copertura più rigido.

Citando la casistica espressa nelle varie circolari A.R.T.A. relative ai piani di revisione dei PRG, situazioni che portano ad una amplificazione dell'azione sismica sono legate per esempio a *zone di ciglio* (con $H > 10$ mt), *zone di cresta rocciosa* o di dorsale, *aree di fondovalle con presenza di alluvioni incoerenti*, zone pedemontane di *falda di detrito*, zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche diverse o zone con *terreni di fondazione particolarmente scadenti*; oltre a questa casistica vengono ugualmente prese in considerazione quelle situazioni che possono portare all'accentuazione di fenomeni di instabilità già in atto in occasione di eventi sismici quali zone caratterizzate da movimenti *franosì quiescenti* o *zone con elevata acclività associate a copertura detritica* o ancora ammassi rocciosi con acclività $> 50\%$ ed una giacitura sfavorevole degli strati. In fase di progettazione esecutiva la risposta sismica locale viene valutata o mediante *analisi specifiche*, come indicate al paragrafo 7.11.3 delle NTC 2018 o facendo riferimento alla *procedura semplificata* (qui utilizzata per la progettazione definitiva) descritta al paragrafo 9.3.

Si rappresenta, comunque, come riportato nella tavola delle pericolosità sismica locale (**Cfr. Tav. 13 Carta delle pericolosità sismica**) allegata al progetto, che nelle aree in cui ricadono gli aerogeneratori e la stazione utente è stata riscontrata l'assenza di pericolosità sismica locale in quanto caratterizzate da zone stabili, contraddistinte morfologicamente da una monoclinale con pendenze a basso gradiente altimetrico $< 15^\circ$ che degrada dolcemente verso sud.

9.4 RISULTATI DELL'INDAGINE DI SISMICA MASW

Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 3 Hz e 60 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l'inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati.

I risultati delle inversioni hanno fornito valori di categoria suolo fondazione B per il sito in progetto. Le indagini geofisiche eseguite, hanno consentito, dunque, di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde di taglio al fine di valutare il valore del parametro V_{Seq} e quindi stabilire la categoria di appartenenza del sottosuolo come da D.M. 17/01/2018. Dalla individuazione delle onde di taglio generate in corrispondenza del punto di indagine è stato possibile determinare la velocità di propagazione media di tali onde entro i primi 30 metri di terreno attraversato; successivamente, attraverso questo parametro ed ai sensi della normativa vigente in materia antisismica, Ordinanza 3274 – Nuova Normativa Antisismica del 20/03/2003, richiamata dal DM 17/01/2018, è stato possibile classificare tali terreni.

Lo studio sugli effetti di sito è un aspetto fondamentale nella valutazione e mitigazione del rischio sismico. Tale studio si effettua in termini di risposta sismica locale, partendo dal concetto di amplificazione del moto sismico che si origina dal basamento roccioso (definito bedrock sismico) e che si propaga all'interno di un deposito sino a raggiungere la superficie. Valutare questi effetti non è sempre del tutto facile anche perché, in molti casi, l'amplificazione è dovuta ai cosiddetti fenomeni di risonanza nei terreni stratificati posti al di sopra del bedrock, di riflessione e rifrazione delle onde sismiche nelle interfacce di discontinuità e tra mezzi a diversa densità, dove le onde vengono per così dire “intrappolate” e successivamente trasmesse allo strato più superficiale generando così onde di tipo Love e di Rayleigh. A questi, poi, si aggiunge l'effetto di focalizzazione del raggio sismico nelle zone morfologicamente più acclive. Sul territorio italiano la valutazione degli effetti della risposta sismica locale viene fatta sulla base delle vigenti norme tecniche per le costruzioni pubblicate in GU n.42 del 20/02/2018 - Suppl. Ordinario n. 8. In particolare per situazioni riconducibili alle categorie definite in Tab. 3.2.II di cui al § 3.2.2 si può fare riferimento ad un approccio semplificato basato sui valori di velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s , che costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo di cui al § 6.2.2. In tal caso si calcola la velocità equivalente con la seguente espressione:

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

con: h_i = Spessore in metri dello strato i -esimo (in m), V_s = Velocità dell'onda di taglio i -esimo strato, N = Numero di strati, H = profondità del substrato sismico (in m), definito come quella formazione, costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{Seq} è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H = 30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

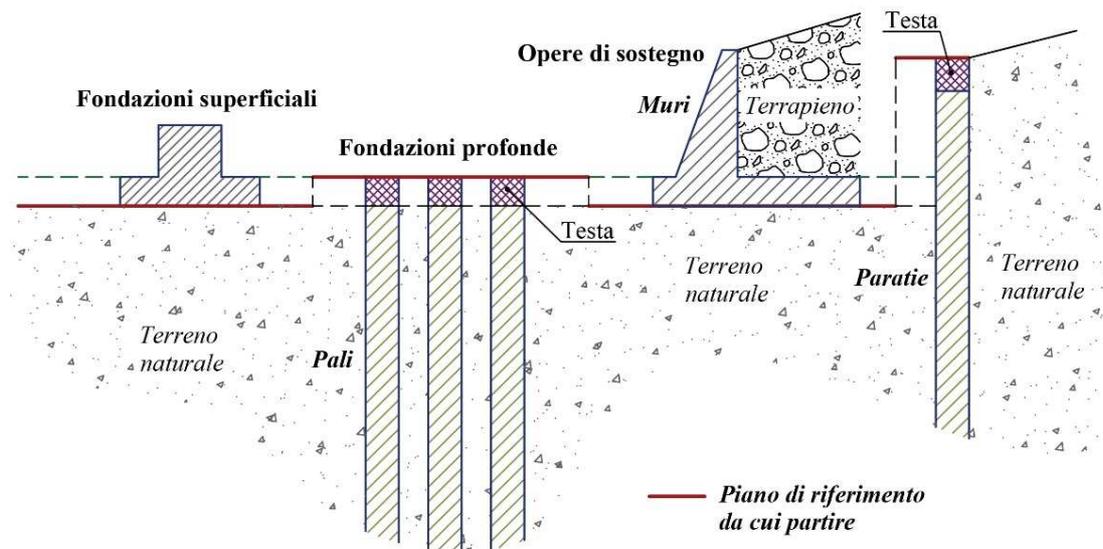


Figura 9.4.1: Schemi di riferimento richiamati al § 3.2.2 delle NTC 2018.

Mentre per tutti quei casi non rientranti è richiesta una specifica analisi della risposta sismica locale, così come previsto al § 7.11.3.

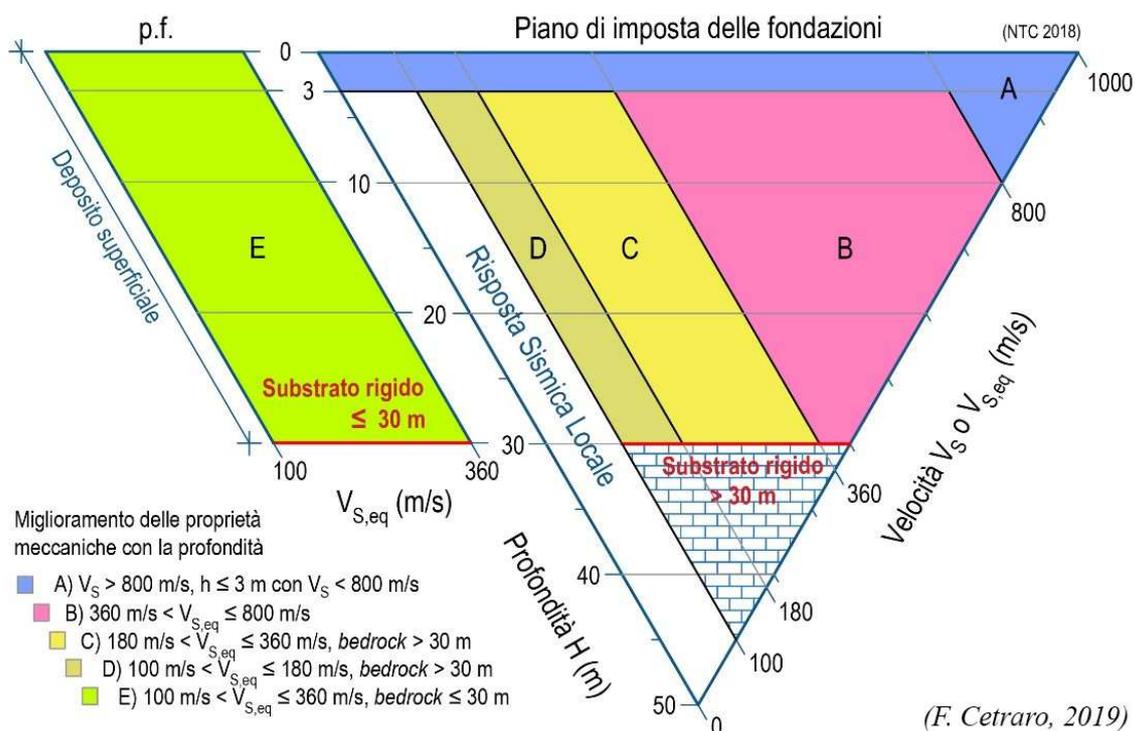


Figura 9.4.2: Diagramma categorie di sottosuolo secondo i riferimenti del § 3.2.2 delle NTC 2018.

9.5 RISULTATI DEL CALCOLO

In corrispondenza dell'area in progetto sono state eseguite n°8 indagini di sismica masw identificate con le sigle da Mw1 a Mw8 (**cf. Relazione Sismica**):

Si riportano di seguito i risultati dei calcoli effettuati.

9.5.1 INDAGINE SISMICA MASW1

Tale indagine è stata eseguita in corrispondenza dell'aerogeneratore A1.

Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 3 Hz e 45 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l'inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati. I risultati dell'inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.

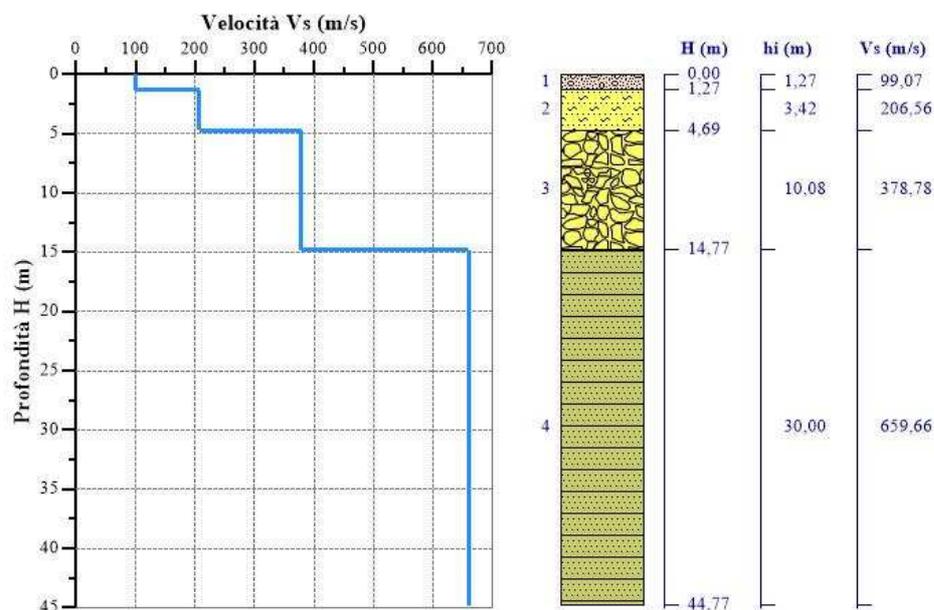
Strato n°1: $V_s = 99.07 \text{ m/s}$; spessore medio 1.27metri.

Strato n°2: $V_s = 206.56 \text{ m/s}$; spessore medio oltre 3.42metri.

Strato n°3: $V_s = 378.87$ m/s; spessore medio 10.08metri.

Strato n°4: $V_s = 659.66$ m/s; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato, **$V_{S,eq} = 379.25$ m/s**, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle V_s , il sottosuolo in esame risulta classificabile come sottosuolo di **tipo B**.

9.5.2 INDAGINE SISMICA MASW₂

Tale indagine è stata eseguita in corrispondenza dell'aerogeneratore A2.

Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 3 Hz e 45 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l'inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati. I risultati dell'inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.

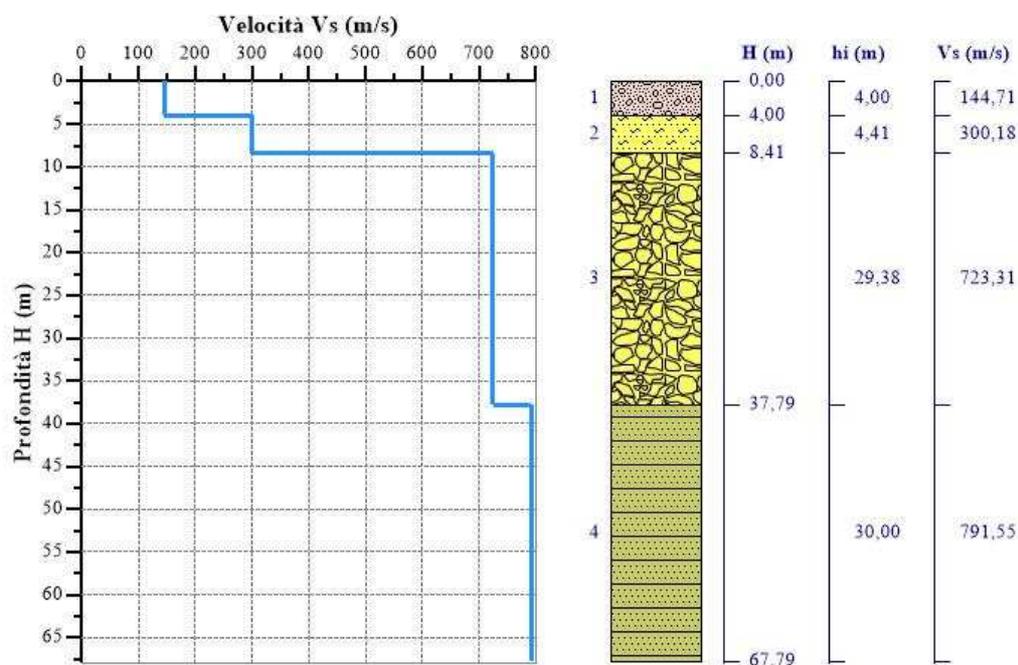
Strato n°1: $V_s = 144.71$ m/s; spessore medio 4.00metri.

Strato n°2: $V_s = 300.18$ m/s; spessore medio oltre 4.41metri.

Strato n°3: $V_s = 723.31$ m/s; spessore medio 29.38metri.

Strato n°4: $V_s = 791.55$ m/s; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato, $V_{S,eq} = 415.74 \text{ m/s}$, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle Vs, il sottosuolo in esame risulta classificabile come sottosuolo di **tipo B**.

9.5.3. INDAGINE SISMICA MASW3

Tale indagine è stata eseguita in corrispondenza dell'aerogeneratore A3.

Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 3 Hz e 50 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l'inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati. I risultati dell'inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.

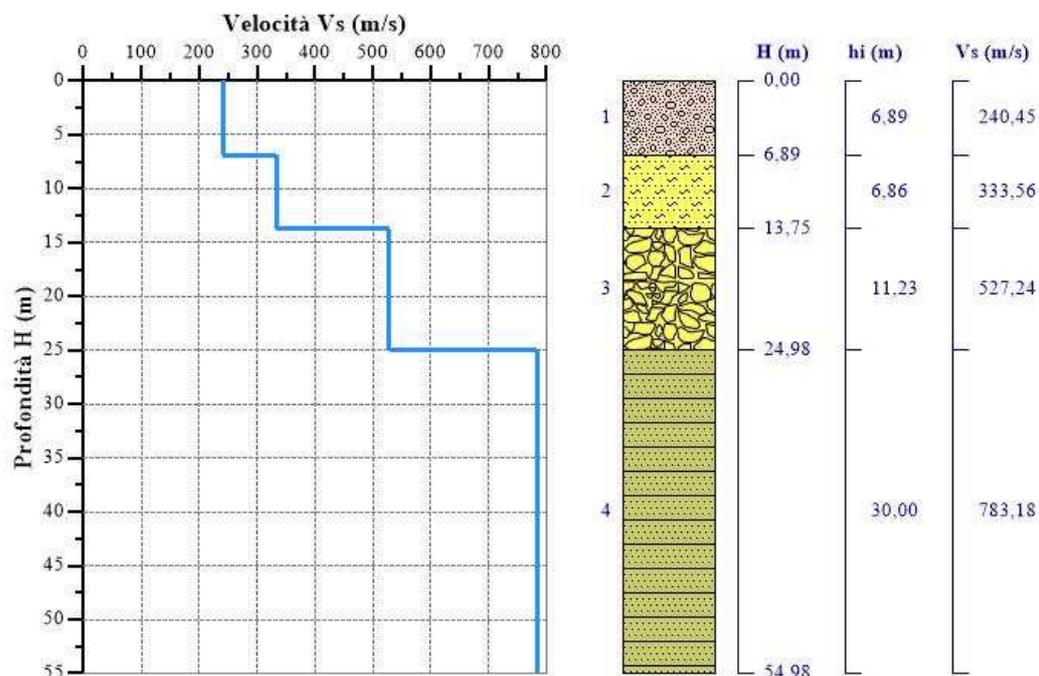
Strato n°1: $V_s = 240.45 \text{ m/s}$; spessore medio 6.89metri.

Strato n°2: $V_s = 333.56 \text{ m/s}$; spessore medio oltre 6.86metri.

Strato n°3: $V_s = 527.24 \text{ m/s}$; spessore medio 11.23 metri.

Strato n°4: $V_s = 783.18 \text{ m/s}$; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato, **$V_{S,eq} = 390,31\text{m/s}$** , unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle Vs, il sottosuolo in esame risulta classificabile come sottosuolo di **tipo B**.

9.5.4. INDAGINE SISMICA MASW4

Tale indagine è stata eseguita in corrispondenza dell'aerogeneratore A9.

Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 4 Hz e 50 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l'inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati. I risultati dell'inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.

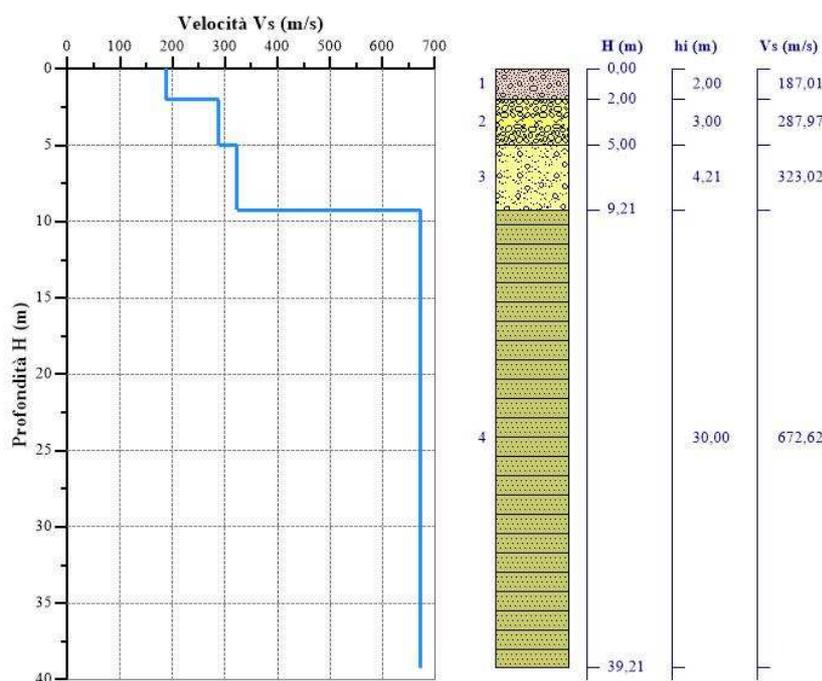
Strato n°1: Vs = 187.01m/s; spessore medio 2.00 metri.

Strato n°2: Vs = 287.97m/s; spessore medio oltre 3.00metri.

Strato n°3: Vs = 323.02m/s; spessore medio 4.21metri.

Strato n°4: Vs = 672.62m/s; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato, $V_{S,eq} = 461.10\text{m/s}$, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle Vs, il sottosuolo in esame risulta classificabile come sottosuolo di **tipo B**

9.5.5. INDAGINE SISMICA MASW5

Tale indagine è stata eseguita in corrispondenza dell'aerogeneratore A4.

Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 1 Hz e 50 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l'inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati. I risultati dell'inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.

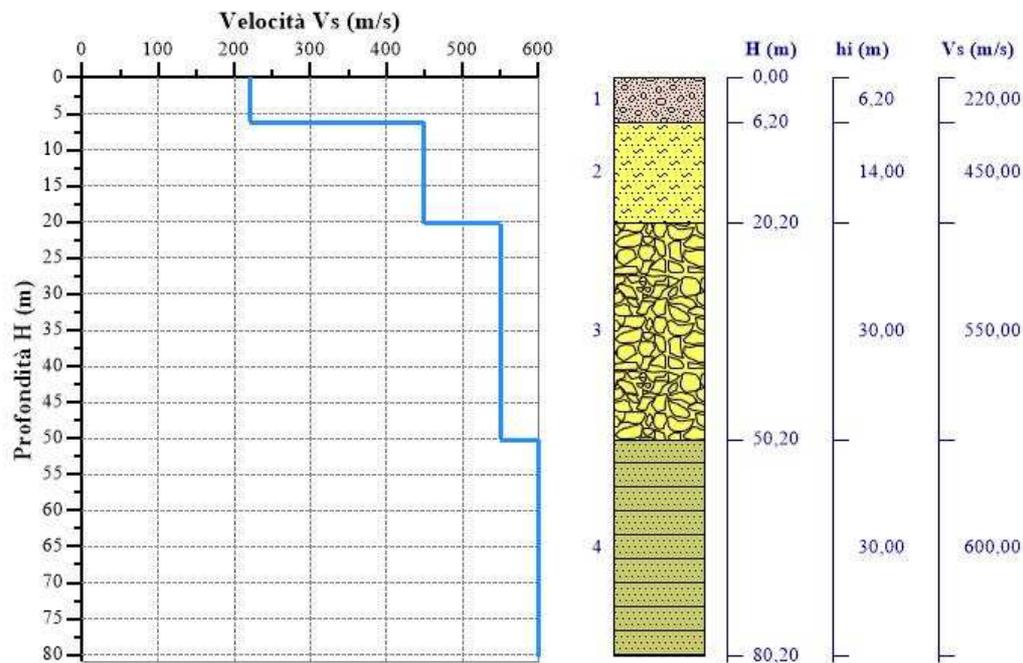
Strato n°1: Vs = 220.00m/s; spessore medio 6.20metri.

Strato n°2: Vs = 450.00m/s; spessore medio oltre 14.00metri.

Strato n°3: Vs = 550.00m/s; spessore medio 30.00metri.

Strato n°4: Vs = 600.00m/s; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato, **$V_{S,eq} = 389.05\text{m/s}$** , unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle Vs, il sottosuolo in esame risulta classificabile come sottosuolo di **tipo B**.

9.5.6. INDAGINE SISMICA MASW6

Tale indagine è stata eseguita in corrispondenza dell'aerogeneratore A8.

Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 2 Hz e 50 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l'inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati. I risultati dell'inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.

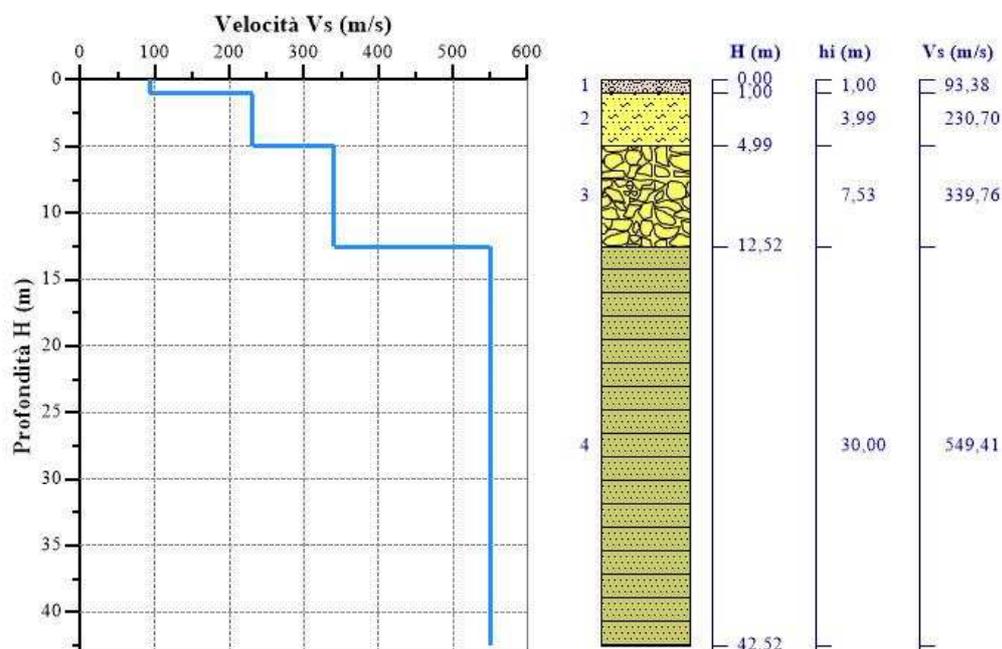
Strato n°1: $V_s = 93.38\text{m/s}$; spessore medio 1.00 metri.

Strato n°2: $V_s = 230.70\text{m/s}$; spessore medio oltre 3.99metri.

Strato n°3: $V_s = 339.76\text{m/s}$; spessore medio 7.53metri.

Strato n°4: $V_s = 549.41\text{ m/s}$; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato, **$V_{S,eq} = 365.86\text{m/s}$** , unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle Vs, il sottosuolo in esame risulta classificabile come sottosuolo di **tipo B**.

9.5.7. INDAGINE SISMICA MASW7

Tale indagine è stata eseguita in corrispondenza dell'aerogeneratore A6.

Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 5 Hz e 60 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l'inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati. I risultati dell'inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.

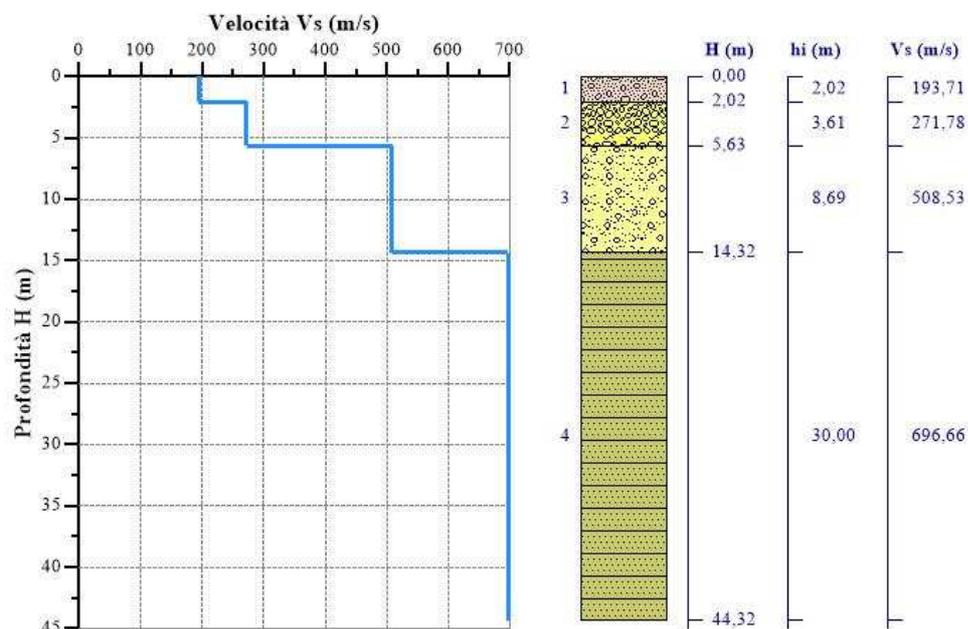
Strato n°1: $V_s = 193.71\text{m/s}$; spessore medio 2.02metri.

Strato n°2: $V_s = 271.78\text{m/s}$; spessore medio oltre 3.61metri.

Strato n°3: $V_s = 508.53\text{m/s}$; spessore medio 8.69metri.

Strato n°4: $V_s = 696.66\text{m/s}$; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato, $V_{S,eq} = 461.10 \text{ m/s}$, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle Vs, il sottosuolo in esame risulta classificabile come sottosuolo di **tipo B**.

9.5.8. INDAGINE SISMICA MASW8

Tale indagine è stata eseguita in corrispondenza dell'aerogeneratore A7.

Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 3 Hz e 50 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei modi di propagazione delle onde con i massimi della velocità di fase; Basandosi su tale interpretazione ed a partire dal risultato della modellazione diretta, allo scopo di affinare ulteriormente il modello, è stato successivamente effettuato il picking e l'inversione ipotizzando, per i primi 30 metri, un modello a 4 sismostrati. I risultati dell'inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.

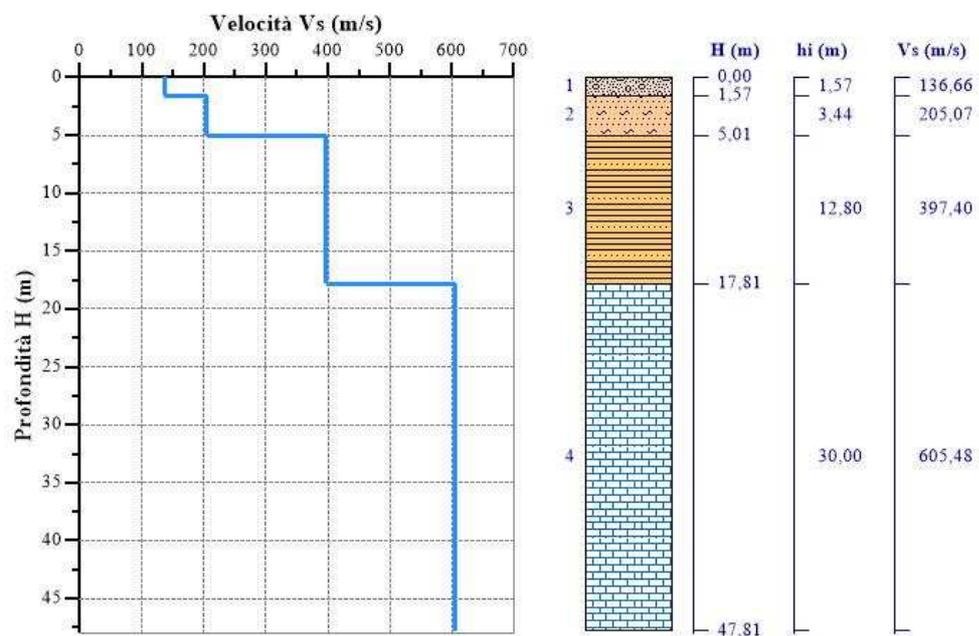
Strato n°1: Vs = 136.66 m/s; spessore medio 1.57 metri.

Strato n°2: Vs = 205.07 m/s; spessore medio oltre 3.44metri.

Strato n°3: Vs = 397.40 m/s; spessore medio 12.80metri.

Strato n°4: Vs = 605.48 m/s; spessore oo.

Il modello interpretativo fornito ha permesso pertanto di ottenere la seguente stratigrafia con i relativi valori di velocità delle onde S:



Per la determinazione della Categoria del sottosuolo in applicazione delle NTC/2018 (§ 3.2.2), sulla base del valore ricavato, **$V_{S,eq} = 372.05\text{m/s}$** , unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle Vs, il sottosuolo in esame risulta classificabile come sottosuolo di **tipo B** e **Categoria topografica T1**.

10. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE E LITOTECNICHE DEI TERRENI

In questo capitolo vengono analizzate le caratteristiche fisico-meccaniche della litofacies che caratterizzeranno il sedime di fondazione dell’area oggetto di studio.

Per le valutazioni geotecniche, riguardanti l’area oggetto di studio, si è fatto riferimento ai risultati di una campagna di prove penetrometriche dinamiche medie, effettuate dallo scrivente in aree limitrofe dalle analoghe caratteristiche litologiche.

Questa fase del lavoro ha consentito di indagare sia le unità di copertura che il substrato. Tutti i dati ottenuti hanno permesso di effettuare una ricostruzione della litostratigrafia dell’area e di creare dei modelli rappresentativi, corredati dai parametri geotecnici medi indicativi.

Occorre tuttavia considerare che la natura geologica dei terreni indagati, mostra una spiccata variabilità litologica.

Si riportano a scopo puramente indicativo, alcuni parametri derivanti da prove geotecniche in situ e di laboratorio eseguite in aree poco distanti e che hanno interessato le medesime facies petrografiche (**Cfr. Tav. 14 Carta Litotecnica**). I dati di seguito riportati comprendono, anche, dei valori di angolo d’attrito in ragione di una componente incoerente che, a luoghi, potrebbe essere rilevante, incidendo sul comportamento geomeccanico.

In particolare gli aerogeneratori ricadono all’interno di quattro unità litotecniche che sono state definite secondo quanto definito dall’allegato D della Circolare 3/ DRA del 20.06.2014. In particolare vengono catalogati in due insiemi, in cui il primo comprende i litotipi che costituiscono il substrato e l’altro quelli che caratterizzano i terreni di copertura.

UNITA’ A – Calcareniti di Marsala (MRs)

Calcarenite trasgressiva, inferiormente tenera, giallastra, con lenti sabbioso-argillose, superiormente più compatta, scarsamente fossilifera. Questa unità litotecnica può essere classificata nella categoria di copertura **G3** (sabbie cementate). Per tale litotipo è possibile attribuire le seguenti caratteristiche geotecniche

$$C' \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 0$$

$$\Phi = 26^\circ\text{-}30^\circ$$

$$\gamma \text{ (t/m}^3\text{)} = 1,8\text{-}1,9$$

UNITA' B - Formazione Marnose-Arenacea della Valle del Belice (BLCa)

È costituita prevalentemente da argille e argille marnose grigio azzurre con intercalazioni nelle porzioni inferiori di arenarie torbiditiche che affiorano estesamente nell'area oggetto di studio. L'unità litotecnica appartiene alla categoria **C2.2** ovvero successioni conglomeratiche-sabbioso argillose a medio grado di cementazione. Per tale litotipo è possibile attribuire le seguenti caratteristiche geotecniche medie indicative:

$$C' \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 0,2$$

$$\Phi = 24^\circ\text{-}32^\circ$$

$$\gamma \text{ (t/m}^3\text{)} = 1,9$$

UNITA' C - Formazione Ragusa (RAG)

È costituita da marne biancastre e calcari marnosi grigi, con presenza di intercalazioni biocalcarenitiche nummulitiche e biocalciruditi risedimentate. L'unità litotecnica appartiene alla categoria **B1** ovvero successioni strutturalmente ordinate, distinzioni in base a rapporti % tra litotipi lapidei e litotipi "argillosi". Di seguito si riportano una stima prudenziale dei valori geotecnici medi indicativi:

$$C' \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 0,5\text{-}0,7$$

$$\Phi = 30^\circ\text{-}34^\circ$$

$$\gamma \text{ (t/m}^3\text{)} = 1,9\text{-}2,0$$

UNITA' D - Formazione Marnosa di Cardelia (RDE)

È costituita da marne sabbiose grigio verdastre, talora rossastre, in genere laminate, con foraminiferi planctonici e abbondanti ichnofossili passanti verso l'alto a marne sabbiose grigie. Anche per questa unità litotecnica è possibile attribuire alla categoria B1. Di seguito i parametri geotecnici:

$$C' \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 0,5\text{-}0,7$$

$$\Phi = 30^\circ\text{-}34^\circ$$

$$\gamma \text{ (t/m}^3\text{)} = 1,9\text{-}2,0$$

È stato possibile rappresentare graficamente quanto sopra descritto attraverso l'allegata carta litotecnica in scala 1:10.000.

11. CONCLUSIONI

Lo studio geologico e geomorfologico effettuato unito ai dati raccolti in situ mediante il rilievo geologico effettuato hanno permesso di acquisire utili informazioni circa la fattibilità e le modalità di realizzazione del progetto in esame.

Dal punto di vista geologico i rilievi effettuati, opportunamente estesi ad un’ampia fascia perimetrale esterna rispetto al sito di progetto, e successivamente integrati con le indagini geognostiche e sismiche in situ, hanno consentito di determinare con buona approssimazione i litotipi affioranti. In particolare il parco eolico ricadrà, per la maggior parte nel complesso Calcarenitico di Marsala (Aerogeneratori A1, A2, A3, A4 e A8). Nello specifico le calcareniti si presentano di colore giallastro o rossastro, ben cementate, a cemento calcareo, in sottili livelli e in grossi banchi, con intercalazioni di sabbie e talora sottili livelli sabbioso-limosi. La stratificazione è in grosse bancate, talora invece in strati molto sottili con interposizione di straterelli limosi e sabbiosi. Nella porzione centro meridionale dell’area oggetto di studio si riconosce, altresì, la presenza della formazione arenacea della Valle del Belice che ammantava i terreni in cui saranno realizzate le torri A6 e A9. L’aerogeneratore A7, infine, risulta interessato dai terreni marnosi-sabbiosi ed argillosi di colore verde-scuro afferenti alla formazione di Cardelia.

Tali considerazioni litologiche-stratigrafiche, dovranno essere comunque affinate, in fasi progettuali successive, attraverso una mirata campagna di indagini geognostiche in situ.

Sotto il profilo morfologico l’area oggetto di studio risulta articolata in una serie di successive ed ampie spianate di varia estensione, degradanti verso la linea di costa. Dal punto di vista litologico questi ultimi sono caratterizzati da affioramenti di rocce calcarenitiche quaternarie a giacitura pressoché sub-orizzontale che conferiscono al paesaggio morfologico l’aspetto di ampi pianori interrotti da valli più o meno incise. Tali spianate, sono il risultato concomitante sia delle variazioni relative del livello del mare durante il quaternario sia dell’azione dei corsi d’acqua che la incidono e che hanno spianato e modellato il basamento roccioso. Come ben evidenziato nella carta delle pendenze il sito ricade prevalentemente nelle classi di pendenza 0-2% e 2-5%, con valori che aumentano in corrispondenza dei ripidi versanti che incidono i corsi d’acqua e che intersecano l’area con direzione preferenziale N-S. Dal punto di vista altimetrico in linea generale le quote tendono ad aumentare da sud verso nord, dove si raggiungono le quote massime in corrispondenza del rilievo Monte Magaggiaro (393,0 m s.l.m.). Gli aerogeneratori A2, A3, A4, e A6 ricadono nella classe altimetrica 150-200 metri mentre a quote più elevate (fascia altimetrica

200-250 metri) ritroviamo le torri A7, A8 e A9. Infine l'aerogeneratore A1 rientra tra le tinte altimetriche più basse, nella classe 100-150 metri.

Da punto di vista della stabilità dell'area, le verifiche dirette attraverso sopralluoghi, integrate con gli studi e le indagini specifiche, non hanno evidenziato situazioni di rischio o individuato pericolosità connesse ai dissesti sui versanti o pericolosità idrauliche o idrologiche in corrispondenza delle aree di installazione degli aerogeneratori.

Gli unici aspetti di rilievo, censiti anche in seno alla cartografia PAI, sono collegati a fenomeni di erosione diffusa e incanalata che si localizzano lungo i ripidi fianchi delle incisioni torrentizie. Trattasi, essenzialmente, di dissesti attivi legati ad erosione accelerata che determinano una pericolosità P2 e che interferiscono in alcuni tratti (quattro interferenze) con il passaggio del cavidotto. L'evoluzione risulta accentuata in occasione di eventi metereologici piuttosto intensi e di lunga durata ed è limitata arealmente soltanto all'area di impluvio, infatti dai rilievi eseguiti, avendo valutato un areale geologicamente significativo, non sono emersi segni di dissesti in atto o potenziali. Peraltro come rappresentato negli elaborati tecnici, tali incisioni vallive verranno attraversate con tecnologia TOC (Trivellazione orizzontale controllata) che consentirà di limitare notevolmente i lavori di scavo a cielo aperto, a quelli connessi ed indispensabili all'impiego della suddetta tecnologia. Con tale tecnologia, pertanto, non verrà alterato il naturale equilibrio idro-morfologico dell'area.

Si rappresenta, infine, che tali fenomeni non interessano in alcun modo le aree dove verranno realizzati gli aerogeneratori che risultano, peraltro, scevri da fenomeni di instabilità in atto o potenziali.

Bisognerà prestare, comunque, particolare attenzione progettuale, in fase esecutiva, alle opere di regimentazione delle acque superficiali provenienti dalla piazzola e dalla strada di accesso al sito. Dal punto di vista idrogeologico i terreni che affiorano nell'area in esame sono stati classificati in tre complessi idrogeologici la cui permeabilità è molto variabile sia in relazione alla molteplicità dei termini costituenti le varie successioni stratigrafiche, sia alle vicissitudini tettoniche che hanno subito. Allo stato attuale delle conoscenze, dai rilievi condotti e dallo studio dei terreni affioranti che comprendono sia l'area in esame che quella dell'immediato intorno, non sono state rilevate strutture idrogeologiche significative né la presenza di una falda idrica S.S. tale da potere interferire con le opere in progetto.

Tali aspetti dovranno essere meglio attenzionati nelle successive fasi progettuali attraverso la terebrazione di sondaggi meccanici a c.c. attrezzati a piezometri.

Dal punto di vista idrografico l'area in esame ricade all'interno dell'area territoriale compresa tra il bacino del Fiume Carboj e il bacino del Fiume Belice. Il reticolo idrografico è caratterizzato da brevi incisioni torrentizie che scorrono in direzione preferenziale NE-SW, in regime magra quasi tutto l'anno. Data la natura dei terreni affioranti (per lo più caratterizzati da permeabilità primaria per porosità) e per le caratteristiche climatiche della zona, il reticolo risulta complessivamente assai poco sviluppato; esso inoltre denota una modesta capacità filtrante dei terreni affioranti e quindi una discreta capacità di smaltimento delle acque di ruscellamento superficiale. Per quanto riguarda gli aspetti delle interferenze con il reticolo idrografico si rappresenta che gli aerogeneratori non ricadono all'interno dell'eventuali fasce di rispetto. Si riscontrano invece per quanto riguarda il tracciato del cavidotto una serie di attraversamenti per i quali si rimanda ai risultati dello studio idraulico redatto secondo le disposizioni previste dal DSG 189/2020 e del R.D. 523/1904.

Da punto di vista delle pericolosità sismica locale si evidenzia che le aree in cui ricadono gli aerogeneratori ricadono in zone stabili, con pendenze a basso gradiente altimetrico $<$ di 15° che digradano dolcemente verso sud.

I risultati delle indagini sismiche effettuate in corrispondenza dell'impianto eolico di futura realizzazione, hanno messo in evidenza la presenza, nei primi 10-12 metri, di un solo orizzonte rifrattore ben definito. I modelli sismo-stratigrafici rispecchiano abbastanza fedelmente le caratteristiche geologiche dell'area. In particolare riscontriamo una discontinuità simica intorno ai 3-7 metri dal p.c. che può essere ricondotta al contatto tra le porzioni di terreno agrario e/o del sub-strato alterato con i sottostanti depositi calcarentici (in Rz1, Rz2, Rz3, Rz5 e Rz6), marnoso-sabbiosi (in Rz8) e arenacei (in Rz4-Rz7).

Le otto indagini di sismica MASW eseguite, hanno consentito, inoltre, di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde di taglio al fine di valutare il valore del parametro **VS,eq** e quindi stabilire la categoria di appartenenza del sottosuolo come da D.M. 17/01/2018.

Sulla base dei valori ricavati, unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle V_{seq} , il sottosuolo in esame risulta classificabile come **sottosuolo di tipo B** ovvero “Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine 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.” (D.M. 17/01/2018).

Dal punto di vista litotecnico, allo stato attuale delle conoscenze, in relazione al progetto in esame ed alla luce delle indagini eseguite, che dovranno comunque essere implementate nelle

successive fasi progettuali, con prove in situ e in laboratorio, sono state riconosciute quattro unità litotecniche (A-B-C-D) descritte in dettaglio nei capitoli precedenti.

Alla luce di quanto emerso appare opportuno valutare l'utilizzo di fondazioni di tipo indiretto, ovvero scaricare le tensioni in profondità, su litotipi aventi migliori caratteristiche geotecniche mediante l'ausilio dei pali di fondazione. Ovviamente la scelta del tipo di fondazione e qualsiasi modalità costruttiva si demanda al tecnico progettista e comunque successivamente ad un'ulteriore fase di approfondimento in fase esecutiva;

Si rappresenta, infine, che gli aspetti geomorfologici, geotecnici ed idrogeologici dovranno essere, comunque, approfonditi in sede di progettazione esecutiva e in ogni caso prima della realizzazione dell'opera, attraverso mirate campagne di indagini geognostiche, al fine di potere effettivamente individuare le stratigrafie presenti e le eventuali problematiche legate al dimensionamento delle fondazioni e di stabilità dell'area.

Palermo, Ottobre 2021

Il Tecnico Redattore

Dr. Geol. Michele Ognibene

