



## PROGETTO IMPIANTO EOLICO "LA MONTAGNOLA"

Potenza complessiva 42 MW

**RELAZIONE GEOLOGICA** (Redatta ai sensi della 3DRA del 20/06/2014)

Comune di Piana degli Albanesi (PA) e Comune di Monreale (PA)

Proponenti: **EDPR Sicilia Wind srl**

18/07/2021

REF.:

Revision:



**Dott. Geol. Michele Ognibene**

**EDP Renewables Italia Holding S.r.l.**

						DATE		
A	18/07/2021						DRAWN	
EDIC.	DATE	BY	CHECKED	REVISED-EDPR	MODIFICATION		CHECKED	
							REVISED-EDPR	



## GENERAL INDEX

<b>GENERAL INDEX.....</b>	<b>2</b>
<b>1 INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....</b>	<b>5</b>
<b>3 GEOLOGIA DELL'AREA .....</b>	<b>6</b>
3.1 Caratteristiche litologiche dell'area in studio .....	6
3.2 Caratteristiche litologiche dell'Aerogeneratore A01.....	7
3.3 Caratteristiche litologiche dell'Aerogeneratore A02.....	14
3.4 Caratteristiche litologiche dell'Aerogeneratore A03.....	10
3.5 Caratteristiche litologiche dell'Aerogeneratore A04.....	11
3.6 Caratteristiche litologiche dell'Aerogeneratore A05.....	12
3.7 Caratteristiche litologiche dell'Aerogeneratore A06 e A07 .....	13
<b>4 GEOMORFOLOGIA DELL'AREA DI INTERVENTO .....</b>	<b>15</b>
4.1 Considerazioni sulla stabilita del versante oggetto di Studio .....	16
4.1.1 Considerazioni Geomorfologiche dell'Aerogeneratore A1.....	17
4.1.2 Considerazioni Geomorfologiche dell'Aerogeneratore A2.....	17
4.1.3 Considerazioni Geomorfologiche dell'Aerogeneratore A3.....	18
4.1.4 Considerazioni Geomorfologiche dell'Aerogeneratore A4.....	18
4.1.5 Considerazioni Geomorfologiche dell'Aerogeneratore A5.....	19
4.1.6 Considerazioni Geomorfologiche dell'Aerogeneratore A6 e A7 .....	19
<b>5 VALUTAZIONI IDROGEOLOGICHE E PERMEABILITÀ.....</b>	<b>27</b>
<b>6 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA .....</b>	<b>21</b>
<b>7 CLASSIFICAZIONE SISMICA .....</b>	<b>23</b>
7.1 Risultati dell'Indagine di Sismica Masw .....	23
7.2 Risultati del Calcolo .....	25
7.2.1 Indagine sismica Masw 1.....	25
7.2.2 Indagine sismica Masw 2.....	27
7.2.3 Indagine sismica Masw 3.....	28
7.2.4 Indagine sismica Masw 4.....	29
7.2.5 Indagine sismica Masw 5.....	30
7.2.6 Indagine sismica Masw 6.....	31
<b>8 CONCLUSIONI.....</b>	<b>32</b>

## 1. INTRODUZIONE

La Società EDPR SICILIA WIND Con sede in Milano (MI) Via Roberto Lepetit 8/10 CAP 20124 intende Realizzare nel Comune di Piana degli Albanesi e Monreale (PA), un impianto eolico denominato "La Montagnola" della potenza di 42 MW da realizzare nel Comune di Piana degli Albanesi e Monreale (PA) in località "La Montagnola" e "Cozzo Cannella". La STMG prevede che l'impianto eolico debba essere collegato con una nuova stazione di smistamento della RTN, da collegare in entra-esce sulla linea della RTN "Partinico-Ciminna". La realizzazione di questa infrastruttura è risultata necessaria per via delle molteplici richieste di connessione per impianti rinnovabili di grande taglia nell'intorno della zona in cui è previsto l'impianto eolico della Società EDPR Sicilia Wind S.r.l.

Attualmente il progetto prevede l'installazione di N. 7 aerogeneratori aventi una potenza nominale di 6 MW, per una potenza complessiva totale di 42 MW.

Per la realizzazione e la messa in servizio dell'impianto saranno necessarie le opere riportate di seguito:

- sistemazione ed adeguamento della viabilità esistente;
- realizzazione di nuova viabilità necessaria per il collegamento alle piazzole degli aerogeneratori;
- realizzazione delle piazzole di montaggio e di stoccaggio dei componenti degli aerogeneratori;
- realizzazione delle fondazioni in calcestruzzo armato degli aerogeneratori;
- realizzazione di opere di regimazione idraulica superficiale quali canalette in terra, cunette, trincee drenanti, ecc.;
- realizzazione di opere di sistemazione ambientale;
- realizzazione dei cavidotti interrati interni all'impianto;
- trasporto in sito dei componenti elettromeccanici;
- sollevamenti e montaggi meccanici;
- montaggi elettrici;
- realizzazione sottostazione di trasformazione e cessione dell'utente;
- connessione alla Rete elettrica di Trasmissione Nazionale AT.

Il presente studio è stato condotto nel rispetto delle normative vigenti e in accordo al DM del 17/01/2018 ed ai sensi della circolare 3DRA del 20/06/2014 e con attività di rilevamento geologico e geolitologico di dettaglio, sia dei terreni direttamente interessati, sia di quelli dell'immediato intorno nonché da quanto è stato possibile reperire dalla letteratura esistente su alcuni lavori di carattere geologico effettuati nell'area sempre dallo scrivente.

	PROGETTO IMPIANTO EOLICO LA MONTAGNOLA	
--	--	--

Sono state inoltre, consultate le carte tematiche relative alla Pericolosità e del Rischio Geomorfologico del P.A.I. (Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico) edite dalla Regione Sicilia con decreto Art 1. 180/98.

Scopo dello studio è quello di fornire ai progettisti e alla committenza, un quadro dell'assetto geologico, geomorfologico, idrogeologico, ed ambientale dell'area al fine di evidenziare la stabilità d'insieme e puntuale del sito nonché fornire dati utili per determinare le condizioni di edificabilità in rapporto alle proprietà geomeccaniche dei terreni di fondazione, nonché evidenziare le eventuali criticità da un punto di vista geologico ed ambientale, facendo delle considerazioni puntuali tra lo stato dell'attuale assetto geomorfologico e quello futuro quando si andranno a realizzare le suddette opere.

La caratterizzazione litostratigrafica e geomeccanica dei terreni di fondazione è stata ottenuta da un rilevamento geologico - strutturale di dettaglio sia dell'area che andrà ad essere occupata dalla struttura in progetto e sia quella dell'immediato intorno, oltre ad una prova penetrometrica DPM che ha permesso di ricavare dati utili sia relativamente sub-strato in posto e sia alle caratteristiche geomeccaniche del sito.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto ai sensi del D.M. 17/01/2018, il piano di indagine in fase definitiva ha previsto la realizzazione di n°5 stendimenti per indagine di sismica a rifrazione e n°5 stese sismiche per indagini di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) al fine di valutare sia la stratigrafia del sito e ricavare, altresì, il parametro VSeq.

L'ubicazione delle indagini sono rappresentate tramite CARTOGRAFIA allegata alla fine del presente lavoro.

Dette indagini sono state realizzate in data 14/05/2021.

	PROGETTO IMPIANTO EOLICO LA MONTAGNOLA	
--	--	--

## 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in cui sorgerà l'impianto in progetto, ricade nei territori comunali di Monreale (PA) e Piana degli Albanesi (PA), "La Montagnola" e "Cozzo Cannella", in prossimità della S.P. n. 103.

Topograficamente l'area studiata ricade all'interno della Tavoletta foglio n°258, Quadrante I, Orientazione N.O. della Carta Ufficiale d'Italia edita dall' I.G.M.I. in scala 1:25.000 e nella sezione 607080 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 (**Tav.1**).

Catastalmente i terreni ricadono in agro di Monreale e in quello di Piana degli Albanesi e risultano identificati ai rispettivi catasti secondo il piano particellare che fa parte degli elaborati di progetto. La nuova stazione di smistamento 220 kV della RTN denominata "Monreale 3", sarà ubicata nella parte sud del Comune di Monreale (PA), in località Borgo Aquila, in prossimità della S.P. 103 e della S.P. 104, in area sufficientemente pianeggiante di proprietà di terzi. Tra le possibili soluzioni è stata individuata l'ubicazione più funzionale che tenga conto di tutte le esigenze tecniche di connessione della stazione alla rete elettrica nazionale e delle possibili ripercussioni sull'ambiente, con riferimento alla legislazione nazionale e regionale vigente in materia. Rispetto alla linea RTN a 220 kV "Partinico - Ciminna", l'area identificata si trova a sud della linea medesima, ad una distanza in linea d'aria di circa 3,4 km. Inoltre, la nuova Stazione si troverà a circa 24 km dalla stazione RTN 220 kV "Partinico" e a circa 20 km dalla Stazione RTN 220 kV "Ciminna", risultando quindi quasi in posizione baricentrica rispetto alle stazioni RTN esistenti. La Stazione occuperà un'area di circa 20.400 mq, avente una lunghezza di circa 200 m ed una larghezza di circa 102 m. La Stazione sarà completamente recintata e l'accesso alla stazione sarà consentito da un ingresso situato sul lato nord, collegato alla viabilità esistente (S.P. N. 103). Per poter accedere alla futura stazione RTN sarà necessario realizzare una nuova strada, che si diramerà dalla S.P. N. 103, avente una lunghezza di circa 150 m. La quota di imposta della Stazione sarà preliminarmente fissata a 575,3m s.l.m. La posizione scelta, presentando pendenze minime, permetterà di minimizzare i volumi di scavo/rinterro per la realizzazione dell'opera.

 <b>edp renewables</b>	PROGETTO IMPIANTO EOLICO LA MONTAGNOLA	
--	--	--

### 3. GEOLOGIA DELL'AREA

Dal punto di vista strutturale l'area fa parte del complesso geologico noto in letteratura come "I monti di Palermo" ed appartengono all'Unità Stratigrafico – Strutturale Monte Kumeta.

Questi costituiscono un frammento della catena Appennino – Magrebide risultante dalla sovrapposizione tettonica di unità carbonatiche e terrigeno - carbonatiche di età Mesozoica–Terziaria derivanti dai domini paleogeografici, Piattaforma Carbonatica Panormide, Bacino Imerese, Piattaforma Carbonatica e Carbonatica Pelagica Trapanese. A partire dal Miocene inferiore tali domini sono stati deformati verso l'esterno seguendo una direzione Nord-Sud, dando così origine a dei corpi geologici con omogeneità di facies e di comportamento strutturale. L'Unità Monte Kumeta deriva dalla deformazione della parte interna del dominio Sicano ed è costituita da una successione di depositi di scarpata di età compresa tra il Lias inf. e il Tortoniano inf. I termini più recenti dell'Unità Monte Kumeta affiorano in finestra tettonica sotto i terreni dell'Unità Sagana Belmonte Mezzagno, lungo il fiume Iato, al di sotto dell'Unità Piana degli Albanesi e a sud della dorsale di Monte Kumeta. Per quanto riguarda in particolare l'area di progetto, il principale litotipo affiorante è costituito da argilliti ed argille debolmente marnose; in affioramento tale terreni si presentano discretamente omogenei, di colore variabile dal grigio scuro al grigio chiaro, con rare intercalazioni di livelli sabbiosi centimetrici che seguono una ritmicità mal definita. Tale litotipo, talora, assume in superficie un colore bruno-giallastro per evidenti fenomeni di alterazione e di pedogenesi in generale.

#### 3.1 Caratteristiche litologiche dell'area in studio

Il rilevamento geologico di superficie, opportunamente esteso ad un'ampia fascia perimetrale esterna rispetto al sito in oggetto, ha permesso di ricostruire in modo soddisfacente la successione dei terreni presenti nell'area studiata.

Lo studio geologico, di insieme e di dettaglio, è stato realizzato conducendo inizialmente la necessaria ricerca bibliografica sulla letteratura geologica esistente, la raccolta ed il riesame critico dei dati disponibili, ed infine, una campagna di rilievi effettuati direttamente all'interno dell'area oggetto di studio, ha permesso di redigere la carta geologica e la sezione geologica (**Tavv. 3-4**).

I terreni presenti nell'area in studio sono riferibili a complessi litologici rappresentati da "formazioni" geologiche ampiamente riconosciute in letteratura.

Le formazioni individuate nel sito di progetto, secondo un ordine stratigrafico o stratigrafico-tettonico, sono le seguenti

 <b>edp renewables</b>	PROGETTO IMPIANTO EOLICO LA MONTAGNOLA	
--	--	--

- **Unità Numidiche**
  - Formazione Tavernola (*Burdigaliano sup. – Langhiano*)
  - Flysch Numidico (*Oligocene – Miocene inf.*)
- **Terreni Tardorogeni**
  - Formazione Terravecchia (*Tortoniano sup. – Messiniano inf.*)
  - Formazione Castellana Sicula (*Serravalliano sup. – Tortoniano inf.*)
- **Depositi recenti o attuali**
  - Complesso alluvionale (*Recente*)
  - Complesso detritico (*Recente*).

Considerato l'estensione dell'area interessata, al fine di inquadrare al meglio la geologia locale delle aree in progetto vengono di seguito descritte separatamente le caratteristiche geologiche dei singoli aerogeneratori.

### **3.2 Caratteristiche litologiche dell'Aerogeneratore A01**

Per la caratterizzazione geolitologica e geotecnica dell'area in progetto sono state eseguite n°5 indagini di sismica a rifrazione ed una indagine di simica masw (**Tav. 5**).

In particolare in corrispondenza dell'aerogeneratore A01 è stata effettuata l'indagine di simica a Rifrazione denominata RZ6. I risultati dell'interpretazione hanno evidenziato la presenza di un solo orizzonte rifrattore ben definito fino alla profondità investigata circa 12-14 metri. Tale interfaccia si presenta con aspetto lievemente ondulato ma nell'insieme con andamento sub-parallelo rispetto la traccia della superficie topografica (fig. 3.2.1).

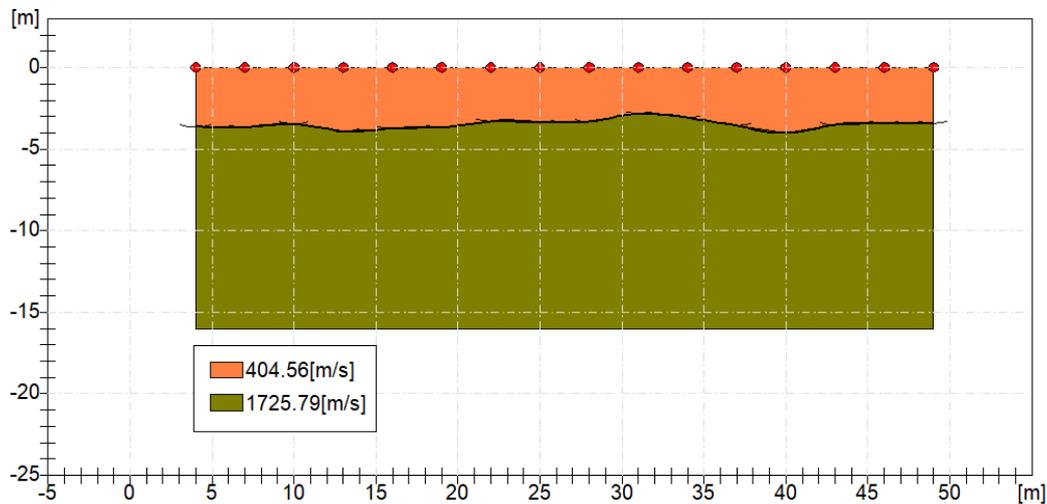


Fig. 3.2.1: Sezione sismo-stratigrafico in corrispondenza dell'aerogeneratore A01.

Sulla scorta dei sopralluoghi effettuati e dalle interpretazioni e correlazioni delle prove effettuate all'interno del sito in progetto è stato possibile ricavare la successione litostratigrafia di seguito riportata.

**Terreno di copertura colluviale (da 0 a 3,5 m – 4,0 m dal p.c.)**

Terreno agrario e porzione alterata sub-superficiale di natura colluviale a prevalente matrice limosa-argillosa di colore rossastro; l'orizzonte si presenta eterogeneo e con una consistenza significativamente influenzata dal grado di umidità del terreno.

**Formazione Terravecchia (da 3,5/4 m a 10-12 metri dal p.c.)**

È costituita da conglomerati (orto e para) e sabbie grossolane, alternate a peliti sabbiose e sabbie ed arenarie. In affioramento è stato rinvenuto il membro conglomeratico costituito da orto e para conglomerati più o meno cementati di colore grigio - rossastro.

**Tabella 3.2.1 – Sintesi dei risultati dell'indagine sismica Rz6 in A01.**

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m dal p.c.)	Vs	CORRELAZIONI GEO-LITOLOGICHE
1	Da 0 a -3,5-4	194.35	Terreno Agrario e porzione alterata sub-superficiale
2	Da 3,5-4.0 a 10-12	849.72	Orto-paraconglomerati polimitici rossastri e giallastri cui si alternano a luoghi arenarie e sabbie grossolane ciottolose.

### 3.3 Caratteristiche litologiche dell'Aerogeneratore A02

In corrispondenza dell'aerogeneratore A02 è stata effettuata l'indagine di simica a Rifrazione denominata RZ2. I risultati dell'interpretazione hanno evidenziato la presenza di un solo orizzonte rifrattore ben definito fino alla profondità investigata circa 12-14 metri. Tale interfaccia si presenta con aspetto sub-parallelo rispetto la traccia della superficie topografica con un leggero assottigliamento degli spessori verso il centro dello stendimento (fig. 3.3.1).

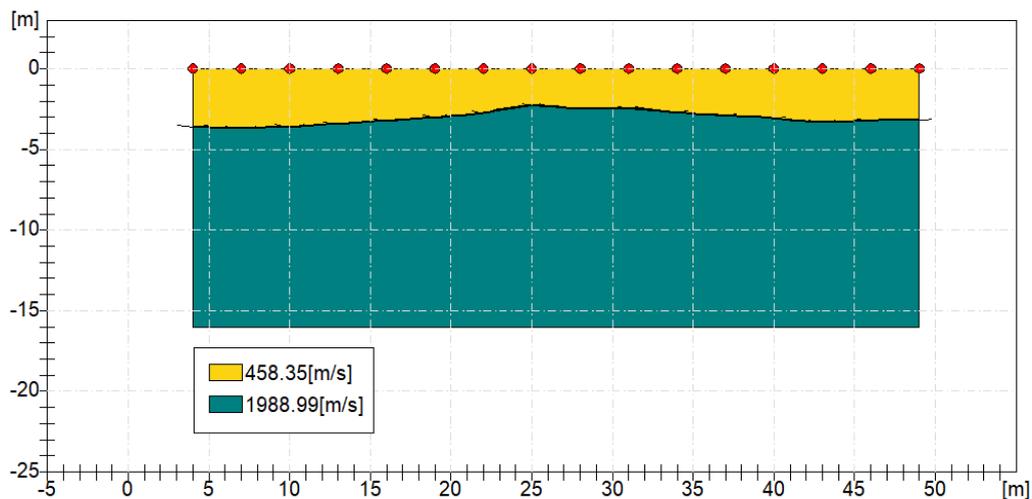


Fig. 3.3.1: Sezione sismo-stratigrafica in corrispondenza dell'aerogeneratore A02.

Sulla scorta dei sopralluoghi effettuati e dalle interpretazioni e correlazioni delle prove effettuate all'interno del sito in progetto è stato possibile ricavare la successione litostratigrafica di seguito riportata.

#### **Terreno di copertura colluviale (da 0 a 3,0 m – 3,5 m dal p.c.)**

Terreno agrario e porzione alterata sub-superficiale di natura colluviale a prevalente matrice limosa-argillosa di colore rossastro; l'orizzonte si presenta eterogeneo e con una consistenza significativamente influenzata dal grado di umidità del terreno.

#### **Formazione Castellana Sicula (da 3,0/3,5 m a 10-12 metri dal p.c.)**

È costituita da argille giallo rossastre e Peliti sabbiose contenenti foraminiferi planctonici.

**Tabella 3.3.1 – Sintesi dei risultati dell’indagine sismica Rz2 in A02.**

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m dal p.c.)	Vs	CORRELAZIONI GEO-LITOLOGICHE
1	Da 0 a -3,0-3,5	220.19	Terreno Agrario e porzione alterata sub-superficiale
2	Da 3,0-3.5 a 10-12	n.d.	Sedimenti argillosi giallo rossastri e peliti sabbiosi.

### 3.4 Caratteristiche litologiche dell’Aerogeneratore A03

In corrispondenza dell’aerogeneratore A03 è stata effettuata l’indagine di sismica a Rifrazione denominata RZ3. I risultati dell’interpretazione hanno evidenziato la presenza di un solo orizzonte rifrattore ben definito fino alla profondità investigata circa 12-14 metri. Tale interfaccia si presenta con aspetto sub-parallelo rispetto la traccia della superficie topografica con un leggero assottigliamento degli spessori verso il l’inizio dello stendimento dovuto ad una leggera differenza di quota tra il primo ed il sedicesimo geofono (fig. 3.4.1).

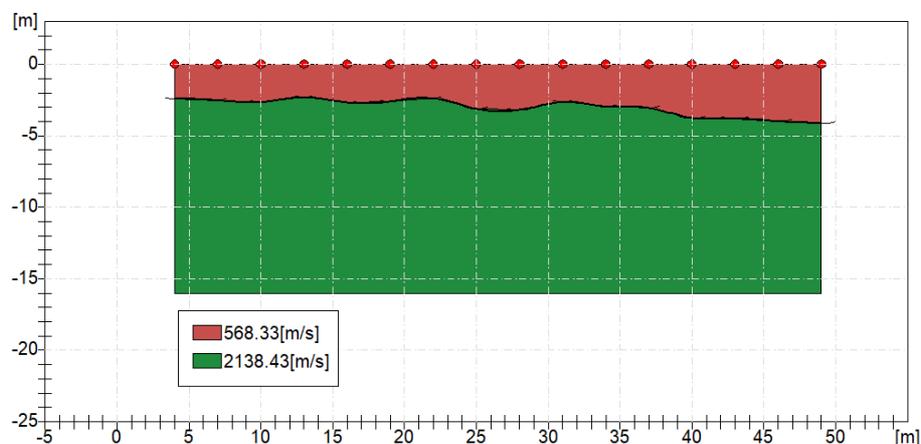


Fig. 3.4.1: Sezione sismo-stratigrafico in corrispondenza dell’aerogeneratore A03.

Sulla scorta dei sopralluoghi effettuati e dalle interpretazioni e correlazioni delle prove effettuate all’interno del sito in progetto è stato possibile ricavare la successione litostratigrafia di seguito riportata.

#### **Terreno di copertura colluviale (da 0 a 3,0 m – 3,5 m dal p.c.)**

Terreno agrario e porzione alterata sub-superficiale di natura colluviale a prevalente matrice limosa-argillosa di colore rossastro; l’orizzonte si presenta eterogeneo e con una consistenza significativamente influenzata dal grado di umidità del terreno.

### Formazione Castellana Sicula (da 3,0/3,5 m a 10-12 metri dal p.c.)

È costituita da argille giallo rossastre e Peliti sabbiose contenenti foraminiferi planctonici.

**Tabella 3.4.1 – Sintesi dei risultati dell'indagine sismica Rz3 in A03.**

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m dal p.c.)	Vs	CORRELAZIONI GEO-LITOLOGICHE
1	Da 0 a -3,0-3,5	273.02	Terreno Agrario e porzione alterata sub-superficiale
2	Da 3,0-3.5 a 10-12	1052.89	Sedimenti argillosi giallo rossastri e peliti sabbiosi.

### 3.5 Caratteristiche litologiche dell'Aerogeneratore A04

In corrispondenza dell'aerogeneratore A04 è stata effettuata l'indagine di simica a Rifrazione denominata RZ3. I risultati dell'interpretazione hanno evidenziato la presenza di un solo orizzonte rifrattore ben definito fino alla profondità investigata circa 12-14 metri. Tale interfaccia si presenta con aspetto sub-parallelo rispetto la traccia della superficie topografica (fig. 3.5.1).

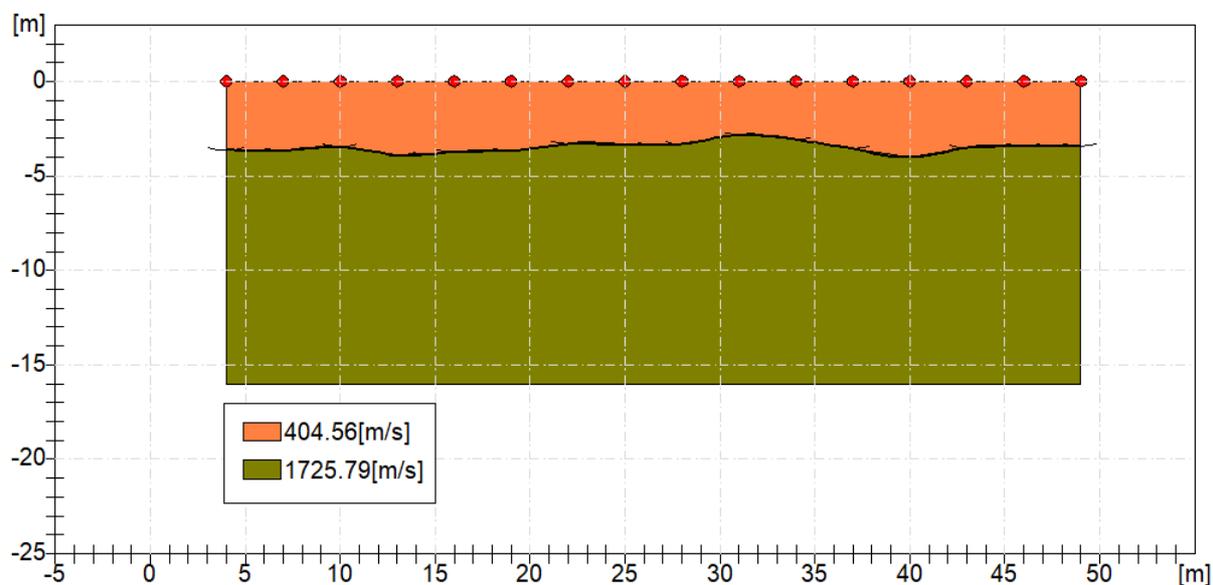


Fig. 3.5.1: Sezione sismo-stratigrafico in corrispondenza dell'aerogeneratore A04.

Sulla scorta dei sopralluoghi effettuati e dalle interpretazioni e correlazioni delle prove effettuate all'interno del sito in progetto è stato possibile ricavare la successione litostratigrafia di seguito riportata.

### Terreno di copertura colluviale (da 0 a 3,0 m – 3,5 m dal p.c.)

Terreno agrario e porzione alterata costituita da argille e limi sabbiosi destrutturati e alterati sub-superficiale di natura colluviale.

### Formazione Flysch Numidico (da 3,5/4,0 m a 10-12 metri dal p.c.)

È costituita da peliti e peliti argillose con intercalazioni di livelli arenacei.

**Tabella 3.5.1 – Sintesi dei risultati dell'indagine sismica Rz4 in A04.**

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m dal p.c.)	Vs	CORRELAZIONI GEO-LITOLOGICHE
1	Da 0 a -3,5-4,0	194.35	Terreno Agrario e porzione alterata sub-superficiale
2	Da 3,4-4.0 a 10-12	849.72	Sedimenti pelitici e pelitici-argillosi con intercalazioni di livelli arenacei.

### 3.6 Caratteristiche litologiche dell'Aerogeneratore A05

In corrispondenza dell'aerogeneratore A05 è stata effettuata l'indagine di sismica a Rifrazione denominata RZ5. I risultati dell'interpretazione hanno evidenziato la presenza di un solo orizzonte rifrattore ben definito fino alla profondità investigata circa 12-14 metri. Tale interfaccia si presenta con aspetto lievemente ondulato ma nel complesso sub-parallelo rispetto la traccia della superficie topografica (fig. 3.6.1).

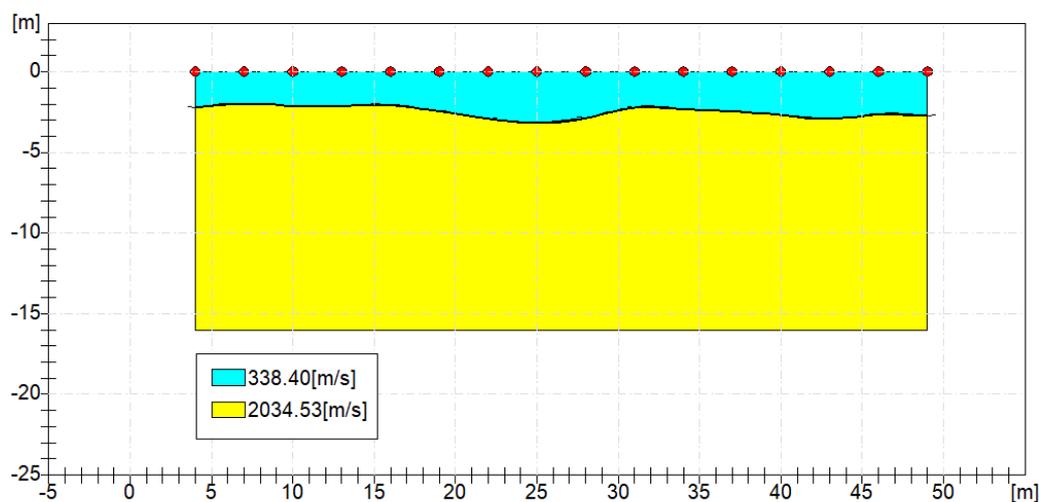


Fig. 3.6.1: Sezione sismo-stratigrafica in corrispondenza dell'aerogeneratore A05.

	PROGETTO IMPIANTO EOLICO LA MONTAGNOLA	
--	--	--

Sulla scorta dei sopralluoghi effettuati e dalle interpretazioni e correlazioni delle prove effettuate all'interno del sito in progetto è stato possibile ricavare la successione litostratigrafia di seguito riportata.

**Terreno di copertura colluviale (da 0 a 2,5 m – 3,0 m dal p.c.)**

Terreno agrario e porzione alterata sub-superficiale di natura colluviale a prevalente matrice limosa-argillosa di colore rossastro; l'orizzonte si presenta eterogeneo e con una consistenza significativamente influenzata dal grado di umidità del terreno.

**Formazione Terravecchia (da 2,5/3 m a 10-12 metri dal p.c.)**

È costituita da conglomerati (orto e para) e sabbie grossolane, alternate a peliti sabbiose e sabbie ed arenarie. In affioramento è stato rinvenuto il membro conglomeratico costituito da orto e para conglomerati più o meno cementati di colore grigio - rossastro.

**Tabella 3.6.1 – Sintesi dei risultati dell'indagine sismica Rz5 in A05.**

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m dal p.c.)	Vs	CORRELAZIONI GEO-LITOLOGICHE
1	Da 0 a -2,5-3,0	162.56	Terreno Agrario e porzione alterata sub-superficiale
2	Da 2,5-3.0 a 10-12	977.35	Conglomerati grano-sostenuti della Formazione Terravecchia.

**3.7 Caratteristiche litologiche degli Aerogeneratori A06 e A07**

In corrispondenza dell'aerogeneratore A06-A07 è stata effettuata l'indagine di simica a Rifrazione denominata RZ1. I risultati dell'interpretazione hanno evidenziato la presenza di un solo orizzonte rifrattore ben definito fino alla profondità investigata circa 12-14 metri. Tale interfaccia si presenta con aspetto lievemente ondulato ma nell'insieme con andamento sub-parallelo rispetto alla traccia della superficie topografica con un leggero assottigliamento degli spessori verso l'inizio dello stendimento giustificato da una differenza di quota tra il primo ed il sedicesimo geofono (fig. 3.7.1).

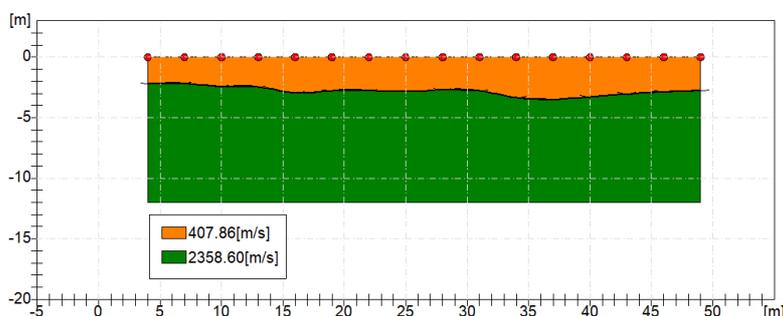


Fig. 3.7.1: Sezione sismo-stratigrafico in corrispondenza degli aerogeneratori A06 e A07.

Sulla scorta dei sopralluoghi effettuati e dalle interpretazioni e correlazioni delle prove effettuate all'interno del sito in progetto è stato possibile ricavare la successione litostratigrafia di seguito riportata.

**Terreno di copertura colluviale (da 0 a 2,5 m – 3,0 m dal p.c.)**

Terreno agrario e porzione alterata sub-superficiale di natura colluviale costituito da argille e limi sabbiosi destrutturati e alterati; l'orizzonte si presenta eterogeneo e con una consistenza significativamente influenzata dal grado di umidità del terreno. terreno agrario ed una porzione alterata

**Formazione Terravecchia (da 2,5/3 m a 10-12 metri dal p.c.)**

E' costituita da conglomerati (orto e para) e sabbie grossolane, alternate a peliti sabbiose e sabbie ed arenarie. In affioramento è stato rinvenuto il membro conglomeratico costituito da orto e para conglomerati più o meno cementati di colore grigio - rossastro.

**Tabella 3.7.1 – Sintesi dei risultati dell'indagine sismica Rz1 in A06 e A07.**

SINTESI DEI RISULTATI			
SISMOSTRATO	PROFONDITA' (m dal p.c.)	Vs	CORRELAZIONI GEO-LITOLOGICHE
1	Da 0 a -2,5-3	195.93	Terreno Agrario e porzione alterata sub-superficiale
2	Da 2,5-3.0 a 10-12	1133,03	Orto-paraconglomerati polimitici rossastrì e giallastri cui si alternano a luoghi arenarie e sabbie grossolane ciottolose.

Si sottolinea che tali considerazioni litologiche, dovranno essere comunque affinate, in fasi progettuali successive, attraverso una mirata campagna di indagini geognostiche in situ con sondaggi a carotaggio continuo e prospezioni sismiche.

	PROGETTO IMPIANTO EOLICO LA MONTAGNOLA	
--	--	--

#### 4. GEOMORFOLOGIA DEL SITO DI INTERVENTO

La morfologia dell'area è il risultato delle azioni combinate di diversi processi sia endogeni che esogeni;

I processi endogeni sono rappresentati, in primis, dalla tettonica che ha determinato la giacitura degli strati rocciosi e la formazione di superfici di dislocazione con il conseguente controllo della morfologia.

L'influenza della litologia sulle caratteristiche morfologiche del paesaggio è determinante a causa della marcata differenza di comportamento rispetto all'erosione dei vari morfotipi affioranti; infatti, nell'area in esame si notano i rilievi carbonatici che offrono una buona resistenza all'erosione e terreni argillosi o detritici scarsamente cementati.

Per quanto riguarda le linee di dislocazione esse rappresentano sicuramente delle zone a minore resistenza dove spesso è impostata la rete idrografica a regime torrentizio e a sviluppo areale medio – basso. Dove infatti affiorano i corpi carbonatici, le pendenze dei versanti sono molto elevate, al contrario invece dove affiorano i terreni argillosi – detritici, le pendenze risultano essere più blande.

I processi esogeni, invece hanno sottoposto tutto il territorio in esame ad una fase di modellamento che come risultato ha dato ai rilievi forme svariate, ma sempre conformi alle strutture geologiche.

Dal punto di vista morfologico il territorio di Piana degli Albanesi, per la parte di pertinenza del Bacino idrografico del F. Belice, è caratterizzato da una netta prevalenza di versanti collinari da poco a mediamente acclivi, con forme mammellonari, dolci ed arrotondate, mentre affioramenti di rocce lapidee, di natura prevalentemente calcarea, si riscontrano nella estrema porzione orientale del territorio; queste conferiscono al paesaggio caratteri più francamente montuosi, con morfologie acclivi ed accidentate e quote più elevate, superiori anche ai 1.200 m s.l.m. (Rocca Ramusa Monte Kumeta) o di poco inferiori (P.zo Nicolosi). Rilievi di entità più modesta, in genere di natura arenaceo-calcarenitica o quarzarenitica, si riscontrano invece all'interno delle aree collinari, a costituire alture isolate che emergono rispetto ai circostanti versanti argillosi (Rocche di Rao, M. Galiello, Pizzo d'Aquila, C.zo Arcivocale). In questa porzione del Bacino del fiume Belice affiorano terreni ascrivibili a diverse unità stratigrafico strutturali e di diversa natura litologica: si hanno depositi riferibili alle Unità Trapanesi, alle Unità Numidiche, al Complesso Postorogeno. In particolare, le litologie di natura prevalentemente carbonatica sono presenti nelle aree orientali del territorio, considerato in corrispondenza dei principali rilievi montuosi quali Rocca Busambra-Rocca Ramusa, Monte Kumeta; nelle regioni centro-occidentali si riscontrano litologie argilloso-marnose o calcarenitiche, riferibili alle Formazioni delle Calcareniti Glauconitiche di Corleone ed alle Marne di San Cipirello e, con diffusione areale molto vasta, gli

	PROGETTO IMPIANTO EOLICO LA MONTAGNOLA	
--	--	--

affioramenti argillo sabbiosi ed arenacei o quarzarenitici, riferibili alle formazioni del Flysch Numidico o al Complesso Postorogeno (Fm. Terravecchia), rappresentativi dell'area oggetto di studio (La Montagnola 864,5 m. s.l.m.). In corrispondenza delle pendici dei principali rilievi sono presenti terreni di copertura di natura detritica, alla base dei versanti più acclivi e, lungo il fondovalle dei principali corsi d'acqua, vallone Catagnano e Fosso dell'Aquila, depositi alluvionali recente ed attuale. La dinamica geomorfologia è prevalentemente influenzata dal modellamento fluvio-denudazionale legato all'azione delle acque sia quelle ruscellanti che quelle incanalate: queste esercitano una continua azione erosiva dei versanti andando ad imbibire le coltri superficiali, e favoriscono l'instaurarsi di fenomeni di dissesto legati anche all'azione della gravità. In particolare, le litologie maggiormente soggette a fenomeni di dissesto sono quelle a prevalente componente argillosa, mentre lungo i versanti di natura carbonatica o arenacea, si osservano, in corrispondenza dei versanti particolarmente acclivi o subverticali, fenomeni di crollo e scivolamento di blocchi e massi. Trattandosi di rocce mediamente permeabili per porosità e secondariamente per fessurazione, la rete idrografica superficiale risulta poco e per nulla sviluppata. Le acque di infiltrazione vanno ad alimentare un acquifero profondo impostato sui depositi arenacei la cui soggiacenza, allo stato attuale delle conoscenze, non risulta interferire con le opere in progetto.

#### **4.1 Considerazioni sulla stabilità del versante oggetto di Studio**

Il contesto geomorfologico generale dell'area oggetto studio mostra come l'area di affioramento dei litotipi argillo-sabbiosi, appaiono interessati in particolari punti, da movimenti gravitativi diffusi; si tratta, perlopiù, di movimenti superficiali lenti tipici dei versanti argillosi con pendenze intorno ai 10° o superiori; in queste condizioni, infatti, fenomeni di ritiro peculiari delle argille creano una coltre superficiale aerata, molto permeabile, con la conseguente instaurazione tra questa coltre ed il sottostante substrato argilloso non alterato di una effimera circolazione idrica (specie in concomitanza con lunghi e/o intensi periodi piovosi) con conseguente decadimento delle caratteristiche di resistenza al taglio e "scollamento" delle porzioni di terreno più superficiali. I versanti spesso risultano interessati, inoltre, da azioni di richiamo verso valle attivate in corrispondenza delle aree interessate da una fitta rete idrografica che spesso trovandosi in cattivo stato manutentivo, hanno un forte potere erosivo; Gli impluvi presenti nei rilievi argillosi, sono per lo più rettilinei e mostrano fianchi acclivi in ogni caso, a causa del carattere torrentizio dei predetti torrenti, nei periodi di intense precipitazioni, le acque esercitano il loro potere erosivo erodendo, scavando e approfondendo il solco torrentizio modificandone il profilo longitudinale. Non a caso i dissesti censiti anche in senso alla cartografia PAI si localizzano giusto appunto in tale aree caratterizzate da aree a franosità diffusa e deformazione

	PROGETTO IMPIANTO EOLICO LA MONTAGNOLA	
--	--	--

superficiale lenta in stato attivo e/o quiescente. Unico elemento da segnalare riguarda il percorso del cavidotto che lungo il tracciato interseca due dissesti (deformazione superficiale lenta e colamento lento) in stato attivo e quiescente che determinano rispettivamente un rischio R1 (moderato e Pericolosità Po) e R2 (medio e Pericolosità P1). Dalle indagini preliminari condotte trattasi di movimenti superficiali lenti che si vengono ad instaurare in occasione di eventi metereologici eccezionali e che comunque non pregiudicano la realizzazione dell'opera stessa. In sede di progettazione esecutiva, comunque, verranno eseguite le opportune indagini per verificare la compatibilità dell'opera in relazione al grado di pericolosità e del rischio esistente.

#### **4.1.1 Considerazioni Geomorfologiche dell'Aerogeneratore A1**

L'aerogeneratore A1 ricade a sud della carta tecnica regionale 607080 ad una quota media di circa 698.8 m. s.l.m., lungo il versante Pizzo dell'Aquila una dorsale costituita prevalentemente da terreni appartenenti alla Formazione Terravecchia costituita essenzialmente da conglomerati grano-sostenuti. La dorsale rocciosa si estende prevalentemente in direzione NW-SE per circa 1,0 km con dislivelli alla base di circa un centinaio di metri. I fianchi mostrano pendenze che ricadono prevalentemente nella classe 15-20° (**Tav. 6**). Nell'area ove è prevista la realizzazione dell'Aerogeneratore A1 in progetto non sono stati rilevati fenomeni morfogenetici attivi e/o situazioni di dissesto in atto o potenziali da essere in contrasto con il progetto proposto. Dalla visione delle cartografie pubblicate dal P.A.I. l'area non risulta inserita tra le aree a Pericolosità e Rischio geomorfologico (**Tavv. 7-8 e 9**).

#### **4.1.2 Considerazioni Geomorfologiche dell'Aerogeneratore A2**

L'aerogeneratore A2 ricade a sud della carta tecnica regionale 607080 a sud est rispetto all'aerogeneratore A1 ad una quota media di circa 680 m. s.l.m, lungo il versante Punta Palazzo una dorsale costituita prevalentemente da terreni appartenenti alla Formazione Castellana Sicula costituita essenzialmente da argille giallo rossastre e peliti sabbiose contenenti foraminiferi planctonici. La dorsale rocciosa si estende prevalentemente in direzione NW-SE per circa 630 m allineandosi con Pizzo dell'Aquila, e mostra dislivelli alla base di circa un novanta di metri. I fianchi mostrano pendenze che ricadono prevalentemente nella classe 15-20°, in particolar modo i versanti che espongono in direzione nord e ovest (**Tav. 6**). Nell'area ove è prevista la realizzazione dell'Aerogeneratore A2 in progetto non sono stati rilevati fenomeni morfogenetici attivi e/o situazioni di dissesto in atto o potenziali da essere in contrasto con il progetto proposto. Dalla visione delle cartografie pubblicate dal P.A.I. l'area non risulta inserita tra le aree a Pericolosità e Rischio geomorfologico (**Tavv. 7-8 e 9**).

 <b>edp renewables</b>	PROGETTO IMPIANTO EOLICO LA MONTAGNOLA	
--	--	--

#### 4.1.3 Considerazioni Geomorfologiche dell'Aerogeneratore A3

L'aerogeneratore A3 ricade in Contrada Case Vecchie di Jencheria nel margine centro orientale della carta tecnica regionale 607080 ad una quota media di circa 750 m. s.l.m, lungo una dorsale costituita prevalentemente da terreni appartenenti alla Formazione Castellana Sicula costituita essenzialmente da argille giallo rossastre e peliti sabbiose contenenti foraminiferi planctonici.

La dorsale rocciosa si estende prevalentemente in direzione NW-SE per circa 730 m allineandosi con Cozzo Cannelle e La Montagnola, e mostra dislivelli alla base di circa una cinquantina di metri. I fianchi mostrano pendenze che ricadono prevalentemente nella classe 15-20°, in particolar modo i versanti che espongono in direzione nord ed est (**Tav. 6**). Nell'area ove è prevista la realizzazione dell'Aerogeneratore A3 in progetto non sono stati rilevati fenomeni morfogenetici attivi e/o situazioni di dissesto in atto o potenziali da essere in contrasto con il progetto proposto. Dalla visione delle cartografie pubblicate dal P.A.I. l'area non risulta inserita tra le aree a Pericolosità e Rischio geomorfologico (**Tavv. 7-8 e 9**).

#### 4.1.4 Considerazioni Geomorfologiche dell'Aerogeneratore A4

L'aerogeneratore A4 ricade nel margine nord orientale della carta tecnica regionale 607080 ad una quota media di circa 830 m. s.l.m, lungo il versante sud occidentale di Monte S. Agata, una dorsale costituita prevalentemente da terreni appartenenti alla Formazione del Flysch Numidico costituita peliti e peliti argillose con intercalazioni di livelli arenacei. La dorsale rocciosa si estende, anche essa, prevalentemente in direzione NW-SE per circa 700 metri e mostra dislivelli alla base di circa un centinaio di metri. I fianchi mostrano pendenze che ricadono prevalentemente nella classe 10-15°, in particolar modo i versanti che espongono in direzione nord ovest e sud- est (**Tav. 6**). Nell'area ove è prevista la realizzazione dell'Aerogeneratore A3, dalla visione delle cartografie pubblicate dal P.A.I., in prossimità del sito in progetto ad una distanza di circa 50 metri è stato censito un dissesto 057-6PB-044 caratterizzato da area a franosità diffusa che determina una pericolosità geomorfologica P2 (**Tavv. 7-8 e 9**). Nello specifico trattasi perlopiù, di movimenti superficiali lenti tipici dei versanti argillosi con pendenze intorno ai 10° o superiori; in queste condizioni, infatti, fenomeni di ritiro peculiari delle argille creano una coltre superficiale aerata, molto permeabile, con la conseguente instaurazione tra questa coltre ed il sottostante substrato argilloso non alterato di una effimera circolazione idrica (specie in concomitanza con lunghi e/o intensi periodi piovosi) con conseguente decadimento delle caratteristiche di resistenza al taglio e "scollamento" delle porzioni di terreno più superficiali. A causa della natura impermeabile dei litotipi argillosi l'area risulta interessata da una fitta rete idrografica, impluvi minori

	PROGETTO IMPIANTO EOLICO LA MONTAGNOLA	
--	--	--

per lo più rettilinei e con fianchi acclivi che a causa del cattivo stato manutentivo in cui versano, hanno un forte potere erosivo e accentuano le azioni di richiamo verso valle dei versanti. Al fine di mitigare tali aspetti bisognerà prestare particolare attenzione in fase esecutiva alle opere di regimentazione delle acque superficiali provenienti dalla piazzola e dalla strada di accesso al sito ed eventualmente intervenire con opere di ingegneria naturalistica lungo l'impluvio esistente.

#### **4.1.5 Considerazioni Geomorfologiche dell'Aerogeneratore A5**

L'aerogeneratore A5 ricade lungo le pozioni centro orientali della carta tecnica regionale 607080 ad una quota media di circa 837 m. s.l.m, lungo il versante Cozzo Cannelle una dorsale costituita prevalentemente da terreni appartenenti alla Formazione Terravecchia costituita essenzialmente da conglomerati grano-sostenuti. La dorsale rocciosa si estende prevalentemente in direzione NW-SE per circa 700 metri con dislivelli alla base di circa un centinaio di metri. I fianchi mostrano pendenze che ricadono prevalentemente nella classe 15-20° (**Tav. 6**). Nell'area ove è prevista la realizzazione dell'Aerogeneratore A5 in progetto non sono stati rilevati fenomeni morfogenetici attivi e/o situazioni di dissesto in atto o potenziali da essere in contrasto con il progetto proposto.

Dalla visione delle cartografie pubblicate dal P.A.I. l'area non risulta inserita tra le aree a Pericolosità e Rischio geomorfologico (**Tavv. 7-8 e 9**).

#### **4.1.6 Considerazioni Geomorfologiche dell'Aerogeneratore A6-A7**

Gli aerogeneratori A6 e A7 ricadono lungo le pozioni centro settentrionali della carta tecnica regionale 607080 rispettivamente ad una quota media di circa 850 m. s.l.m (A6) e 788 m s.l.m. (A7), lungo il versante La Montagnola una dorsale costituita prevalentemente da terreni appartenenti alla Formazione Terravecchia costituita essenzialmente da orto-paraconglomerati polimittici rossastri e giallastri. La dorsale rocciosa si estende prevalentemente in direzione NW-SE per circa 1.5 Km con dislivelli alla base di oltre un centinaio di metri. I fianchi mostrano pendenze che ricadono prevalentemente nella classe 15-20° (**Tav. 6**). Nell'area ove è prevista la realizzazione degli Aerogeneratori A6-A7 in progetto non sono stati rilevati fenomeni morfogenetici attivi e/o situazioni di dissesto in atto o potenziali da essere in contrasto con il progetto proposto.

Dalla visione delle cartografie pubblicate dal P.A.I. l'area non risulta inserita tra le aree a Pericolosità e Rischio geomorfologico (**Tavv. 7-8 e 9**).

	PROGETTO IMPIANTO EOLICO LA MONTAGNOLA	
--	--	--

## 5. VALUTAZIONE IDROGEOLOGICHE E PERMEABILITÀ

Dal punto di vista idrologico l'area in esame ricade all'interno di un piccolo sottobacino del Fiume Belice, nella sua porzione più settentrionale a pochi chilometri dalla linea di spartiacque del bacino principale stesso. L'asta principale del sottobacino di interesse è rappresentata dal torrente Fosso dell'Aquila che scorre per circa 4,7 km, in direzione Est-Ovest, dagli 700 metri s.l.m. della linea di spartiacque fino ai circa 386,6 metri in corrispondenza della confluenza con il Belice Destro.

Lo sviluppo asimmetrico della rete idrografica all'interno del sottobacino è senza dubbio influenzato principalmente dalla litologia dell'area e solo secondariamente dalla topografia.

Il corso d'acqua principale che insiste nell'area in studio e che trae la propria origine dalle pendici di M. Leardo e da Rocca Busambra è il F. di Frattina che scorre in direzione NE-SO, successivamente il corso d'acqua prende il nome di Belice Sinistro tale corso d'acqua è alimentato da alcuni piccoli torrenti tra i quali il fosso Bicchinello, Vallone di Guisina, e il Vallone del Catagnano.

In linea di massima, infatti, la rete idrografica si presenta ben sviluppata alla base dei versanti precedentemente descritti ed in corrispondenza dei terreni argillosi del Flysch Numidico, con incisioni torrentizie marcate ed in fase di approfondimento; In corrispondenza dell'Aerogeneratore A4 ad una distanza di circa 15 metri si individua la presenza della parte iniziale di un impluvio che sarà oggetto di interventi di regimentazione con opere di ingegneria naturalistica.

Lungo i versanti caratterizzati da terreni conglomeratici della Formazione Terravecchia, al contrario in funzione della loro diversa natura litologica, la permeabilità più elevata determina un conseguente minor sviluppo della rete idrografica ed impluvi molto meno marcati.

In definitiva i terreni che affiorano nell'area in esame presentano una condizione di permeabilità molto variabile sia in relazione alla varietà dei termini costituenti le varie successioni stratigrafiche, sia alla frequente variabilità degli aspetti litologici e strutturali riscontrabili all'interno delle singole unità che compongono tali successioni.

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.

	PROGETTO IMPIANTO EOLICO LA MONTAGNOLA	
--	--	--

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.

## 6. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

L'area in esame ricade in una zona conosciuta dal punto di vista litostratigrafico e geomeccanico essendo già stata oggetto di studi da parte dello scrivente; in particolare la caratterizzazione stratigrafica e geomeccanica dei terreni è stata definita effettuando in prossimità dell'area oggetto di studio n°16 prove penetrometriche dinamiche medie ed una campagna di indagine di simica a rifrazione che hanno permesso di ricavare sia le stratigrafie che le caratteristiche geomeccaniche dei terreni affioranti. Dai dati in possesso e dalle correlazioni effettuate si è potuti risalire ad una prima ricostruzione stratigrafica dell'area in cui verranno installati gli aerogeneratori:

### UNITA' A

#### Terreno di copertura colluviale

Terreno agrario e porzione alterata sub-superficiale di natura colluviale a prevalente matrice limosa-argillosa di colore rossastro; l'orizzonte si presenta eterogeneo e con una consistenza significativamente influenzata dal grado di umidità del terreno.

Per tale livello i parametri geotecnici di riferimento assumibili sono:

$\gamma = 1.65 \text{ KN/m}^3$  (peso specifico apparente)

$c_u = 0 \text{ kPa}$  (coesione in condizioni drenate)

$\phi' = 24.5^\circ$  (angolo di attrito interno)

### UNITA' B

#### Formazione Castellana Sicula

Peliti sabbiose alternate a sabbie arenacee di colore grigio rossastra con consistenza e proprietà geomeccaniche che migliorano in profondità.

Per tale livello i parametri geotecnici di riferimento assumibili sono:

	PROGETTO IMPIANTO EOLICO LA MONTAGNOLA	
--	--	--

$\gamma = 17.4 \text{ KN/m}^3$  (peso specifico apparente)

$C_u = 16 \text{ kPa}$  (coesione in condizioni drenate)

$\phi' = 21^\circ$  (angolo di attrito interno)

#### **UNITA' C**

##### **Formazione Terravecchia**

È costituita da conglomerati (orto e para) e sabbie grossolane, alternate a peliti sabbiose e sabbie ed arenarie. In affioramento è stato rinvenuto il membro conglomeratico costituito da orto e para conglomerati più o meno cementati di colore grigio - rossastro.

Per tale livello i parametri geotecnici di riferimento assumibili sono:

$\gamma = 17.4 \text{ KN/m}^3$  (peso specifico apparente)

$C_u = 16 \text{ kPa}$  (coesione in condizioni drenate)

$\phi' = 21^\circ$  (angolo di attrito interno)

#### **UNITA' D**

##### **Formazione Flysch Numidico**

È costituita da peliti e peliti argillose con intercalazioni di livelli arenacei.

Per tale livello i parametri geotecnici di riferimento assumibili sono:

$\gamma = 19 \text{ KN/m}^3$  (peso specifico apparente)

$C_u = 20 \text{ kPa}$  (coesione in condizioni drenate)

$\phi' = 24^\circ$  (angolo di attrito interno)

Considerato che nell'area in studio è in progetto un parco Eolico, è necessario nelle fasi successive, quando si stabiliranno le posizioni definitive degli aerogeneratori ampliare la campagna di indagini in modo tale da avere la possibilità di ricavare i parametri geofisici - geomeccanici e stratigrafici relativi ad ogni singolo aerogeneratore.

	PROGETTO IMPIANTO EOLICO LA MONTAGNOLA	
--	--	--

## 7. CLASSIFICAZIONE SISMICA

### 7.1 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 3 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 VSeq 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.

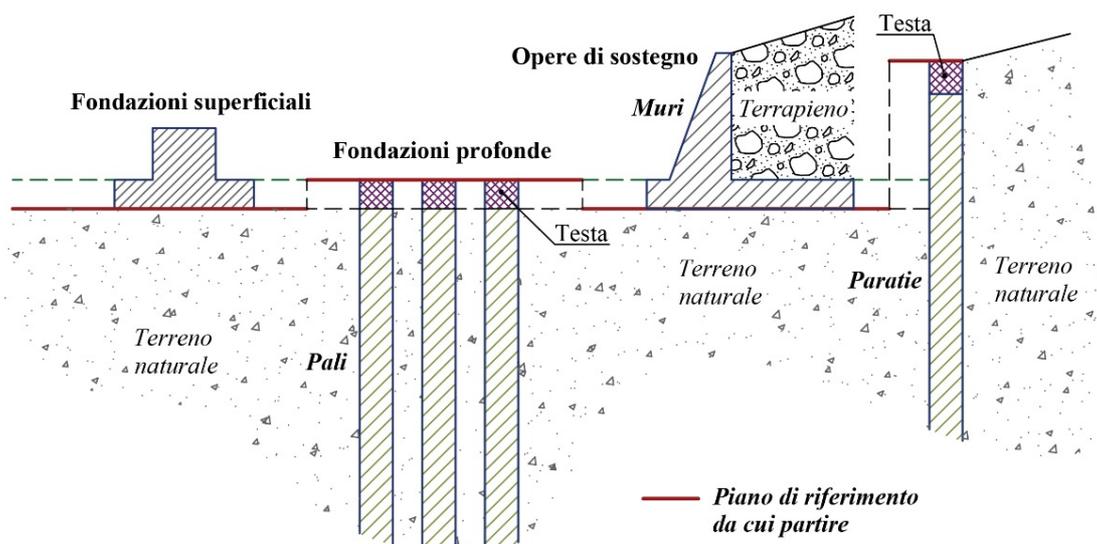


Figura 7.1.1: Schemi di riferimento richiamati al § 3.2.2 delle NTC 2018.

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

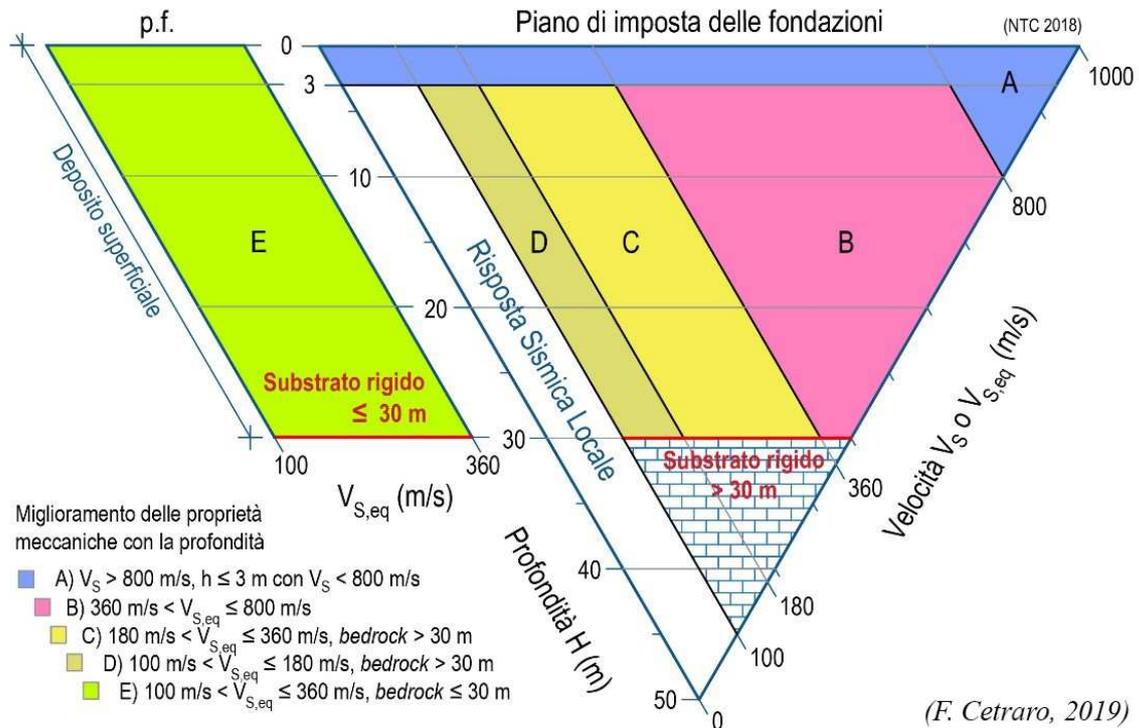


Figura 7.1.2: Diagramma categorie di sottosuolo secondo i riferimenti del § 3.2.2 delle NTC 2018.

## 7.2 RISULTATI DEL CALCOLO

In corrispondenza dell'area in progetto sono state eseguite n°6 indagini di sismica masw identificate con le sigle da Mw1 a Mw6 (**cf. Relazione Sismica**): Si riportano di seguito i risultati dei calcoli effettuati.

### 7.2.1 INDAGINE SISMICA MASW1

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 70 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.

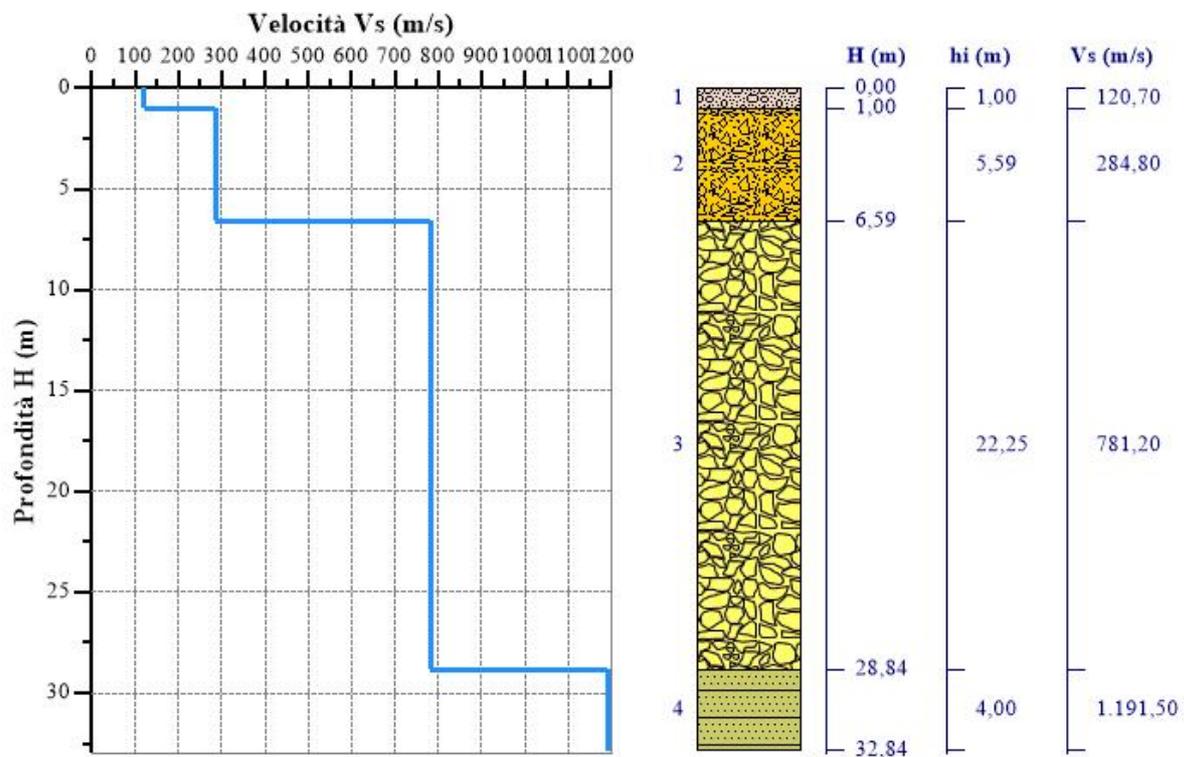
**Strato n°1:**  $V_s = 120.7\text{m/s}$ ; spessore medio 1,0 metro.

**Strato n°2:**  $V_s = 284.8\text{ m/s}$ ; spessore medio oltre 5,59 metri.

**Strato n°3:**  $V_s = 781.2\text{m/s}$ ; spessore medio 22,25metro.

**Strato n°4:**  $V_s = 1191.5\text{m/s}$ ; 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,  **$V_{S,eq} = 511,40\text{m/s}$** , 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** e **Categoria topografica T2**.

### 7.2.2 INDAGINE SISMICA MASW2

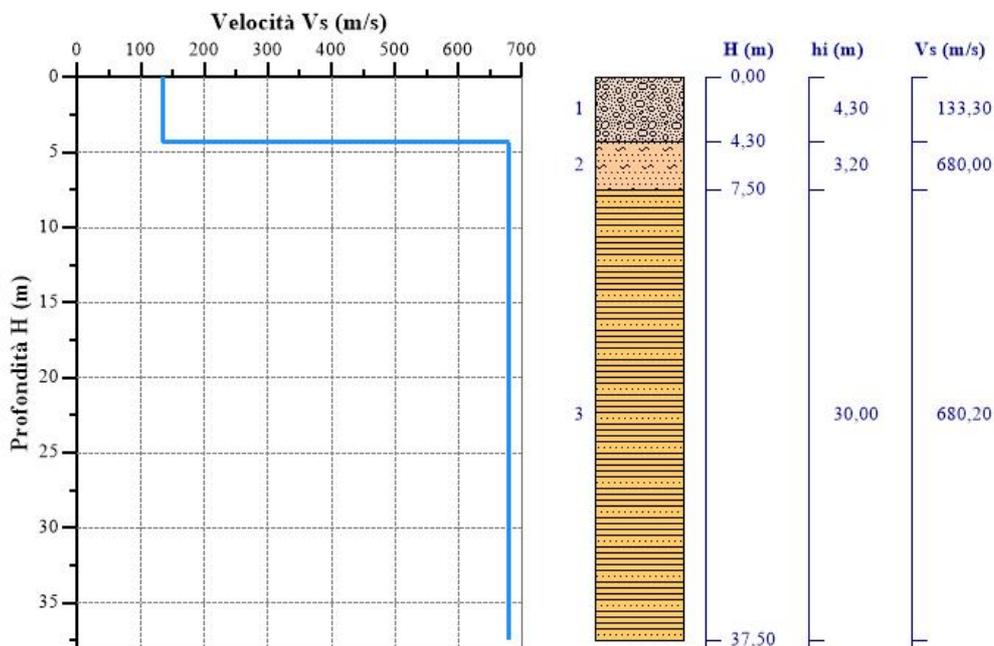
Tale indagine è stata eseguita in corrispondenza dell'aerogeneratore A2. Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 6 Hz e 50 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei 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 3 sismostrati. I risultati dell'inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.

Strato n°1:  $V_s = 133.3\text{m/s}$ ; spessore medio 4,3 metri.

Strato n°2:  $V_s = 680.0\text{m/s}$ ; spessore medio oltre 3.20metri.

Strato n°3:  $V_s = 680.2\text{m/s}$ ; 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,  **$V_{S,eq} = 428,31\text{m/s}$** , unitamente a valutazioni circa la stratigrafia e l'andamento del valore delle Vs, il sottosuolo in esame risulta classificabile come sottosuolo di **tipo B** e **Categoria topografica T3**.

### 7.2.3. INDAGINE SISMICA MASW3

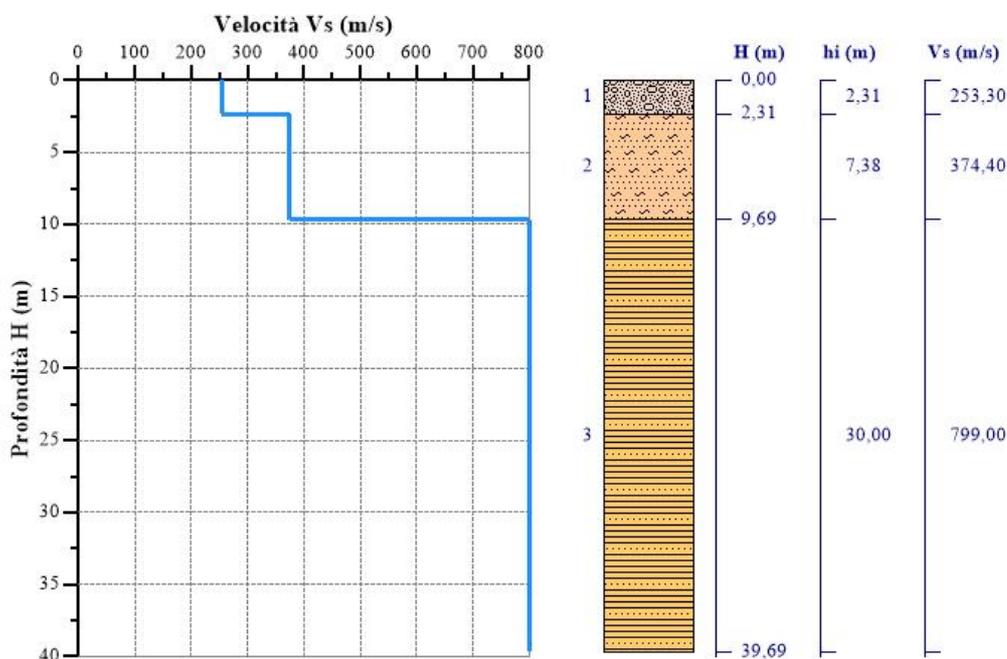
Tale indagine è stata eseguita in corrispondenza dell'aerogeneratore A3. Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 6 Hz e 60 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei 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 3 sismostrati. I risultati dell'inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.

Strato n°1:  $V_s = 253.3\text{m/s}$ ; spessore medio 2.31metri.

Strato n°2:  $V_s = 374.4\text{m/s}$ ; spessore medio oltre 7.38metri.

Strato n°3:  $V_s = 799.0\text{m/s}$ ; 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,  **$V_{s,eq} = 552,99\text{m/s}$** , 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** e **Categoria topografica T2**.

### 7.3.4. INDAGINE SISMICA MASW4

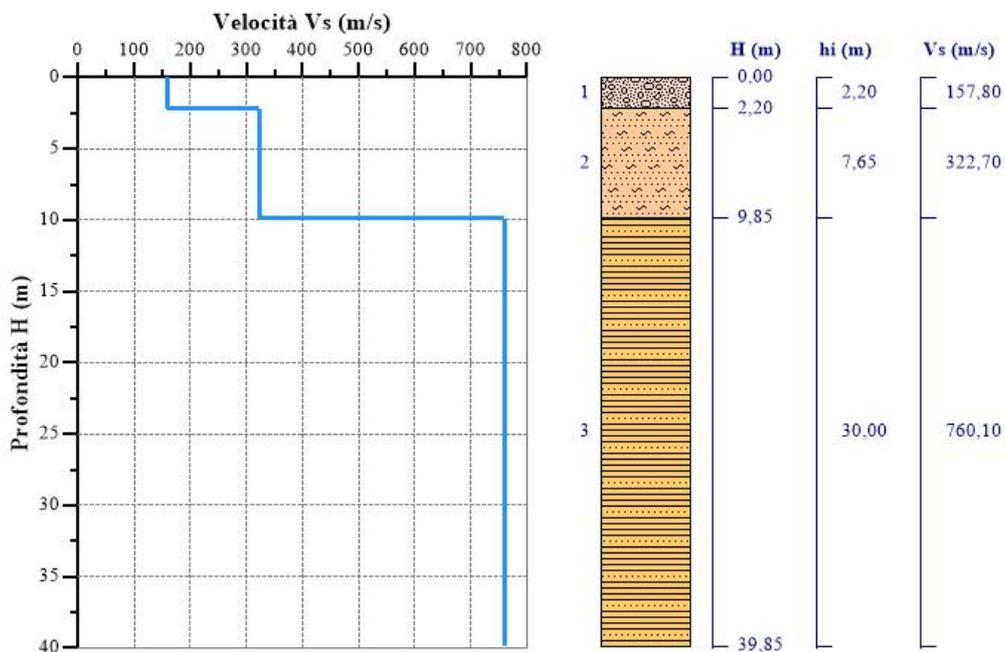
Tale indagine è stata eseguita in corrispondenza dell'aerogeneratore A4. Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 4 Hz e 60 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei 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 3 sismostrati. I risultati dell'inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.

Strato n°1:  $V_s = 157.8\text{m/s}$ ; spessore medio 2.20 metri.

Strato n°2:  $V_s = 322.7\text{m/s}$ ; spessore medio oltre 7.65metri.

Strato n°3:  $V_s = 760.1\text{m/s}$ ; 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,  $V_{S,eq} = 467,60\text{m/s}$ , 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 T2**.

### 7.3.5. INDAGINE SISMICA MASW5

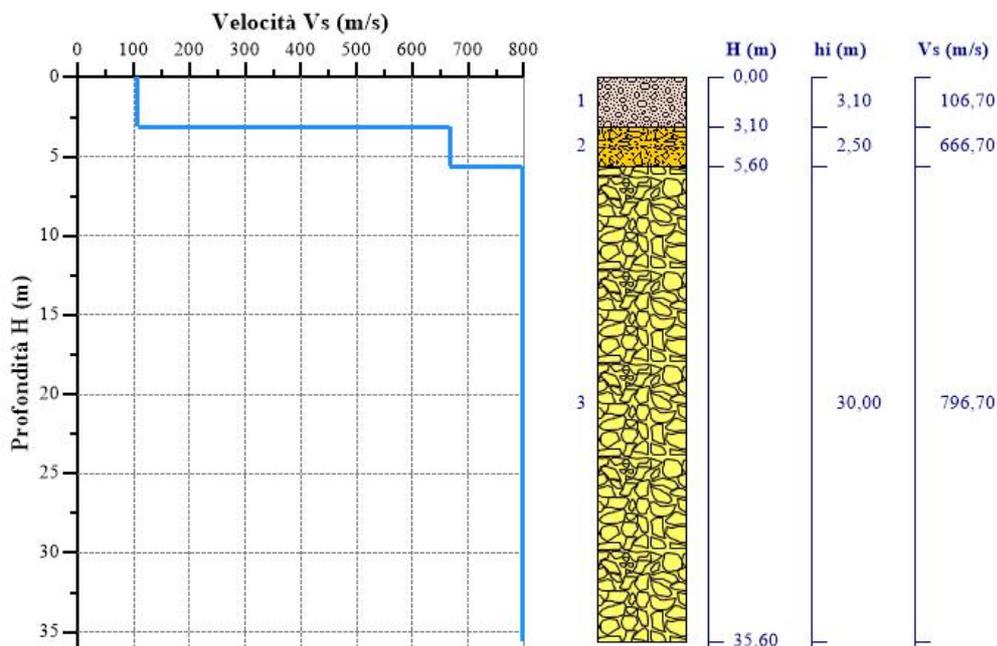
Tale indagine è stata eseguita in corrispondenza dell'aerogeneratore A5. Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 5 Hz e 70 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei 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:  $V_s = 106.7\text{m/s}$ ; spessore medio 3.10 metri.

Strato n°2:  $V_s = 666.7\text{m/s}$ ; spessore medio oltre 2.50 metri.

Strato n°3:  $V_s = 796.7\text{m/s}$ ; 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,  **$V_{S,eq} = 472,97\text{m/s}$** , 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 T2**.

### 7.3.6. INDAGINE SISMICA MASW6

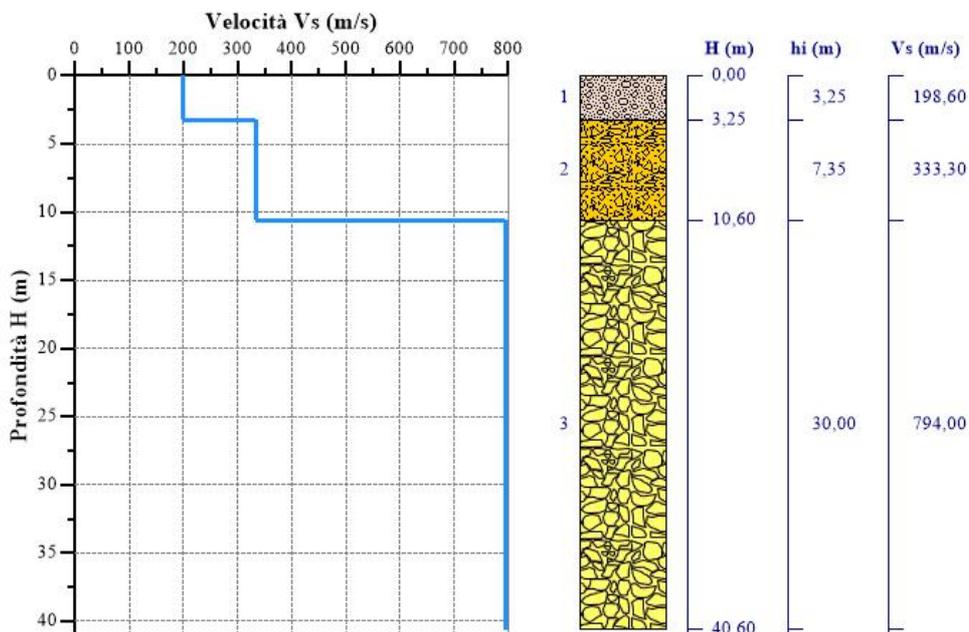
Tale indagine è stata eseguita in corrispondenza dell'aerogeneratore A1. Nell'interpretazione della curva di dispersione delle onde di superficie di tipo Rayleigh, valutata tra 4 Hz e 60 Hz, la modellazione diretta basata sulle conoscenze stratigrafiche del sito ha permesso di correlare l'andamento dei 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 3 sismostrati. I risultati dell'inversione hanno fornito i seguenti valori della velocità delle onde S.

Strato n°1:  $V_s = 198.6\text{m/s}$ ; spessore medio 3.25metri.

Strato n°2:  $V_s = 333.3\text{m/s}$ ; spessore medio oltre 7.35metri.

Strato n°3:  $V_s = 794.0\text{m/s}$ ; spessore oltre 30 metri.

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,  **$V_{S,eq} = 477,33\text{m/s}$** , 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 T2**.

	PROGETTO IMPIANTO EOLICO LA MONTAGNOLA	
--	--	--

## 8.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 Litologico della Formazione Terravecchia (Aerogeneratori A1, A5, A6 e A7). Nello specifico si riconosce la litofacies caratterizzata dal membro conglomeratico, afferente al periodo di età compresa tra il Tortoniano sup. ed il Messiniano inf.

Nella porzione centro orientale dell'area oggetto di studio si riconosce, altresì, la presenza della litofacies pelitico sabbiosa e argillosa della formazione Castella Sicula che caratterizzeranno i terreni fondali delle torri A3 e A2. L'Aerogeneratore A4, infine, risulta interessato dai terreni pelitici e pelitico-argillose con intercalazioni di livelli arenacei del Flysch Numidico.

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 e altimetrico gli aerogeneratori ricadranno in corrispondenza delle dorsali collinari presenti in un areale di circa 12 km<sup>2</sup> all'interno della CTR 607080, per lo più forme mammellonari dolci e arrotondate che mostrano un allineamento con direzione preferenziale NW-SE e pendenze che ricadono nelle classi di pendenza 15°-20°. In particolare procedendo da nord verso sud si riscontra Monte S. Anna (863 m s.l.m.) in prossimità della quale ricadrà l'Aerogeneratore A4, La Montagnola (864.5) dove si localizzeranno le torri A6 e A7, distanziati oltre 500 metri l'una dall'altra. In corrispondenza dello stesso allineamento, in direzione est, ritroviamo Cozzo Cannelle (838 m s.l.m.) dove ricadranno gli Aerogeneratori A5 e A3, questa ultima in prossimità di contrada Case Vecchie di Jencheria. Procedendo verso sud, infine, si riconoscono Pizzo dell'Aquila (698.8 m s.l.m.) e Punta Palazzo (681.2 m s.l.m.) sede dei futuri aerogeneratori A1 e A2.

Sotto il profilo morfologico generale, dallo studio effettuato l'area nel suo complesso appare interessata da movimenti gravitativi diffusi; si tratta, perlopiù, di movimenti superficiali lenti tipici dei versanti argillosi, tuttavia, non sono stati rilevati, in prossimità dell'area di interesse, fenomeni di dissesto, in atto o potenziali, tali da rendere non attuabile il progetto.

A dimostrazione dell'assunto il sito in progetto non ricade in aree censite a pericolosità e rischio geomorfologico e/o idraulico. Unico elemento da segnalare, al di fuori, comunque, dell'area in

	PROGETTO IMPIANTO EOLICO LA MONTAGNOLA	
--	--	--

progetto, ad una distanza di circa 50 metri dall'Aerogeneratore A4, è la presenza un dissesto censito con il codice 057-6PB-044, caratterizzato da area a franosità diffusa che determina una pericolosità geomorfologica P2.

Nello specifico trattasi perlopiù, di movimenti superficiali lenti tipici dei versanti argillosi con pendenze intorno ai 10° o superiori; in queste condizioni, infatti, fenomeni di ritiro peculiari delle argille creano una coltre superficiale aerata, molto permeabile, con la conseguente instaurazione tra questa coltre ed il sottostante substrato argilloso non alterato di una effimera circolazione idrica con conseguente decadimento delle caratteristiche di resistenza al taglio e "scollamento" delle porzioni di terreno più superficiali. Al fine di mitigare tali aspetti bisognerà prestare particolare attenzione in fase esecutiva alle opere di regimentazione delle acque superficiali provenienti dalla piazzola e dalla strada di accesso al sito ed eventualmente intervenire con opere di ingegneria naturalistica lungo l'impluvio esistente.

Dal punto di vista idrogeologico i terreni che affiorano nell'area in esame presentano una condizione di permeabilità molto variabile sia in relazione alla molteplicità dei termini costituenti le varie successioni stratigrafiche, sia alla frequente variabilità degli aspetti litologici e strutturali riscontrabili all'interno delle singole unità che compongono tali successioni. 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. Unico elemento di rilievo è la possibile presenza di una circolazione idrica sub-superficiale alimentata, a seguito di precipitazioni intense, dallo scorrimento delle acque di infiltrazione lungo le porzioni alterate tamponate verso il basso dai depositi sottostanti poco permeabili. Tale aspetto dovrà essere meglio attenzionato nelle successive fasi progettuali attraverso la terebrazione di sondaggi meccanici a c.c. attrezzati a piezometri.

Dal punto di vista idrografico il corso d'acqua principale che insiste nell'area in studio e che trae la propria origine dalle pendici di M. Leardo e da Rocca Busambra è il F. di Frattina che scorre in direzione NE-SO, successivamente il corso d'acqua prende il nome di Belice Sinistro tale corso d'acqua è alimentato da alcuni piccoli torrenti tra i quali il fosso Bicchinello, Vallone di Guisina, e il Vallone del Catagnano. In linea di massima la rete idrografica si presenta ben sviluppata in corrispondenza dei terreni argillosi del Flysch Numidico, con incisioni torrentizie marcate ed in fase di approfondimento; Dal punto di vista delle interferenze con il reticolo idrografico, censito nella cartografia ATA 2012-2013,

	PROGETTO IMPIANTO EOLICO LA MONTAGNOLA	
--	--	--

si riconosce in corrispondenza dell'Aerogeneratore A4 ad una distanza di circa 15 metri la presenza dell'area di testata di un impluvio che sarà oggetto di interventi di regimentazione con opere di ingegneria naturalistica.

Dal punto di vista sismostratigrafico le indagini eseguite hanno consentito di ottenere alcune informazioni sulle caratteristiche geofisiche dei terreni interessati, in particolare è stato possibile fornire alcuni dati sia sull'andamento stratigrafico del sottosuolo nei primi 10 – 12 metri sia sulle velocità delle onde sismiche di compressione e di taglio.

I modelli sismo-stratigrafici rispecchiano abbastanza fedelmente le caratteristiche geologiche dell'area. In particolare per gli aerogeneratori A1, A5, A6 e A7, riscontriamo una discontinuità simica intorno ai 3-5 metri dal p.c. che può essere ricondotta ai depositi conglomeratici (orto e paraconglomerati) polimitici rossastri e giallastri della Formazione Terravecchia. Questi ultimi risultano ricoperti da un sismo-strato poco consistente alterato e destrutturato riconducibile ad un terreno di copertura eluviale a prevalente matrice limosa e argillosa e caratterizzato da velocità delle onde di compressione  $V_p$  nell'ordine di 350-400 m/s. Per gli aerogeneratori A2, A3 e A4 si riscontra un livello sciolto areato tipico del terreno agrario ed una porzione alterata costituito da argille-sabbiose destrutturata con spessore nell'ordine di 2,5-4 metri. Il secondo sismostrato è caratterizzato da velocità  $V_p$  compatibili con sedimenti argillosi e pelitico sabbiosi a consistenza media che migliora sempre di più con la profondità. Lo spessore risulta comunque indefinito.

Le sei 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  $V_{S,eq}$  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  $V_{S,eq}$ , 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 geotecnico, 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

	PROGETTO IMPIANTO EOLICO LA MONTAGNOLA	
--	--	--

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, Luglio 2021

Il Tecnico Redattore

*Dr. Geol. Michele Ognibene*