

# AUTORIZZAZIONE UNICA EX D. LGS. N. 387/2003



## PROGETTO DEFINITIVO PARCO EOLICO TURSI SANT'ARCANGELO

Titolo elaborato:

### RELAZIONE GEOLOGICA

REDDITO	CONTR.	APPROV.	DESCRIZIONE REVISIONE DOCUMENTO	DATA	REV
PA	GD	EP	EMISSIONE	20/02/23	0 1
PA	GD	EP	EMISSIONE	14/04/22	0 0

#### PROPONENTE



**ENERGY PRIME S.R.L.**

VIA G. GARIBALDI N. 15  
74023 GROTTAGLIE (TA)

#### CONSULENZA



**GE.CO.D'OR S.R.L.**

VIA G. GARIBALDI N. 15  
74023 GROTTAGLIE (TA)

#### PROGETTISTA

ING. GAETANO D'ORONZIO  
VIA GOITO 14 – COLOBRARO (MT)

#### GEOLOGO

**DOTT. PIER LUIGI ANASPARRI**  
VIA B. CROCE, 79  
63100 ASCOLI PICENO (AP)

Codice TSEG016		Formato A4	Scala /	Foglio 1 di 80
-------------------	--	---------------	------------	-------------------

## INDICE

1. PREMESSA	1
3. UBICAZIONE GEOGRAFICA	4
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO DELLA ZONA	7
5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	12
6. COMPATIBILITÀ CON IL P.A.I. VIGENTE	14
7. VINCOLO IDROGEOLOGICO	16
<i>7.1 Terre e rocce da scavo</i>	<i>17</i>
8. RISULTATI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE GENERALI	20
9. MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE E PRIME INDICAZIONI SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	23
10. MODELLO SISMICO DELLA ZONA	26
<i>10.1 Sismicità storica dell'area</i>	<i>27</i>
<i>10.2 Determinazione delle categoria di suolo e topografica</i>	<i>29</i>
11. PIANO INDAGINI DA EFFETTUARE PER LA PROGETTAZIONE ESECUTIVA DEGLI AEROGENERATORI E DELLE SOTTOSTAZIONI	32
12. DESCRIZIONE DELLE AREE DI SEDIME DEGLI AEROGENERATORI	33
13. OPERE ELETTRICHE	45
14. CONCLUSIONI	46

## **1. PREMESSA**

Il sottoscritto **dott. Geol. Pier Luigi Anasparri**, titolare dello Studio Tecnico di Geologia con sede in Via Roma, 91 di Folignano (AP) è stato incaricato dalla società di progettazione **Ge.Co.Dor s.r.l. di Colobrero**, di effettuare uno **studio geologico-geomorfologico-idrogeologico per l'Autorizzazione Unica Ex D.Lgs n°387/2003 del Progetto Definitivo Parco Eolico Tursi-Sant'Arcangelo su proposta della Energy Prime s.r.l.**

Il nuovo parco eolico **“Tursi-Sant'Arcangelo”** sarà costituito da **n°11 aerogeneratori**, di altezza complessiva all'hub di 135 metri ed un diametro del rotore di 170 metri collegati tra loro mediante un cavidotto interrato in media tensione che convoglia l'elettricità presso una sottostazione di trasformazione MT/AT per il collegamento alla Rete di Distribuzione Nazionale (RTN) Terna (sita nel comune di Aliano) attraverso un cavidotto in alta tensione.

L'impianto eolico è connesso ad un sistema di accumulo di energia (BESS, Battery Energy Storage System) di potenza pari a 35 Mwp.

Inoltre, il progetto prevede la realizzazione della stazione in condivisione al fine di collegare l'impianto eolico di Tursi Sant'Arcangelo e gli impianti da fonte rinnovabile di altri produttori con il medesimo stallo della Stazione Elettrica di Trasformazione RTN Terna (SE) 380/150 kV nel Comune di Aliano (MT).

A tal fine è stato eseguito un rilevamento geologico di superficie, acquisiti dati di bibliografia e consultate le cartografie geologico-idrogeologiche presenti per l'area in oggetto ed infine effettuata **un'indagine geognostica e sismica per la caratterizzazione generale dell'area del parco**, mediante l'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche tipo “DPSH” e prove sismiche “MASW”.

I dati tecnici sono stati elaborati secondo le **“Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”** contenute nel **D.M. Del 14/01/2008**, nell'aggiornamento con **Decreto 17 gennaio 2018** e nella **Circolare del 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.**, attraverso la modellazione geologica e geotecnica.

Fanno parte della presente relazione i seguenti elaborati interni:

*Allegato 1 – Report delle indagini effettuate*

Fanno parte della presente relazione i seguenti elaborati esterni:

*Tavola.1 – Inquadramento cartografico*

*Tavola.2 – Inquadramento geologico*

*Tavola.3 – Stralci planimetrici con sovrapposizione del PAI vigente*

## **2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

### **D.M. del 11/03/1988 e relative istruzioni**

*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione*

### **Ministero delle infrastrutture e dei Trasporti - DECRETO 17 gennaio 2018**

*Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» (GU Serie Generale n.42 del 20-02-2018 - Suppl. Ordinario n. 8).*

### **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Allegato al Voto n. 36 del 27/07/2007**

*Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale;*

## **Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del Bacino Interregionale della Basilicata**

**Vincolo Idrogeologico** ai sensi del R.D.L. 3267/23 e DGR 412/2015

### **3. UBICAZIONE GEOGRAFICA**

L'area del **nuovo parco eolico "Tursi-Sant'Arcangelo"**, si sviluppa nei territori comunali di Tursi (MT) e Sant'Arcangelo (PZ) e nel territorio comunale di Aliano esclusivamente per la sottostazione elettrica di trasformazione della RTN Terna 380/150Kv e la sottostazione di condivisione.



Complessivamente come detto, **saranno installate n°11 aerogeneratori**, **realizzata una sottostazione elettrica di trasformazione** ed un sistema BESS (Battery Energy Storage System) oltre alle opere elettriche (cavidotti) necessarie.

E' possibile distinguere una **porzione Ovest (Aerogeneratore 1÷3)**, una **porzione Centrale (aerogeneratore 4÷9)** ed una **porzione Est del parco (aerogeneratore 10÷11)**; gli aerogeneratori 1÷3, la sottostazione elettrica ed il

sistema di accumulo interesseranno il territorio comunale di Sant'Arcangelo mentre gli aerogeneratori 4÷11 interesseranno il territorio comunale di Tursi.

Gli aerogeneratori del Parco Eolico “**Tursi-Sant'Arcangelo**”, saranno installati tra i rilievi montuosi presenti in destra orografica del Fiume Agri, che scorre a Nord, a quote comprese tra i **330,0 metri (TS\_08)** e i **505,0 metri (TS\_10)**.

Cartograficamente, data la loro ubicazione, essi possono essere individuati in differenti quadranti sia per quanti riguarda le tavolette I.G.M in scala 1:25.000 (*vedi Tavola 1*), sia per quanto riguarda la **Nuova Carta Tecnica della Regione Basilicata** in scala 1:10.000 (*vedi Tavola 3*).

**Di seguito si riporta una tabella riepilogativa sull'ubicazione cartografica e con le rispettive coordinate UTM-WGS84 T33:**

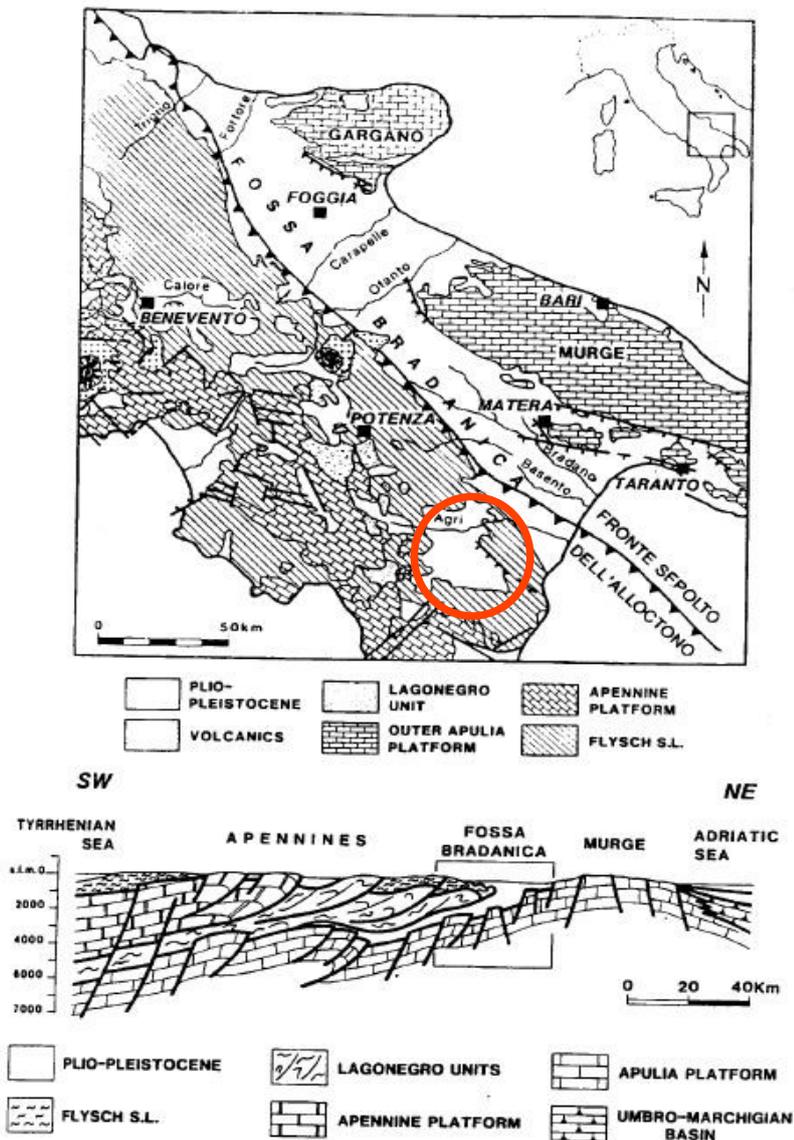
WTG/SS	I.G.M.	CTR	Comune	Catasto		Coordinate	
				Fg	P.IIa	E	N
TS_01	Gannano 211 I° NE	52311	Sant'Arcangelo	19	205	614275.00	4460969.92
TS_02	Gannano 211 I° NE	52311	Sant'Arcangelo	16	224	615077.67	4460662.41
TS_03	Gannano 211 I° NE	52311	Sant'Arcangelo	16	213	615449.32	4461256.63
TS_04	Gannano 211 I° NE	52311	Tursi	16	10	618173.63	4460295.12
TS_05	Gannano 211 I° NE	507132	Tursi	17	120	618222.87	4461044.08
TS_06	Gannano 211 I° NE	507133	Tursi	11	43	619168.00	4460053.00
TS_07	Gannano 211 I° NE	507133	Tursi	10	186	619689.70	4460644.16
TS_08	Gannano 211 I° NE	507133	Tursi	9	111	619692.57	4461411.50
TS_09	Gannano 211 I° NE	507133	Tursi	9	81	621018.16	4461104.27
TS_10	Gannano 211 I° NE	507134	Tursi	10	85	622371.24	4459813.51
TS_11	Gannano 211 I° NE	507134	Tursi	10	19	623174.00	4460692.00

*Parco Eolico Tursi - Sant'Arcangelo*  
*Relazione geologica con indicazioni geotecniche e sismiche*

SEU	Gannano 211 I° NE	506162	Sant'Arcangelo	60	45	614760.00	4461250.00
BESS	Gannano 211 I° NE	507134	Sant'Arcangelo	10	56	614788.00	4461353.00
SSE	Aliano 211 I° NO	507091	Aliano	3	41	602236.00	4461353.00
Sott.Cond	Aliano 211 I° NO	506110	Aliano	38	238	603333.60	446185.20

#### 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO DELLA ZONA

La zona comprendente l'area dove verrà realizzato il “Parco Eolico Tursi-Sant'Arcangelo”, appartiene all'unità strutturale della Catena Sud-Appenninica (vedi Fig.1).



*Fig.1 – Carta geologica schematica e sezione geologica attraverso l'Appennino Meridionale e la Fossa Bradanica*

Il basamento della struttura appenninica è caratterizzato dalla presenza di **calcari mesozoici, costituiti da calcareniti di ambiente neritico-costiero.**

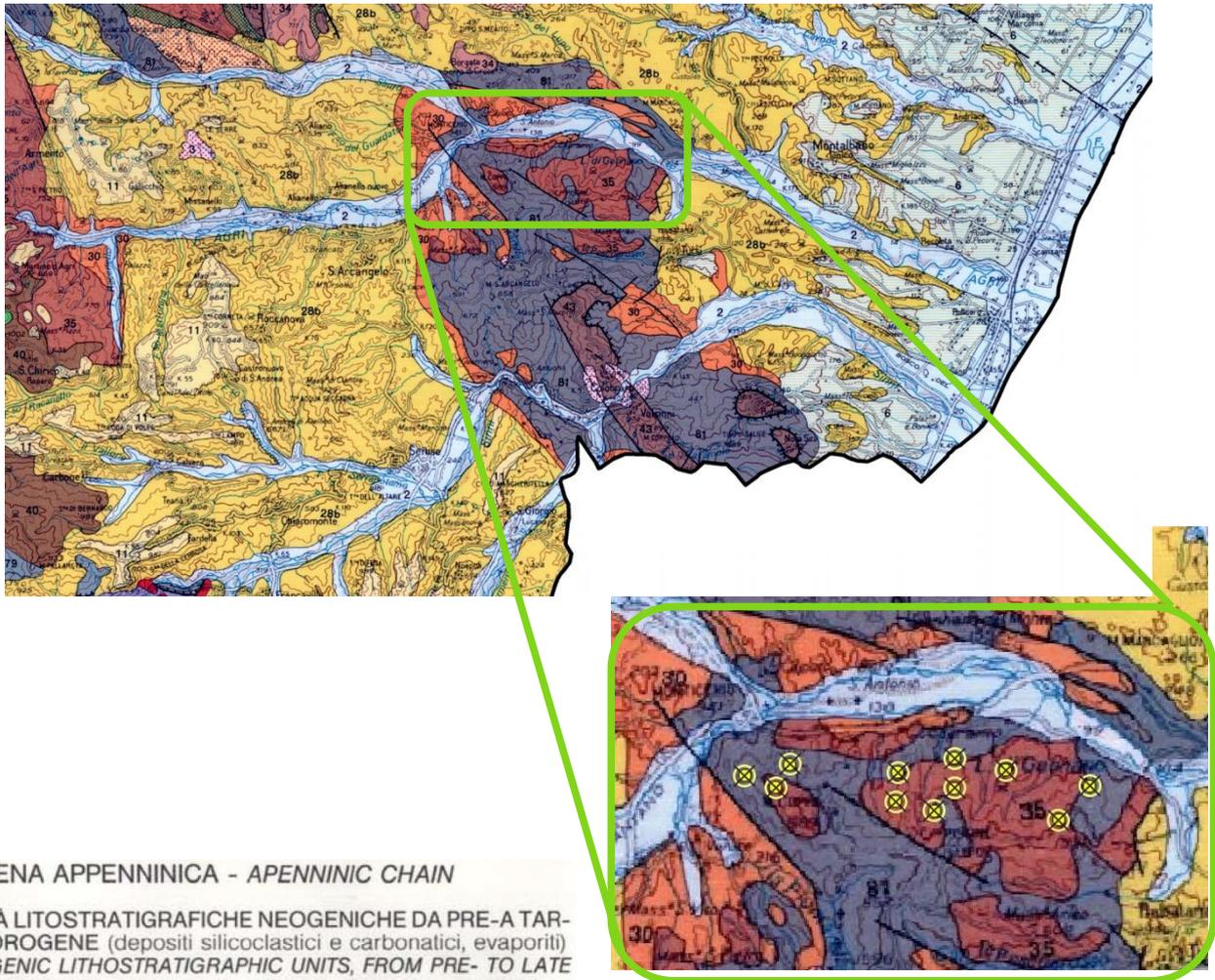
In trasgressione sui **depositi miocenici (in affioramento nell'area del Parco Eolico)** e sui calcari di base sono presenti depositi terrigeni depositatisi nel Pliocene inferiore aventi spessori non superiori ai 200 metri.

Tali sedimenti rappresentano il ciclo sedimentario più antico e sono costituiti, in affioramento, da una **sequenza di sabbie e di argille siltose azzurre con lenti conglomeratiche sabbiose (Unità Sicilidi).**

**L'area in oggetto ricade al margine orientale del Bacino di Sant'Arcangelo;** tale bacino, tra quelli intrappenninici che hanno risentito dell'evoluzione tettonica della catena appenninica, è uno dei più estesi ed è il più completo in termini di record sedimentario; strutturalmente, il Bacino di Sant'Arcangelo è stato definito del tipo "*piggyback*", per la sua posizione interna rispetto all'Avanfossa Bradanica.

**Gli aerogeneratori, verranno installati sui rilievi che costituiscono la dorsale di Colobraro-Valsinni, ed in particolare sui versanti posti in destra orografica del Fiume Agri,** che strutturalmente sono stati generati dai trust appenninici, morfologicamente suddivisibile in due aree: un'area a morfologia da montuosa ad alto-collinare, in cui affiorano successioni mesozoico terziarie riferibili all'Unità Sicilide, costituite in prevalenza da argille e marne con intercalazioni di risedimenti carbonici (*calcareniti, calcilutiti, calciruditi*) a stratificazione da media a sottile e da quarzoareniti in strati e banchi, con intercalazioni di argille e marne siltose ed un'area a morfologia basso collinare, caratterizzata dall'affioramento di successioni plio-pleistoceniche riferibili al gruppo di Sant'Arcangelo, costituite da sabbie, da addensate a cementate e da

argille e marne grigio-azzurre e da successioni pleistoceniche riferibili al dominio deposizionale dell'Avanfossa Bradanica (Argille subappennine Auct.), costituite da argille ed argille marnose grigio azzurre con sottili intercalazioni sabbiose.



**CATENA APPENNINICA - APENNINIC CHAIN**

**UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE NEOGENICHE DA PRE-A TARDO-OROGENE (depositi silicoclastici e carbonatici, evaporiti)**  
**NEOGENIC LITOSTRATIGRAPHIC UNITS, FROM PRE- TO LATE OROGENIC (silico-clastic and carbonatic deposits, evaporites)**

**35** Formazioni di Castelvete - Gorgoglione - Caiazzo - San Bartolomeo; (o) olistoliti (Unità Irpine interne). Tortoniano inferiore-Serravalliano  
 Castelvete - Gorgoglione - Caiazzo - San Bartolomeo Formations; (o) Olistolites (Internal Irpinian Units). Lower Tortonian-Serravallian

**Unità Sicilidi - Sicilide Units**

**81** Calcareniti, argilliti, argille variegatae, arenarie. Miocene inferiore - Cretacico  
 Calcarenites, claystones, variegated clays, sandstones. Lower Miocene - Cretaceous

*Fig.2. Carta geologica della Basilicata*

Nel dettaglio, **(vedi Tavola 2 – Carta geologica)** gli aerogeneratori in oggetto interesseranno la Falda di Rocca Imperiale (Unità tettonica del Complesso Sicilide) e la Falda di Rosito (costituita dal Flysch di Gorgoglione, dalle Tufiti di Tusa, dal Membro di Sant'Arcangelo e dalla Formazione delle Argille Variegate) appartenenti al Complesso Sicilide.

L'aerogeneratore **TS1**, interessa il **Membro di Sant'Arcangelo**, costituita da alternanza di calcari e calcari marnosi grigio chiari o biancastri cronologicamente collocabili nell'Eocene.

Gli aerogeneratori **TS2, TS4, TS6, TS7, TS9, TS10 e TS11** , interesseranno il **Flysch di Gorgoglione** caratterizzato da alternanze di arenarie torbiditiche grigio-giallastre ben cementate e argille marnose grigio-oliva, cronologicamente collocabili nel Miocene.

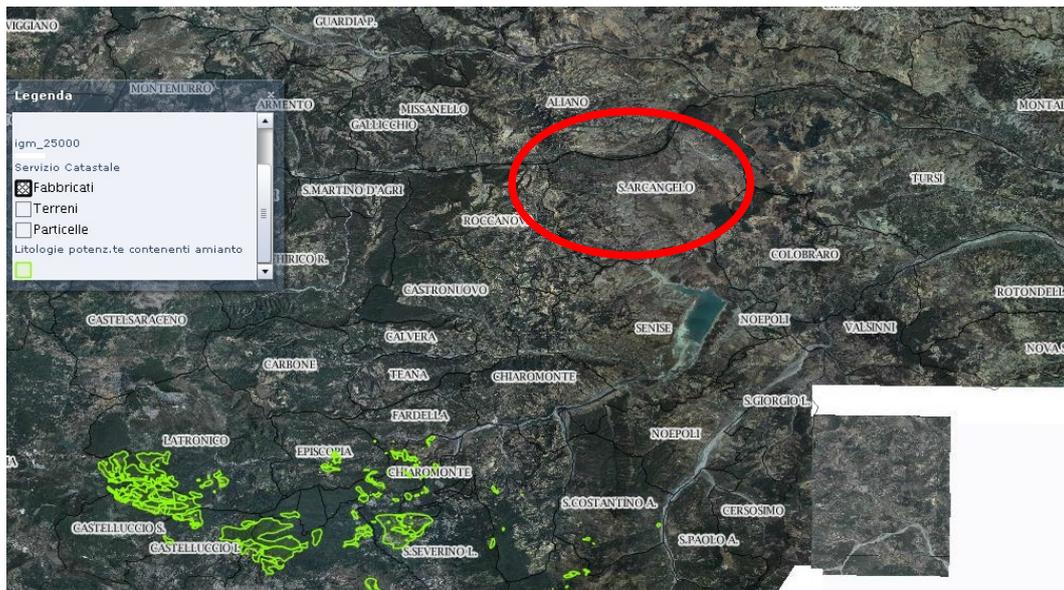
Gli aerogeneratori **TS3, TS5, e TS8** , interesseranno l'**Unità tettonica del Complesso Sicilide**, costituita principalmente da Argille variegate, cronologicamente collocabili nel Miocene superiore.

La realizzazione dell'impianto, prevede la **costruzione di una sottostazione utente (SSU 150/30kV) e un'area dedicata per lo storage di energia (BESS - Battery Energy Storage System).**

Tali zone interessano la Falda di Rocca Imperiale, e nello specifico le **Tufiti di Tusa (unità tettonica)**, caratterizzato da tufiti ed arenarie tufitiche grigio-verdi-azzurre cronologicamente collocabili nel Miocene superiore.

Infine, la **sottostazione realizzata nel territorio comunale di Aliano, interesserà le alluvioni terrazzate poste in sinistra orografica del Fiume Agri**, mentre la **sottostazione in condivisione interesserà le Sabbie di Aliano, cronologicamente collocabili nel Pleistocene Superiore.**

Le litologie cartografate, ricadenti all'interno del territorio comunale di Aliano, Tursi e Sant'Arcangelo, **non risultano essere rocce potenzialmente contenenti amianto naturale** (ai sensi delle DD.GG.RR del 23 dicembre 2010 n.2118 e 29 novembre 2011 n.1743)(vedi Fig.3).



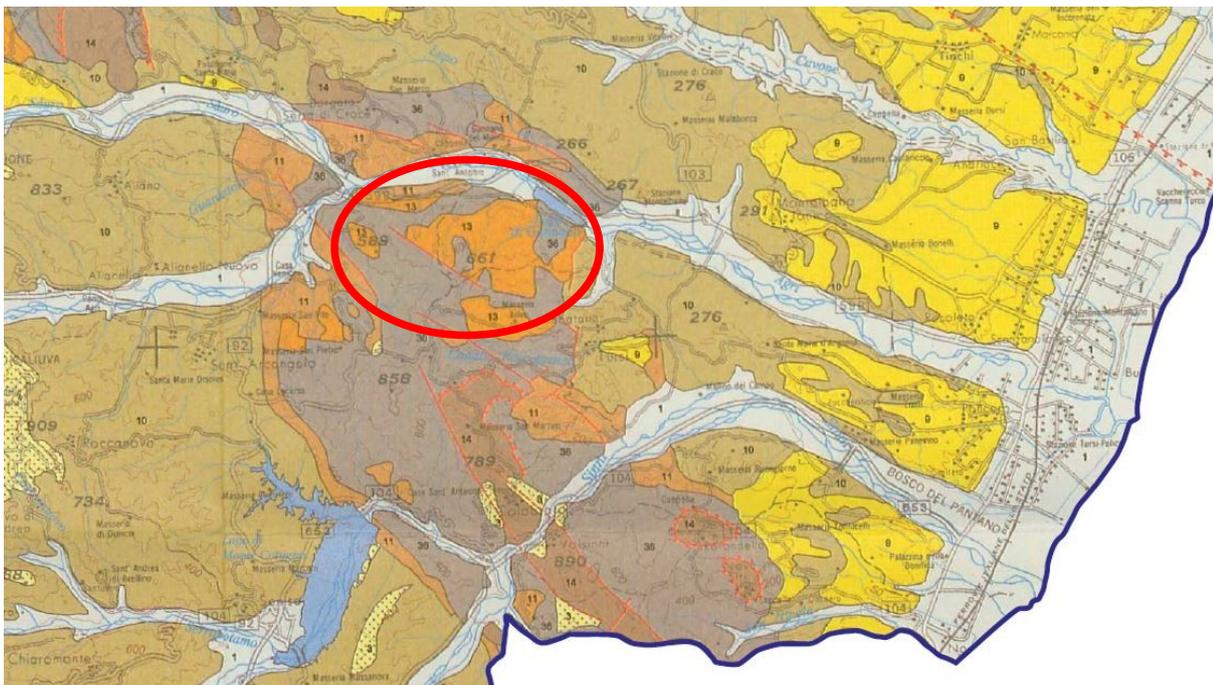
*Fig.3: Regione Basilicata – Litologie potenzialmente contenenti amianto*

Come accennato in precedenza, la morfologia della zona in oggetto è prettamente medio-collinare, e fortemente caratterizzata dalle litologie affioranti.

Complessivamente il rilevamento geomorfologico di superficie ha evidenziato per gran parte dell'area **discrete condizioni di equilibrio**, anche se localmente si evidenziano scivolamenti, creep e soliflusso di modesta entità che **andranno valutati puntualmente, con specifiche indagini negli elaborati geologici propri di ogni aerogeneratore.**

## 5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'area del Parco Eolico “Tursi-Sant'Arcangelo”, interessa il Complesso idrogeologica argilloso-calcareo delle Unità Sicilide, caratterizzata nell'insieme da una “**bassa permeabilità**” che raggiunge “**valori molto bassi**” negli orizzonti marnoso-argillitici e solo localmente, la permeabilità assume valori medio bassi a causa della presenza delle famiglie di fratture, che accompagnano le dislocazioni più importanti (faglie e sovrascorrimenti) e, nella porzione Est, il Complesso Arenaceo-Conglomeratico caratterizzata nell'insieme da una “**media permeabilità**” per porosità e fratturazione.



### Complesso argilloso-calcareo delle Unità Sicilidi:

Complesso a prevalente composizione argillitica, con colorazione caratteristicamente variegata, con termini litoidi prevalentemente calcarei e calcareo-marnosi, inglobati caoticamente (Argille Varicolori); termini litologici equivalenti sono presenti in sequenze meno caoticizzate nel Flysch Rosso. Per il comportamento eminentemente plastico questi terreni si ritrovano nei bassi topografici, dove, se in contatto con strutture idrogeologiche carbonatiche, possono costituire la cintura impermeabile degli stessi.

### Complesso arenaceo-conglomeratico:

Successioni torbiditiche prossimali di tipo *coarsening upward*, prevalentemente arenaceo-conglomeratiche, con a luoghi caratteri di *wildflysch* (Formazioni di Castelvetere, di Monte Sacro e Gorgoglione). Nelle parti più alte delle serie, l'assenza di intercalazioni pelitiche rende possibile una circolazione idrica basale con recapito in sorgenti di notevole importanza locale (Unità idrogeologiche di Monte Sacro, Monte della Stella e Monte Centaurino in Campania meridionale).

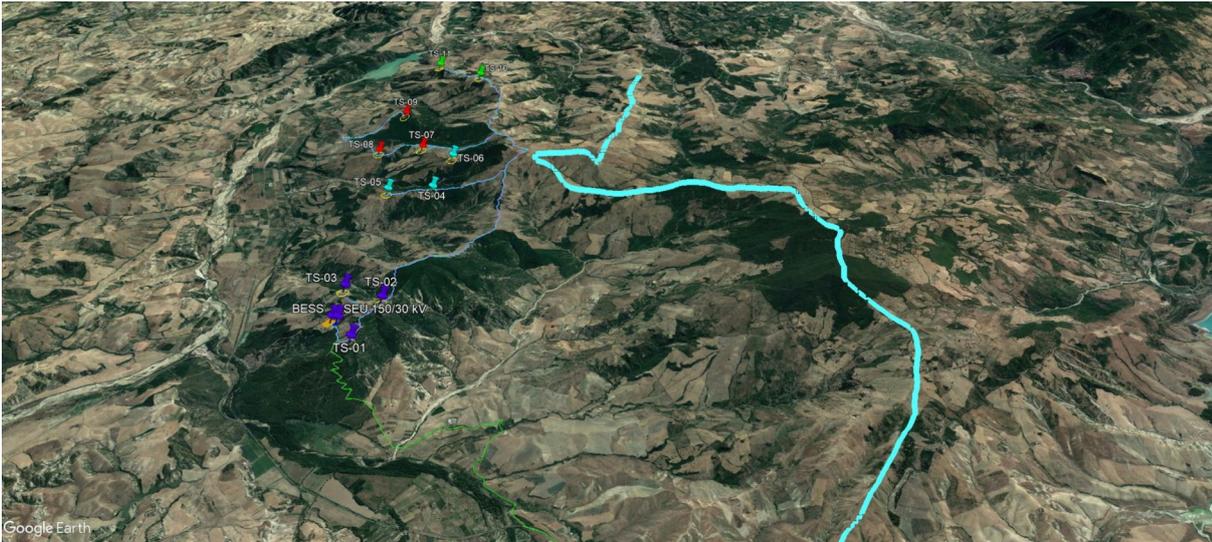
Fig.4: Carta idrogeologica della Regione Basilicata

Sulla base dei rilevamento effettuato in zona e delle caratteristiche geologiche dei litotipi indagati, è possibile affermare che **non vi sono le condizioni necessarie per la formazione ed il mantenimento di una falda freatica**, anche se è possibile intercettare livelli saturi a contatto tra litotipi a differente permeabilità.

Durante l'esecuzione delle indagini geognostiche generali effettuate **non è stata intercettata la falda freatica**; tuttavia in sede di progettazione esecutiva di ogni singolo aerogeneratore, **sarà possibile definire nel dettaglio le condizioni idrauliche di ogni specifico sito, mediante l'installazione di piezometri a tubo aperto** attraverso i quali sarà possibile misurare l'eventuale presenza di circolazione idrica profonda e il suo andamento stagionale.

La dorsale Valsinni-Colobrarò, lungo la quale viene sviluppato il progetto del parco eolico, ha un andamento principale Nord-Sud con quote comprese tra 180 metri s.l.m. e 850 metri s.l.m. (in corrispondenza di Monte Sant'Arcangelo) e si raccorda con le valli alluvionali del Fiume Sinni e del Fiume Agri; **il fiume Agri rappresenta la principale vie di drenaggio della zona**, in cui afferiscono tutti i fossi ed i torrenti che si sviluppano sui versanti esposti a Nord che digradano verso l'alveo attuale del fiume stesso.

**Il parco Eolico Tursi-Sant'Arcangelo appartiene al bacino idrografico del Fiume Agri (vedi Fig.5).**



*Fig.5: Vista da Ovest – Ubicazione Aerogeneratori ed individuazione della linea spartiacque tra il fiume Agri e il fiume Sinni*

## **6. COMPATIBILITÀ CON IL P.A.I. VIGENTE**

Il **P.A.I. (Piano per l'Assetto Idrogeologico) vigente dell'Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata**, individua le aree a rischio esondazione e quelle a rischio frana presenti all'interno dell'area di competenza dell'Autorità stessa.

Dall'analisi della documentazione cartografica risulta che, l'area del parco è interessata diffusamente da aree a rischio idrogeologico, e più precisamente aree a rischio frana (**vedi Tavola 3**) localizzate principalmente negli impluvi; difatti, nelle zone di cresta dove sono ubicati gli aerogeneratori, non si rilevano dissesti con rischio elevato.

**Gli aerogeneratori non sono stati ubicati nelle aree a rischio**, mentre, per limitate porzioni, le piazzole di montaggio interessano tali aree; in fase di esercizio le piazzole saranno ridotte.

Si riportano di seguito per completezza, le indicazioni delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI della Regione Basilicata:

Per il comma 1 dell'Art.11 delle N.T.A. (Norme Tecnica di attuazione) del PAI della Regione Basilicata “sono classificate come aree a rischio idrogeologico elevato ed a pericolosità elevata quelle aree in cui è possibile l'instaurarsi di fenomeni comportanti rischi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici ed alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, l'interruzione delle attività socio-economiche, danni al patrimonio ambientale e culturale

Il comma 3.1 dell'Art.17 definisce quali interventi sono consentiti

- a) gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- b) gli interventi di manutenzione ordinaria (art.3, comma 1, lett.a), D.P.R. 380/2001);
- c) gli interventi di manutenzione straordinaria (art.3, comma 1, lett.b), D.P.R. 380/2001);
- d) gli interventi di restauro e di risanamento conservativo (art.3, comma 1, lett.c), D.P.R. 380/2001);
- e) gli interventi di riparazione, miglioramento e adeguamento sismico;
- f) gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti unicamente per motivate necessità di adeguamento igienicosanitario;
- g) cambiamenti di destinazione d'uso che non comportino aumento delle condizioni di rischio;
- h) gli interventi di sistemazione e manutenzione di superfici scoperte (rampe, recinzioni amovibili, opere a verde che non comportino aumento del carico insediativo);
- i) la realizzazione di strutture amovibili, che non comportino aumento del carico insediativo e delle condizioni di rischio;
- j) la realizzazione di serre temporanee e amovibili.

Per il comma 1 dell'Art.18 delle N.T.A. (Norme Tecnica di attuazione) del PAI della Regione Basilicata “sono classificate come aree a rischio idrogeologico medio ed a pericolosità media quelle aree in cui è possibile l'instaurarsi di fenomeni

comportanti danni minori agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, che non pregiudicano le attività economiche e l'agibilità degli edifici".

Il comma 3.1 dell'Art.18 definisce quali interventi sono consentiti (rimandando al punto 3.1 c.3 Art.17) aggiungendo: "nonché interventi di nuova edificazione, completamento o ampliamento di manufatti esistenti, così come definiti dalla legislazione vigente, realizzati con modalità che non determinano situazioni di pericolosità idrogeologica".

## **7. VINCOLO IDROGEOLOGICO**

Ai sensi del R.D.L. 3267/23, **l'area del Parco Eolico Tursi-Sant'Arcangelo ricade all'interno di una vasta zona interessata dal vincolo idrogeologico.**

La realizzazione delle opere accessorie (strade, piazzole) dovrà prevedere l'utilizzato di terreno granulare, avente buone caratteristiche geotecniche e buona permeabilità, tali da garantire la stabilità delle opere stesse.

Difatti, **l'utilizzo di terreni avente la frazione argillosa predominante sono da sconsigliare** in quanto, nel tempo, non garantiranno la necessaria stabilità alle strade, alle piazzole ed a tutte le opere di ingegneria civile connesse alla realizzazione del parco.

Per queste opere, **si dovranno utilizzare terreni con forte componente granulare (es. misto cava)** che presentano caratteristiche geotecniche affidabili e non modificabili dall'aumento del contenuto in acqua.

Il materiale dovrà essere steso in strati, preferibilmente a mezzo di grader, su un piano di posa ripulito da materiali estranei, approntato al livello previsto dal progetto ed adeguatamente compattato; lo spessore finito dei singoli strati

sciolti dovrà essere compreso tra 10 e 30 cm., in relazione al peso ed alla potenza dei mezzi costipanti impiegati.

Sarà necessario altresì effettuare una **corretta regimazione delle acque superficiali mediante la realizzazione di canali di sgrondamento e di guardia**; le canalizzazioni di raccolta e smaltimento della acque meteoriche potranno essere realizzate mediante canali in terra rivestiti o con tubazioni in pead **avendo particolare cura nell'allontanare il più possibile le acque dai rilevati.**

Laddove le aree di intervento presentino pendenze elevate (superiori ai 10°), potrebbe essere necessario realizzare **opere di contenimento dei rilevati (es.gabbionate), o utilizzare opere di sostegno delle terre (es "terre armate").**

La realizzazione di gabbionate o terre armate presuppone necessariamente l'individuazione di un terreno di fondazione che sia stabile e con buone caratteristiche geotecniche.

Tuttavia **le opere in progetto (aerogeneratori, sottostazioni, cavidotti, piazzole e strade di accesso) non andranno a variare significatamene il regime delle acque di superficie della zona, né ovviamente ad interferire con il regime delle acque sotterranee che, come detto, risultano poco sviluppate.**

### **7.1 Terre e rocce da scavo**

L'art. 186 del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. stabilisce che **le terre e rocce da scavo, destinate all'effettivo utilizzo per reinterri, riempimenti, rilevati e macinati non costituiscono rifiuti** e sono, pertanto, esclusi dall'ambito di applicazione della Parte Quarta del decreto, **nel caso in cui si verificano le seguenti condizioni obbligatorie e contestuali:**

- a) *siano impiegate direttamente nell'ambito di opere o interventi preventivamente individuati e definiti;*
- b) *sin dalla fase della produzione vi sia certezza dell'integrale utilizzo;*
- c) *l'utilizzo integrale della parte destinata a riutilizzo sia tecnicamente possibile senza necessità di preventivo trattamento o di trasformazioni preliminari per soddisfare i requisiti merceologici e di qualità ambientale idonei a garantire che il loro impiego non dia luogo ad emissioni e, più in generale, ad impatti ambientali qualitativamente e quantitativamente diversi da quelli ordinariamente consentiti ed autorizzati per il sito dove sono destinate ad essere utilizzate;*
- d) *sia garantito un elevato livello di tutela ambientale;*
- e) *sia accertato che non provengano da siti contaminati o sottoposti ad interventi di bonifica ai sensi del titolo V della Parte Quarta del decreto;*
- f) *le loro caratteristiche chimiche e chimico-fisiche siano tali che il loro impiego nel sito prescelto non determini rischi per la salute e per la qualità delle matrici ambientali interessate ed avvenga nel rispetto delle norme di tutela delle acque superficiali e sotterranee, della flora, della fauna, degli habitat e delle aree naturali protette. In particolare deve essere dimostrato che il materiale da utilizzare non è contaminato con riferimento alla destinazione d'uso del medesimo, nonché la compatibilità (litologia, granulometria, geomeccanica, etc.) con il sito di destinazione;*
- g) *la certezza del loro integrale utilizzo sia dimostrata.*

Date le caratteristiche granulometriche generali dei terreni che verranno coinvolti dalle opere del **Parco Eolico Tursi-Sant'Arcangelo**, ovvero terreni con prevalenza di matrice argillosa, si dovrà valutare il **possibile il riutilizzo delle stesse per la realizzazione delle piazzole, dei rilevati e delle strade, opportunamente miscelati ai terreni granulari (es. materiale arido tipo A1, A2-4, A2-5, A3).**

Il “Piano di utilizzo”, redatto ai sensi della DPR 120/2017, attesta che i materiali da scavo derivanti dalla realizzazione di opere o attività manutentive saranno utilizzati in un successivo processo di produzione o di utilizzazione (cioè FUORI SITO), da parte del produttore o di terzi purché esplicitamente indicato nel Piano di Utilizzo e in conformità ai disposti di legge (dichiarazione sostitutiva di atto notorio).

**Esso deve indicare il sito che produrrà i materiali da scavo, il sito/i dove questi materiali saranno riutilizzati, la litologia dei materiali scavati, le quantità espresse in m<sup>3</sup>, i percorsi previsti per il trasporto su strada ed eventualmente, i depositi intermedi dei materiali in questione.**

## 8. RISULTATI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE GENERALI

Per la **caratterizzazione geognostica e sismica generale dell'area**, è stata programmata una campagna di indagini che ha compreso l'esecuzione di **n°2 prove penetrometriche DPSH e n°2 stendimenti sismici MASW, eseguiti dalla ditta TOMA ABELE di Matera.**

L'ubicazione delle prove è stata effettuata tenendo conto della posizione degli impianti eolici **in relazione alle autorizzazioni agli accessi nelle aree private dove sono stati posti gli aerogeneratori che in questa fase progettuale non sono state ancora acquisite.**

Id. rilievo	Tipologia di indagine	Lunghezza/ Prof. raggiunta	Coordinate (UTM WGS84)	
		(m)	Est (m)	Nord (m)
TS_DPSH1	Prova Penetrom. (Super Heavy)	8.20	615077.41	4460661.00
TS_DPSH2	Prova Penetrom. (Super Heavy)	6.80	622371.31	4459814.00
TS Masw1	Sismica a tecnica Masw	48.0	618223.00	4461045.00
TS Masw2	Sismica a tecnica Masw	48.0	619468.00	4460053.00

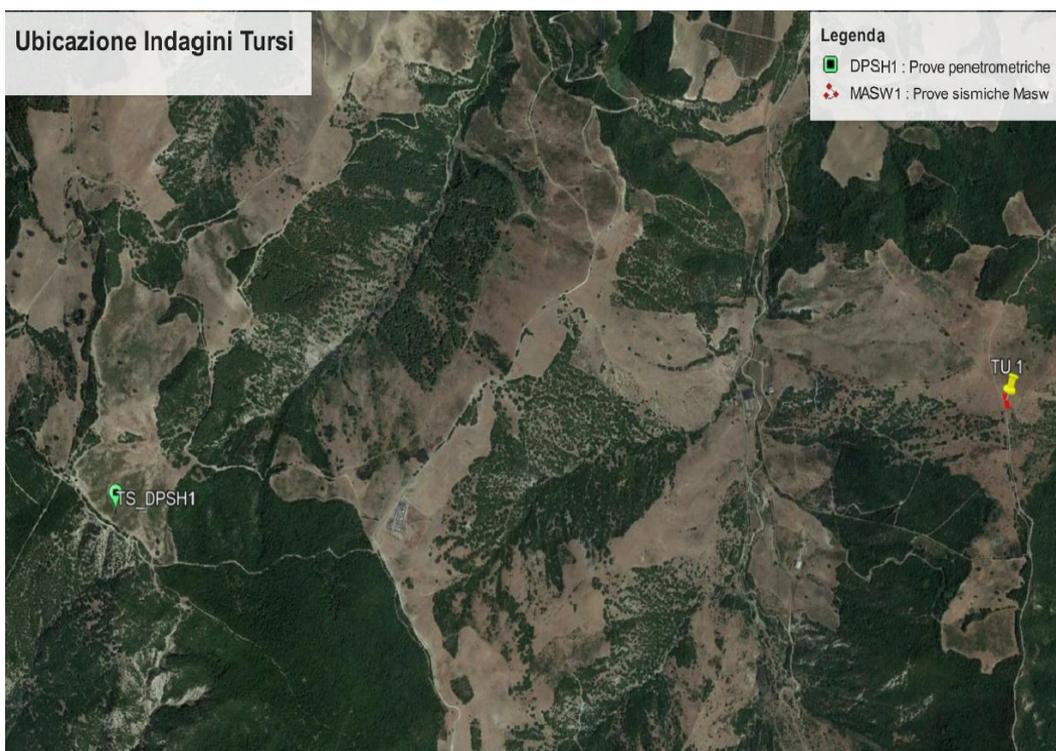


Fig.6a: Ubicazione indagini DPSH e MASW 1

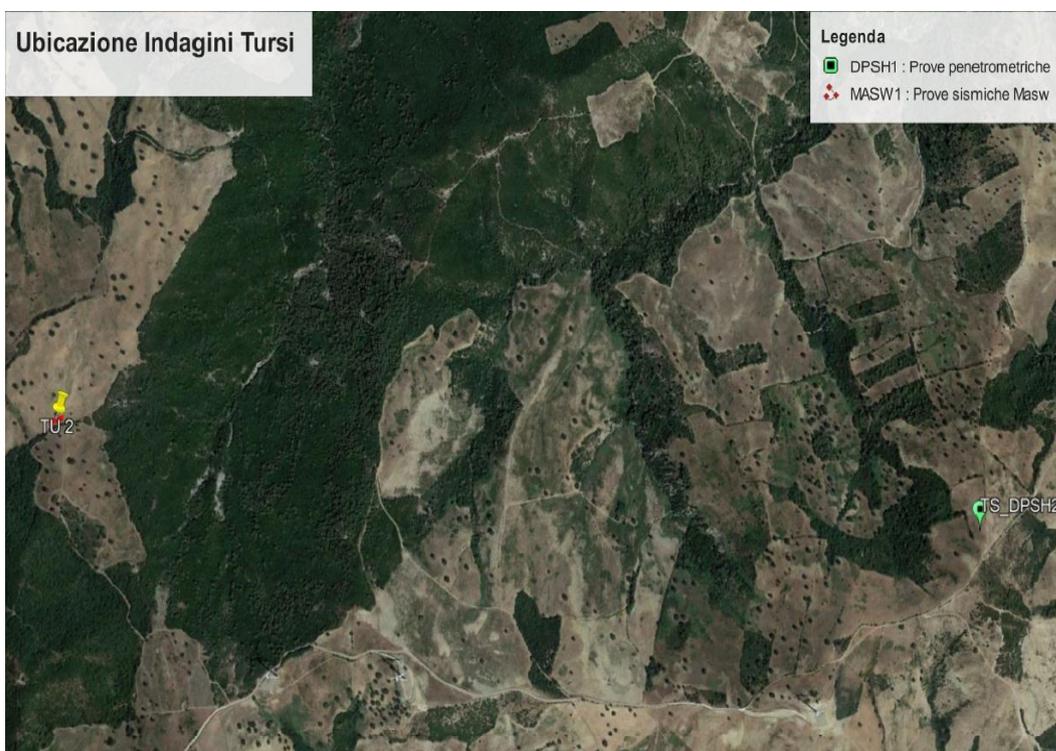


Fig.6b: Ubicazione indagini DPSH e MASW 2

**La prova DPSH1, effettuata in corrispondenza dell'aerogeneratore TS\_02, ha raggiunto la profondità massima di 8,20 metri dal p.c.**

**La prova DPSH2, effettuata in corrispondenza dell'aerogeneratore TS\_10, ha raggiunto la profondità massima di 6,80 metri dal p.c.**

Tali prove sono state effettuate utilizzando un penetrometro PAGANI modello TG 63-200; la prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi d) misurando il numero di colpi N necessari.

L'elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica della prova effettuata, consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo del terreno; l'utilizzo dei dati, sarà finalizzato alla parametrizzazione geotecnica delle unità litotecniche intercettate, ricavate da correlazioni che fanno riferimento a vari autori.

**La MASW1 è stata effettuata in corrispondenza dell'aerogeneratore TS\_10, mentre la MASW2 è stata effettuata nelle vicinanze dell'aerogeneratore TS\_06.**

Lo stendimento sismico multicanale tipo **MASW (Multichannel Spectral Analysis of Surface Waves)** con elaborazione dei dati effettuata ai sensi del *Decreto Ministeriale del 17/01/2018 (Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni)* e della *Circolare n. 7 del 21/01/2019 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici*, **permette di determinare la categoria di suolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_{seq}$ .**

## **9. MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE E PRIME INDICAZIONI SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE**

Le opere in progetto, come detto, interesseranno principalmente 3 litologie di seguito riassunte:

- *Formazione delle argille variegata*
- *Arenarie torbiditiche e tufiti*
- *Calcari e calcari marnosi grigio-chiari o biancastri tipo "maiolica"*

A tali litotipi è **possibile assegnare preliminarmente caratteristiche geotecniche medie** desunte da indagini reperite effettuate in zona, e da dati di bibliografia:

### **1) Formazione delle argille variegata**

$$\gamma = \text{peso di volume} = 2,2 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\phi = \text{angolo di attrito interno} = 40^\circ$$

$$c' = \text{coesione efficace} = 0,22 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Ed = \text{Modulo edometrico} = 120 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Ey = \text{Modulo elastico} = 250 \text{ Kg/cm}^2$$

### **2) Arenarie torbiditiche e tufiti**

$$\gamma = \text{peso di volume} = 2,1 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\phi = \text{angolo di attrito interno} = 25^\circ$$

$$C = \text{resistenza a compressione semplice} = 250 \text{ Kg/cm}^2$$

### **3) Calcari e calcari marnosi grigio-chiari o biancastri tipo "maiolica"**

$$\gamma = \text{peso di volume} = 2,2 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\phi = \text{angolo di attrito interno} = 40^\circ$$

$$C = \text{resistenza a compressione semplice} = 250 \text{ Kg/cm}^2$$

#### 4) Sabbie di Aliano

$$\gamma = \text{peso di volume} = 2,0 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\phi = \text{angolo di attrito interno} = 30^\circ$$

$$c' = \text{coesione efficace} = 0,01 \text{ Kg/cm}^2$$

Inoltre si riportano anche le **caratteristiche medie della coltre colluviale limoso-argilloso-sabbiose** desunte dalle prove preliminari effettuate.

#### 5) Coltre limoso-argilloso-sabbiosa

$$\gamma = \text{peso di volume} = 1,8 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\phi = \text{angolo di attrito interno} = 24^\circ$$

$$c' = \text{coesione efficace} = 0,01 \text{ Kg/cm}^2$$

$$c_u = \text{coesione non drenata} = 0,5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_d = \text{Modulo edometrico} = 80 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_y = \text{Modulo elastico} = 150 \text{ Kg/cm}^2$$

Le formazioni appena descritte, **che rappresentano il substrato geologico di riferimento**, risultano ricoperte da **coltre colluviale limoso-argilloso-sabbiosa**, aventi **caratteristiche geotecniche variabili a seconda delle condizioni idrauliche e morfologiche**.

La scelta della **tipologia di fondazione da utilizzare per gli aerogeneratori, i rilevati e le strutture che compongono le sottostazioni**, è definita preliminarmente a seguito della campagna geognostica generale e sarà approfondita a seguito della campagna geognostica da effettuare per la **progettazione esecutiva**.

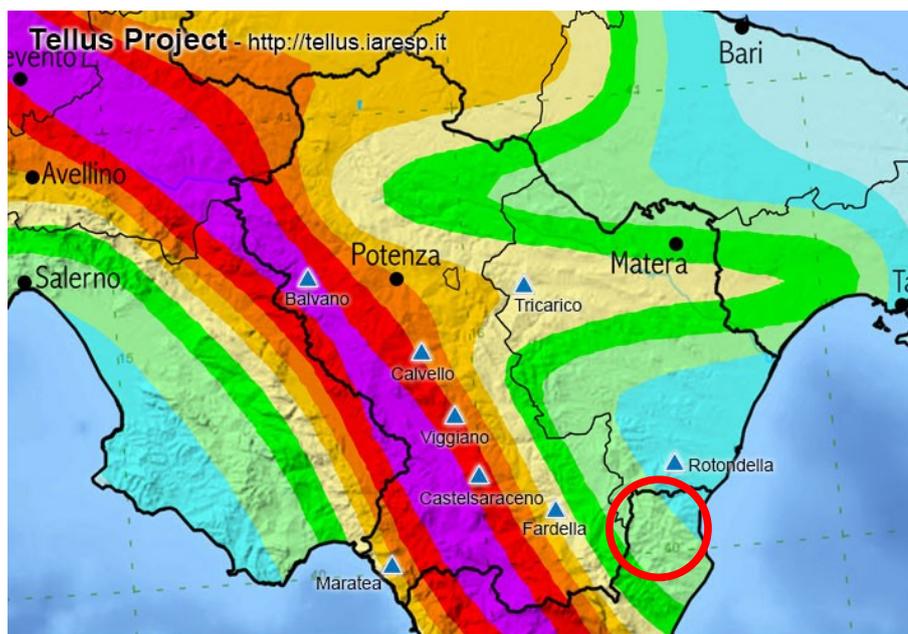
Tuttavia, preliminarmente, è possibile ipotizzare **fondazioni di tipo superficiale** per gli aerogeneratori **che andranno ad interessare direttamente il**

**substrato geologico in condizioni geomorfologiche di stabilità**, mentre per gli aerogeneratori che andranno ad interessare **la coltre colluviale**, soprattutto nelle zone dove sono presenti aree a rischio frana o con pendenza elevata, è consigliabile l'utilizzo di **fondazioni profonde su pali**, intestati nella formazione integra, in modo tale da **superare le coltre colluviale, il cui spessore e le cui caratteristiche geotecniche di dettaglio saranno valutato mediante l'indagine geognostica-geotecnica definitiva**, e trasferire i carichi indotti dalla struttura sul substrato geologico di riferimento.

## 10. MODELLO SISMICO DELLA ZONA

I territori comunali di **Tursi e Aliano** (in Provincia di Matera) e **Sant'Arcangelo** (in Provincia di Potenza) in base all'**Ordinanza P.C.M. del 20 marzo 2003 n.3274**, approvata con **DGR 2000 del 04/11/2003**, sono classificati sismicamente come appartenente alla “**zona 2**”.

Lo studio di pericolosità sismica, adottato con l'**O.P.C.M. del 28 aprile 2006 n. 3519**, attribuisce alle 4 zone sismiche degli intervalli di accelerazione orizzontale del suolo ( $a_g$ ), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni. Nel caso in esame l'accelerazione orizzontale del suolo ( $a_g$ ) risulta essere:



**ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA**

### **Mapa di pericolosità sismica del territorio**

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni  
riferita a suoli rigidi ( $V_s > 800$  m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)

■ < 0.025 g	■ 0.050 - 0.075	■ 0.150 - 0.175	■ 0.250 - 0.275
■ 0.025 - 0.050	■ 0.075 - 0.100	■ 0.175 - 0.200	■ 0.275 - 0.300
■ 0.100 - 0.125	■ 0.125 - 0.150	■ 0.200 - 0.225	■ 0.225 - 0.250

<b>Zona sismica</b>	<b>Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)</b>
1	ag > 0.25
<b>2</b>	<b>0.15 &lt; ag ≤ 0.25</b>
3	0.05 < ag ≤ 0.15
4	ag ≤ 0.05

*Tabella 1 - Tabella dei valori di PGA con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni.*

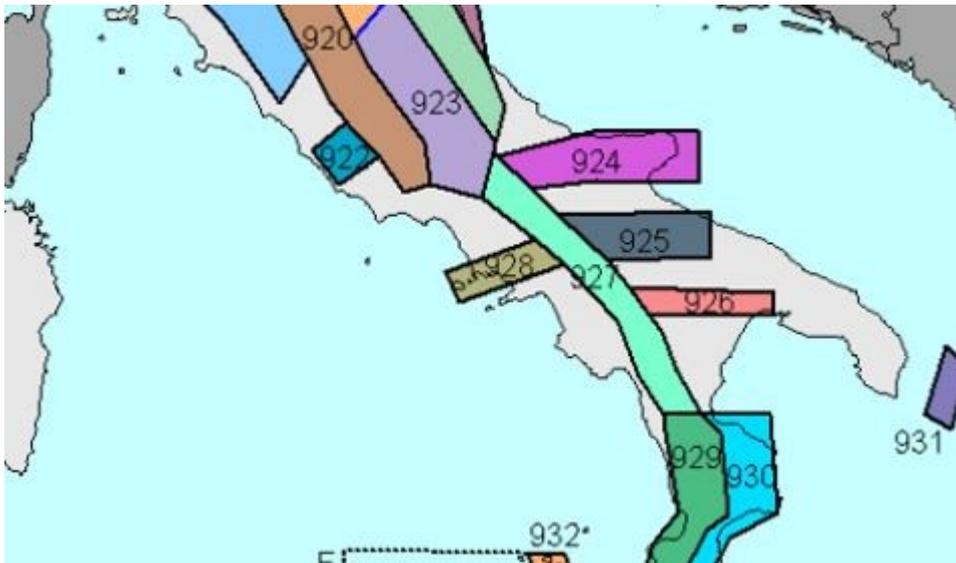
### **10.1 Sismicità storica dell'area**

Di seguito si riporta la sismicità storica dell'area per eventi sismici con Magnitudo ≥ 3,50 riportati nel **“Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - DBMI15”**, consultabile al sito <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>.

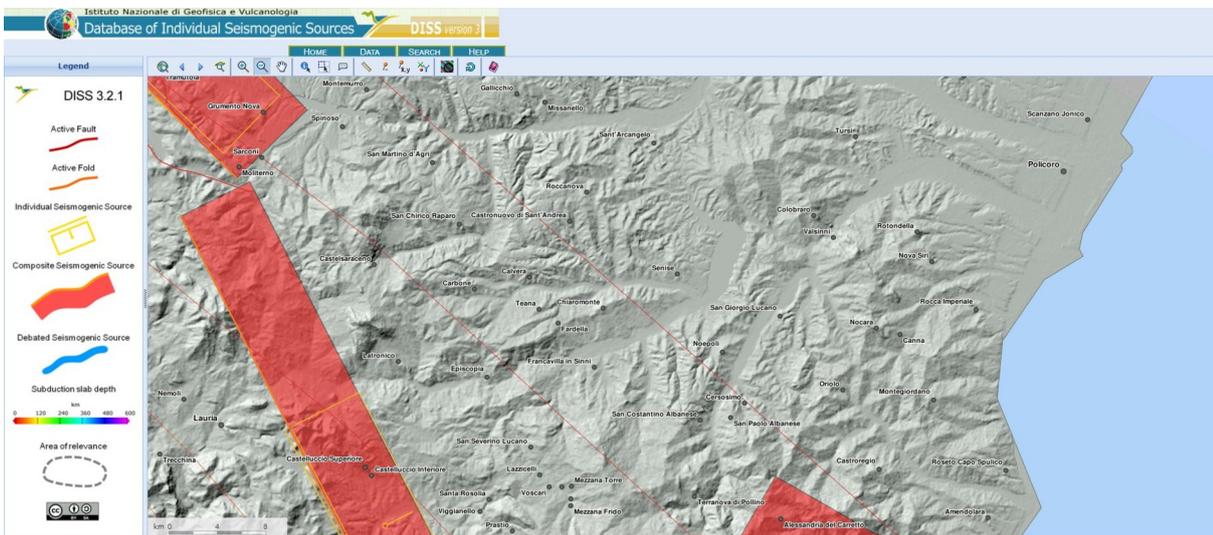
Effetti	In occasione del terremoto del							NMDP	Io	Mw
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale			
8	1857	12	16	21	15		Basilicata	340	11	7.12
F	1905	09	08	01	43		Calabria centrale	895	10-11	6.95
4-5	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
2-3	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7	5.08
NF	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6	4.90
5-6	1988	04	13	21	28	2	Golfo di Taranto	272	6-7	4.86
NF	2006	04	17	02	44	0	Costa calabra settentrionale	135	4-5	4.76
2	1956	01	09	00	44		Materano	45	6	4.72
4	1988	01	08	13	05	4	Pollino	169	7	4.70
NF	1995	05	29	20	44	2	Val d'Agri	103	5	4.18
NF	1991	04	18	19	24	0	Piana di Metaponto	26		4.13
NF	1910	05	28	01	45		Castelsaraceno	19	4-5	3.84

Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>.

Inoltre, si osserva come i comuni interessati dall'intervento **non rientrano nella zonazione sismogenetica ZS9**, secondo la mappa di pericolosità sismica (INGV - C. Meletti e G. Valensise, 2004) e non sono interessati da nessuna sorgente sismogenetica (*vedi Figg. 7 e 8*).



*Fig.7 – Stralcio della Carta della Zonazione Sismogenetica ZS9 (da Meletti e Valensise, 2004, <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>).*



*Fig.8 - Stralcio cartografico del “Database off Individual Seismogenic Sources” (DISS-INGV)*

## **10.2 Determinazione delle categoria di suolo e topografica**

### **Categoria di suolo**

Come previsto dalle NTC 2018 (Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni), per la **stima della pericolosità sismica dell'area, è necessario individuare la categoria di sottosuolo del sito mediante opportune indagini geofisiche.**

Verranno pertanto **effettuate prove sismica del tipo MASW (Multichannel Analysis Surface Wave)** per la determinazione delle  $V_{seq}$ , e prove sismiche a rifrazione.

Il valore di  $V_{seq}$  ricavato dalle prova sismiche eseguite permetterà di assegnare ad ogni area di sedime degli aerogeneratori la rispettiva categoria di sottosuolo evidenziata nella tabella 3.2.II allegata alle N.T.C. e di seguito riportata:

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Dalle indagini sismiche preliminari è **possibile assegnare preliminarmente** alle aree di sedime degli aerogeneratori e delle opere elettriche da realizzare **una categoria di sottosuolo "B"**

Profilo Verticale Vs				Masw 1
Spessore (m)	Profondità (da m)		Vs (m/sec)	Tipo di analisi: Onde di Rayleigh
	(da m)	(a m)		
3.04	0.00	3.04	273	Vs30: 447 m/sec
5.48	3.04	8.52	419	
9.95	8.52	18.47	444	
11.53	18.47	30.00	562	Tipo di Suolo: B

Profilo Verticale Vs				Masw 1
Spessore (m)	Profondità (da m)		Vs (m/sec)	Tipo di analisi: Onde di Rayleigh
	(da m)	(a m)		
2.62	0.00	2.62	187	Vs30: 468 m/sec
4.40	2.62	7.02	306	
7.60	7.02	14.62	507	
12.90	14.62	27.52	737	
2.48	27.52	30.00	784	Tipo di Suolo: B

### Categoria topografica

Per l'assegnazione della categoria topografica si fa riferimento alla tabella 3.2.III (categorie topografiche) allegata alle Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 17/01/2018, di seguito riportata:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

*Tabella 3 (3.2.III)*

**Tranne per gli aerogeneratori TS\_07 e TS\_09 a cui è possibile assegnare una categoria topografica T2, tutte le altre opere da realizzare ricadono in aree a cui è possibile assegnare la categoria topografica T1.**

## **11. PIANO INDAGINI DA EFFETTUARE PER LA PROGETTAZIONE ESECUTIVA DEGLI AEROGENERATORI E DELLE SOTTOSTAZIONI**

Le indagini eseguite, rappresentano una **prima caratterizzazione di massima dei litotipi affioranti all'interno dell'area di progetto.**

Per la progettazione esecutiva dei singoli aerogeneratori, delle rispettive piazzole e stradine di accesso e della sottostazione elettrica, dovranno essere effettuate indagini geognostiche e sismiche, con prove in sito e di laboratorio al fine di caratterizzare dal punto di vista geotecnico l'area di sedime delle opere da realizzare.

Tali prove saranno mirate per la **determinazione delle strutture di fondazione**, per la realizzazione delle eventuali opere di contenimento e per gli studi geologici-geomorfologici e **verifiche di stabilità da effettuare sulle zone interessate da dissesti cartografati nel PAI.**

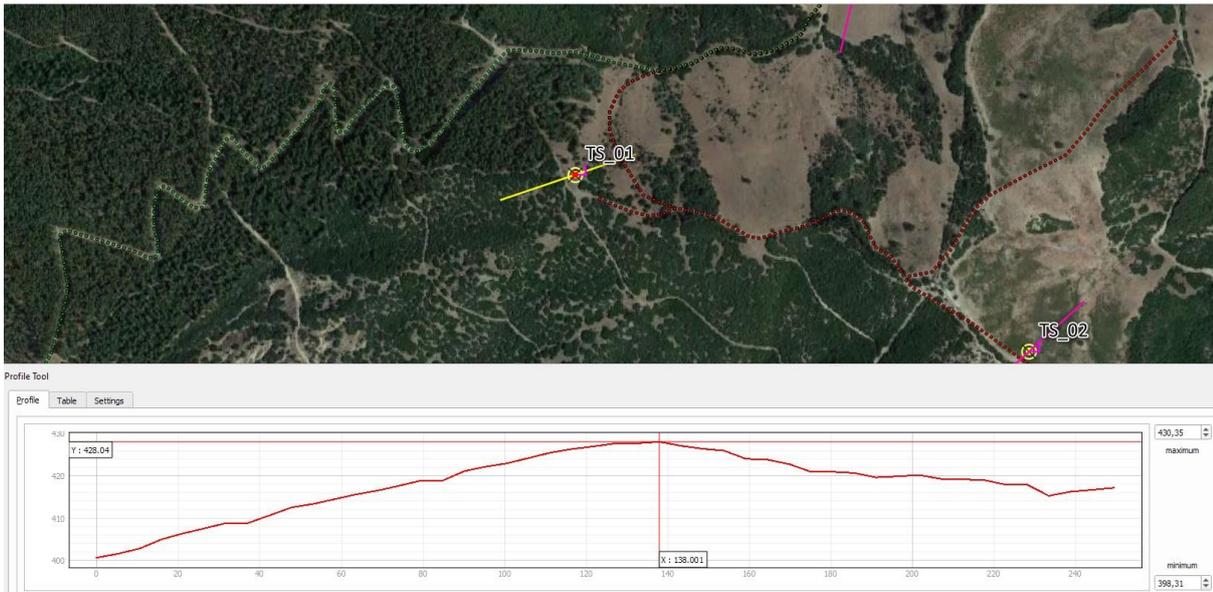
Nello specifico saranno effettuati:

- *Sondaggi geognostici a carotaggio continuo, con prove in S.P.T. in foro e prelievo di campioni;*
- *Prove geotecniche di laboratorio sui campioni prelevati;*
- *Istallazione di piezometri per il rilevamento della falda freatica;*
- *Prove penetrometriche dinamiche DPSH o statiche CPT;*
- *Prove sismiche tipo MASW e Rifrazione;*

## 12. DESCRIZIONE DELLE AREE DI SEDIME DEGLI AEROGENERATORI

Di seguito, viene effettuata una sintetica descrizione delle aree di sedime degli aerogeneratori.

### TS\_01



L'area di sedime dell'aerogeneratore TS\_01 è ubicata alla quota di 428,0 metri s.l.m. in corrispondenza di una dorsale posta in destra idrografica del fosso La Fiumarella, avente direzione Nord-Ovest Sud-Est, avente blande pendenza in corrispondenza del punto di installazione.

ID	Quota slm	Pendenza	Geologia	Presenza di dissesti
TS_01	428,0	3°	Calcari Marnosi	No

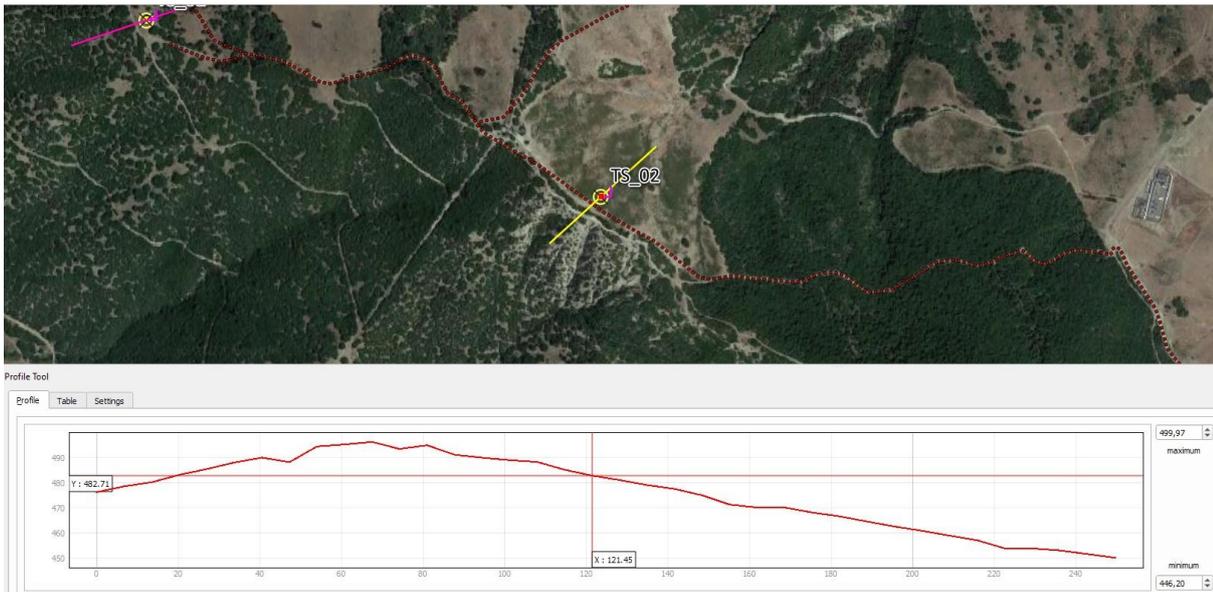
#### Successione stratigrafica sintetica

da 0,00 ÷ a 3,00 m: Coltre colluviale

da 3,00 in poi: Calcari Marnosi

Categoria Topografica "T1" – Categoria di sottosuolo "B"

## TS\_02



L'area di sedime dell'aerogeneratore TS\_02 è ubicata alla quota di 482,70 metri s.l.m. immediatamente a Nord-Est della linea spartiacque che separa i bacini del Fosso Fatatelle a Nord e del Fosso La Fiumarella a Sud, avente una discreta pendenza in corrispondenza del punto di installazione.

ID	Quota slm	Pendenza	Geologia	Presenza di dissesti
TS_02	482,70	12°	Arenarie torbiditiche	Area R1 marginale alla piazzola

### Successione stratigrafica sintetica

da 0,00 ÷ a 3,60 m: Coltre colluviale

da 3,60 in poi: Arenarie torbiditiche

Categoria Topografica "T1" – Categoria di sottosuolo "B"

### TS\_03



L'area di sedime dell'aerogeneratore TS\_03 è ubicata alla quota di 425,15 metri s.l.m. alla sommità di una piccola dorsale avente andamento Nord-Est Sud-Ovest che separa il fosso Fatatelle ed il fosso del Forno.

ID	Quota slm	Pendenza	Geologia	Presenza di dissesti
TS_03	425,15	5°	Argille variegate	Area R1 marginale alla piazzola

#### Successione stratigrafica sintetica

da 0,00 ÷ a 3,60 m: Coltre colluviale

da 3,60 in poi: Argille variegate

Categoria Topografica "T1" – Categoria di sottosuolo "B"

## TS\_04



L'area di sedime dell'aerogeneratore TS\_04 è ubicata alla quota di 436,6 metri s.l.m. su un versante esposto ad Ovest, avente una discreta pendenza in corrispondenza del punto di installazione.

ID	Quota slm	Pendenza	Geologia	Presenza di dissesti
TS_04	436,6	12°	Arenarie torbiditiche	No

### Successione stratigrafica sintetica

da 0,00 ÷ a 8,50 m: Coltre colluviale

da 8,50 in poi: Arenarie torbiditiche

Categoria Topografica "T1" – Categoria di sottosuolo "B"

## TS\_05



L'area di sedime dell'aerogeneratore TS\_05 è ubicata alla quota di 381,0 metri s.l.m. in corrispondenza di una piccola dorsale avente direzione Nord-Sud che divide i bacini del Vallone Tumavoio e del Fosso del Vallo, avente una discreta pendenza in corrispondenza del punto di installazione.

ID	Quota slm	Pendenza	Geologia	Presenza di dissesti
TS_05	381,0	5°	Argille variegata	No

### Successione stratigrafica sintetica

da 0,00 ÷ a 8,50 m: Coltre colluviale

da 8,50 in poi: Argille variegata

Categoria Topografica "T1" – Categoria di sottosuolo "B"

## TS\_06



L'area di sedime dell'aerogeneratore TS\_06 è ubicata alla quota di 479,0 metri s.l.m. in corrispondenza di una piccola dorsale avente direzione Nord-Sud che divide i bacini del Vallone Tumavoio e del Vallone Scannacucco, avente una discreta pendenza in corrispondenza del punto di installazione.

ID	Quota slm	Pendenza	Geologia	Presenza di dissesti
TS_06	479,0	5°	Arenarie torbiditiche	No

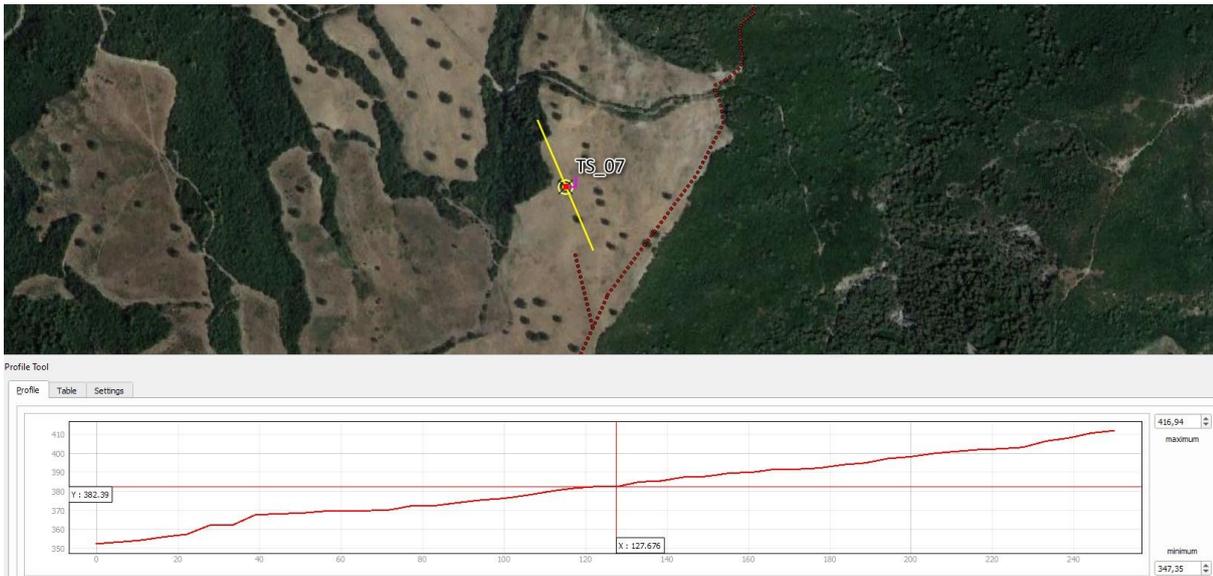
### Successione stratigrafica sintetica

da 0,00 ÷ a 7,00 m: Coltre colluviale

da 7,00 in poi: Arenarie torbiditiche

Categoria Topografica "T1" – Categoria di sottosuolo "B"

## TS\_07



L'area di sedime dell'aerogeneratore TS\_07 è ubicata alla quota di 382,4 metri s.l.m. su un versante esposto ad Ovest, avente una discreta pendenza in corrispondenza del punto di installazione.

ID	Quota slm	Pendenza	Geologia	Presenza di dissesti
TS_07	382,4	15°	Arenarie torbiditiche	Area R3

### Successione stratigrafica sintetica

da 0,00 ÷ a 8,00 m: Coltre colluviale

da 8,00 in poi: Arenarie torbiditiche

Categoria Topografica "T2" – Categoria di sottosuolo "B"

## TS\_08



L'area di sedime dell'aerogeneratore TS\_08 è ubicata alla quota di 331,2 metri s.l.m. in corrispondenza di versante esposto a Est, avente una discreta pendenza in corrispondenza del punto di installazione.

ID	Quota slm	Pendenza	Geologia	Presenza di dissesti
TS_08	331,2	2°	Argille variegata	Area R2 marginale alla piazzola

### Successione stratigrafica sintetica

da 0,00 ÷ a 3,00 m: Coltre colluviale

da 3,00 in poi: Argille variegata

Categoria Topografica "T1" – Categoria di sottosuolo "B"

## TS\_09



L'area di sedime dell'aerogeneratore TS\_09 è ubicata alla quota di 364,8 metri s.l.m. su un versante esposto ad Nord-Ovest, avente una discreta pendenza in corrispondenza del punto di istallazione.

ID	Quota slm	Pendenza	Geologia	Presenza di dissesti
TS_09	364,8	14°	Arenarie torbiditiche	No

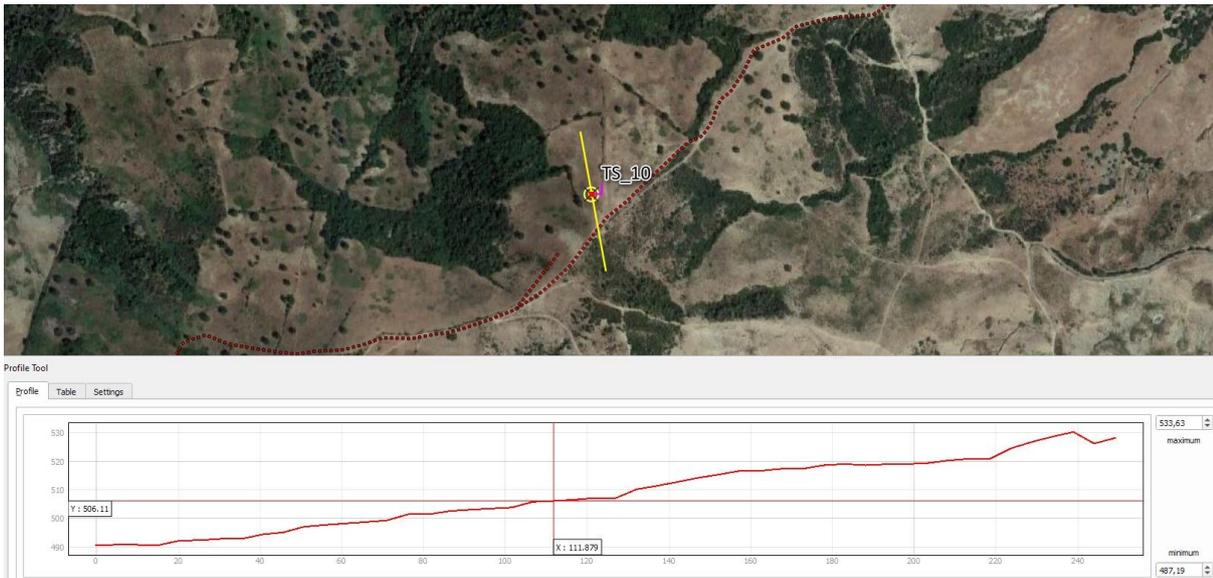
### Successione stratigrafica sintetica

da 0,00 ÷ a 10,00 m: Coltre colluviale

da 10,00 in poi: Arenarie torbiditiche

Categoria Topografica "T2" – Categoria di sottosuolo "B"

## TS\_10



L'area di sedime dell'aerogeneratore TS\_10 è ubicata alla quota di 506,1 metri s.l.m. in corrispondenza di versante esposto a Nord, avente una discreta pendenza in corrispondenza del punto di installazione.

ID	Quota slm	Pendenza	Geologia	Presenza di dissesti
TS_10	506,1	9°	Arenarie torbiditiche	No

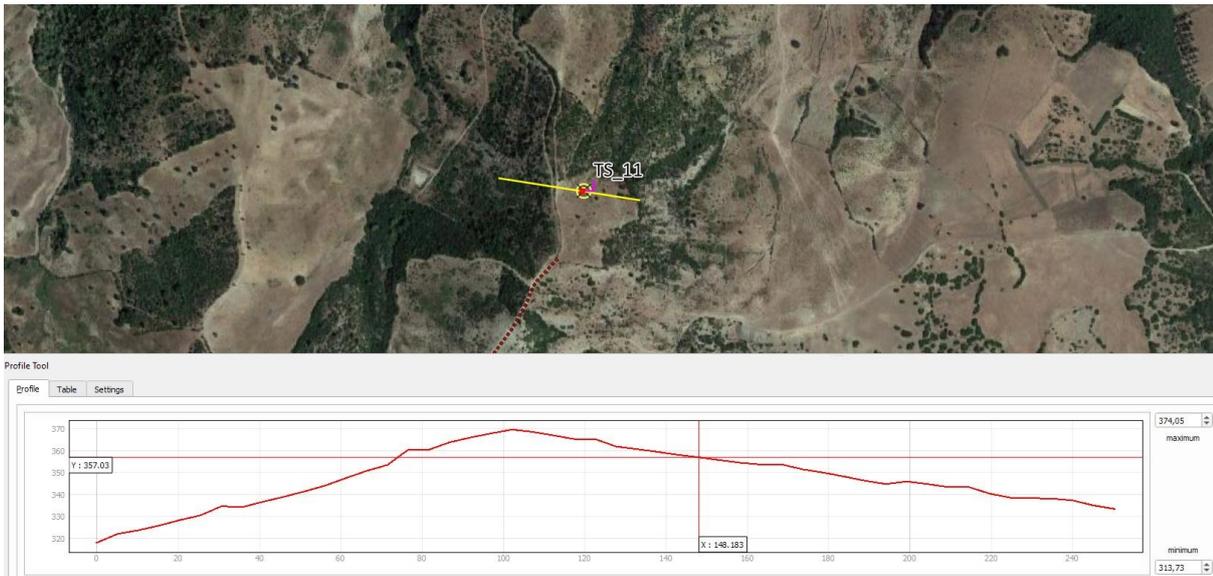
### Successione stratigrafica sintetica

da 0,00 ÷ a 8,00 m: Coltre colluviale

da 8,00 in poi: Arenarie torbiditiche

Categoria Topografica "T1" – Categoria di sottosuolo "B"

## TS\_10



L'area di sedime dell'aerogeneratore TS\_11 è ubicata alla quota di 357,0 metri s.l.m. in corrispondenza di dorsale con andamento Nord-Sud, avente una bassa pendenza in corrispondenza del punto di installazione.

ID	Quota slm	Pendenza	Geologia	Presenza di dissesti
TS_11	357,0	11°	Arenarie torbiditiche	No

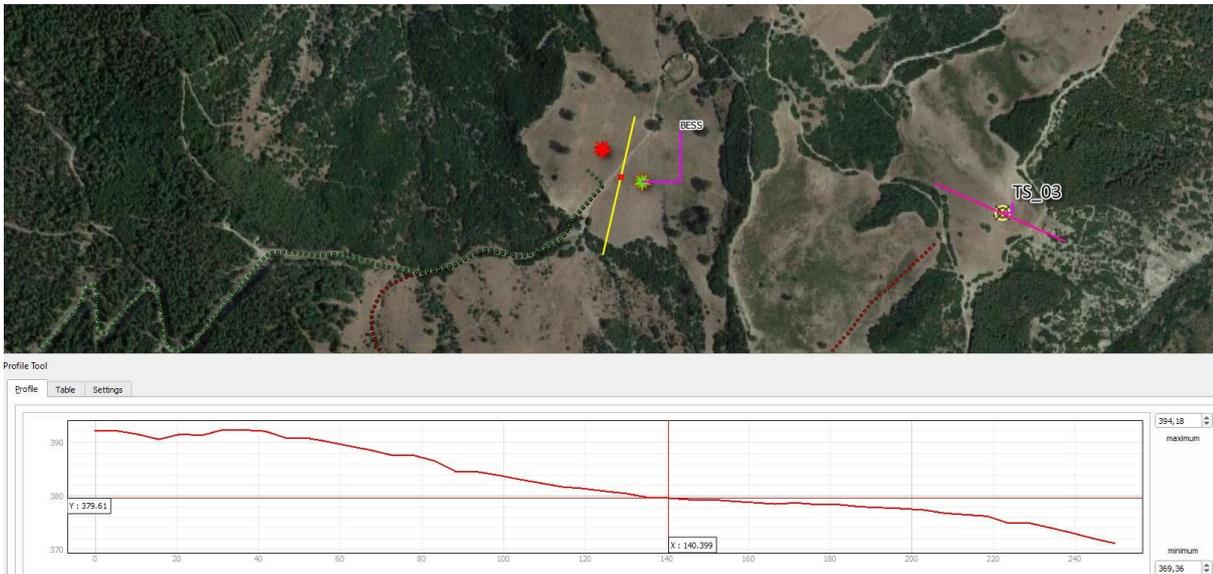
### Successione stratigrafica sintetica

da 0,00 ÷ a 6,20 m: Coltre colluviale

da 6,20 in poi: Arenarie torbiditiche

Categoria Topografica "T1" – Categoria di sottosuolo "B"

## SEU E BESS



L'area di sedime della sottostazione elettrica e della BESS, è ubicata alla quota di 380,0 metri s.l.m. in località "Difesa del Forno", avente una blanda pendenza in corrispondenza del punto di realizzazione.

ID	Quota slm	Pendenza	Geologia	Presenza di dissesti
Sott.	380,0	3°	Tufiti	Area R1 marginale all'area SEU

### Successione stratigrafica sintetica

da 0,00 ÷ a 6,00 m: Coltre colluviale

da 6,00 in poi: Tufiti

Categoria Topografica "T1" – Categoria di sottosuolo "B"

### **13. OPERE ELETTRICHE**

L'energia elettrica prodotta sarà convogliata nella **stazione elettrica di trasformazione (SEU)** e successivamente alla **sottostazione 150Kv (SSE)** (*sita nel comune di Aliano*) mediante cavi interrati.

Tali cavidotti, **interrati ad una profondità non inferiore a 1,5 metri**, saranno infilati all'interno di corrugati di idonea sezione.

Essi andranno ad interessare principalmente carreggiate stradali esistenti, e pertanto ogni lavorazione sarà eseguita nel rispetto delle prescrizioni degli "Enti proprietari" e gestori del tratto di strada interessato.

Laddove le strade si sviluppino sui versanti è consigliabile, compatibilmente con l'ubicazione di altri sottoservizi già presenti, spostare il tracciato del cavidotto lato monte, onde evitare di interessare eventuali terreni di riporto.

Tuttavia, **i tracciati individuati per i cavidotti interrati non interessano aree a rischio idrogeologico** per la quasi totalità; solo per brevissimi tratti attraversano aree a rischio R1, R2 ed R3 che pertanto andranno valutate in fase esecutiva (**vedi Tavola 3**).

## 14. CONCLUSIONI

La **Energy Prime s.r.l.** intende realizzare il **nuovo parco eolico "TURSI-SANT'ARCANGELO"** costituito da **n°11 aerogeneratori** da realizzarsi nei territori comunali di Tursi (MT) e Sant'Arcangelo (PZ).

Sono state effettuate delle indagini per l'inquadramento stratigrafico-geotecnico-sismico generale dei siti di interesse; **i risultati hanno messo in evidenza la presenza del basamento geologico (sabbie di Aliano, tufiti, argilliti e calcari marnosi) ricoperti da una coltre colluviale di spessore variabile.**

Data la morfologia del sito, dovranno essere effettuati movimenti terra, anche di una certa entità, e pertanto sarà necessario:

- curare la **regimazione delle acque superficiali** mediante la realizzazione di canali e fossi di guardia;
- utilizzare **materiali con buone caratteristiche geotecniche** (materiale arido tipo A1, A2-4, A2-5, A3) per la realizzazione di strade e piazzole, mediante eventuale miscelazione con i terreni ottenuti dagli sbancamenti;
- prevedere, laddove necessario, **il contenimento dei rilevati mediante la realizzazione di gabbionate**, opportunamente fondate, o in alternativa terre armate.

La natura geologico-tessiturale dei terreni della zona determina una bassa infiltrazione delle acque meteoriche e di quelle di versante all'interno della coltre colluviale, e non ci sono i presupposti per la formazione ed il

**mantenimento della falda fratica e le strutture di fondazione (pali o fondazioni dirette) non andranno ad interferire con la circolazione idrica profonda.**

Da quanto esposto, è possibile concludere che le caratteristiche morfologiche e geologiche del sito individuato per l'installazione di aerogeneratori, ovvero per la produzione di energia eolica, ben si prestano per la realizzazione di tale opera in quanto:

- *gli spessori della coltre colluviale risultano variabili ma con buone caratteristiche geotecniche mentre il basamento geologico presenta buone caratteristiche geotecniche;*
- *gli elementi del parco che interessano aree in dissesto sono esclusivamente da ricondurre alle opere elettriche (cavidotti) e per brevi tratti;*
- *le opere tutte non andranno a modificare in maniera significativa il regime delle acque superficiali né tanto meno quello profondo in quanto non vi è una falda freatica vera e propria.*

**Dall'indagine geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica condotta sull'area, e tenuto conto delle prescrizioni sopra descritte in fase progettuale, si ritiene preliminarmente che l'opera possa essere realizzata in condizioni di sicurezza geologica, idrogeologica ed idraulica.**

IL GEOLOGO

dott. Pier Luigi Anasparri



Ascoli Piceno, Febbraio 2023

**RISULTATO DELLE INDAGINI EFFETTUATE**

COMMITTENTE :

Ge.co.Dor srl  
Via G. Garibaldi n.15 - Grottaglie (TA)

RIF. LAVORO :

Indagini Geognostiche presso:  
PARCO EOLICO TURSI SANT'ARCANGELO (MT-PZ)

ELABORATO :

## REPORT GEOFISICO

INDAGINI GEOFISICHE - GEOTECNICHE - CARATTERIZZAZIONI AMBIENTALI



[www.progeomatera.it](http://www.progeomatera.it)

Il Direttore Tecnico :

Dr. Geol. G. Michele VIZZIELLO

PROGEO del Dr. Geol. VIZZIELLO G. M.  
Via Piave, n. 4 Tel. 0835/332812  
75100 MATERA  
Cod. Fisc. VZZ GNN 67H15 F062R  
Part. IVA 00577980774

Via La Martella 126 - 75100 MATERA - Tel. 0835/381960

ELENCO ALLEGATI :

- All.1) Planimetria con Ubicazione Indagini;
- All.2) Prove Penetrometriche Dinamiche DPSH;
- All.3) Prospezioni Sismiche a Tecnica Masw (Sismogrammi, Curve di Dispersione, Spettri fx, fv, fk, Vs30);
- All.4) Documentazione Fotografica.

DATA :

Ottobre 2022

Nome File

tipo doc.

derivato da

formato

scala

foglio

di



DR. G.M. VIZZIELLO- INDAGINI GEOFISICHE - IN SITO – CARATTERIZZAZIONI AMBIENTALI  
VIA LA MARTELLA,126 – 75100 MATERA – 0835-381960-261746

## **S o m m a r i o**

<b>1. PREMESSA</b>	<b>2</b>
<b>2. PROVE DPSH (DYNAMIC PENETROMETER SUPER HEAVY)</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Strumentazione utilizzata per le prove DPSH nell'area di indagine</b>	<b>5</b>
<b>3. RILIEVI SISMICI A TECNICA MASW</b>	<b>6</b>
<b>3.1 Cenni Teorici</b>	<b>6</b>
<b>3.2 Acquisizione e Processing dati</b>	<b>7</b>
<b>3.3 Strumentazione Adottata e Trattamento dati</b>	<b>9</b>
<b>3.4 Risultanze del rilievo a Tecnica Masw</b>	<b>10</b>

RIF.: Parco Eolico Tursi Sant'Arcangelo (MT-PZ) - Ge.co.D'Or. s.r.l.

## 1. PREMESSA

Il presente Report riferisce sulle risultanze di una campagna di indagini geognostiche condotta nell'ottobre 2022, su incarico della Soc. Ge.co.D'Or. s.r.l. di Grottaglie (TA), per la realizzazione di un Parco Eolico ubicato nel territorio di Tursi Sant'Arcangelo (MT-PZ).

L'indagine tarata sulla necessità di caratterizzare dal punto di vista stratigrafico, geotecnico, sismico i terreni presenti nell'area in parola, è consistita nella:

- Esecuzione di n. 2 Prove Penetrometriche Dinamiche DPSH (sigla TS\_DPSH1÷ TS\_DPSH2), spinte sino alla profondità del "rifiuto" strumentale (rispettivamente pari a 8.20m e 6.80m da p.c.);
- Esecuzione di n. 2 stendimenti sismici a tecnica MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*), di lunghezza pari a 48 ml/cad. (sigla: TS\_Masw1÷ TS\_Masw2), condotti nelle aree indicate in planimetria.

Le coordinate dei punti di indagine sono state rilevate con strumentazione GPS portatile e, insieme alle caratteristiche salienti, sono riportate nella tabella che segue:

Id. rilievo	Tipologia di indagine	Lunghezza/ Prof. raggiunta	Coordinate (UTM WGS84)	
		(ml)	Est (m)	Nord (m)
TS_DPSH1	Prova Penetrom. (Super Heavy)	8.20	615077.41	4460661.00
TS_DPSH2	Prova Penetrom. (Super Heavy)	6.80	622371.31	4459814.00
TS Masw1	Sismica a tecnica Masw	48.0	618223.00	4461045.00
TS Masw2	Sismica a tecnica Masw	48.0	619468.00	4460053.00

**Tab.2)** Coordinate e caratteristiche salienti dei rilievi condotti

Tutte le attività di indagine sono state seguite da ns. tecnici abilitati di comprovata esperienza nel settore specifico, sotto la continua supervisione di tecnici della Committenza.

Nello svolgimento delle attività, si è tenuto conto della documentazione tecnica messa a disposizione dalla Committente e dei risultati dei sopralluoghi effettuati sul sito; eventuali variazioni condotte nell'indagine di campo rispetto alle specifiche tecniche di partenza, sono state preventivamente concordate con la D.L. e la Committente.

RIF.: Parco Eolico Tursi Sant'Arcangelo (MT-PZ) - Ge.co.D'Or. s.r.l.



## 2. PROVE DPSH (Dynamic Penetrometer Super Heavy)

Nel Parco Eolico in parola, sono stati effettuati n°2 Prove Penetrometriche Dinamiche DPSH; tali prove consentono di associare ad una rapida esecuzione delle stesse, la possibilità di ricavare i parametri geotecnici utili per il calcolo del carico ammissibile tramite correlazione con il numero dei colpi N necessario ad infiggere nel terreno 20 cm d'asta.

Il principio generale di interpretazione è così articolato:

- 1 – differenziazione/identificazione nella totalità della prova delle unità litostratigrafiche, evidenziate dall'andamento dei valori dei colpi di avanzamento
- 2 - definizione di un valore numerico VCA (valore caratteristico assunto) relativo ad ogni singolo strato che caratterizzi il singolo intervallo (media, valore minimo, medio/minimo ecc.)
- 3 - correzione di questi valori (uno per ogni intervallo identificato) con un valore numerico b (Coefficiente di correlazione SPT). Questa correzione permette di correlare i risultati ottenuti con il penetrometro, con la modalità di esecuzione della prova SPT.

Il motivo di ciò nasce dal fatto che della prova Standard Penetration Test si hanno abbondanti informazioni sul riconoscimento litologico e sulla definizione dei parametri geotecnici.

- 4 - attribuzione dei parametri geotecnici ai singoli intervalli identificati dal nuovo valore dei colpi corretto.

I valori misurati nel corso della prova sono elaborati statisticamente.

Con le prove condotte, si è potuta determinare la stratigrafia tipo dell'area, copertura superficiale e caratteristiche fisico-meccaniche.

Le prove condotte nell'area di interesse, sono stati realizzate con un penetrometro dinamico autoguidato mod. pagani TG63-200 le cui caratteristiche sono riassunte in una tabella riportata nelle pagine che seguono.

Per quanto riguarda le caratteristiche fisico-meccaniche del terreno investigato dai sondaggi penetrometrici, in allegato è riportata l'analisi di ciascuna prova, con il valore del numero di colpi ed il relativo grafico inoltre sono state ricavate e riportate in grafico, seppure a titolo indicativo le



principali caratteristiche geotecniche e litologia, o meglio la restituzione dei parametri geotecnici in base all' SPT, in particolare si è determinato il Numero colpi SPT, valore che si sarebbe ottenuto effettuando una prova SPT in quel banco; la Densità relativa %, secondo Terzaghi e Peck (1948,1967); l' Angolo di Attrito Efficace secondo Peck e Hanson (1953,1974); il Modulo di deformazione drenato secondo D'Appollonia (1970); il Peso di volume saturo per granulari Terzaghi e Peck (1948,1967); il Peso di volume secco per granulari Terzaghi e Peck (1948,1967); per i litotipi coesivi la Coesione non drenata Terzaghi e Peck (1948,1967);il Peso di volume saturo per coesivi Bowles, Terzaghi e Peck (1982,1948,1967); il Contenuto in acqua % Bowles, Terzaghi e Peck (1982,1948,1967) ed infine l' Indice dei vuoti Bowles, Terzaghi e Peck (1982,1948,1967). La restituzione dei parametri geotecnici è stata fatta sia come terreni granulari che granulari-coesivi, si dovrà far riferimento ai parametri che rispecchiano la natura della litologia.

L'indicazione della litologia di riferimento è indicativa in quanto basata sulla forma dell'istogramma.

La seguente associazione di Dr ai vari stati di addensamento, dovuta a Gibbs e Holtz, permette di inquadrare il grado di addensamento del terreno:

N < 4	=	molto sciolto	N 4-10	=	sciolto
N 10-30	=	medio	N 30-50	=	denso
N > 50	=	molto addensato			

## 2.1 Strumentazione utilizzata per le prove DPSH nell'area di indagine

Si riportano di seguito le caratteristiche tecniche del penetrometro utilizzato nel corso della presente campagna geognostica, unità di misura e principali formule di valutazione:

### PENETROMETRO DINAMICO IN USO : TG 63-200

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

### CARATTERISTICHE TECNICHE : TG 63-200

PESO MASSA BATTENTE	M = 63.50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0.75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	M <sub>s</sub> = 0.00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 50.50 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20.00 cm <sup>2</sup>
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	L <sub>a</sub> = 1.00 m
PESO ASTE PER METRO	M <sub>a</sub> = 6.31 kg
PROF. GIUNZIONE 1 <sup>a</sup> ASTA	P <sub>1</sub> = 0.80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0.20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) ⇒ Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	SI
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A $\delta$ ) = 11.91 kg/cm <sup>2</sup> ( prova SPT : Q <sub>spt</sub> = 7.83 kg/cm <sup>2</sup> )
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1.521$ ( teoricamente : N <sub>spt</sub> = $\beta_t$ N )



Fig.1) Penetrometro TG 63-200

Valutazione resistenza dinamica alla punta R<sub>pd</sub> [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

R<sub>pd</sub> = resistenza dinamica punta [ area A]                      M = peso massa battente (altezza caduta H)  
e = infissione per colpo =  $\delta / N$                                       P = peso totale aste e sistema battuta

#### UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm <sup>2</sup> = 0.098067 MPa
1 MPa = 1 MN/m <sup>2</sup> = 10.197 kg/cm <sup>2</sup>
1 bar = 1.0197 kg/cm <sup>2</sup> = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg



### 3 RILIEVI SISMICI A TECNICA MASW

La risposta sismica locale dell'area di interesse, ai sensi della normativa sismica vigente (NTC 2018 – DM 17 gennaio 2008), è stata valutata con Tecnica MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*), ottenendo il profilo verticale medio delle Vs nel baricentro delle linee sismiche a sigla: TS\_Masw1÷TS\_Masw2.

#### 3.1 Cenni Teorici

La tecnica MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*), consente di fornire un profilo verticale medio delle Vs relative al volume di sottosuolo sotteso dallo stendimento operato.

Tale profilo verticale delle Vs viene ricavato per inversione o per modellizzazione diretta della velocità di fase delle onde di superficie (Rayleigh).

Le onde di Rayleigh costituiscono un particolare tipo di onde di superficie che si trasmettono sulla superficie libera di un mezzo isotropo ed omogeneo, e sono il risultato dell'interferenza tra onde P ed onde Sv (onde di taglio verticali).

In un mezzo stratificato, tali onde sono di tipo guidato e dispersivo.

La dispersione è una deformazione di un treno d'onde dovuta ad una variazione di propagazione di velocità con la frequenza.

Le componenti con frequenza minore, penetrano più in profondità rispetto a quelle a frequenza maggiore, per un dato modo, e presentano normalmente più elevate velocità di fase.

Il profilo di velocità onde di Rayleigh ( $V_{\text{fase}}/\text{frequenza}$ ), può essere convertito nel profilo Vs/profondità. Il metodo SASW (Nazarian e Stokoe, 1984) utilizza una sorgente attiva e due sismometri da 1Hz polarizzati verticalmente spazati da 1m sino a 500m; le Vs sono ricavate dallo studio delle velocità di fase delle onde di Rayleigh.

Tali velocità di fase sono ricavate per confronto diretto degli spettri d'ampiezza e fase di ciascuna coppia di sismometri, ottenuti istantaneamente in sito tramite un oscilloscopio che esegue una trasformata veloce di Fourier; l'interpretazione è svolta nel dominio delle frequenze, e si suppone



che gli arrivi più energetici appartengano al treno d'onde di Rayleigh.

In ambienti rumorosi, la metodologia SASW non porta sempre a risultati soddisfacenti per il fatto che, nel dominio delle frequenze non è possibile separare le onde di Rayleigh da quelle di altra natura.

Il metodo MASW (Park et al., 1999) è stato sviluppato in parte per superare le difficoltà del metodo SASW in ambienti rumorosi.

Viene effettuata infatti una registrazione simultanea di 12 o più canali, che fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalorata la veridicità.

In questo caso la interpretazione e salvataggio dati nel dominio temporale, consente di separare le onde di Rayleigh presenti nelle acquisizioni (caratterizzate normalmente da elevata ampiezza di segnale); si stima che circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si tramuta in onde di superficie.

L'analisi spettrale detta "*overtone analysis*", produce un grafico Velocità di fase-frequenza in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie sul quale effettuare il *picking* della curva di dispersione, ed ottenere per successiva inversione il profilo 1-D delle Vs. La tecnica prevede inoltre di eseguire misure ripetute spostandosi nella direzione di allineamento dello stendimento.

### **3.2 Acquisizione e Processing dati**

L'analisi mediante tecnica MASW, è stata effettuata registrando onde di superficie (sorgente attiva-massa battente) registrando i dati sismici (*common-shot gathers*) mediante array lineare di 24 geofoni (bassa frequenza: 4.5 Hz) su n.3 tracce da 1 sec/cad, con geofoni distanziati con passo 2.0m e offset variabile 2-5-10m.

Si sono registrate su n. 24 canali, onde con range di frequenza 2-30Hz, che in condizioni ottimali offrono dettagliate informazioni sulla ricostruzione del profilo Vs in profondità.

Dopo aver caricato il *dataset* di campo, si è determinato tramite software dedicato lo spettro di

velocità (diagramma Velocità/Frequenza).

Nello spettro di velocità  $v-f$  sono visualizzati gli andamenti con evidente coerenza di fase e potenza significativa che consentono di riconoscere in modo “visivo” le onde di Rayleigh che hanno carattere dispersivo (Modo Fondamentale), rispetto a quelle (onde Rayleigh di ordine superiore, onde di pressione, suono e rumore incoerente) che hanno altri Modi e tipi di onde (Modo superiore – *Aliasing spaziale*).

Si è eseguito il picking (Modo Fondamentale) della curva di dispersione; tali valori sono stati poi plottati su un diagramma *velocità-frequenza*, per l’analisi della curva di dispersione ed ottimizzazione del modello diretto monodimensionale di  $V_s$ . Negli elaborati prodotti sono stati riportati oltre al sismogramma prescelto per l’inversione, i seguenti spettri:

- **Spettro FX**: proviene da una FFT 2D applicata all'intero sismogramma, considerando il valore assoluto delle frequenze positive.

La figura viene mostrata in un sistema distanza -frequenza. Analizzando lo spettro è possibile comprendere a quali frequenze è situato l'impulso di energia e se al segnale è sovrapposto del *noise*.

- **Spettro FK** : proviene da una FFT 2D applicata all'intero sismogramma medio, considerando il valore assoluto delle frequenze positive.

La figura viene mostrata in un sistema numero d'onda-frequenza. Da tale spettro è possibile estrarre la curva di dispersione sperimentale.

- **Spettro FV** : proviene da una FFT 2D applicata all'intero sismogramma, considerando il valore assoluto delle frequenze positive.

La figura viene mostrata in un sistema frequenza-velocità. Anche da tale spettro è possibile estrarre la curva di dispersione sperimentale.

### 3.3 Strumentazione Adottata e Trattamento dati

#### - Tecnica MASW:

--Sismografo Mod. **Geode Geometrics** : acquisizione con risoluzione di 24 bit, con 24 canali con segnale digitale memorizzato direttamente sullo strumento; trasferimento dati su PC;

#### **Geode Ultra-Light Exploration Seismograph**



Fig.2) Sismografo GEODE (Geometrics USA)

#### **Caratteristiche Tecniche:**

Ultra Light-weight: 3.6 kg

Expandable:\* Available with 3 to 24 channels per module; connect more modules to build low cost distributed systems up to 1000 channels.

Unmatched Specifications: 24 bit, ultra-high resolution 20 kHz bandwidth (8 to 0.02 ms sampling), low distortion (0.0005%), low noise (0.2uV), stacking accuracy (1/32 of sample interval).

-Apparato di ricezione (per Sismica di Superficie in onda S): 24 geofoni marca OYO-GEOSPACE 4.5 Hz con time break sincrono con la sorgente di energia (starter);

-Sorgente di Energia (per Sismica di Superficie in onda P tipo "Hammer Blow" da 8 Kg che impatta su una piastra in lega d'acciaio (onda P);

-Trattamento dati (per Sismica di Superficie): display sismogrammi, *processing* dei dati SEG-Y,

RIF.: Parco Eolico Tursi Sant'Arcangelo (MT-PZ) - Ge.co.D'Or. s.r.l.

calcolo dello spettro di velocità per ogni traccia acquisita, effettuazione del *picking* della curva di dispersione, plottaggio su un diagramma periodo-velocità di fase, ottimizzazione del modello diretto di velocità delle onde di taglio: softwares:

winMASW 4.0 (Eliosoft); SWAN 1.4 (GeoStudi Astier Srl).

### 3.4 Risultanze del rilievo a Tecnica Masw

Nell'analisi delle velocità delle onde di taglio rilevate con tecnica Masw nelle varie aree del sito di interesse, si è considerato un numero di strati (n. 4-5) adeguato ad effettuare il miglior *fitting* delle curve di dispersione.

Le velocità delle onde di taglio lette lungo le verticali considerate, hanno evidenziato un andamento di velocità con la profondità che rispecchia i particolari assetti stratigrafici presenti nelle varie aree di indagine.

Nell'area di interesse, si è valutato il parametro  $V_{seq}/V_{s30}$  e riportato nelle tabelle che seguono:

Profilo Verticale Vs				Masw 1
Spessore (m)	Profondità (da m)	(a m)	Vs (m/sec)	Tipo di analisi: Onde di Rayleigh
3.04	0.00	3.04	273	Vs30: 447 m/sec
5.48	3.04	8.52	419	
9.95	8.52	18.47	444	
11.53	18.47	30.00	562	Tipo di Suolo: B

Profilo Verticale Vs				Masw 1
Spessore (m)	Profondità (da m)	(a m)	Vs (m/sec)	Tipo di analisi: Onde di Rayleigh
2.62	0.00	2.62	187	Vs30: 468 m/sec
4.40	2.62	7.02	306	
7.60	7.02	14.62	507	
12.90	14.62	27.52	737	
2.48	27.52	30.00	784	Tipo di Suolo: B



DR. G.M. VIZZIELLO- INDAGINI GEOFISICHE - IN SITO – CARATTERIZZAZIONI AMBIENTALI  
VIA LA MARTELLA,126 – 75100 MATERA – 0835-381960-261746

I suoli presenti nel Parco Eolico in parola (v. **Tabella 3.2.II\_NTC2018** - Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato), rientrano nella cat. **B** di cui alle NTC vigenti.

\*\* Ciò chiarito, per le tipologie di rilievo effettuate, si rimanda agli elaborati specifici prodotti, per una più approfondita analisi dello studio condotto.

Matera, Ottobre 2022

**Elenco Allegati:**

- All.1) Planimetria con Ubicazione Indagini;
- All.2) Prove Penetrometriche Dinamiche DPSH;
- All.3) Prospezioni Sismiche a Tecnica Masw (Sismogrammi, Curve di Dispersione, Spettri  $f_x$ ,  $f_v$ ,  $f_k$ ,  $V_s30$ );
- All.4) Documentazione Fotografica.

RIF.: Parco Eolico Tursi Sant'Arcangelo (MT-PZ) - Ge.co.D'Or. s.r.l.



DR. G.M. VIZZIELLO- INDAGINI GEOFISICHE - IN SITO - CARATTERIZZAZIONI AMBIENTALI  
VIA LA MARTELLA,126 - 75100 MATERA - 0835-381960-261746

### **All.1) Planimetria con Ubicazione Indagini;**

RIF.: Parco Eolico Tursi Sant'Arcangelo (MT-PZ) - Ge.co.D'Or. s.r.l.

# Ubicazione Indagini Tursi

## Legenda

-  DPSH1 : Prove penetrometriche
-  MASW1 : Prove sismiche Masw

TS\_DPSH1

TU 1



# Ubicazione Indagini Tursi

## Legenda

-  DPSH1 : Prove penetrometriche
-  MASW1 : Prove sismiche Masw

TU 2

TS\_DPSH2





DR. G.M. VIZZIELLO- INDAGINI GEOFISICHE - IN SITO - CARATTERIZZAZIONI AMBIENTALI  
VIA LA MARTELLA,126 - 75100 MATERA - 0835-381960-261746

## **All.2) Prove Penetrometriche Dinamiche DPSH;**

RIF.: Parco Eolico Tursi Sant'Arcangelo (MT-PZ) - Ge.co.D'Or. s.r.l.



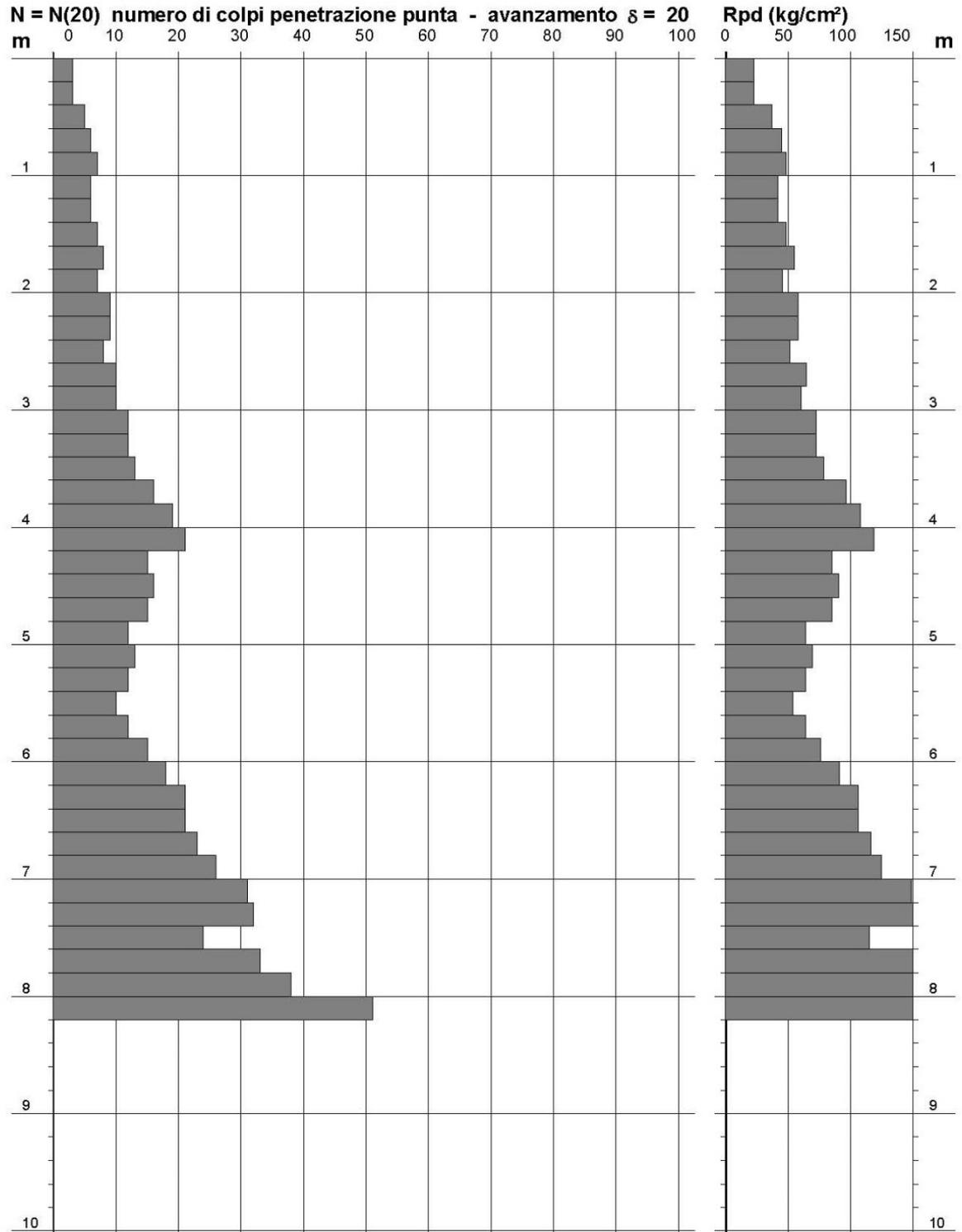
Riferimento: TS\_DPSH1

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

Scala 1: 50

- committente : Ge.Co.D'Or.  
 - lavoro : Indagini geofisiche e penetrometriche...  
 - località : TURSI  
 - note :

- data : 17/10/2022  
 - quota inizio : p.c.  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1





## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- committente : Ge.Co.D'Or.	- data : 17/10/2022
- lavoro : Indagini geofisiche e penetrometriche....	- quota inizio : p.c.
- località : TURSI	- prof. falda : Falda non rilevata
- note :	- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	3	22,3	----	1	4,20 - 4,40	15	84,9	----	5
0,20 - 0,40	3	22,3	----	1	4,40 - 4,60	16	90,6	----	5
0,40 - 0,60	5	37,2	----	1	4,60 - 4,80	15	84,9	----	5
0,60 - 0,80	6	44,7	----	1	4,80 - 5,00	12	64,1	----	6
0,80 - 1,00	7	48,3	----	2	5,00 - 5,20	13	69,5	----	6
1,00 - 1,20	6	41,4	----	2	5,20 - 5,40	12	64,1	----	6
1,20 - 1,40	6	41,4	----	2	5,40 - 5,60	10	53,4	----	6
1,40 - 1,60	7	48,3	----	2	5,60 - 5,80	12	64,1	----	6
1,60 - 1,80	8	55,2	----	2	5,80 - 6,00	15	75,9	----	7
1,80 - 2,00	7	45,0	----	3	6,00 - 6,20	18	91,0	----	7
2,00 - 2,20	9	57,9	----	3	6,20 - 6,40	21	106,2	----	7
2,20 - 2,40	9	57,9	----	3	6,40 - 6,60	21	106,2	----	7
2,40 - 2,60	8	51,5	----	3	6,60 - 6,80	23	116,3	----	7
2,60 - 2,80	10	64,3	----	3	6,80 - 7,00	26	124,8	----	8
2,80 - 3,00	10	60,2	----	4	7,00 - 7,20	31	148,8	----	8
3,00 - 3,20	12	72,3	----	4	7,20 - 7,40	32	153,6	----	8
3,20 - 3,40	12	72,3	----	4	7,40 - 7,60	24	115,2	----	8
3,40 - 3,60	13	78,3	----	4	7,60 - 7,80	33	158,4	----	8
3,60 - 3,80	16	96,4	----	4	7,80 - 8,00	38	173,6	----	9
3,80 - 4,00	19	107,6	----	5	8,00 - 8,20	51	233,0	----	9
4,00 - 4,20	21	118,9	----	5					

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s				M+s
1	0,00	0,40	N	3,0	3	3	3,0	----	----	----	3	1,52	5
			Rpd	22,3	22	22	22,3	----	----	----			
2	0,40	3,60	N	8,4	5	13	6,7	2,4	6,0	10,9	8	1,52	12
			Rpd	54,8	37	78	46,0	12,3	42,5	67,1			
3	3,60	6,20	N	14,9	10	21	12,5	3,1	11,8	18,1	15	1,52	23
			Rpd	82,0	53	119	67,7	19,1	62,9	101,0			
4	6,20	8,20	N	30,0	21	51	25,5	9,3	20,7	39,3	30	1,52	46
			Rpd	143,6	106	233	124,9	39,4	104,3	183,0			

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento = 20 cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico = 1,52)    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento = 20 cm)

### Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof. (m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE				NATURA COESIVA				
					DR	φ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0,00	0,40	Coltre superficiale	5	18.3	23.7	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061
2	0,40	3,60	Argilla Limosa	12	38.0	28.4	284	1.94	1.52	0.75	1.92	31	0.842
3	3,60	6,20	Argilla Limosa	23	54.5	33.6	369	2.01	1.62	1.44	2.06	23	0.610
4	6,20	8,20	Litoide	46	81.0	40.0	546	2.13	1.82	2.88	2.33	10	0.274

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento = 30 cm)

DR % = densità relativa    φ' (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **EMILIA (20)**

- M (massa battente) = **63,50 kg**    - H (altezza caduta) = **0,75 m**    - A (area punta) = **20,00 cm<sup>2</sup>**    - D (diam. punta) = **50,50 mm**

- Numero Colpi Punta N = **N(20)** [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

# TURSI TS\_DPSH1



Verso nord



Verso sud- ovest



postazione



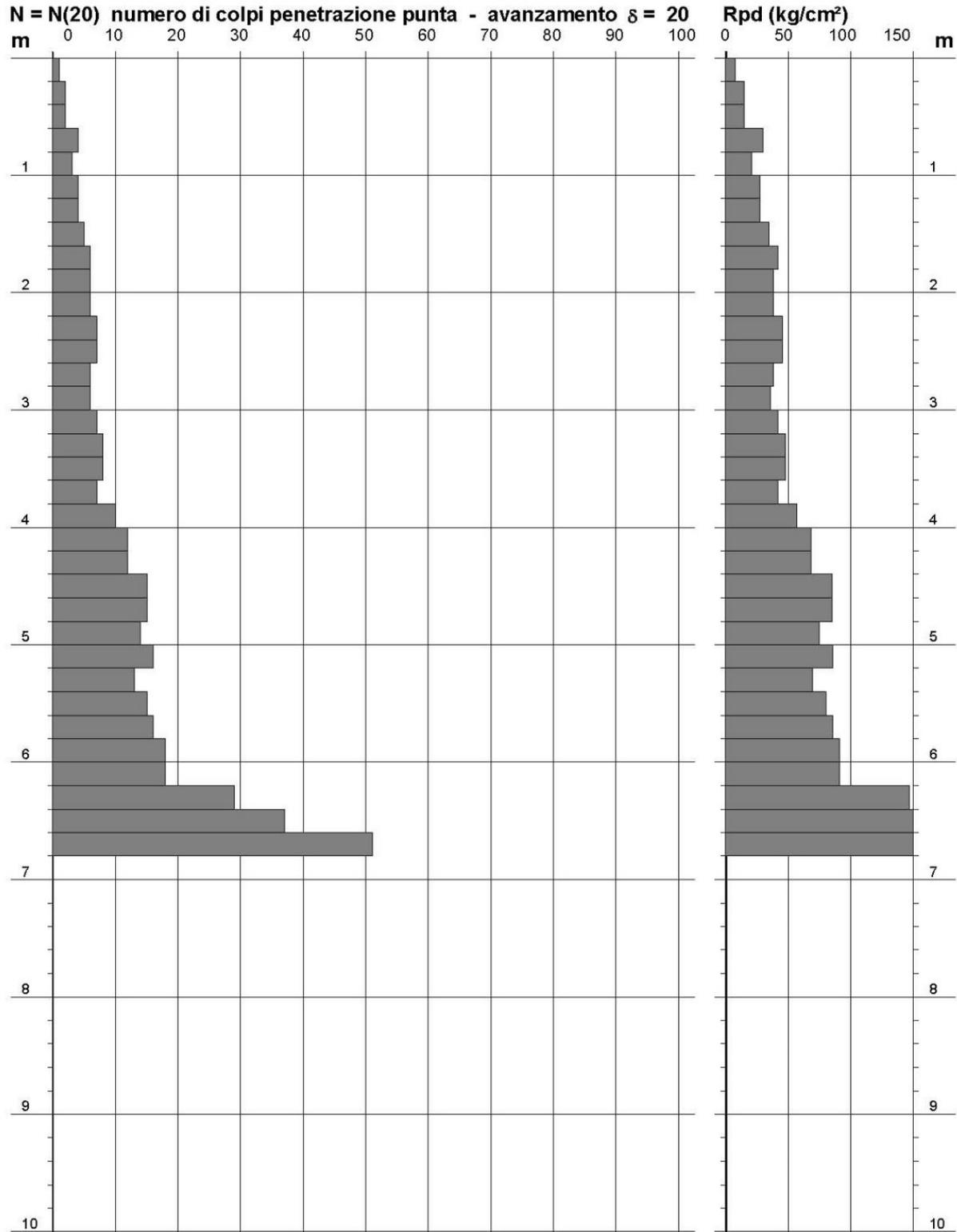
Riferimento: TS\_DPSH2

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

Scala 1: 50

- committente : Ge.Co.D'Or.  
 - lavoro : Indagini geofisiche e penetrometriche...  
 - località : TURSI  
 - note :

- data : 17/10/2022  
 - quota inizio : p.c.  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- committente : Ge.Co.D'Or.	- data : 17/10/2022
- lavoro : Indagini geofisiche e penetrometriche....	- quota inizio : p.c.
- località : TURSI	- prof. falda : Falda non rilevata
- note :	- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	1	7,4	----	1	3,40 - 3,60	8	48,2	----	4
0,20 - 0,40	2	14,9	----	1	3,60 - 3,80	7	42,2	----	4
0,40 - 0,60	2	14,9	----	1	3,80 - 4,00	10	56,6	----	5
0,60 - 0,80	4	29,8	----	1	4,00 - 4,20	12	68,0	----	5
0,80 - 1,00	3	20,7	----	2	4,20 - 4,40	12	68,0	----	5
1,00 - 1,20	4	27,6	----	2	4,40 - 4,60	15	84,9	----	5
1,20 - 1,40	4	27,6	----	2	4,60 - 4,80	15	84,9	----	5
1,40 - 1,60	5	34,5	----	2	4,80 - 5,00	14	74,8	----	6
1,60 - 1,80	6	41,4	----	2	5,00 - 5,20	16	85,5	----	6
1,80 - 2,00	6	38,6	----	3	5,20 - 5,40	13	69,5	----	6
2,00 - 2,20	6	38,6	----	3	5,40 - 5,60	15	80,1	----	6
2,20 - 2,40	7	45,0	----	3	5,60 - 5,80	16	85,5	----	6
2,40 - 2,60	7	45,0	----	3	5,80 - 6,00	18	91,0	----	7
2,60 - 2,80	6	38,6	----	3	6,00 - 6,20	18	91,0	----	7
2,80 - 3,00	6	36,1	----	4	6,20 - 6,40	29	146,7	----	7
3,00 - 3,20	7	42,2	----	4	6,40 - 6,60	37	187,1	----	7
3,20 - 3,40	8	48,2	----	4	6,60 - 6,80	51	257,9	----	7

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s				M+s
1	0,00	0,60	N	1,7	1	2	1,3	----	----	----	2	1,52	3
			Rpd	12,4	7	15	9,9	----	----	----			
2	0,60	3,80	N	5,9	3	8	4,4	1,5	4,4	7,4	6	1,52	9
			Rpd	37,8	21	48	29,2	8,0	29,8	45,7			
3	3,80	6,20	N	14,5	10	18	12,3	2,4	12,1	16,9	14	1,52	21
			Rpd	78,3	57	91	67,5	10,8	67,5	89,2			
4	6,20	6,80	N	39,0	29	51	34,0	----	----	----	39	1,52	59
			Rpd	197,2	147	258	171,9	----	----	----			

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento = 20 cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico = 1,52)    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento = 20 cm)

### Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0,00	0,60	Coltre superficiale	3	11,3	21,7	214	1,86	1,38	0,19	1,78	44	1,194
2	0,60	3,80	Argilla Limosa	9	31,7	26,6	261	1,92	1,48	0,56	1,89	34	0,918
3	3,80	6,20	Argilla Limosa	21	51,5	32,7	353	2,00	1,60	1,31	2,03	24	0,648
4	6,20	6,80	Litoide	59	88,4	42,4	646	2,17	1,88	3,69	2,49	05	0,139

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento = 30 cm)

DR % = densità relativa    ϕ' (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **EMILIA (20)**
- M (massa battente)=**63,50 kg**    - H (altezza caduta)=**0,75 m**    - A (area punta)=**20,00 cm<sup>2</sup>**    - D(diam. punta)=**50,50 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]    - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

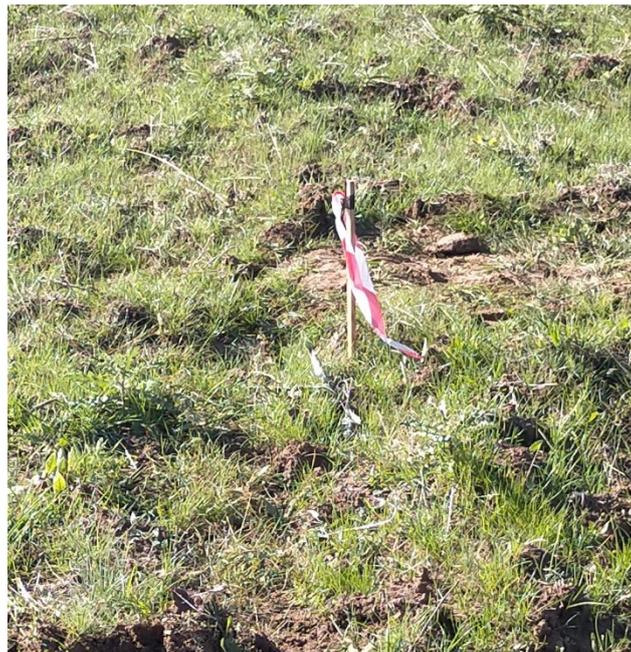
# TURSI TS\_DPSH2



Verso nord



Verso ovest



postazione



DR. G.M. VIZZIELLO- INDAGINI GEOFISICHE - IN SITO - CARATTERIZZAZIONI AMBIENTALI  
VIA LA MARTELLA,126 - 75100 MATERA - 0835-381960-261746

**All.3) Prospezioni Sismiche a Tecnica Masw (Sismogrammi, Curve di Dispersione, Spettri  $f_x$ ,  $f_v$ ,  $f_k$ ,  $V_s30$ );**

RIF.: Parco Eolico Tursi Sant'Arcangelo (MT-PZ) - Ge.co.D'Or. s.r.l.

# Vseq/Vs30 - Metodo MASW (Multichannel Analysis of Superficial Waves)

Rif: **TS\_MASW1**

Rif.: Indagini Geofisiche e Penetrometriche c/o Parchi Eolici ubicati in provincia di Matera e Potenza (Aliano-Roccanova-Tursi-Armento)

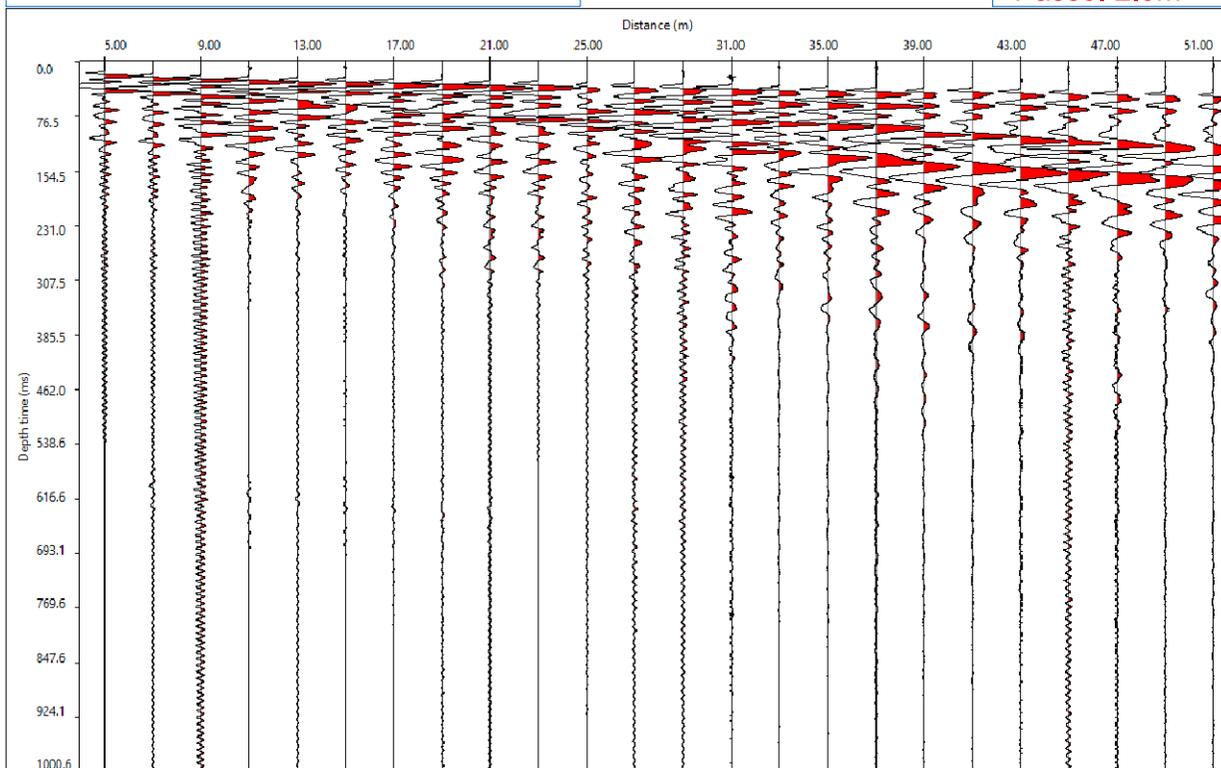
**CANTIERE:** TURSISANT'ARCANGELO (MT-PZ)

Committ: Ge.Co.D'Or.

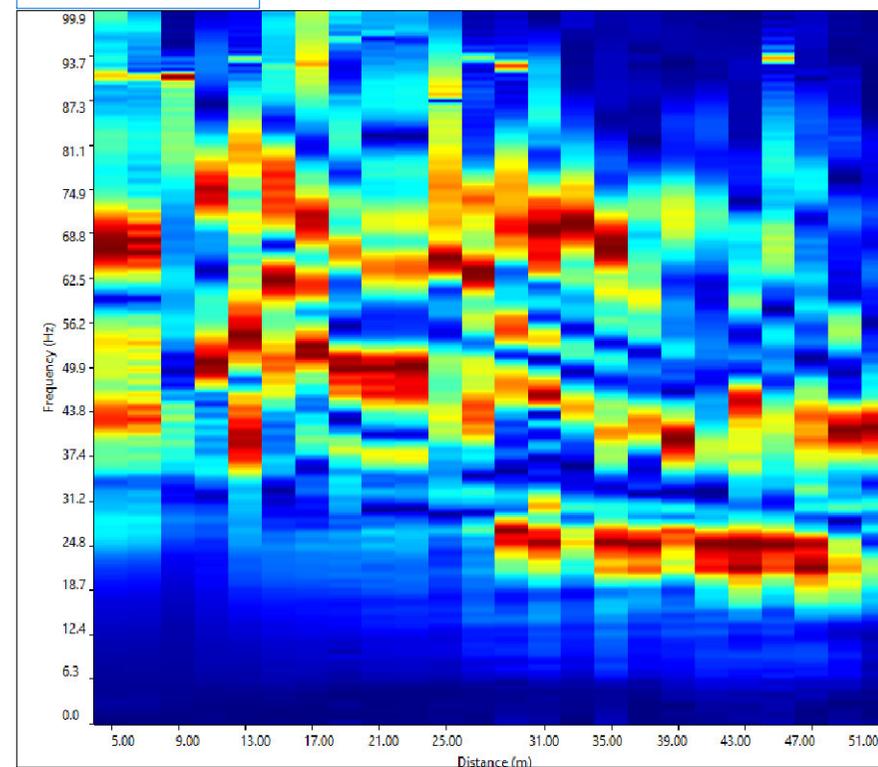
Data: Oct. 2022

## Sismogramma di Riferimento

Shot: 5.0m  
Passo: 2.0m



## Spettro FX



# Vseq/Vs30 - Metodo MASW (Multichannel Analysis of Superficial Waves)

Rif: **TS\_MASW1**

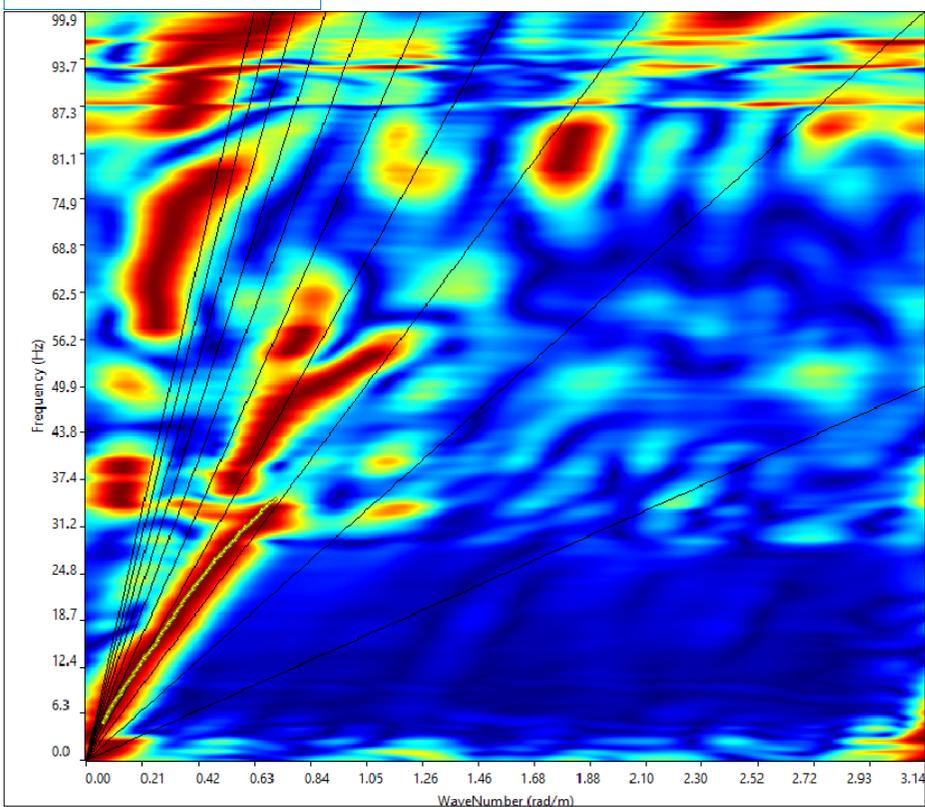
Rif.: Indagini Geofisiche e Penetrometriche c/o Parchi Eolici ubicati in provincia di Matera e Potenza (Aliano-Roccanova-Tursi-Armento)

**CANTIERE:** TURSISANT'ARCANGELO (MT-PZ)

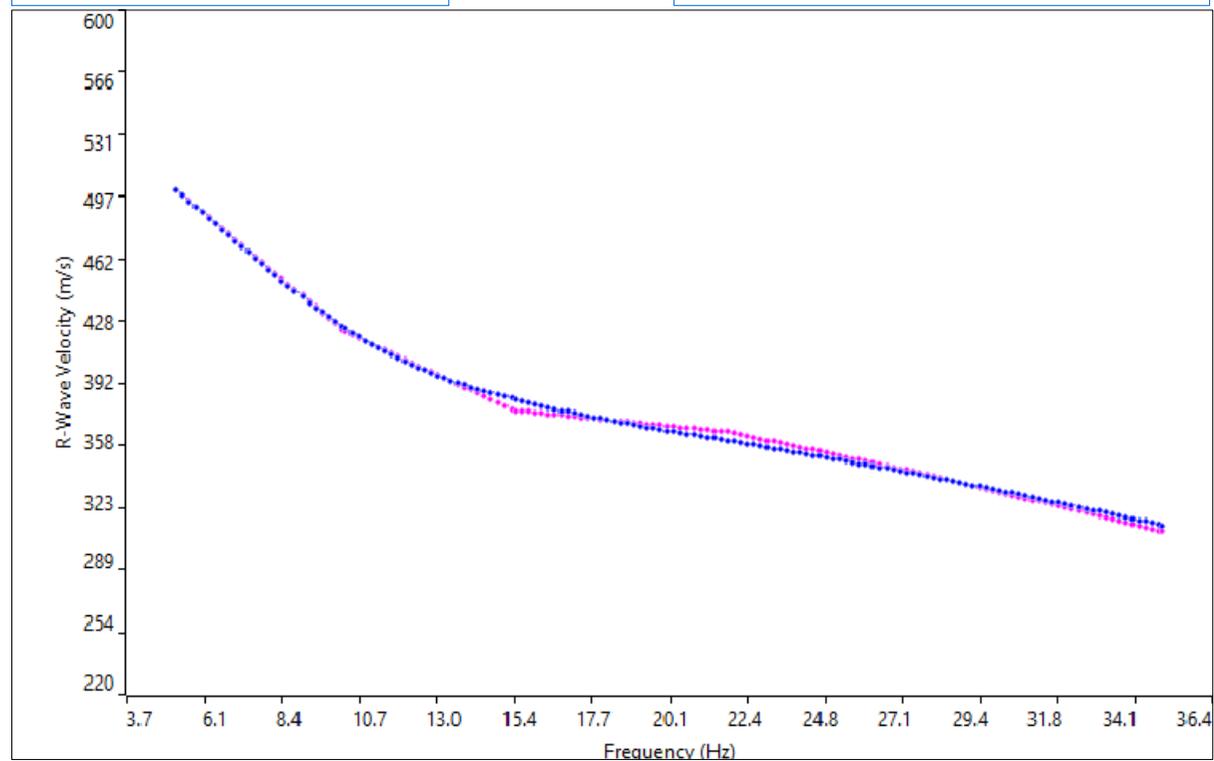
Committ: Ge.Co.D'Or.

Data: Oct. 2022

## Spettro FK



## Curve di Dispersione



# Vseq/Vs30 - Metodo MASW (Multichannel Analysis of Superficial Waves)

Rif: **TS\_MASW1**

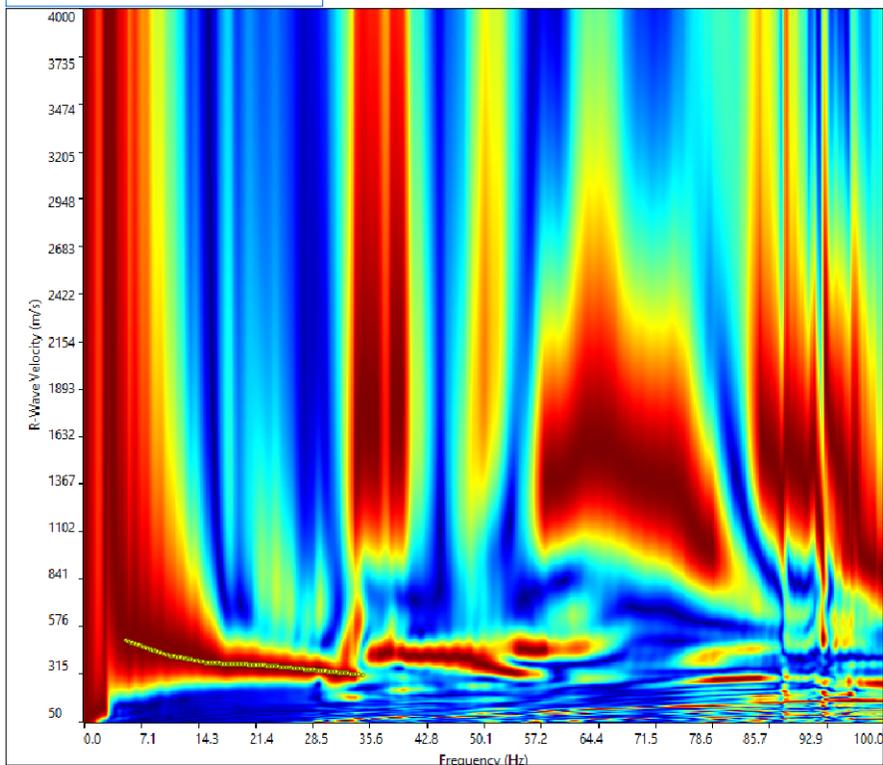
Rif.: Indagini Geofisiche e Penetrometriche c/o Parchi Eolici ubicati in provincia di Matera e Potenza (Aliano-Roccanova-Tursi-Armento)

**CANTIERE:** TURSISANT'ARCANGELO (MT-PZ)

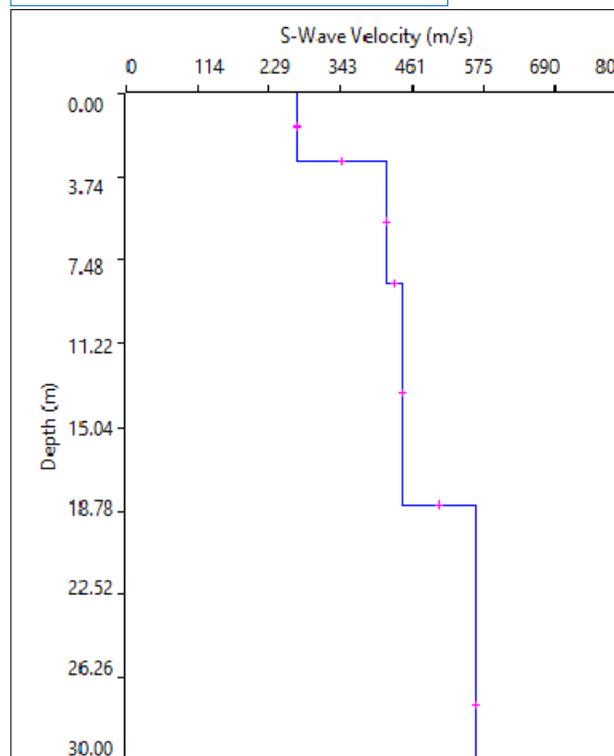
Committ: Ge.Co.D'Or.

Data: Oct. 2022

Spettro FV



Profilo verticale Vs



Profilo Verticale Vs				Masw 1
Spessore (m)	Profondità (da m)	(a m)	Vs (m/sec)	Tipo di analisi: Onde di Rayleigh
3.04	0.00	3.04	273	Vs30: 447 m/sec
5.48	3.04	8.52	419	
9.95	8.52	18.47	444	
11.53	18.47	30.00	562	Tipo di Suolo: B

# Vseq/Vs30 - Metodo MASW (Multichannel Analysis of Superficial Waves)

Rif: **TS\_MASW2**

Rif.: Indagini Geofisiche e Penetrometriche c/o Parchi Eolici ubicati in provincia di Matera e Potenza (Aliano-Roccanova-Tursi-Armento)

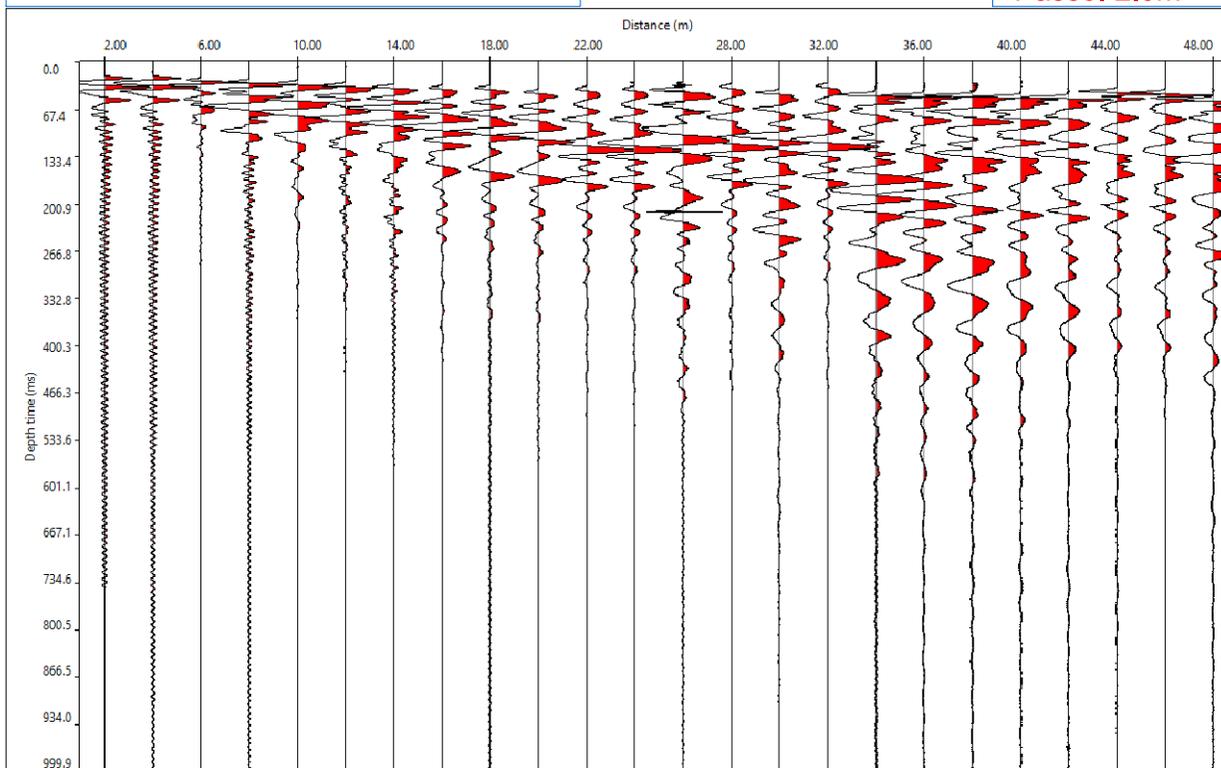
**CANTIERE:** TURSISANT'ARCANGELO (MT-PZ)

Committ: Ge.Co.D'Or.

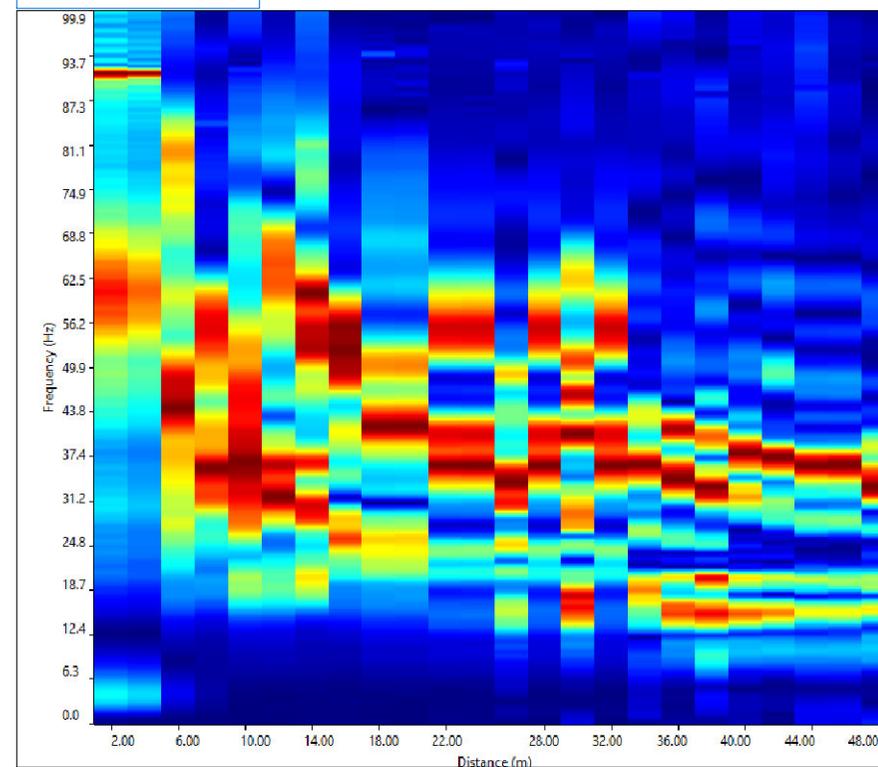
Data: Oct. 2022

## Sismogramma di Riferimento

Shot: 2.0m  
Passo: 2.0m



## Spettro FX



# Vseq/Vs30 - Metodo MASW (Multichannel Analysis of Superficial Waves)

Rif: **TS\_MASW2**

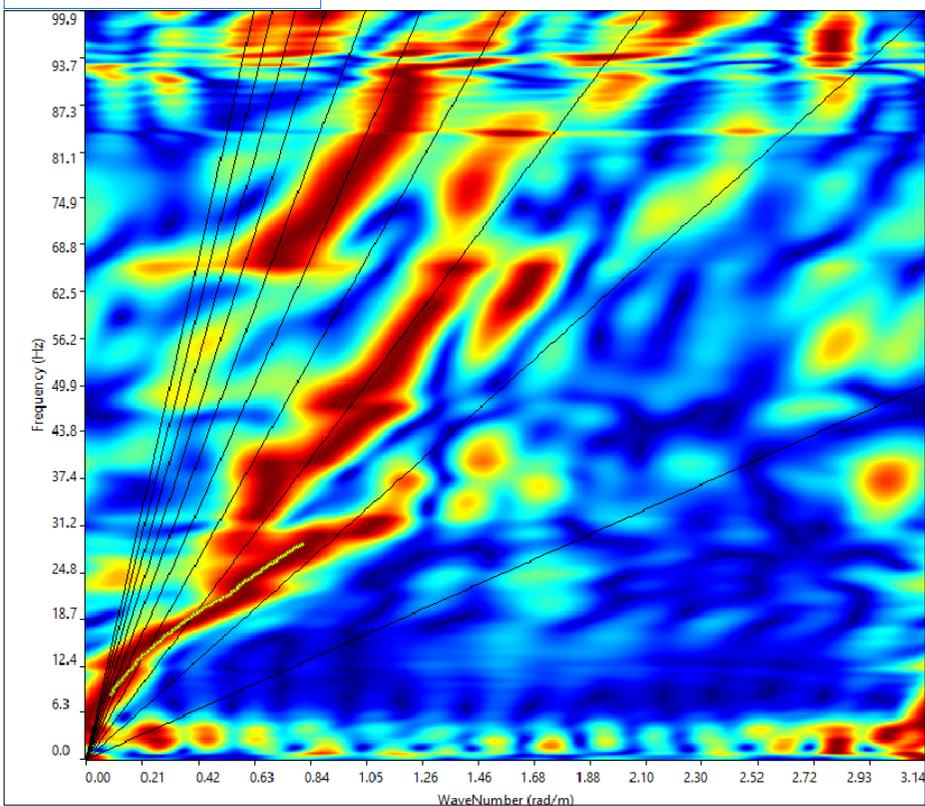
Rif.: Indagini Geofisiche e Penetrometriche c/o Parchi Eolici ubicati in provincia di Matera e Potenza (Aliano-Roccanova-Tursi-Armento)

**CANTIERE:** TURSISANT'ARCANGELO (MT-PZ)

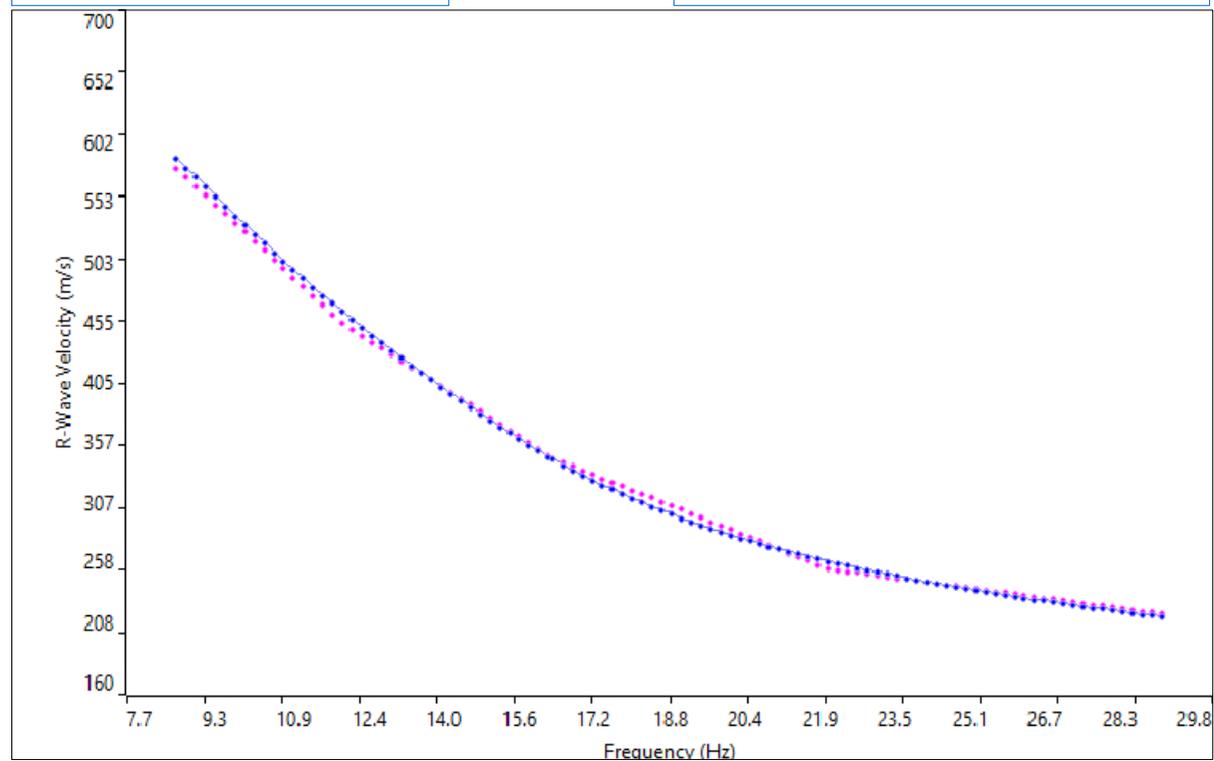
Committ: Ge.Co.D'Or.

Data: Oct. 2022

## Spettro FK



## Curve di Dispersione



# Vseq/Vs30 - Metodo MASW (Multichannel Analysis of Superficial Waves)

Rif: **TS\_MASW2**

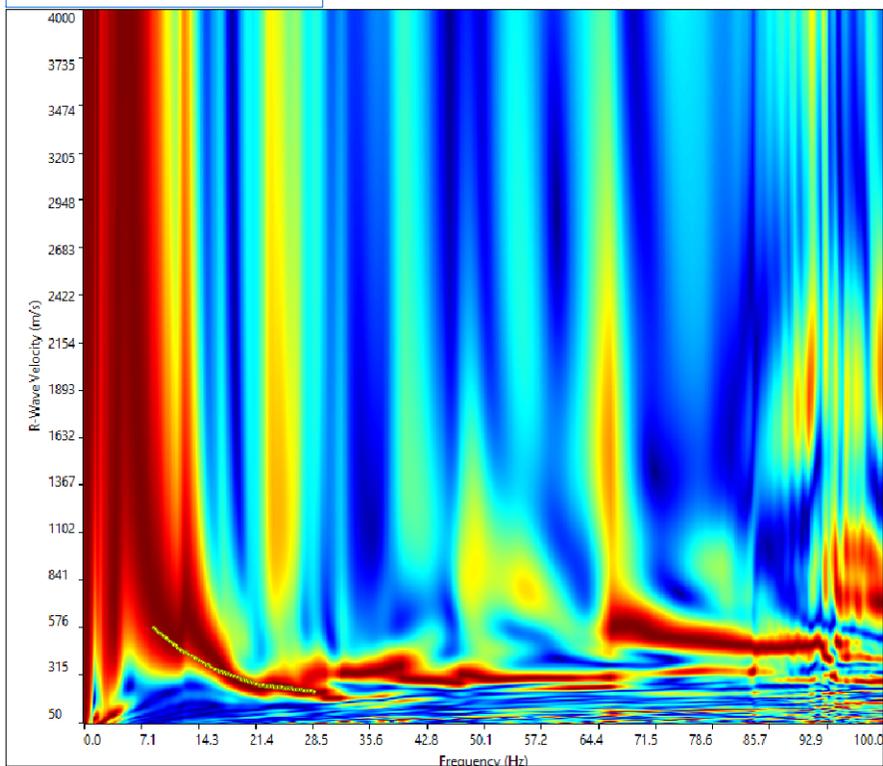
Rif.: Indagini Geofisiche e Penetrometriche c/o Parchi Eolici ubicati in provincia di Matera e Potenza (Aliano-Roccanova-Tursi-Armento)

**CANTIERE:** TURSISANT'ARCANGELO (MT-PZ)

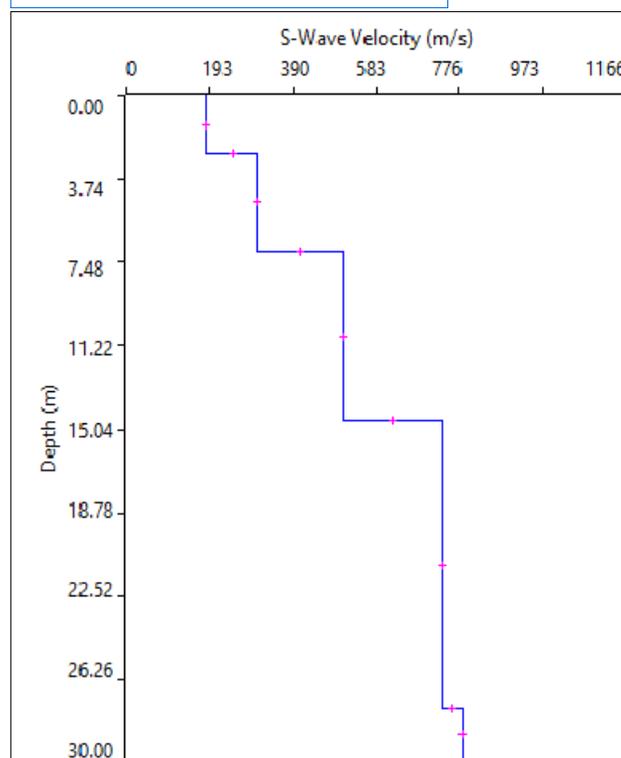
Committ: Ge.Co.D'Or.

Data: Oct. 2022

## Spettro FV



## Profilo verticale Vs



Profilo Verticale Vs				Masw 1
Spessore (m)	Profondità (da m)	Vs (a m)	Vs (m/sec)	Tipo di analisi: Onde di Rayleigh
2.62	0.00	2.62	187	Vs30: 468 m/sec
4.40	2.62	7.02	306	
7.60	7.02	14.62	507	
12.90	14.62	27.52	737	
2.48	27.52	30.00	784	Tipo di Suolo: B



DR. G.M. VIZZIELLO- INDAGINI GEOFISICHE - IN SITO - CARATTERIZZAZIONI AMBIENTALI  
VIA LA MARTELLA,126 - 75100 MATERA - 0835-381960-261746

#### **All.4) Documentazione Fotografica.**

RIF.: Parco Eolico Tursi Sant'Arcangelo (MT-PZ) - Ge.co.D'Or. s.r.l.



**Prova Penetrometrica TS\_DPSH1**



**Prova Penetrometrica TS\_DPSH2**



**Rilievo Sismico TS\_MASW1**



**Rilievo Sismico TS\_MASW2**