

Akra Wind Srl

# Parco Eolico Akra Wind sito nel Comune di Canicattì (AG)

RELAZIONE GEOLOGICA

Luglio 2022



Committente:

**Akra Wind Srl**

**Akra Wind Srl**

Via Sardegna, 40

00187 Roma

P.IVA/C.F. 16277251001

Titolo del Progetto:

**Parco Eolico Akra Wind sito nel Comune di Canicattì (AG)**

Documento:

**RELAZIONE GEOLOGICA**

N° Documento:

**IT-VesAKR-BFP-GEO-TR-001**

Progettista:



Via Degli Arredatori, 8  
70026 Modugno (BA) - Italy  
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net  
tel. (+39) 0805046361

Azienda con Sistema di Gestione Certificato  
UNI EN ISO 9001:2015  
UNI EN ISO 14001:2015  
UNI ISO 45001:2018

**I Tecnici:**

Dott. Geol. ANTONIO CONSOLE

Dott.ssa Geol. CHIARA GUGLIOTTI



**Responsabile Commessa**

ing. Danilo POMPONIO

Rev	Data Revisione	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
00	30/07/2022	Emissione	C. GUGLIOTTI	A. CONSOLE	A. CONSOLE

## SOMMARIO

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>1</b>
1.1 Descrizione del progetto .....	1
<b>2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>3</b>
<b>3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO</b> .....	<b>4</b>
3.1 Inquadramento geologico locale .....	5
<b>4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO</b> .....	<b>9</b>
4.1 Geomorfologia locale .....	11
<b>5. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO</b> .....	<b>12</b>
<b>6. CARATTERISTICHE CLIMATOLOGICHE</b> .....	<b>14</b>
<b>7. VALUTAZIONE DEI RISCHI IDROGEOLOGICI</b> .....	<b>16</b>
<b>8. CARATTERIZZAZIONE SISMICA REGIONALE</b> .....	<b>20</b>
8.1 Caratterizzazione sismica locale .....	21
<b>9. INDAGINI ESEGUITE</b> .....	<b>25</b>
9.1 indagine sismica MASW .....	28
9.2 Indagine sismica a rifrazione .....	29
9.3 caratterizzazione geomeccanica .....	30
<b>9. CONCLUSIONI</b> .....	<b>31</b>
<b>ALLEGATI</b> .....	<b>33</b>
Elaborazione indagini sismiche tipo MASW .....	34
Elaborazione indagini sismiche a Rifrazione .....	71

## 1. PREMESSA

La presente relazione geologica è volta a determinare le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e litologiche delle aree di sedime delle opere previste nel progetto per la realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, proposto dalla società **Akra Wind S.r.l.**, le predette determinazioni sono state effettuate mediante un rilevamento geologico e geomorfologico di campagna allargato ad un intorno significativo delle aree, da indagini indirette del tipo geofisico, condotte nel mese di luglio 2022 dai tecnici incaricati ed infine dalla consultazione e analisi di studi geologici pregressi e dati bibliografici in possesso degli scriventi.

La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 9 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 7,2 MW per una potenza complessiva di 64,8 MW, da realizzarsi nel territorio comunale di Canicattì (AG) e delle relative opere di connessione alla RTN mediante la realizzazione di una Sottostazione Elettrica di trasformazione AT/MT che si collegherà alla Stazione Elettrica Terna nel comune di Favara (AG).

### 1.1 Descrizione del progetto

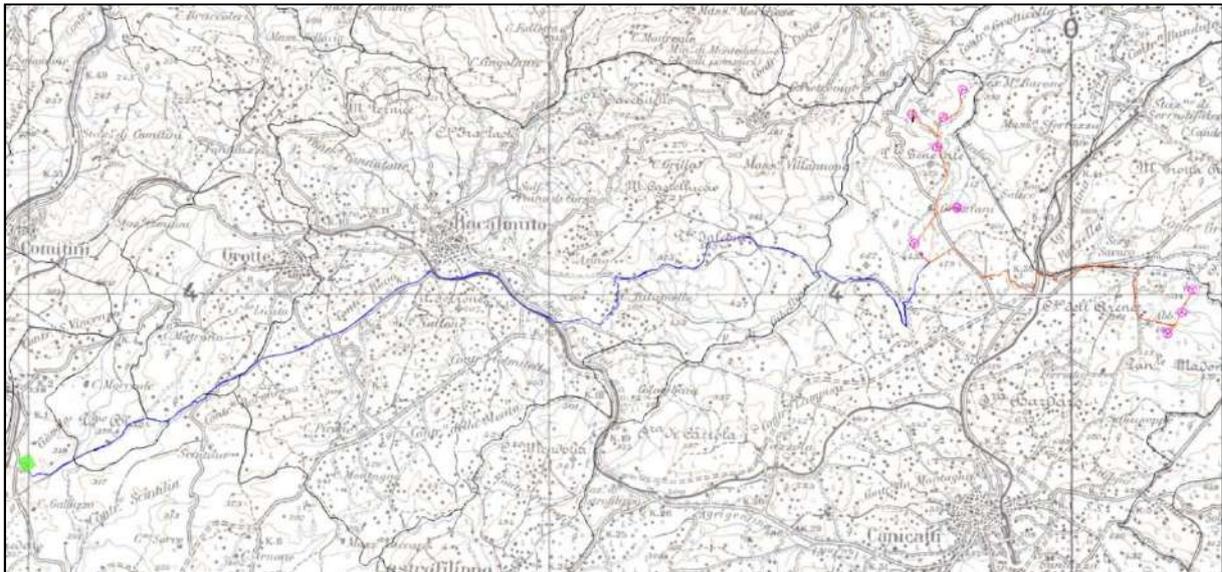
Il parco eolico di progetto è previsto nell'area a nord-ovest del territorio comunale di Canicattì (AG), ad una distanza minima dal centro abitato di circa 4 km.

I terreni sui quali si installerà il parco eolico, interessa una superficie molto vasta, ma la quantità di suolo effettivamente occupato sarà significativamente inferiore e limitato alle aree di piazzole dove verranno installati gli aerogeneratori, come visibile sugli elaborati planimetrici allegati al progetto.

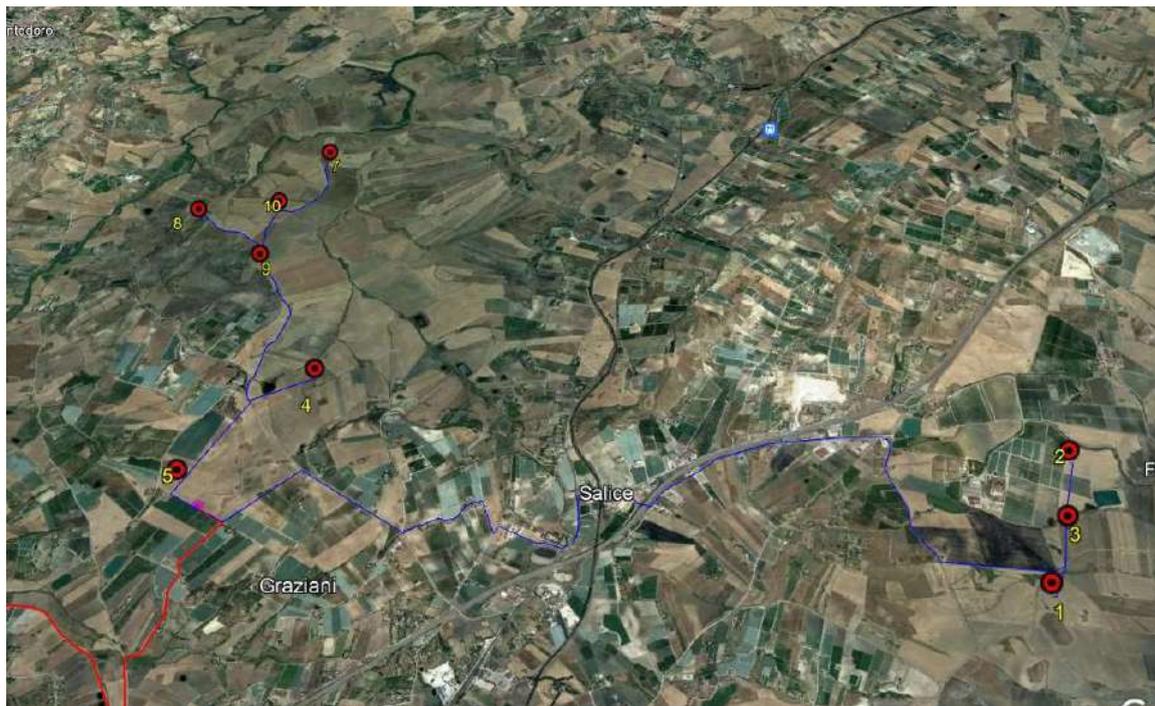
L'area di progetto, intesa come quella occupata dai 9 aerogeneratori di progetto con annesso piazzole, interessa il territorio comunale di Canicattì (AG), censito al NCT ai fogli di mappa nn. 1, 2, 26, 29. La Sottostazione Elettrica di trasformazione AT/MT interessa il territorio comunale di Canicattì censito al NCT al foglio di mappa n. 1.

I cavidotti MT di connessione tra gli aerogeneratori interessano il territorio comunale di Canicattì, nello specifico ai fogli di mappa 1, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 23, 26 e 29.

Il cavidotto AT di connessione tra la sottostazione utente e la Stazione Elettrica Terna di Favara si estende per 22 km, sviluppandosi per lo più in banchina alla viabilità esistente e attraversando i comuni di Canicattì, Racalmuto, Grotte, Comitini e Favara.



**Figura 1: Ubicazione su IGM dell'area di impianto e delle opere di connessione**



**Figura 2: Dettaglio dell'area di impianto su ortofoto**

Di seguito, si riporta la tabella riepilogativa in cui sono indicate per ciascun aerogeneratore e per la Sottostazione le relative coordinate (WGS84 – UTM zone 33N) e le particelle catastali, con riferimento al catasto dei terreni del Comune di Canicattì.

WTG	COORDINATE GEOGRAFICHE WGS84		COORDINATE PLANIMETRICHE UTM33 WGS 84		DATI CATASTALI		
	LATITUDINE	LONGITUDINE	EST (X)	NORD (Y)	Comune	foglio	p.lle
1	37°23'34.11"	13°53'25.53"	401783	4139027	Canicattì	29	194
2	37°24'2.07"	13°53'44.68"	402264	4139883	Canicattì	26	22
3	37°23'47.49"	13°53'36.56"	402059	4139436	Canicattì	26	64, 67
4	37°24'51.21"	13°50'40.05"	397743	4141452	Canicattì	2	82
5	37°24'28.57"	13°50'7.33"	396930	4140764	Canicattì	1	62
7	37°26'5.29"	13°50'43.39"	397853	4143734	Canicattì	2	201, 202
8	37°25'49.45"	13°50'4.27"	396885	4143257	Canicattì	2	297
9	37°25'29.09"	13°50'23.92"	397361	4142624	Canicattì	2	320
10	37°25'47.96"	13°50'28.42"	397478	4143204	Canicattì	2	116
SSE	37°24'22.10"	13°50'12.84"	397063	4140563	Canicattì	1	446

Dal punto di vista cartografico, le opere di progetto ricadono nelle seguenti tavolette e fogli di mappa:

- Foglio I.G.M. scala 1:50.000 – Tavole nn. 630 e 637
- Foglio I.G.M. scala 1:25.000 – Tavole nn. 267 II-NE e 267 II-SE
- CTR scala 1:10.000 – Tavolette nn. 637030, 637020, 630150, 630140.

## 2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta in ottemperanza alle seguenti normative:

- DM 11.03.1988: 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;
- Circolare Ministero LL.PP. 24.09.1988: Istruzioni 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;
- T.U. - D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni", in particolare al cap. 6.2.1 in esso contenuto e successiva Circolare Applicativa del 02/02/2009 n°617 "Istruzioni per le applicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni" e successive modifiche ed integrazioni;
- Norme Tecniche per le Costruzioni "Approvate con Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018".

### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio in esame ricade nel bacino centrale siciliano, che rappresenta l'avanfossa per il tratto Maghrebide della Catena Appenninica (avanfossa di Caltanissetta).

Per un inquadramento il più chiaro possibile, diamo una rapida descrizione dei lineamenti geologici (stratigrafici e strutturali) della Sicilia.

La storia geologica dell'Isola è costituita da alterne vicende sedimentarie e tettoniche, che si sviluppano soprattutto in un arco di tempo che va dal Paleozoico superiore al Quaternario.

La sua evoluzione geodinamica è strettamente legata alla collisione del promontorio Africano con la placca Europea. Geologicamente si può considerare la Sicilia fra le più complesse regioni del Mediterraneo, per la sua posizione fra le catene Alpidiche del nord Africa ad ovest, e l'arco Calabro-Peloritano e l'Appennino a nord-est. Il quadro strutturale della Sicilia è caratterizzato da tre settori principali (Catalano & D'Argenio, 1978, 1982):

- Un settore sud-orientale che si comporta da avanpaese (Plateau Ibleo).
- Un settore intermedio (affiorante in Sicilia occidentale, e parzialmente sepolto nelle zone centrali dell'Isola), che costituisce un avanpaese deformato nel Plio-Pleistocene con residui di un'avanfossa Pleistocenica.
- Un settore interno settentrionale, costituito da una complessa pila di thrust, generalmente vergenti a sud ed a sud-est, con residui di un'avanfossa del Miocene superiore.

I primi due settori che costituiscono l'area di avanpaese, fino a tutto il Pliocene inferiore erano sostanzialmente continui senza alcuna differenziazione. Solo a partire dal Pliocene medio, un settore dell'avanpaese, quello più interno (zona centro-occidentale della Sicilia), è stato interessato da rapidi processi di subsidenza localizzati in corrispondenza della Fossa di Caltanissetta, e di quella di Castelvetro (molto meno pronunciata), che si sviluppa a partire da questo momento come aree di avanfossa.

L'avanpaese indeformato ibleo mostra una successione con un'ampia sequenza carbonatica (dal tardo Trias fino al Lias inferiore), seguita da depositi di bacino intrapiattaforma (limitati al Giurassico), depositi tipo seamount (sempre Giurassico) e da calcari pelagici (Giurassici - Paleogenici). Questi depositi sono ricoperti in discordanza da depositi di bacino di avanpaese del Miocene medio, Pleistocene.

L'avanpaese deformato, con la conseguente avanfossa, risulta occupato nelle sue parti più profonde dall'edificio a falde caratterizzato da un "cuneo" di rocce embriciate ripetutamente, per lo più dal Miocene inferiore- Pleistocene (terreni Sicilidi, scaglia di Flysch Numidico, Fm. Terravecchia, Evaporiti e Trubi), localmente nota come "Falda di Gela", messasi in posto durante il Pliocene superiore - Pleistocene inferiore.

L'ultimo migliaio di metri dell'avanfossa di Caltanissetta (che sembra essere un graben dell'avanpaese, Catalano & D'Argenio -1982-), è riempito da sedimenti clastici progradanti del Plio- Quaternario.

È in questo complesso quadro geologico che vanno inserite le unità stratigrafiche affioranti nella zona rilevata; più precisamente si inseriscono nell'insieme di falde, i terreni depositi prima del Pliocene inferiore:

- **Unità delle Argille marnose del Serravalliano**
- **Tortoniano**
- **Unità delle Marne silicee.**
- **Unità del Calcere di Base**
- **Unità dei Gessi.**
- **Unità delle Marne calcaree.**

La copertura terrigena progradante, che ricopre le unità di falda, sono rappresentate dalle seguenti unità:

- Unità delle Argille marnose del Pliocene medio - sup.
- Unità delle Calcareni e sabbie.

### **3.1 Inquadramento geologico locale**

Lo studio geologico dell'intorno significativo all'area ove sarà realizzata la struttura ha evidenziato la presenza di litotipi che si sono depositi in periodo compreso tra il Tortoniano ed oggi. Questi termini affiorano estesamente nel bacino centrale siciliano, noto come Fossa di Caltanissetta, che è allungato da NE a SW per circa 140 km ed ha una larghezza che si aggira sugli 80 km. Il Graben è riempito da un pacco di sedimenti prevalentemente plastici e da colate gravitative per uno spessore che si ritiene raggiunga un massimo di 7.500 m. tra Agrigento e Licata. Tale processo di messa in posto ha determinato la formazione di numerose pieghe che caratterizzano in modo determinante l'area considerata. Nell'area esaminata i litotipi presenti sono essenzialmente riconducibili ai depositi della Formazione Cozzo Terravecchia, ai termini della Serie Gessoso Solfifera, ai trubi ed ai depositi ed ai detriti eluvio-colluviali.

Vengono di seguito descritte le unità litologiche riscontrate durante il rilievo di campagna:

- **Formazione "Cozzo Terravecchia"**

Questa formazione introdotta da Schimidt Di Friedberg (1962) prende il nome dalla località tipo in cui è stata studiata, ovvero il fianco settentrionale di Cozzo Terravecchia, circa 2 Km. a nord di Santa Caterina Villarmosa. La sequenza litologica presente all'interno della Formazione, dal basso verso l'alto, può essere suddivisa in tre litofacies tipiche:

- Litofacies argillo-marnosa, che dal punto di vista batimetrico rappresenta una zona epibatiale, è costituita prevalentemente da argille e argille sabbiose o marnose di colore grigio verdastro. Data la modalità di messa in posto di questo pacco di sedimenti, caratterizzato da fenomeni di colate gravitative sottomarine, è possibile rinvenire la presenza di inclusi di varie dimensioni e natura all'interno di questa litofacies.
- Litofacies Arenaceo sabbiosa, costituita da una potente serie di arenarie o sabbie debolmente cementate a laminazione incrociata, di facies deltizia è caratterizzata da sabbie a prevalente composizione quarzosa talvolta ben cementate;
- Litofacies conglomeratica, costituita prevalentemente da conglomerati poligenici con clasti arrotondati di varie dimensioni e immersi in una matrice sabbiosa, la quale aumenta sempre di più verso la sommità del deposito a scapito di una minor presenza di ciottoli.

Dal rilevamento geologico di superficie si è evinto che la Formazione "Cozzo Terravecchia" sia presente in prossimità dell'area studiata esclusivamente con la Facies Argillo-marnosa (Complesso argilloso basale). Tale Complesso è stato rinvenuto nell'area oggetto d'intervento sotto una coltre di depositi eluviali di copertura. Tale deposito risulta prevalentemente costituito da limi, limi sabbiosi, limi sabbiosi ed argillosi, argille limose ed argille marnose, con intercalazioni di livelli sabbiosi e con inclusi di varia natura e dimensione, talvolta arrotondati e/o a spigoli smussati. Sovente è possibile riscontrare nuclei limonitici di colore giallo bruno dovuto alla ossidazione fossile presente anche internamente allo stesso nucleo e che contribuiscono, insieme alla aliquota sabbiosa, a conferire un colore giallastro a tutto l'insieme. Lo spessore di questo pacco è localmente molto forte ed è indeterminabile poiché non affiora il letto della formazione, olo dalla bibliografia a nostra disposizione, si è evinto che esso è dell'ordine di centinaia di metri. In superficie tale litofacies si presenta di colore grigio tendente al giallastro, mentre in profondità si presentano di colore grigio verdastro a volte grigio-azzurre molto consistenti. Il litotipo è datato Tortoniano.

- **Serie Gessoso Solfifera**

Tale Serie è una successione stratigrafica in continuità di sedimentazione con le argille della "Formazione Cozzo Terravecchia", che vede la presenza di tre termini peculiari che la caratterizzano il tripoli, il calcare e i gessi. Tali termini si sono depositi in un bacino di sedimentazione le cui caratteristiche sono quelle di un mare chiuso. Tale evento, noto in letteratura come "crisi di salinità del Messiniano", instauratosi a seguito della chiusura della soglia di Gibilterra, determinò l'isolamento del mare mediterraneo e di conseguenza l'instaurarsi di un ambiente euxinico cui seguì l'aumento continuo della concentrazione dei sali disciolti nelle acque e la loro successiva deposizione.

- Tripoli - Il tripoli rappresenta il primo termine della serie e si formò durante l'instaurarsi dell'ambiente euxinico che portò alla morte di numerose specie animali presenti nel mare.

Difatti il tripoli è una diatomite candida ricca di resti di pesce con marne calcaree a globigerine e calcari più o meno dolomitici. Tale litotipo si formò in un ambiente più lagunare che marino (Ogniben 1967). Il tripoli non affiora nell'area rilevata e la roccia è datata come afferente al Messiniano Inferiore.

- Calcare - Seguono in successione i calcari di base o solfiferi, tali litotipi depositi nel periodo successivo alla deposizione del tripoli con passaggi graduali ed alternanze calcari, marne tripoli. Il calcare presenta caratteristiche composizionali che oscillano tra quelle della dolomia e quelle del calcare d'aspetto travertinoide con passaggi in profondità verso il calcare marnoso compatto. Tale litotipo è presente a nord-ovest dell'area su cui sarà realizzata la struttura. Esso si presenta mediamente fratturato a causa degli stress tettonici a cui è stato sottoposto in passato. A causa della sua intensa fratturazione, questo litotipo è accompagnato sovente da detrito di falda, il quale si è formato dallo smantellamento degli ammassi grazie all'azione congiunta degli agenti esogeni ed endogeni. Sovente è possibile rinvenirlo sotto forma detritica, accompagnato da numerose fessure di ampiezza variabile da uno a qualche decimetro e di profondità variabile da uno a qualche metro. La giacitura dei calcari è irregolare a causa gli intensi stress cui sono stati sottoposti nel passato che hanno determinato l'instaurarsi di diverse pieghe sinformi e antiforimi. In superficie gli ammassi si presentano lisci e ricchi di vacuoli, probabilmente a causa delle acque acide che danno vita a fenomeni di dissoluzione del carbonato. La roccia è ben stratificata, talvolta in modo molto netto, evidenziato da livelli di spessore variabile dal centimetro a qualche decimetro mal cementati e a matrice argillosa; gli strati hanno uno spessore che raggiunge spesso i 2-3 metri e si presentano in grossi banchi con grande omogeneità e continuità laterale. Tutti gli Autori che hanno studiato tale litotipo sono concordi nell'interpretare il Calcare di base come un sedimento di acque basse. La roccia è datata come afferente al Messiniano Inferiore.
- Gessi - Sovrapposti ai calcari ci sono i gessi con intercalazioni argillose (A.B. 3) che non sono presenti nell'area di studio. In altre aree dove il litotipo è presente in affioramento la roccia si presenta di colore grigio scuro, ben stratificata ed è molto alterata in superficie a causa delle reazioni di idratazione cui va incontro. La roccia risulta costituita da due tipi di gesso il balatino e il selenitico ed è datata come afferente al Messiniano Superiore.

- **Trubi**

Seguono le marne bianche a foraminiferi del Pliocene inferiore generalmente conosciute col nome locale di "Trubi". Depositatesi in ambiente pelagico, queste marne sono di colore bianco, calcaree, scheggie, stratificate (spessore medio di ogni singolo strato 20 cm.) ed alternate con marna argillosa grigiastra a frattura concoide, pure disposta in strati di uguale potenza. In qualche raro caso il trubo si compone esclusivamente di marna compatta a frattura concoide con diminuzione del tenore di "carbonato di calcio" dal basso verso l'alto. La deposizione del membro

trubi, secondo "OGNIBEN" (1954), é caratterizzata da una continuità nella deposizione; a differenza dei calcari di base e dei gessi che sono discontinui perché si sono depositati in masse lenticolari. Secondo il "BALDACCI" (1886) i trubi fanno parte dello stesso ciclo sedimentario della serie "Gessoso-Solfifera", in quanto non possono costituire l'inizio di un ciclo sedimentario pliocenico originato da una trasgressione di secondo ordine iniziata con il deposito della parte superiore dei gessi. Infatti "OGNIBEN" (1954) dice che la relativa regolarità della serie é visibile nell'andamento dei trubi che collegano e completano i discontinui affioramenti dei piani sottostanti, cioè si ha una relativa concordanza e continuità nella costituzione della serie fino a comprendere i trubi. Il litotipo si rinviene fuori dall'area cartografata ed è datata come afferente al Pliocene inferiore.

- **Depositi Continentali**

- Detriti eluviali e colluviali - Si tratta di terreni di copertura, a deposizione continentale, presenti estesamente sull'area rilevata a ricoprire i depositi marini in posto. Sono depositi detritici residuali di copertura legati all'azione chimico-fisica erosiva in posto degli agenti esogeni; i depositi eluviali presentano una componente prevalentemente limosa a scheletro prevalentemente ruditico-arenitico. I depositi colluviali sono detriti a spigoli vivi di medie e grosse dimensioni, di natura prevalentemente calcarea, inglobati in matrice limo-argillosa; si presentano anche come breccie di natura calcarea composte da accumuli di frammenti spigolosi di dimensioni molto variabili, sono presenti sotto forma di accumuli in prossimità degli affioramenti della Formazione Gessoso-Solfifera, ne bordano conformemente i rilievi mascherando spesso i depositi della base (tripoli), sono prodotti dall'azione di degradazione sui corpi rocciosi carbonatici. Tale litotipo ricopre con spessori più o meno cospicui i depositi argillosi in posto. La sua datazione è recente.

Nelle aree di studio, riportata nel Foglio 267 "Canicattì", geologicamente si rinviene quanto di seguito:

- WTG 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10 – Argille del Miocene medio/inferiore – con gesso e lenti di salgemma
- WTG 4, 5, SSE – calcare solfifero della formazione gessoso Solfifera.

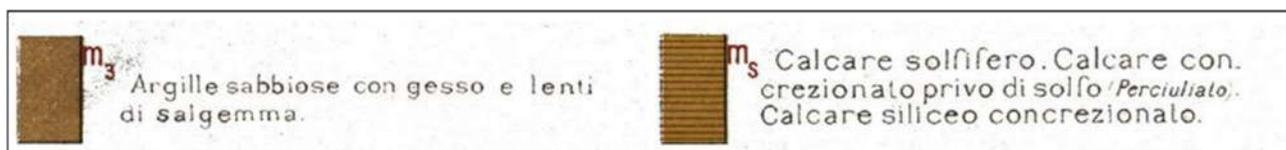


Figura 3 - stralcio carta geologica con ubicazione area di studio - F.267 "Canicattì"

#### 4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area di interesse del parco rientra nel bacino idrografico del Fiume Naro. L'area del Bacino del Fiume Naro è principalmente caratterizzata da affioramenti terrigeni di tipo argilloso e arenitico e dai termini lapidei della Serie Evaporitica (Calcari e Gessi) che naturalmente condizionano l'assetto morfologico locale.

Il contesto, infatti, è esclusivamente di tipo collinare, con rilievi che non superano i 650 m s.l.m., generalmente a forma allungata o a cozzi isolati; le porzioni argillose invece costituiscono basse colline a cime arrotondate e risultano maggiormente solcate dalla rete idrografica con linee di impluvio distribuite secondo un pattern prevalentemente dendritico.

La zona prossima alla foce presenta una morfologia sub-pianeggiante in cui il corso d'acqua principale assume un andamento blandamente meandriforme, con una maggiore attività deposizionale che comporta l'accumulo di depositi alluvionali prevalentemente limo-argillosi con sabbie, ciottoli e blocchi.

L'evoluzione morfologica del territorio del bacino del fiume Naro risulta fortemente condizionata dai processi gravitativi ed erosivi che determinano l'attuale stato di dissesto. I processi erosivi si

esercitano anche con processi di alterazione e dissoluzione chimica, soprattutto nei litotipi carbonatici ed evaporitici affioranti nel bacino in esame, che generano microforme e macroforme carsiche quali inghiottitoi e doline. Occorre, inoltre, assegnare il giusto ruolo anche all'attività antropica, che con il modellamento artificiale dei pendii e il carico aggiunto, costituisce uno dei fattori spesso innescanti di rapidi processi evolutivi finalizzati a compensare gli squilibri generati, producendo anche fenomeni franosi.

Naturalmente lo stato morfologico attuale del bacino esaminato rappresenta una fase transitoria del processo di modellamento della superficie tendente ad una condizione di equilibrio e, pertanto, nel tempo, è suscettibile di continue modificazioni. In questo contesto si inseriscono gli elementi vulnerabili, vale a dire tutti quegli aspetti connessi all'antropizzazione dei luoghi, che interagiscono, talora negativamente, con il contesto morfologico attivo, risentendo del processo evolutivo.

In linea generale, le condizioni di dissesto derivano dalla combinazione dell'assetto litologico e strutturale con altri fattori predisponenti delle condizioni di instabilità, quali ad esempio le caratteristiche climatiche (contrasto fra il semestre piovoso e quello asciutto con notevoli variazioni cicliche annuali) e la presenza di ampie aree ad uso agricolo estensivo (più del 50% dell'intero bacino) che espongono terreni arati e, quindi, senza vegetazione al ruscellamento autunnale ed invernale.

Le morfologie derivanti sono, pertanto, connesse all'erodibilità delle rocce affioranti, in relazione con lo stato di acclività dei versanti; l'azione erosiva risulta maggiormente accentuata in corrispondenza degli affioramenti plastici piuttosto che in quelli lapidei.

Infatti, gli affioramenti di rocce litoidi (carbonatiche, gessose, calcareo-marnose) presentano un reticolo idrografico poco sviluppato, impostato in prevalenza lungo le linee di discontinuità tettonica, con strette valli a V; i versanti sono caratterizzati da brusche rotture di pendenza con pareti sub-verticali in cui i fronti rocciosi, per effetto dell'intensa e irregolare fatturazione, sono esposti a fenomeni di crollo solitamente innescati dalle condizioni meteoriche avverse.

Nei versanti argillosi e argillo-sabbiosi l'azione erosiva si esercita con più rapidità e facilità; la rete idrografica risulta infatti notevolmente sviluppata, con incisioni più o meno accentuate in funzione delle condizioni di acclività del pendio, dello stato di alterazione dei terreni e della presenza di copertura vegetale.

In questo contesto si sviluppano condizioni di dissesto erosivo quali:

- il ruscellamento concentrato che si manifesta con la formazione di fossi di erosione particolarmente accentuati lungo i pendii argillosi e detritici;
- il ruscellamento diffuso che determina condizioni di erosione accelerata superficiale capace di degenerare in forme calanchive.

Frequentemente, lo stato di dissesto è determinato da fenomeni franosi, la maggior parte delle volte consistenti in colamenti superficiali, scorrimenti, e combinazioni di più tipologie di frana che determinano una condizione dinamica complessa.

Gli aspetti relativi alla franosità ed all'erosione del territorio sono approfonditi nel successivo capitolo, dove vengono esposte le condizioni generali dell'area esaminata e dei singoli territori comunali che vi ricadono.

Nelle zone di fondovalle, infine, valutando l'azione modellatrice dei processi morfologici, occorre considerare non solo i fenomeni di erosione di sponda e laterale, ma anche i processi deposizionali che generano aree di accumulo, di spessore anche considerevole, dei depositi alluvionali, lungo le quali i corsi d'acqua assumono un andamento meandriforme.

#### **4.1 Geomorfologia locale**

I lineamenti morfologici dell'area circostante sono tipicamente collinari, caratterizzati da affioramenti di litotipi competenti (Calcari, gessi, trubi) nelle porzioni morfologicamente più alte e da depositi incoerenti (detriti eluvio-colluviali) e/o pseudocoerenti (argille) sui versanti dei rilievi e alla loro base.

La morfologia attuale del sito è frutto dell'interazione degli agenti esogeni (precipitazioni, vento) ed endogeni (stress tettonici) che operando interattivamente hanno dato luogo all'attuale conformazione morfologica dell'area. Difatti analizzando la morfologia del sito in esame e considerando le tipologie litologiche affioranti è facile desumere che tutta l'area sia stata influenzata da questa interazione.

Molto prima dell'urbanizzazione dell'area gli stress tettonici hanno determinato il corrugamento degli strati determinando la formazione dei rilievi, mentre gli agenti esogeni li hanno divelti e modellati, erodendoli e trasportando i detriti a valle. Pertanto il paesaggio che ne è scaturito è caratterizzato da rilievi di modesta entità che sormontano valli "giovani" (Sensu Davis 1899) caratterizzate da fenomeni, a volte di erosione di fondo, altre volte di accumulo.

In questo contesto le aree d'intervento ricadono a quote altimetriche tra i 370 e i 450 metri sul livello del mare. Quindi valutate le caratteristiche geologiche e geomorfologiche dell'area oggetto di studio, considerata la morfologia del sito non si ravvisano pericoli derivanti da fenomeni franosi in atto, quiescenti o fossili.

## 5. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO

Il territorio comunale di Canicattì, all'interno del quale ricade il parco eolico, rientra nel bacino Idrografico del Fiume Naro. Il bacino del F. Naro ricade nel versante meridionale della Sicilia e si estende per circa 262 km<sup>2</sup> interessando il territorio della Provincia di Agrigento. È delimitato ad Ovest dal bacino imbrifero del F. San Leone, a Nord dal bacino del F. Platani ed a Est dal bacino del F. Palma.

Il Fiume Naro, che rappresenta il corso d'acqua principale, si sviluppa per circa 31 km e trae origine dal monte Bardaro (650 m s.l.m.) in c.da Porco Spino, in territorio del Comune di Canicattì. Successivamente attraversa il territorio dei Comuni di Naro, Favara e Agrigento, ricevendo in destra i Torrenti Iacono e Favara. A circa 2,5 km dallo sbocco nel Mare Mediterraneo il fiume riceve, in sinistra idrografica, il T. Grancifone, uno degli affluenti più importanti.

I corsi d'acqua citati presentano tutti un regime idrologico marcatamente torrentizio, con deflussi naturali, nei periodi asciutti, molto modesti. L'asta principale si presenta a tratti incassata in profonde gole e, in altri casi, incisa in dolci colline e con andamento meandriforme.

Nell'ambito del bacino del Fiume Naro, si riconoscono alcune aree particolarmente interessanti dal punto di vista idrogeologico, per effetto dell'assetto litologico e strutturale che le caratterizzano, anche se in ogni caso, per effetto della loro estensione comunque limitata, rivestono esclusivamente una valenza di tipo locale.

Queste condizioni si verificano frequentemente in corrispondenza di aree sinclinaliche impostate sui termini lapidei evaporitici (calcarei e gessi) generalmente molto permeabili per fessurazione e carsismo, poggianti sul substrato argilloso tortoniano.

In particolare, nell'area compresa fra i territori comunali di Canicattì e Castrofilippo, sono individuate alcune importanti idrostrutture impostate nei calcari evaporitici, all'interno dei quali sono presenti falde freatiche di un certo rilievo a livello locale: è il caso della zona di Piano Acci (territorio di Canicattì) e, soprattutto, di Margio Vitale (comprensorio Castrofilippo – Canicattì - Naro), dove insistono nel sottosuolo importanti risorse idriche, fondamentali per l'economia agricola locale.

Altre zone di secondario interesse idrogeologico sono rappresentate da quelle aree in cui si rilevano gli affioramenti calcarenitici su substrato argilloso pliocenico, come nella zona di C.da Rinazzi (territorio comunale di Canicattì) e fra i territori di Naro e Camastra.

Per quanto riguarda l'area di studio, si riporta di seguito una classificazione dei litotipi presenti sulla base delle caratteristiche di permeabilità che determinano a loro volta fenomeni d'infiltrazione o ruscellamento:

- aree che ricadono sulla formazione delle argille (WTG 1,2,3,7,8,9,10): Le argille della Formazione Cozzo Terravecchia costituiscono i litotipi impermeabili. Tale Formazione è

costituita prevalentemente da litotipi argillosi, limi e livelletti limo-sabbiosi i quali sono impermeabili o più tecnicamente sono dotati di una permeabilità bassissima tale da non essere percepita. Pertanto determinano, in concomitanza delle precipitazioni, fenomeni di ruscellamento superficiale a scapito delle infiltrazioni che sono del tutto assenti. L'acqua contenuta al loro interno è legata alla presenza di acqua durante la fase di formazione del deposito.

- Aree che ricadono nelle rocce permeabili ocstituite dalla formazione gessoso solfifera (WTG4, 5, SSE): Il calcare solfifero risulta mediamente fratturato, esso è dotato di una permeabilità primaria bassissima < 5% ed una secondaria altissima. Difatti la permeabilità secondaria è dovuta sia alla fessurazione presente sia ai fenomeni di carsismo che creano cavità nella roccia e tendono ad allargare le fratture presenti (dovute agli stress tettonici) determinando una permeabilità molto alta,  $\geq$  di 10 cm/s e crescente nel tempo.

## 6. CARATTERISTICHE CLIMATOLOGICHE

La valutazione degli aspetti climatici viene effettuata sulla base dei dati presenti, relativi a temperatura e piovosità, derivanti dalle stazioni di misura che ricadono nel bacino idrografico del Fiume Naro (Tabella 1).

STAZIONE	ANNI OSSERVAZIONE	STRUMENTO	QUOTA (m s.l.m.)	COORDINATE (UTM)	
				Northing	Easting
AGRIGENTO	1965-1994	Termo-pluviometro	313	4131033N	372989E
CANICATTI'	1965-1994	Pluviometro	470	4139936N	398210E
RACALMUTO	1965-1994	Termo-pluviometro	475	4140068N	387883E

**Tabella 1 - elenco stazioni termopluviometriche del bacino idrografico del Fiume Naro**

Per l'analisi delle condizioni termometriche fa riferimento ai dati registrati dalle stazioni termopluviometriche di Agrigento e di Racalmuto.

STAZIONE	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	ANNO
AGRIGENTO	11,0	11,2	12,6	14,5	18,8	22,7	25,4	25,7	22,9	19,4	15,5	12,4	17,7
RACALMUTO	8,4	8,9	10,6	13,2	17,8	22,0	25,1	25,3	22,1	17,9	13,1	9,8	16,2
<b>MEDIA</b>	<b>9,7</b>	<b>10,1</b>	<b>11,6</b>	<b>13,9</b>	<b>18,3</b>	<b>22,4</b>	<b>25,3</b>	<b>25,5</b>	<b>22,5</b>	<b>18,7</b>	<b>14,3</b>	<b>11,1</b>	<b>17,0</b>

Per l'analisi delle condizioni pluviometriche fa riferimento ai dati registrati dalle stazioni termopluviometriche di Agrigento e di Racalmuto.

STAZIONE	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	ANNO
AGRIGENTO	61	53	43	33	10	1	0	0	23	76	55	62	417
CANICATTI'	82	64	56	47	20	2	0	1	30	78	63	78	548
RACALMUTO	73	64	57	43	18	1	0	3	32	69	71	75	584
<b>MEDIA</b>	<b>72</b>	<b>60</b>	<b>52</b>	<b>41</b>	<b>16</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>28</b>	<b>74</b>	<b>63</b>	<b>72</b>	<b>516</b>

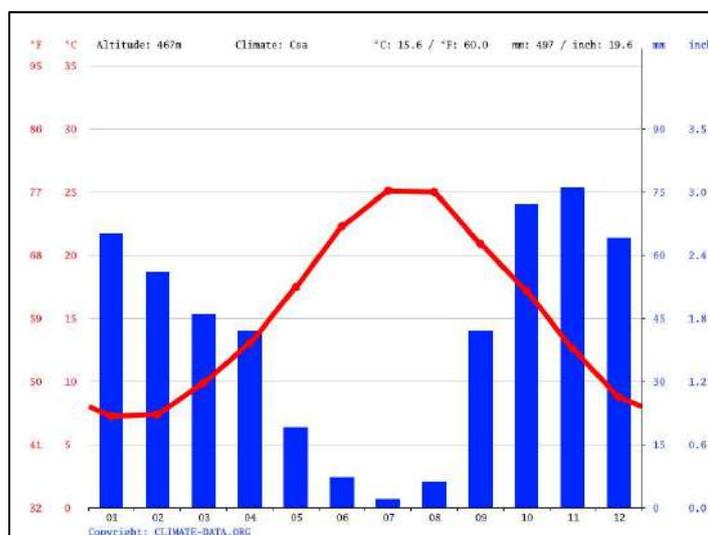
Dai dati pluviometrici raccolti è stato possibile evidenziare come la precipitazione media annua dell'intero bacino nel periodo di osservazione trentennale è di 516 mm, mentre la temperatura media è di circa 17°: queste variazioni riscontrate rientrano nell'andamento climatico medio della Sicilia sud-occidentale di tipo temperato-mediterraneo, caratterizzato da un periodo piovoso da ottobre ad aprile e minimi stagionali da giugno ad agosto.

Gli elementi climatici esaminati influiscono direttamente sul regime delle acque sotterranee e, essendo le piogge concentrate in pochi mesi, assumono particolare interesse i fenomeni di ruscellamento superficiale, di infiltrazione e di evaporazione.

L'evaporazione è sempre modesta nei mesi freddi e nelle zone di affioramento dei termini litoidi di natura calcareo-gessosa e calcarenitica a causa dell'elevata permeabilità di tali litotipi che favorisce l'infiltrazione delle acque ruscellanti.

Quindi, la ricarica degli acquiferi dell'area in esame avviene sostanzialmente nel periodo piovoso ottobre-aprile mentre, durante l'estate, caratterizzata da lunghi periodi di siccità ed elevate temperature, si verificano condizioni di deficit di umidità negli strati più superficiali del terreno.

Facendo riferimento alla stazione di Canicattì, si rinviene un clima caldo e temperato. L'inverno ha molta più piovosità dell'estate. Il clima è stato classificato come Csa in accordo con Köppen e Geiger. 15.6 °C è la temperatura media di Canicattì. Piovosità media annua di 497 mm.



Il mese più secco è Luglio e ha 2 mm di Pioggia. In Novembre è caduta la maggior parte delle Pioggia, con una media di 76 mm. Nel mese di Luglio, il mese più caldo dell'anno, la temperatura media è di 25.1 °C. La temperatura più bassa di tutto l'anno è in Gennaio, dove la temperatura media è di 7.3 °C. Esiste una differenza di 74 mm tra le Pioggia del mese più secco e quelle del mese più piovoso. Nel corso dell'anno le temperature medie variano di 17.8 °C.

**Tabella 2 - tabella climatica Canicattì**

	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Medie Temperatura (°C)	7.3	7.4	9.9	13	17.4	22.3	25.1	25	20.9	17.2	12.6	8.7
Temperatura minima (°C)	3.1	2.9	4.8	7.4	11.1	15.1	17.8	18.2	15.6	12.5	8.6	4.9
Temperatura massima (°C)	11.9	12.2	16.2	18.5	23.5	28.8	31.9	31.7	26.7	22.4	17	13.1
Precipitazioni (mm)	65	56	46	42	19	7	2	6	42	72	76	64
Umidità(%)	81%	78%	74%	68%	58%	50%	47%	50%	65%	73%	79%	81%
Giorni di pioggia (g.)	7	6	5	5	3	1	0	1	4	6	7	7
Ore di sole (ore)	6.2	6.9	8.5	10.3	11.9	12.9	12.8	12.0	9.9	8.0	6.7	6.2

## 7. VALUTAZIONE DEI RISCHI IDROGEOLOGICI

In relazione all'estensione del bacino e alle aree in frana censite è stimato un indice di franosità del bacino del F. Naro; la superficie del bacino è pari a 262,3 km<sup>2</sup>, mentre la superficie in frana è pari a 10,4 km<sup>2</sup>, pertanto l'indice di franosità è pari al 3,9 %.

**Tabella 3 - distribuzione regionale dei dissesti**

COMUNE	PROV.	N° DISSESTI	SUPERFICIE TERRITORIO COMUNALE RICADENTE NEL BACINO (km <sup>2</sup> )	SUPERFICI E AREE IN DISSESTO Ha (Sd)	INDICE DI FRANOSITÀ (Sd/Sb) x 100
Agrigento	AG	27	37,3	208,93	5,6%
Camastra	AG	0	2,5	0	0,0%
Canicattì	AG	6	40,9	3,81	0,1%
Castrofilippo	AG	13	16,2	13,21	0,8%
Favara	AG	87	55,0	316,62	5,7%
Naro	AG	94	100,6	491,22	4,9%
Racalmuto	AG	5	9,5	10,65	1,0%
<b>TOTALE</b>		<b>232</b>	<b>262,5</b>	<b>1044,44</b>	<b>3,9%</b>

Il territorio comunale di Canicattì, comprensivo del centro abitato, ricade all'interno del bacino del Fiume Naro, per una superficie complessiva pari al 15% di quella dell'intero bacino, estesa circa 41 km<sup>2</sup>.

Il centro abitato sorge in corrispondenza di un'area detritica su substrato calcareo e argilloso, in una zona a modesta acclività, in cui non si registrano condizioni di dissesto geomorfologico in atto. In questa stessa zona, però, nasce il corso d'acqua del fiume Naro, il cui originario letto oggi risulta completamente urbanizzato, esponendo così il centro abitato nel passato a gravi dissesti di tipo idraulico per i quali si rimanda nello specifico paragrafo.

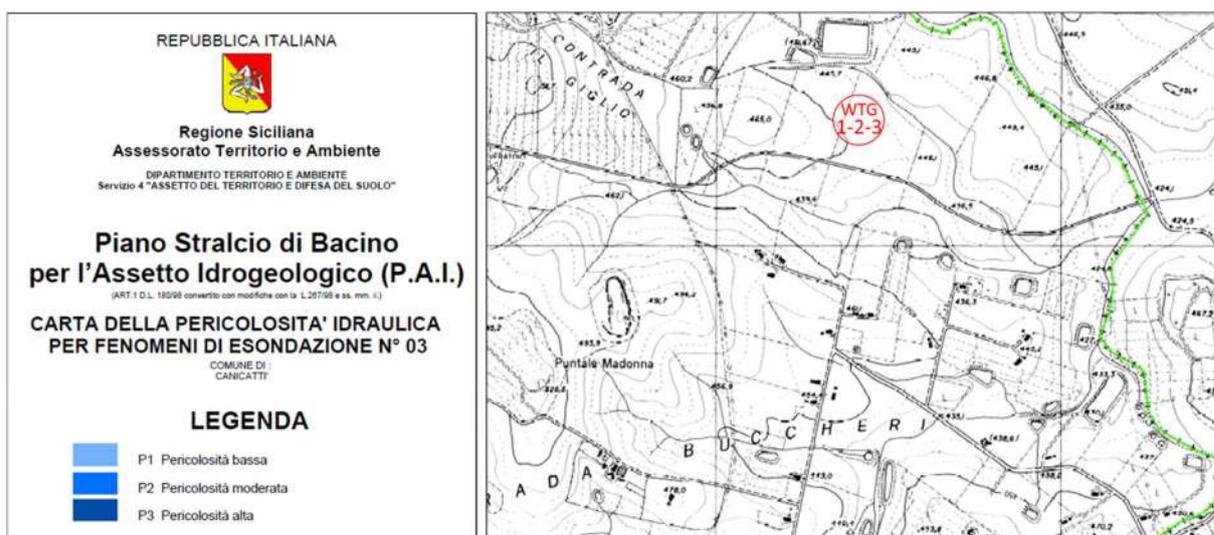
Dal punto di vista geologico, l'area è caratterizzata dagli affioramenti prevalenti di unità terrigene mioceniche, soprattutto argillose e argillo-sabbiose, e da termini evaporitici calcarei e dai calcari marnosi dei trubi, con un assetto morfologico caratterizzato da modeste acclività e da un reticolo idrografico dendritico impostato prevalentemente nei terreni argillosi.

In un simile contesto non sono registrati particolari dissesti a parte fenomeni erosivi e gravitativi di tipo superficiale come di seguito descritto nelle tabelle e grafici; soltanto in un

caso (068-1CN-003) è stato riscontrato un fenomeno di crollo che interessa una scarpata di calcare evaporitico.

Dall'analisi della cartografia redatta dall'Autorità di Bacino, si evince che:

- tutte le aree di interesse non sono soggette a pericolosità idraulica per fenomeni di esondazione;
- tutte le aree di interesse non sono soggette a pericolosità e rischio geomorfologico;
- nessuna area di interesse è cartografata in dissesto geomorfologico.



**Figura 4 - stralcio carta della pericolosità idraulica per fenomeni di esondazione - area di studio WTG 1-2-3**



**Figura 5 - stralcio carta della pericolosità e rischio geomorfologico - area di studio WTG 1-2-3**

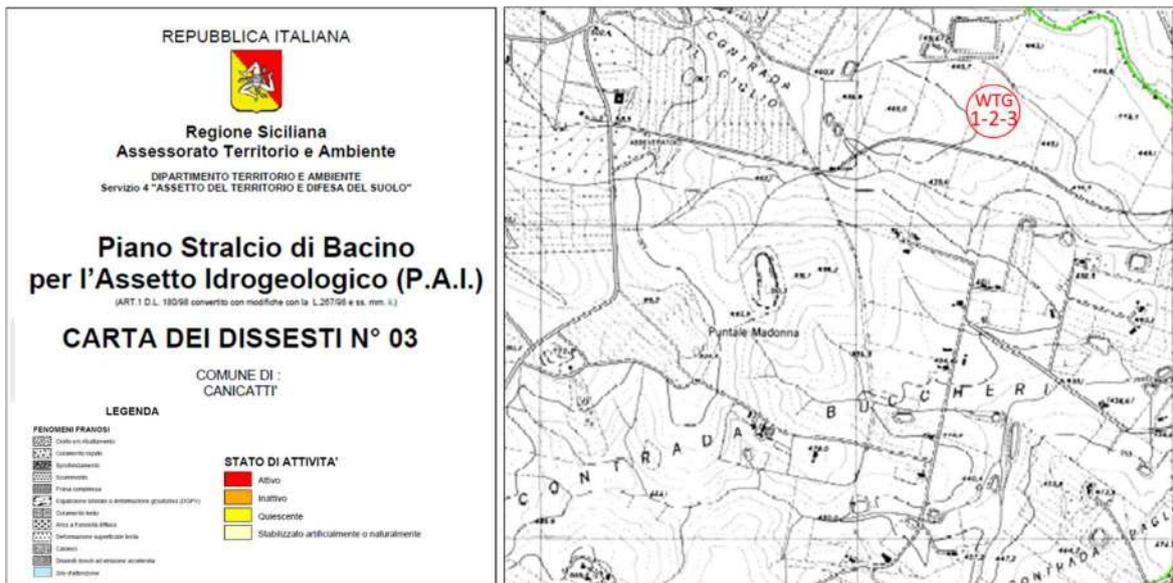


Figura 6 - stralcio carta dei dissesti- area di studio WTG 1-2-3

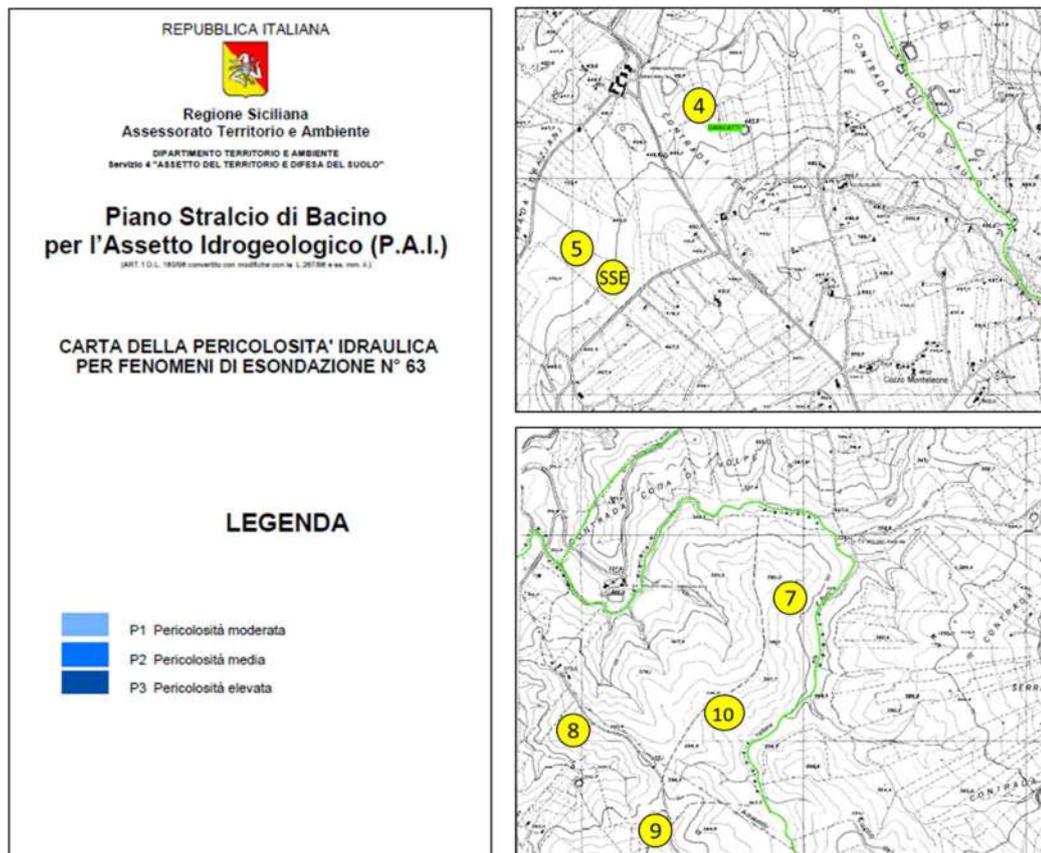
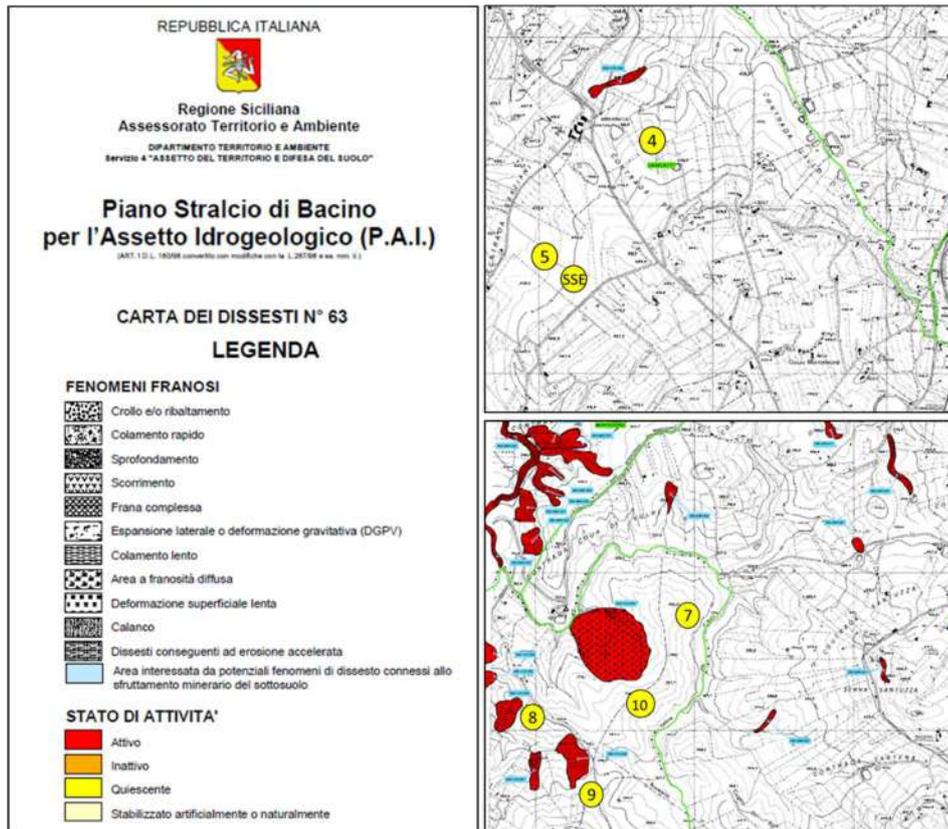
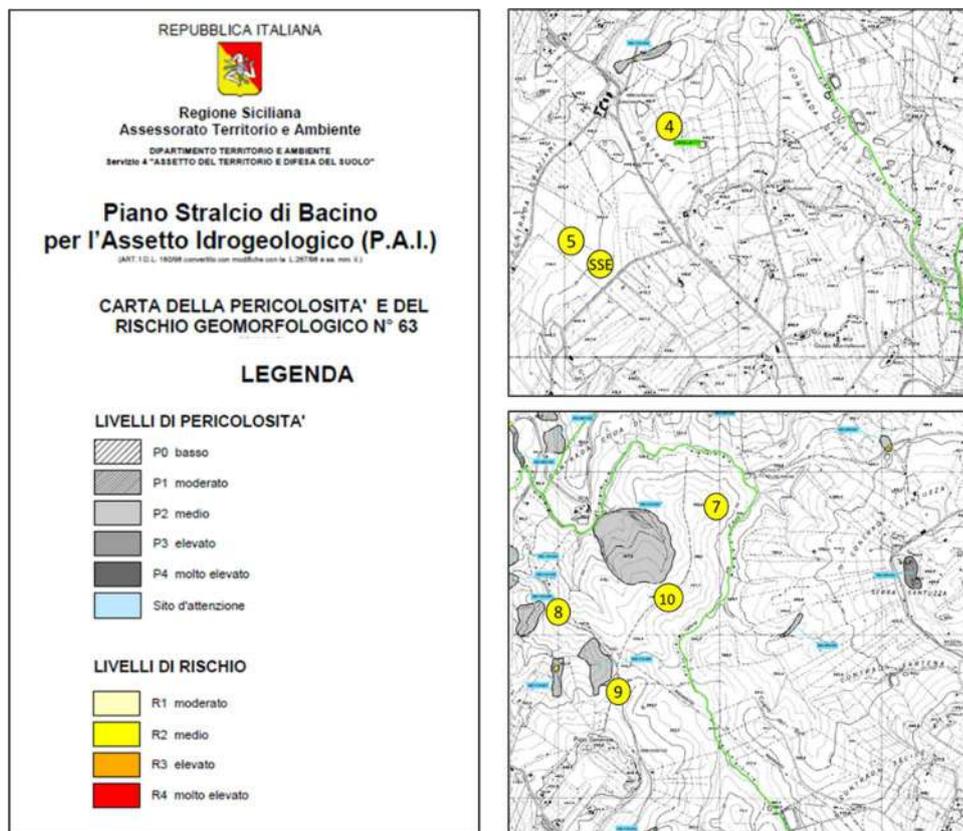


Figura 7 - stralcio carta della pericolosità idraulica per fenomeni di esondazione - area di studio WTG 3, 4, 5, 7 8, 9, 10, SSE



**Figura 8 -stralcio carta della pericolosità idraulica e fenomeni di esondazione - area di studio WTG 3, 4, 5, 7 8, 9, 10, SSE**



**Figura 9 - stralcio carta della pericolosità e del rischio geomorfologico- area di studio WTG 3, 4, 5, 7 8, 9, 10, SSE**

## 8. CARATTERIZZAZIONE SISMICA REGIONALE

La Sicilia è stata colpita da numerosi e anche forti terremoti, ma i dati disponibili riguardo le sorgenti sono scarsi. Di seguito si riportano alcuni degli eventi maggiori.

- 4 febbraio 1169 - Il terremoto colpì violentemente la Sicilia orientale; il catanese ed il siracusano subirono gravissime distruzioni. I danni si estesero da Reggio Calabria a Piazza Armerina. Sembra che ci siano stati 15000 morti, 5000 dovuti al maremoto che interessò tutta la costa orientale della Sicilia. I danni più gravi si ebbero a Catania, Aci Castello, Lentini, Sortino, Siracusa e Modica (RG).
- 10 marzo 1669 - Un periodo sismico legato ad una delle maggiori eruzioni etnee interessò il fianco sud dell'Etna provocando la distruzione del paese di Nicolosi, vicino al quale si aprirono le bocche eruttive. Pedara e Trecastagni subirono danni gravi. Il terremoto fu avvertito in tutto il versante meridionale del vulcano fino a Catania. I danni più gravi si ebbero a Nicolosi (CT).
- 9-11 gennaio 1693 - Un periodo sismico colpì la Sicilia con gravissime distruzioni a molte località. In seguito alle due principali scosse del 9 e 11 gennaio si verificarono danni dal IX grado in su in circa 70 località della Sicilia sud-orientale. Catania Acireale e molti paesi del Val di Noto furono totalmente distrutti. Siracusa, Augusta, Caltagirone, Ragusa riportarono gravissimi danni. I morti furono circa 60000. Parecchie località furono ricostruite in sito diverso. I danni si estesero dalla Calabria meridionale a Malta, da Palermo ad Agrigento. Il terremoto fu fortemente avvertito in tutta la Sicilia, in Calabria settentrionale e in Tunisia. Effetti di maremoto si ebbero lungo la costa orientale dell'Isola da Messina a Siracusa. Le repliche durarono 2 anni. I danni più gravi si ebbero nelle province di Catania e Siracusa.
- 1 settembre 1726 - Un violento terremoto interessò la Sicilia nord-occidentale causando gravi danni al patrimonio edilizio di Palermo. Alcuni quartieri della città crollarono interamente e quasi tutti gli edifici subirono lesioni più o meno gravi; le vittime furono 250. Danni leggeri si ebbero anche a Trapani. La scossa fu avvertita in tutta la Sicilia occidentale. I danni più gravi si ebbero a Palermo.
- 15 gennaio 1968 - Un periodo sismico di notevole importanza colpì la Valle del Belice provocando la distruzione totale di alcuni centri come Salaparuta, Gibellina e Montevago; altri furono fortemente devastati. Danni minori si ebbero anche nelle zone di Palermo e Trapani. Le vittime furono circa 300. Il terremoto fu avvertito in tutta la Sicilia. I danni più gravi si ebbero a Salaparuta, Gibellina, Montevago, S. Margherita Belice, S. Ninfa, Salemi, Poggioreale e Partanna (TP)

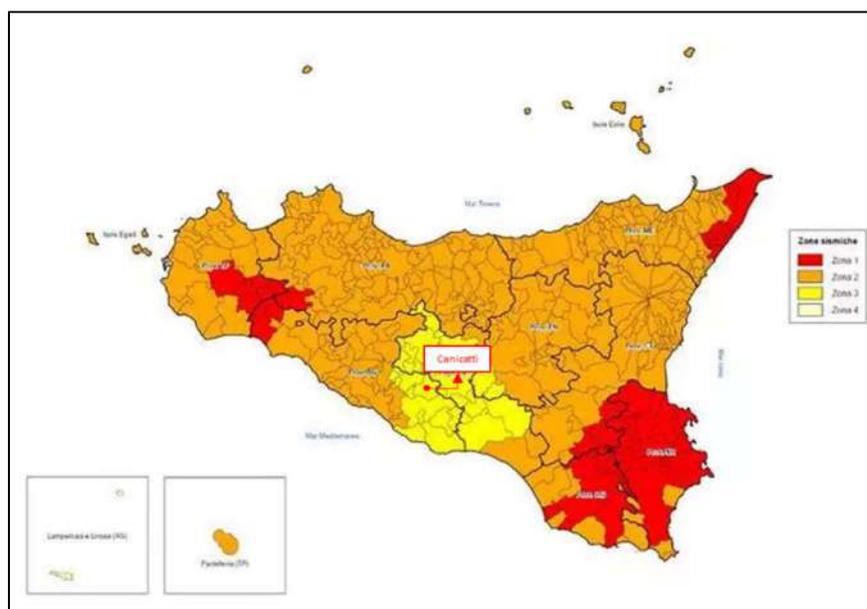
## 8.1 Caratterizzazione sismica locale

In questa fase dello studio geologico si ritiene necessario dare delle prime indicazioni sulla sismicità del territorio comunale (D.M. 16 Gennaio 1996) e della risposta sismica locale dei terreni in affioramento (N.T.C. 2018 - D.M 17 Gennaio 2018).

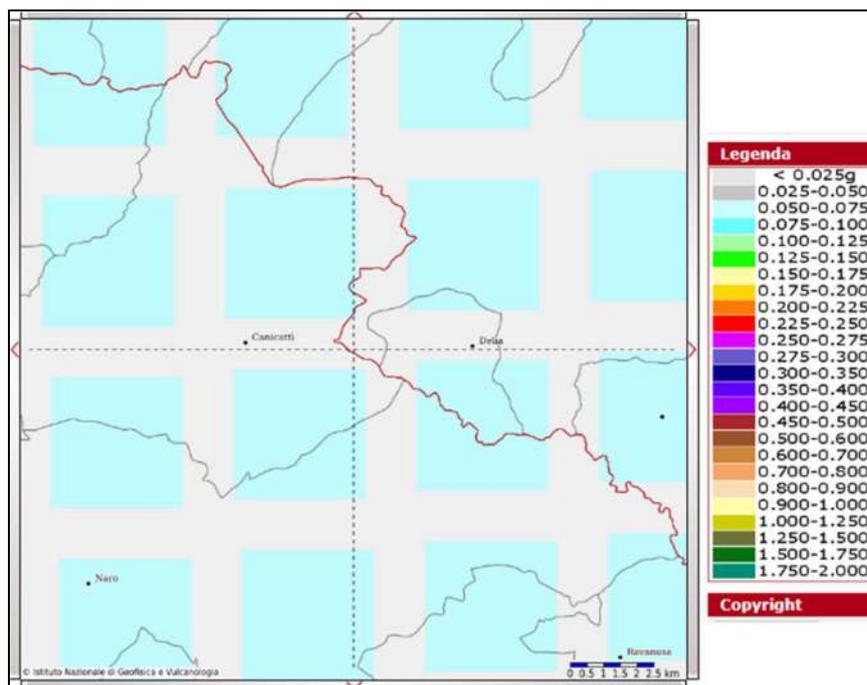
Con il D.M. 17.01.2018 l'intero territorio nazionale è stato suddiviso in "reticoli" aventi ai vertici delle coordinate. I territori ricadenti all'interno di questi "reticoli" hanno delle determinate caratteristiche sismiche che determinano poi la "Pericolosità Sismica".

Il territorio comunale di Canicattì (AG) è così classificato:

<b>ZONA SISMICA</b> <b>3</b>	<b>In questa zona i forti terremoti sono meno probabili rispetto alla zona 1 e 2</b>
---------------------------------	--



In base all'aggiornamento dell'OPCM 3274/03, adottato con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3519 del 28 aprile 2006, che vede suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido o pianeggiante  $a_g$ , che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni, il territorio di Canicattì (AG) rientra nelle celle contraddistinte da valori di  $a_g$  di riferimento compresi tra 0.050 – 0,075 (<http://esse1.mi.ingv.it/>).



**Figura 10 - Mappa di pericolosità sismica del territorio redatta a cura Dell'INGV secondo le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.**

Il territorio di Canicattì ricade all'interno del reticolo avente le seguenti coordinate:

SITO	SITO ID	LONGITUDINE	LATITUDINE
<b>Sito 1</b>	48513	13.8670	37.3840
<b>Sito 2</b>	48512	13.8040	37.3850
<b>Sito 3</b>	48734	13.8040	37.35.50
<b>Sito 4</b>	48735	13.8670	37.3340

Considerando gli Stati Limite di Esercizio (SLE) e gli Stati Limite Ultimi (SLU), si hanno i seguenti valori di  **$a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$** .

**Vita Nominale (VN): anni 50** - Classe d'uso = Classe II -  $C_u = 1.0$

**Periodo di riferimento:**  $VR = V_n * C_u = 50.00 * 1.00 = 50.00$  anni

STATO LIMITE	$a_g$ (g)	$F_o$	$T_c^*$ (s)
<b>SLO</b>	0.21695048	2.54231405	0.19520790
<b>SLD</b>	0.27815155	2.50000000	0.23603112
<b>SLV</b>	0.60773547	2.64561532	0.42283393
<b>SLC</b>	0.75808042	2.67706200	0.48494772

Dove

- **$a_g$**  = accelerazione orizzontale massima del terreno;
- **$F_o$**  = Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- **$T_c^*$**  = Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Dai dati ricavati dalla realizzazione delle prove sismiche a metodologia MASW, eseguite nelle aree di intervento, la  $V_{s,eq}$ , velocità delle onde S (onde di taglio) è risultata essere, per tutte le aree investigate, compresa tra 180 e 360 m/s, per cui la categoria del suolo di fondazione è "C" (vedi allegati). Con riferimento al software "Spettri NTC vers 2018 2.2" del Ministero delle Infrastrutture – Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici che per l'individuazione della pericolosità del sito, in base alla "Categoria di Suolo" (C) e alla "Categoria Topografica" (T1), considerando uno Stato Limite Ultimo (SLV), con un Tr di 475 anni, si hanno ulteriori parametri da tenere in considerazione in fase di calcolo:

<b>PARAMETRI SPETTRI ORIZZONTALI E Fv</b>							
	<b>S</b>	<b>TB</b>	<b>TC</b>	<b>TD</b>	<b>Fv</b>	<b>Cc</b>	<b>Ss</b>
<b>SLO</b>	1.500	0.117	0.351	1.687	0.506	1.800	1.500
<b>SLD</b>	1.500	0.133	0.399	1.711	0.563	1.691	1.500
<b>SLV</b>	1.500	0.197	0.590	1.843	0.880	1.395	1.500
<b>SLC</b>	1.500	0.215	0.646	1.903	0.995	1.333	1.500

<b>PARAMETRI SPETTRI VERTICALI</b>			
<b>Ss</b>	<b>TB</b>	<b>TC</b>	<b>TD</b>
1.000	0.050	0.150	1.000

Dove:

**S**= coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche

**TB**= periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione

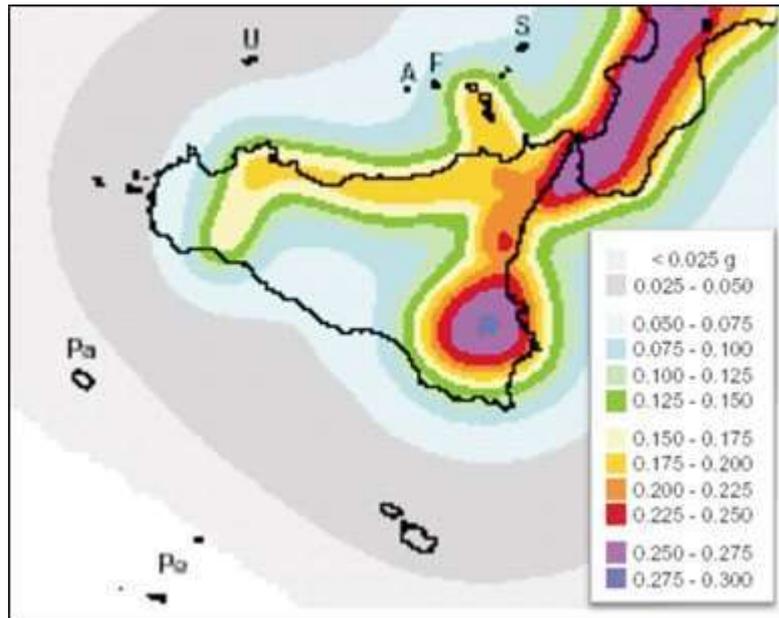
**Tc**= periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro

**TD**= periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro

**FV**= fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima

**CC**= coefficiente funzione della categoria di sottosuolo

**SS**= coefficiente di amplificazione stratigrafica



**Figura 11: Mappa pericolosità sismica Sicilia – INGV**

## 9 INDAGINI ESEGUITE

Sulla base di quanto stabilito ai fini del progetto, nel mese di luglio 2022 è stata condotta una campagna di indagini consistita in:

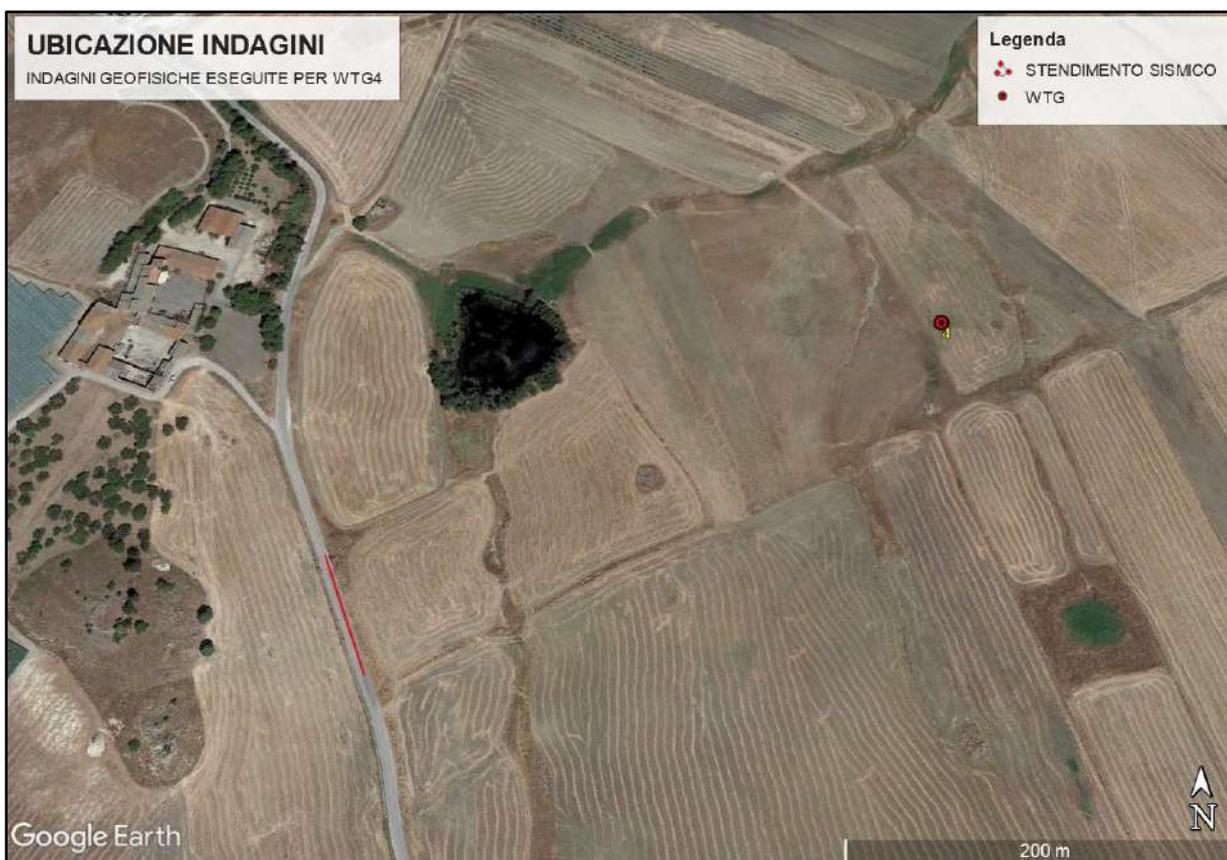
a. INDAGINI GEOFISICHE

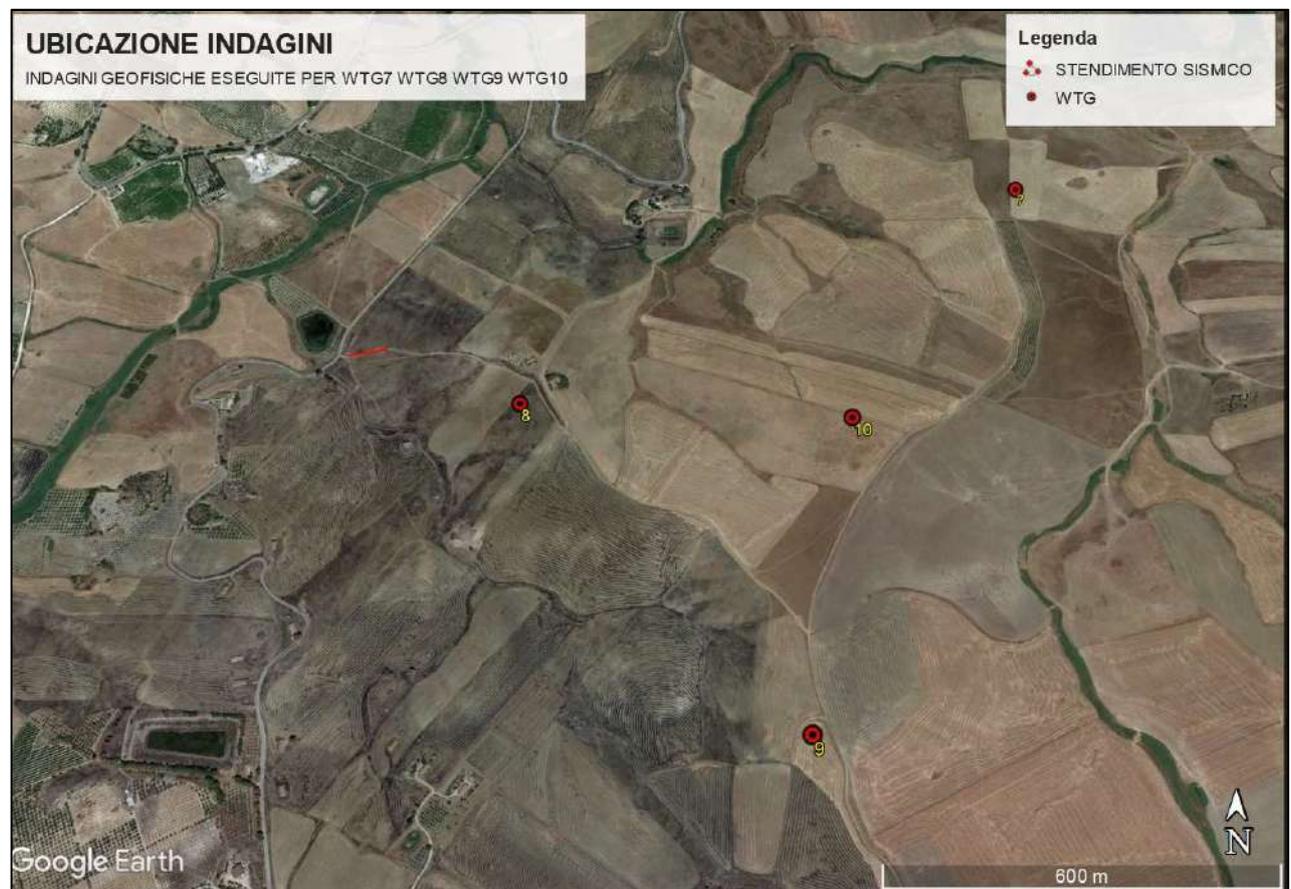
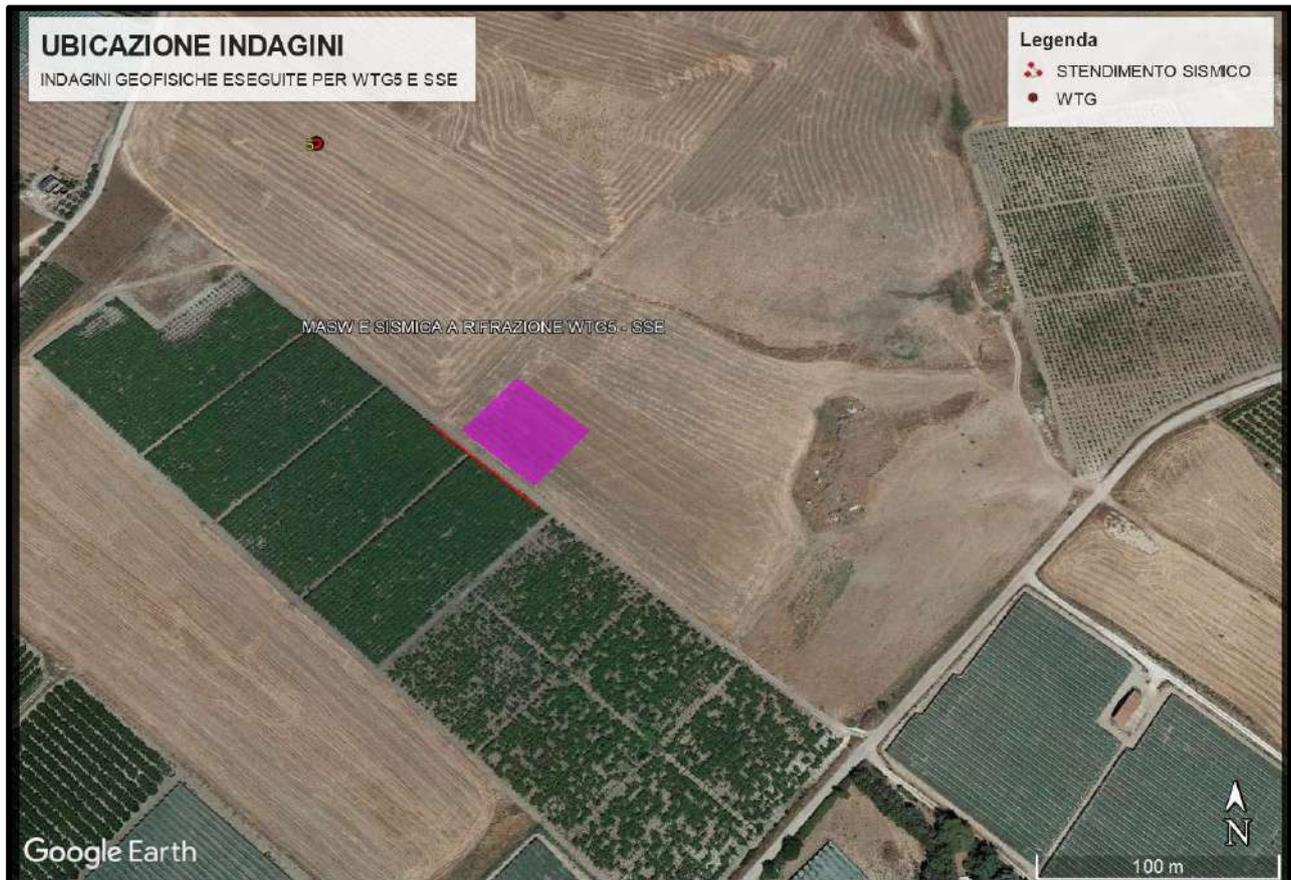
- n° 4 indagini sismiche tipo MASW
- n° 4 indagini sismiche a rifrazione

Le indagini sopracitate sono state condotte considerando l'omogeneità geologica e litologica; pertanto considerando aree omogenee sono state eseguite n°2 Indagni Masw e di sismica a rifrazione per la litologia argilloso marnosa e n°2 Indagni Masw e di sismica a rifrazione per la litologia appartenente alla formazione gessoso solfifera.

Di seguito si riporta una tabella di sintesi in cui si riassume la distribuzione delle indagini eseguite tenendo conto dell'omogeneità litologica.

<b>UBICAZIONE MASW/SISMICA A RIFRAZIONE</b>	<b>WTG ASSOCIATE</b>
<b>WTG 1</b>	<b>WTG 1 - WTG 2 - WTG 3</b>
<b>WTG 4</b>	—
<b>WTG 5</b>	<b>SSE</b>
<b>WTG 10</b>	<b>WTG 7 - WTG 8 - WTG 9 - WTG 10</b>





## 9.1 indagine sismica MASW

Nell'ambito generale delle indagini, sono state eseguite prove di superficie con metodologia M.A.S.W. (Multichannel Analysis of SurfaceWaves), finalizzate al calcolo della velocità equivalente delle onde di taglio ( $V_{s30}$ ).

I dettagli riguardanti le singole prove realizzate nonché i presupposti teorici e le relative elaborazioni, sono riportati negli allegati. Al fine di classificare il sottosuolo da un punto di vista sismico nonché per definire l'azione sismica di progetto e l'effetto della risposta sismica locale, la normativa europea (EUROCODICE 8) e quelle italiane, dall'OPCM 3274/2003 sino alle recenti "Norme Tecniche per le Costruzioni", approvate con Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, adottano, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili a determinate categorie, un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_S$ . La velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s) è definita dall'espressione:

$$V_{S_{eq}} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

con:

$h_i$  = spessore dell' $i$ -esimo strato;

$V_{S,i}$  = velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;

$N$  = numero di strati;

$H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.

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  $V_{S,eq}$  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. Mediante le risultanze scaturite dalla prospezione geofisica MASW, l'elaborazione dei dati ha permesso di calcolare i seguenti valori riportati nella sottostante tabella.

MASW N.	WTG (Per aree omogenee)	$V_{s,eq}$	CATEGORIA DI SUOLO
<b>WTG 1</b>	WTG 2/WTG 3	264.04	C
<b>WTG 4</b>	—	211.20	C
<b>WTG 5</b>	SSE	233.72	C
<b>WTG 10</b>	WTG 7/WTG 8/WTG 9	225.04	C

## 9.2 Indagine sismica a rifrazione

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde o, equivalentemente, da diversi indici di rifrazione.

### Modalità acquisizione

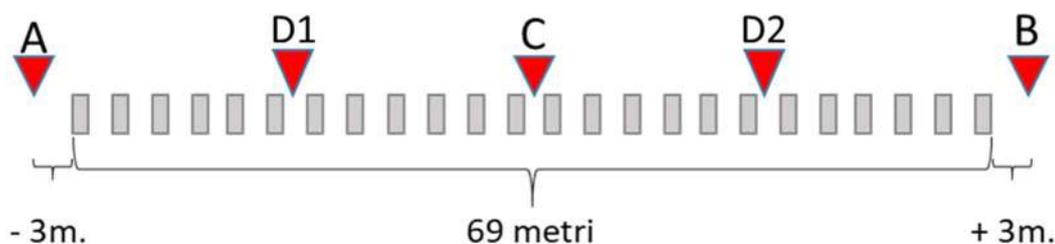
Più nel dettaglio per eseguire la prova è necessario avere la seguente attrezzatura:

- sismografo minimo a 24 canali, con possibilità di stack degli impulsi sismici, filtri analogici e digitali programmabili (filtri attivi tipo high pass, band pass e band reject), guadagno verticale del segnale (in ampiezza) e sensibilità tra 6 e 92 decibel, registrazione dei dati in digitale per elaborazioni successive con formato in uscita minimo a 16 bit;
- 24 ricevitori (12 ricevitori):

per onde P geofoni verticali con frequenza propria variabile tra 8 e 40 Hz;  
 per onde S geofoni orizzontali con frequenza propria variabile da 8 - 14 Hz;

- sistema di energizzazione.
- STARTER per Acquisizione: il trigger utilizzato consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un geofono starter nell'istante in cui il sistema energizzante colpisce la base di battuta determinando l'inizio della registrazione.

<b>CARATTERISTICHE STENDIMENTO</b>	
<b>SISMOGRAFO</b>	A6000S, Sysmatrack, X610S
<b>N° SHOT</b>	5
<b>N° GEOFONI</b>	24
<b>INTERDISTANZA GEOFONICA</b>	3 metri



### 9.3 caratterizzazione geomeccanica

Per la caratterizzazione meccanica dei terreni, è stato fatto riferimento ai dati derivanti dalle prove eseguite, in correlazione con i dati esistenti in letteratura, in possesso dello scrivente, per i terreni simili, in zone limitrofe, considerando la similarità di comportamento meccanico (6.2.2 – NTC 2018); i risultati e la ricostruzione del modello geologico tecnico sono riportati nella Relazione geotecnica "IT-VesAKR-BFP-GEO-TR-002-Rev.0"

## 9. CONCLUSIONI

La presente relazione geologica è stata redatta ai sensi del NTC 17/01/2018 e volta a accertare l'idoneità delle aree coinvolte nella realizzazione del progetto del "Parco Eolico Akra wind sito nel comune di Canicattì (AG)".

Nella presente relazione, sulla base delle attività svolte e dei dati consultati, è stato possibile ricostruire il quadro geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico, anche se è consigliabile prima della stesura del progetto esecutivo predisporre ed effettuare una campagna di indagini dirette e distruttive nelle aree oggetto dei lavori, per determinare con maggior grado di attendibilità i parametri acclarati nel presente documento.

- L'area di indagine, ricadente nel bacino idrografico del Fiume Naro, è morfologicamente una zona stabile, in cui non sono stati riscontrati fenomeni di dissesto, come dimostrato dalla consultazione della cartografia PAI e dai rilievi di campagna.
- La ricostruzione stratigrafica dell'area di studio si è basata sulle indagini eseguite e sui dati bibliografici in possesso.
- La litologia locale ha permesso di individuare due aree geologicamente omogenee; una costituita dalla *formazione argilloso marnosa* che accomuna gli aerogeneratori "WTG 1, WTG 2, WTG3, WTG 7, WTG 8, WTG 9, WTG 10"; l'altra costituita da *calcare solfifero* che caratterizza gli aerogeneratori "WTG 4, WTG 5, SSE".
- Per la caratterizzazione geotecnica si rimanda al doc. **"IT-VesAKR-BFP-GEO-TR-002-Rev.0"**.
- Dal punto di vista sismico il comune di Canicattì ricade in zona sismica 3. I valori di velocità delle onde di taglio, fornite dalle prove MASW eseguite, hanno permesso di calcolare un valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_{S,eq}$ , i cui valori sono riportati nel par. 10.1 e nei relativi allegati e determinando una categoria di suolo C.
- Per la scelta delle fondazioni in C. A., viste le riultanze degli studi e indagini eseguite, nelle remote dell'elaborato Relazione Geotecnica doc. "IT-VesAKR-BFP-GEO-TR-002-Rev.0", considerato il carico localizzato a cui saranno sottoposti i litotipi, si consiglia di realizzare una Fondazione del Tipo "INDIRETTE" su pali.
- Sempre dall'elaborato Relazione Geotecnica doc. "IT-VesAKR-BFP-GEO-TR-002-Rev.0", sono state eseguite su i due versanti a maggiore grado di inclinazione, le verifiche di stabilità pre e post opera, nello specifico per la Macro Area "A" sulla WTG1 (ARGILLE E MARNE) abbiamo un FS pre opera di 2.67 e post opera 1.50 mentre per la Macro Area "B" sulla WTG4 (Calcari Solfiferi) abbiamo un FS pre opera di 2.91 e post opera di 1.30.

Si consiglia di realizzare, durante le operazioni di scavo delle fondazioni, opportuni sistemi di drenaggio e deflusso delle acque meteoriche, mediante la realizzazione di fossi di guardia a monte delle opere previste.

In conclusione il sito presenta sufficienti garanzie e pertanto risulta idoneo ad accogliere le opere previste in progetto senza indurre rischi sulle strutture da realizzare nel medio lungo termine e nei confronti delle aree limitrofe e della collettività.

BARI li, 27/09/2022

### I tecnici

Dott. Geol Antonio CONSOLE

Dott.ssa Geol. Chiara GUGLIOTTI



## ALLEGATI

## Elaborazione indagini sismiche tipo MASW

### Easy MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

### Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

### Onde di Rayleigh – "R"

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (onde P, onde S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

### Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

## **Modellizzazione**

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidezza.

## **Modi di vibrazione**

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

## **Profondità di indagine**

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

## MASW WTG 1 (WTG 2, WTG 3) Dati generali

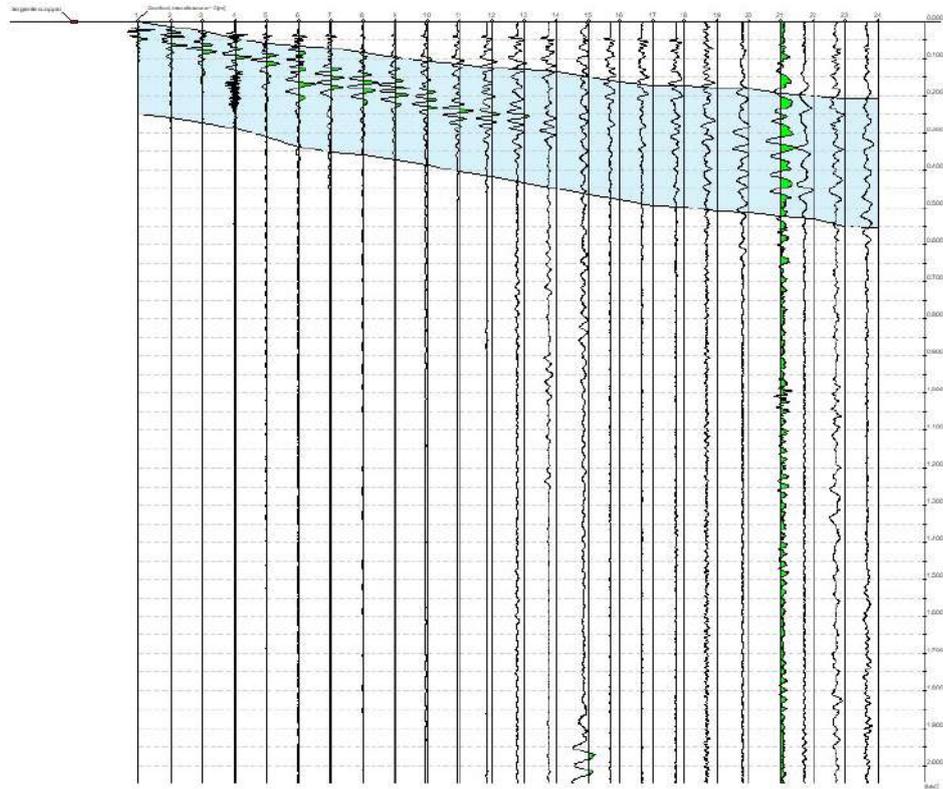
**Cantiere** | PARCO EOLICO AKRA WIND  
**Località** | CANICATTI' (AG)  
**Data** | 15/07/2022



## Tracce

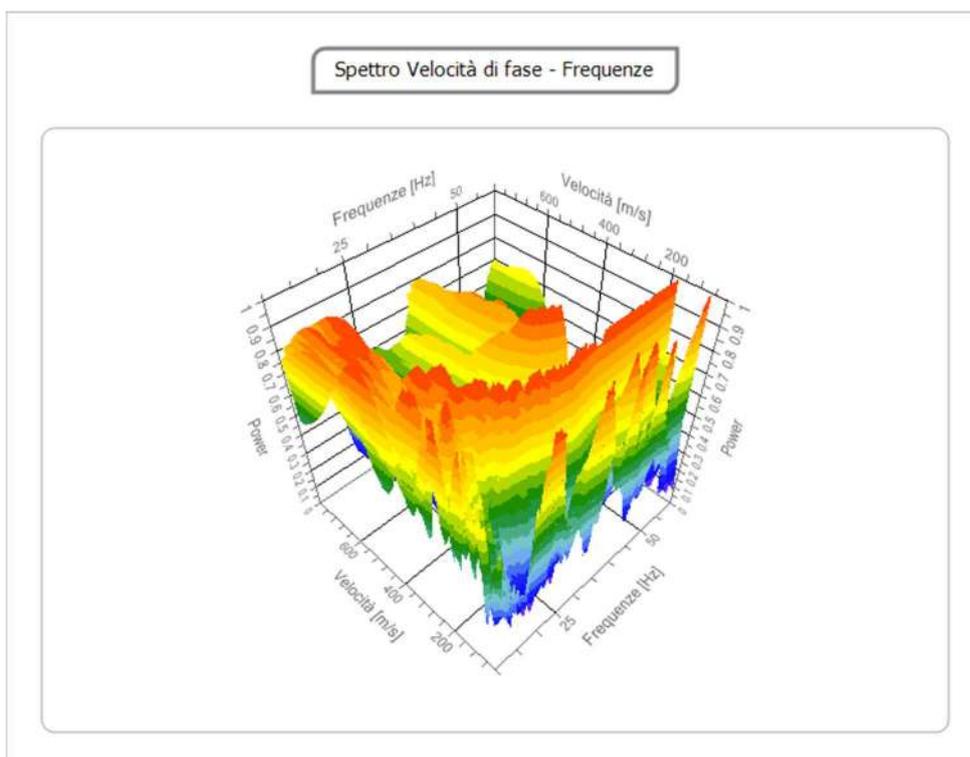
<b>N. tracce</b>	24
<b>Durata acquisizione [msec]</b>	2048.0
<b>Interdistanza geofoni [m]</b>	3.0
<b>Periodo di campionamento [msec]</b>	1.00

Cantiere: PARCO EOLICO AKRA WND  
Località: CANICATTI (AG)  
Data: 15/07/2022



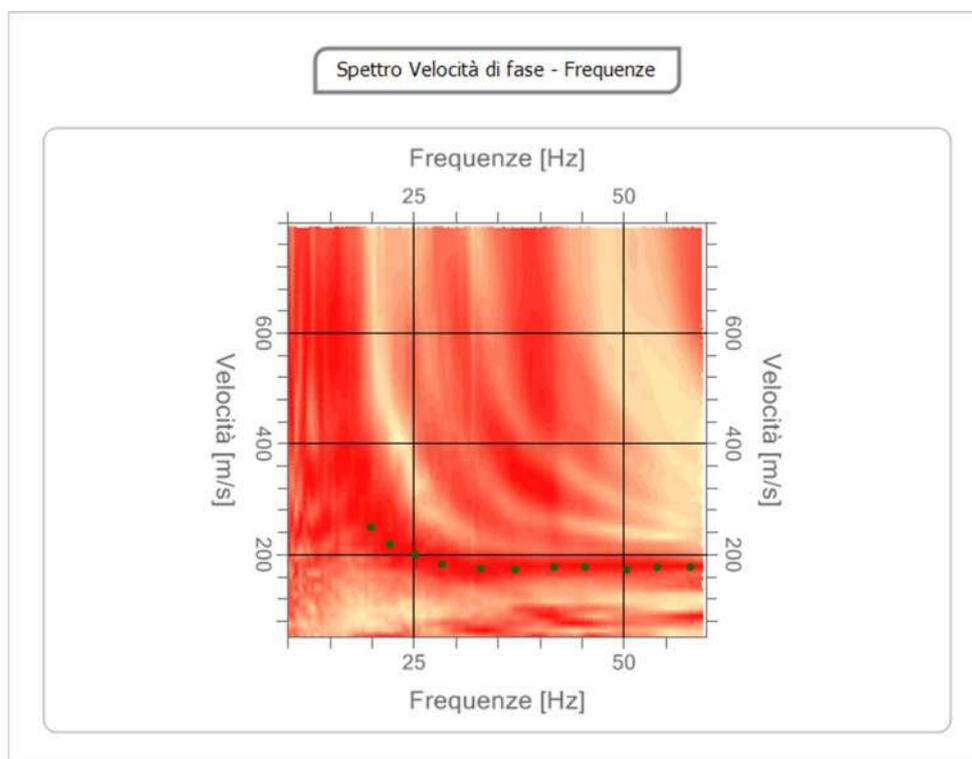
## Analisi spettrale

<b>Frequenza minima di elaborazione [Hz]</b>	10
<b>Frequenza massima di elaborazione [Hz]</b>	60
<b>Velocità minima di elaborazione [m/sec]</b>	50
<b>Velocità massima di elaborazione [m/sec]</b>	800
<b>Intervallo velocità [m/sec]</b>	1



### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	20.0	248.3	0
2	22.2	217.8	0
3	25.2	197.5	0
4	28.3	182.2	0
5	33.0	174.6	0
6	37.1	172.0	0
7	41.7	177.1	0
8	45.4	177.1	0
9	50.3	172.0	0
10	54.0	177.1	0
11	57.9	177.1	0



## Inversione

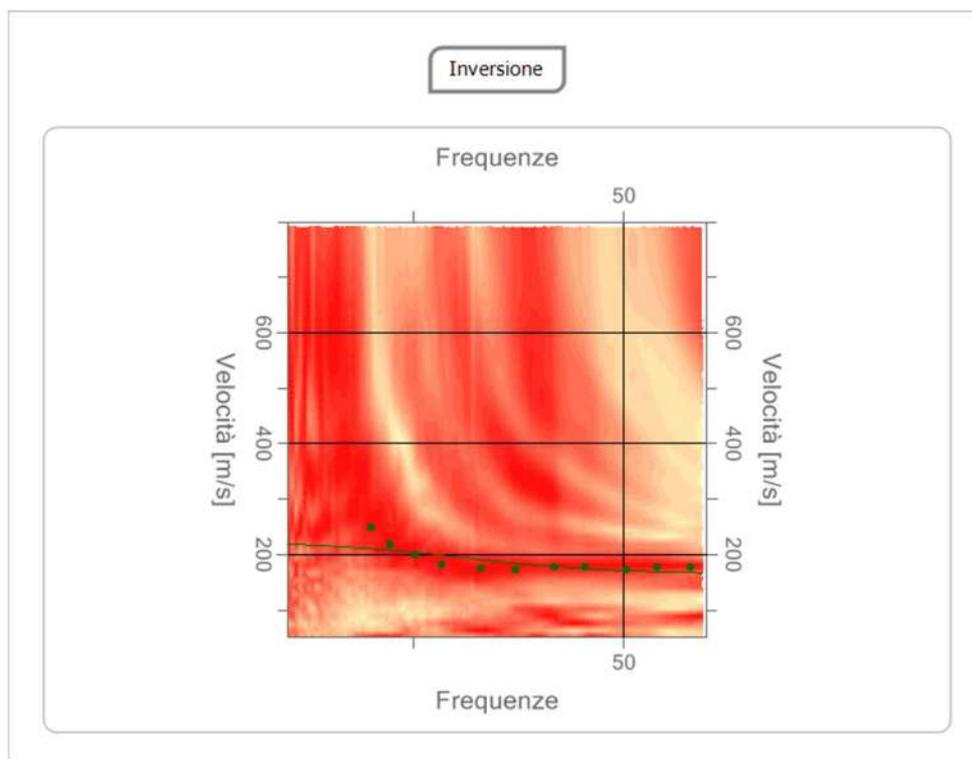
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	TERRENO VEGETALE	2.00	2.00	1800.0	0.30	No	325.5	174.0
2	FORMAZIONE DELLE ARGILLE E MARNE	oo	oo	1800.0	0.30	No	460.3	246.0

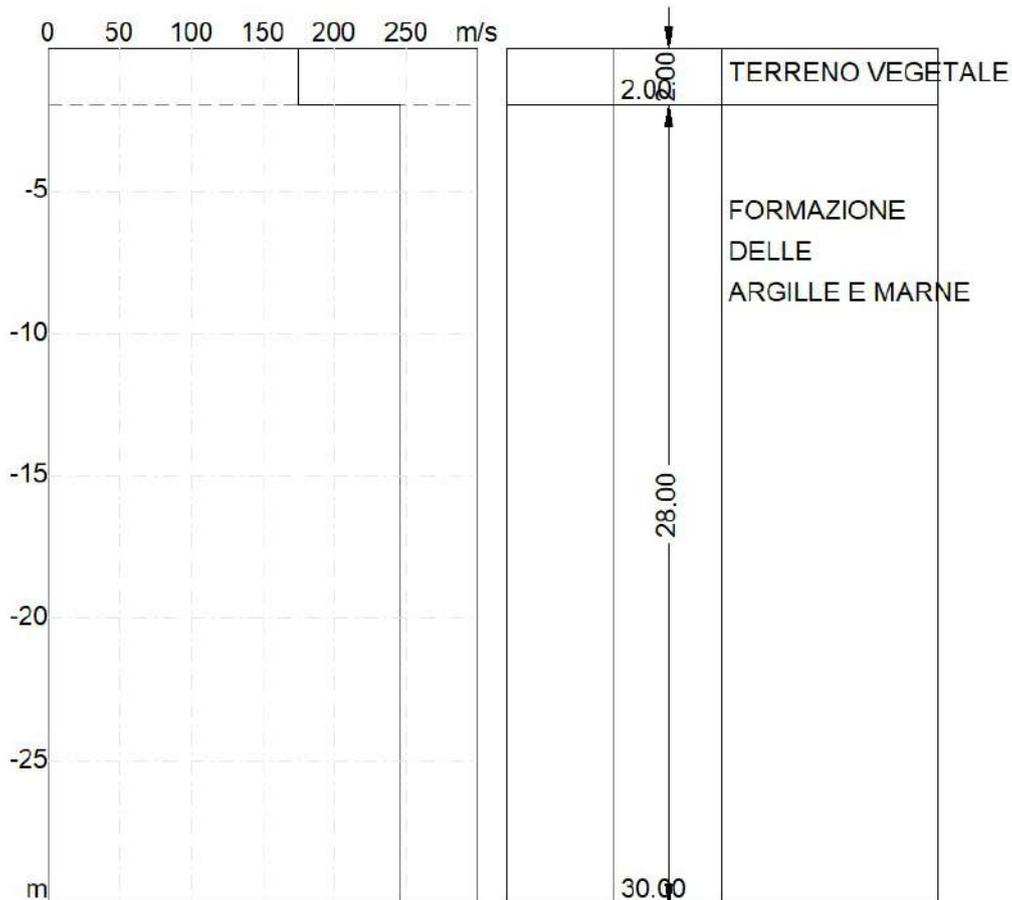
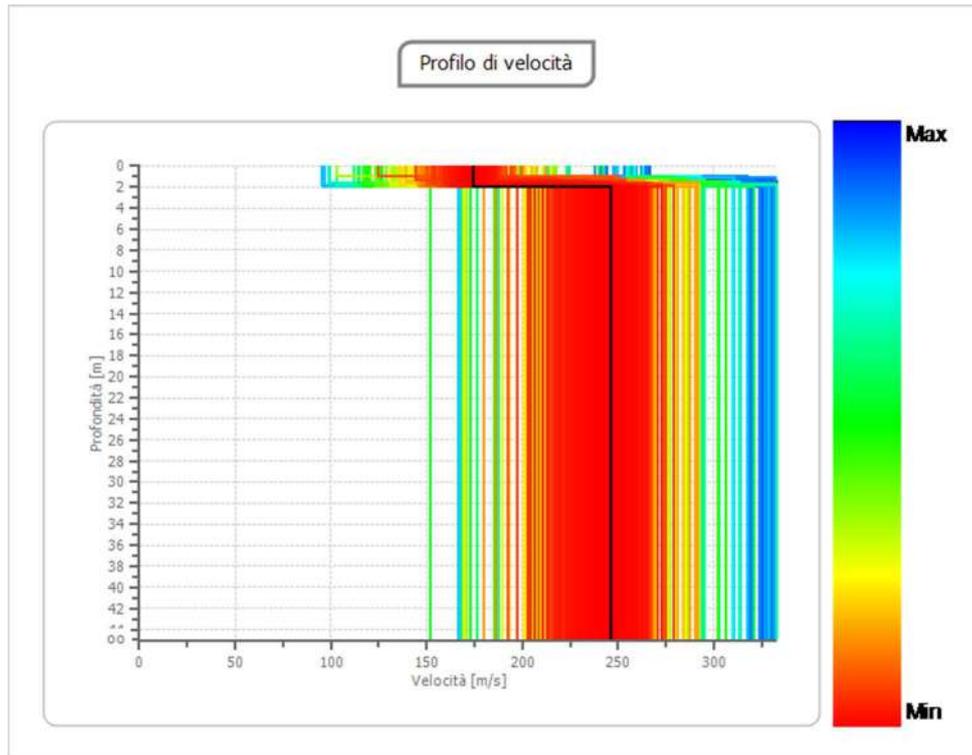
Percentuale di errore

0.629 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.070





## Risultati

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	2.00
<b>Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)</b>	246.04
<b>Categoria del suolo</b>	C

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

### Altri parametri geotecnici

n.	Profo ndità [m]	Spess ore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densi tà [kg/ mc]	Coeffi cient e Poiss on	G0 [MPa ]	Ed [MPa ]	M0 [MPa ]	Ey [MPa ]	NSPT	Qc [kPa]
1	2.00	2.00	174.0 0	325.5 3	1800. 00	0.30	54.50	190.7 5	118.0 8	141.7 0	N/A	377.7 6
2	oo	oo	246.0 4	460.3 0	1800. 00	0.30	108.9 6	381.3 7	236.0 9	283.3 0	0	2153. 84

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

## MASW WTG 4

### Dati generali

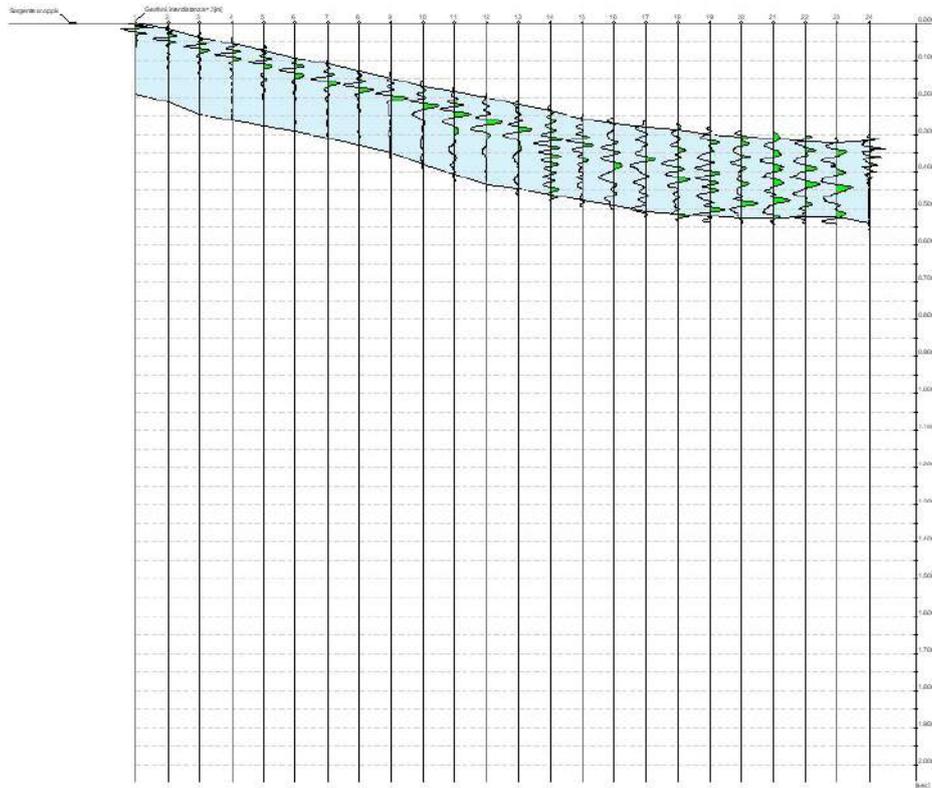
**Cantiere** | PARCO EOLICO AKRA WIND  
**Località** | CANICATTI' (AG)  
**Data** | 15/07/2022



## Tracce

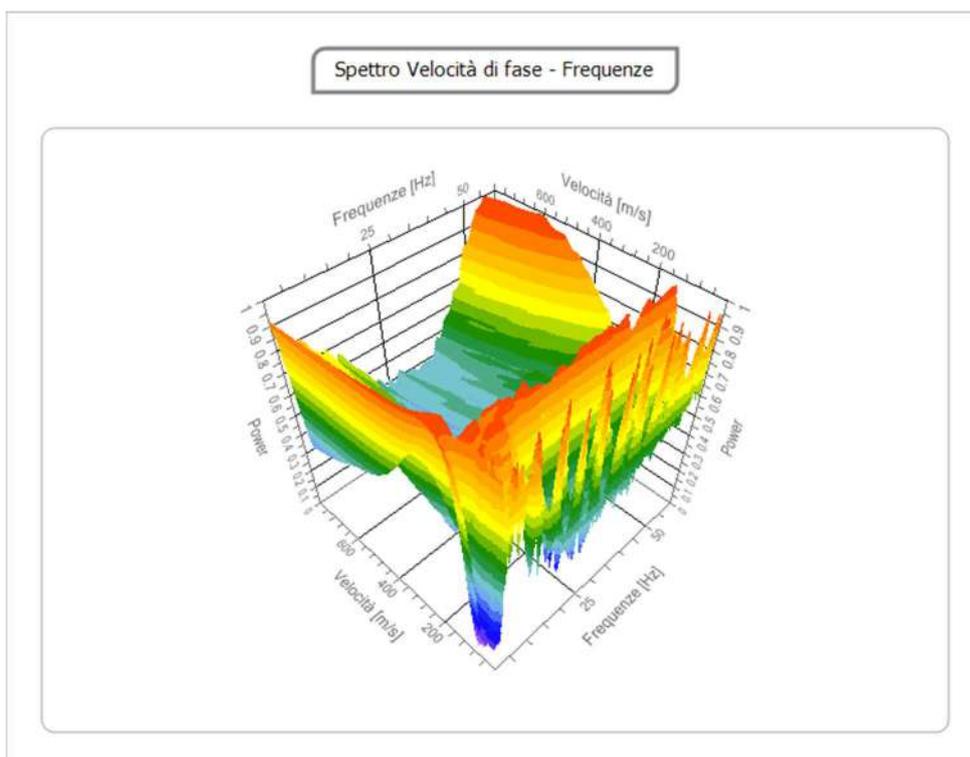
<b>N. tracce</b>	24
<b>Durata acquisizione [msec]</b>	2048.0
<b>Interdistanza geofoni [m]</b>	3.0
<b>Periodo di campionamento [msec]</b>	1.00

Cantiere: PARCO EOLICO AKRA WND  
Località: CANICATTI - WTG 4  
Data: 15/07/2022



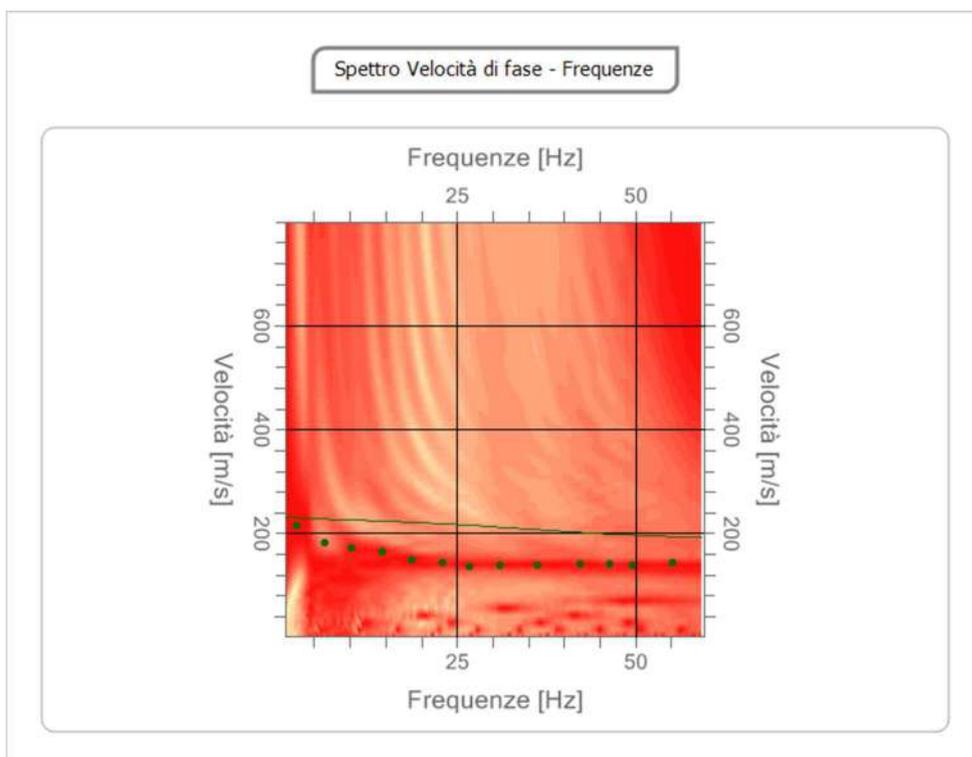
## Analisi spettrale

<b>Frequenza minima di elaborazione [Hz]</b>	1
<b>Frequenza massima di elaborazione [Hz]</b>	60
<b>Velocità minima di elaborazione [m/sec]</b>	1
<b>Velocità massima di elaborazione [m/sec]</b>	800
<b>Intervallo velocità [m/sec]</b>	1



### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	2.6	215.0	0
2	6.6	182.5	0
3	10.2	171.6	0
4	14.6	163.5	0
5	18.7	150.0	0
6	22.9	144.5	0
7	26.7	136.4	0
8	31.1	139.1	0
9	36.3	139.1	0
10	42.3	141.8	0
11	46.4	141.8	0
12	49.6	139.1	0
13	55.2	144.5	0



## Inversione

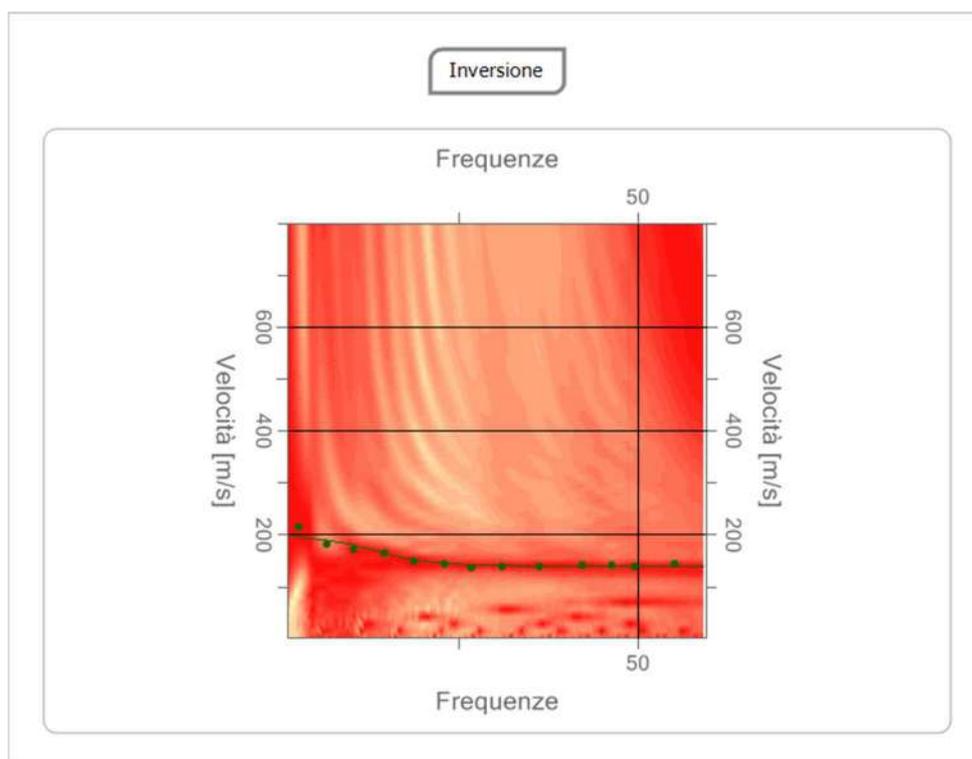
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	TERRENO VEGETALE	4.00	4.00	1800.0	0.30	No	279.4	149.4
2	CALCARE SOLFIFERO	oo	oo	1800.0	0.30	No	407.2	217.6

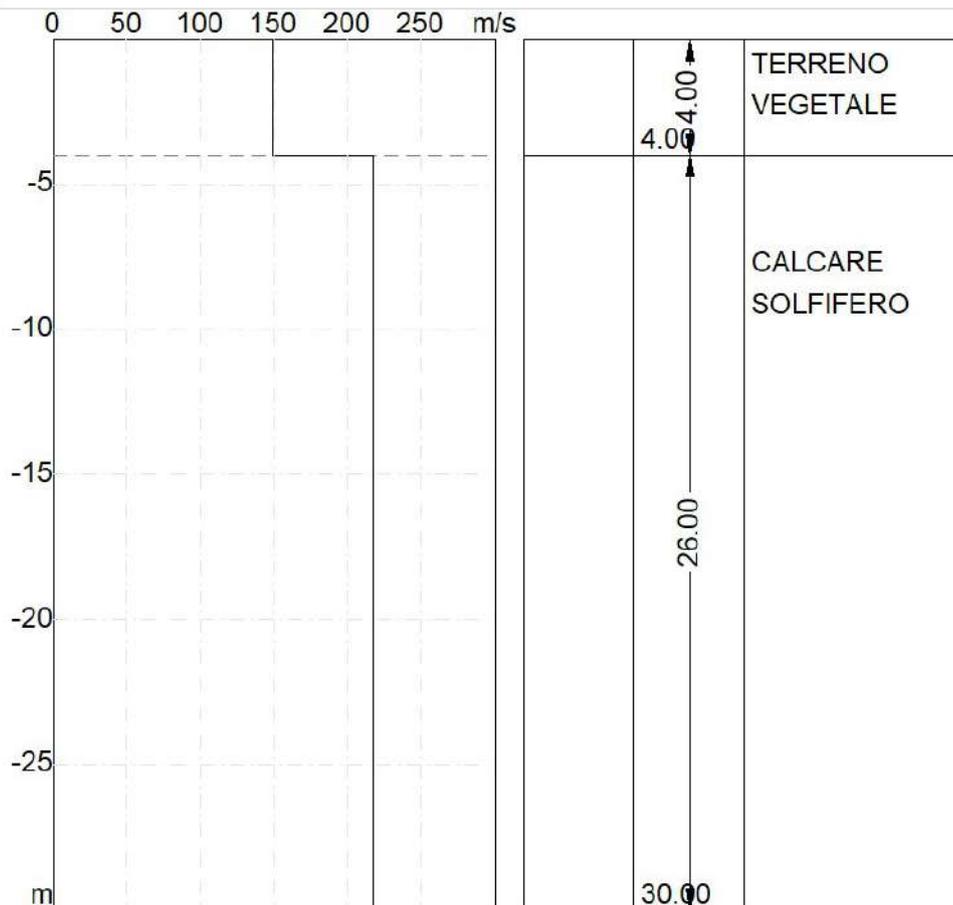
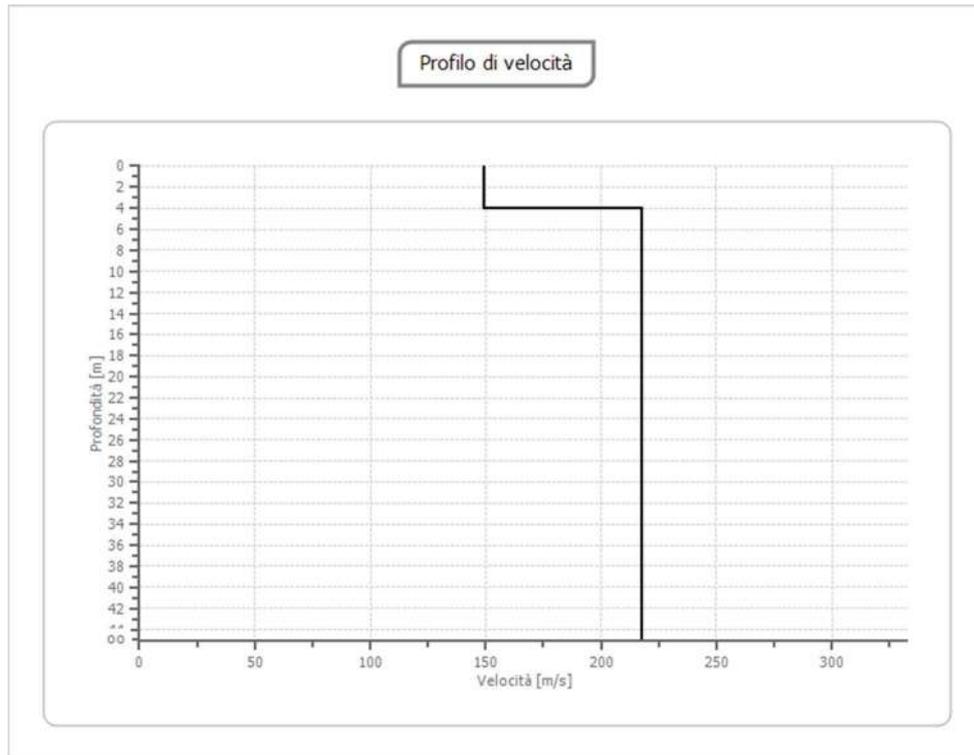
Percentuale di errore

0.179 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.035





## Risultati

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	2.00
<b>Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)</b>	264.04
<b>Categoria del suolo</b>	C

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

### Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	4.00	4.00	149.36	279.43	1800.00	0.30	40.16	140.54	87.00	104.40	42	175.36
2	oo	oo	217.64	407.17	1800.00	0.30	85.26	298.41	184.73	221.68	0	1162.90

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

## MASW WTG 4

### Dati generali

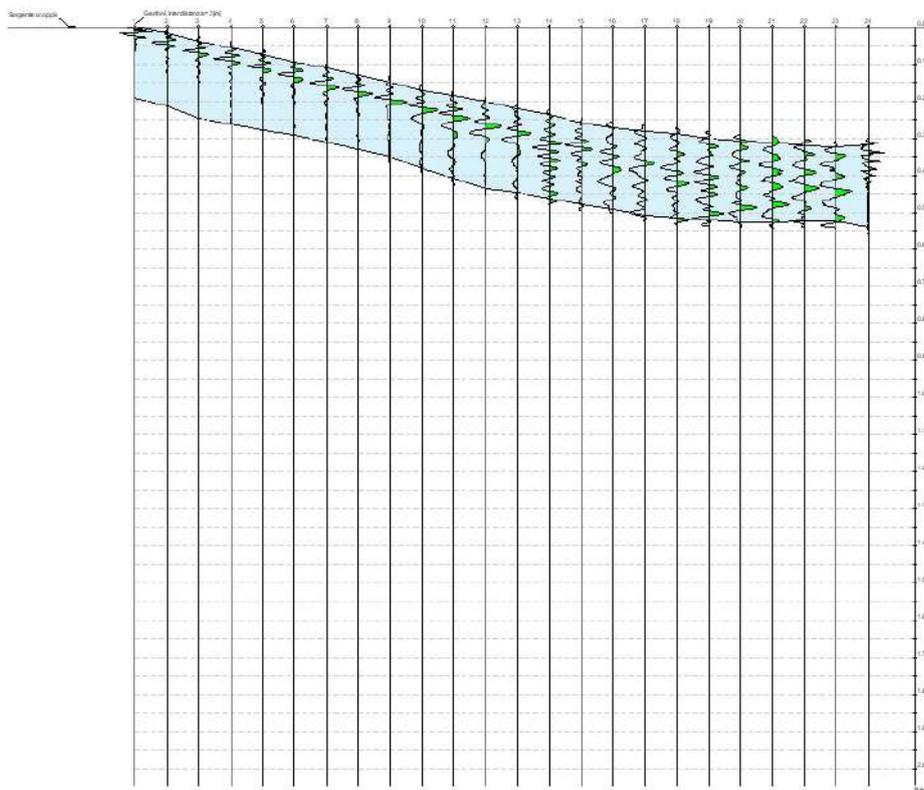
<b>Cantiere</b>	PARCO EOLICO AKRA WIND
<b>Località</b>	CANICATTI' (AG)
<b>Data</b>	15/07/2022



### Tracce

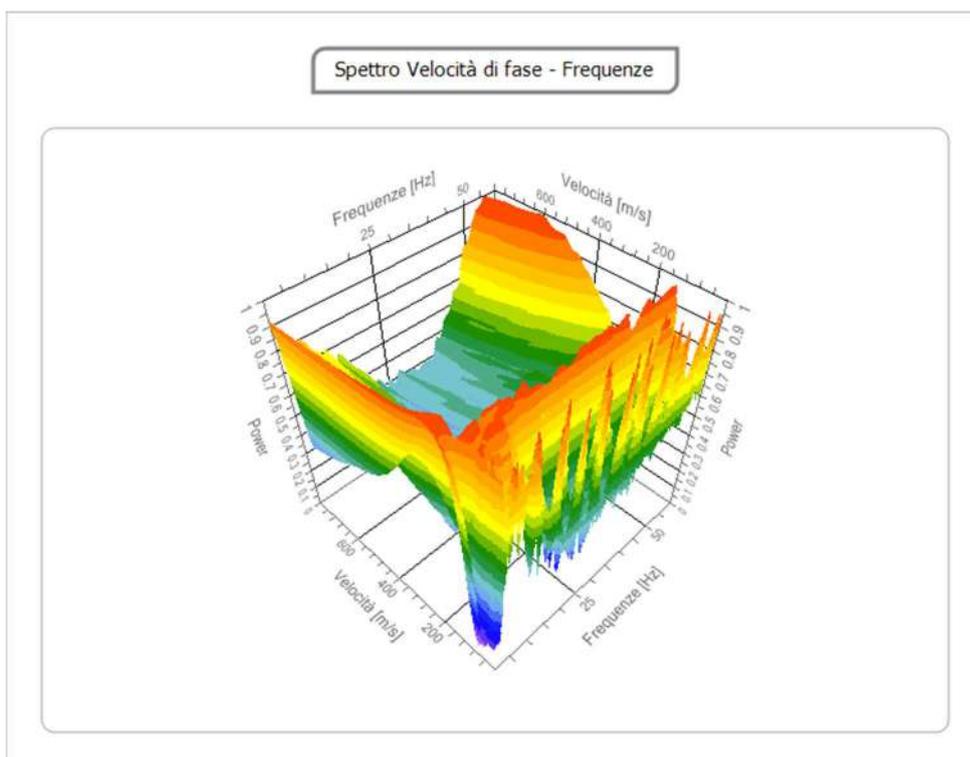
**N. tracce** 24  
**Durata acquisizione [msec]** 2048.0  
**Interdistanza geofoni [m]** 3.0  
**Periodo di campionamento [msec]** 1.00

Cantiere: PARCO EOLICO AKRA WND  
Località: CANICATTI - WTG 4  
Data: 15/07/2022



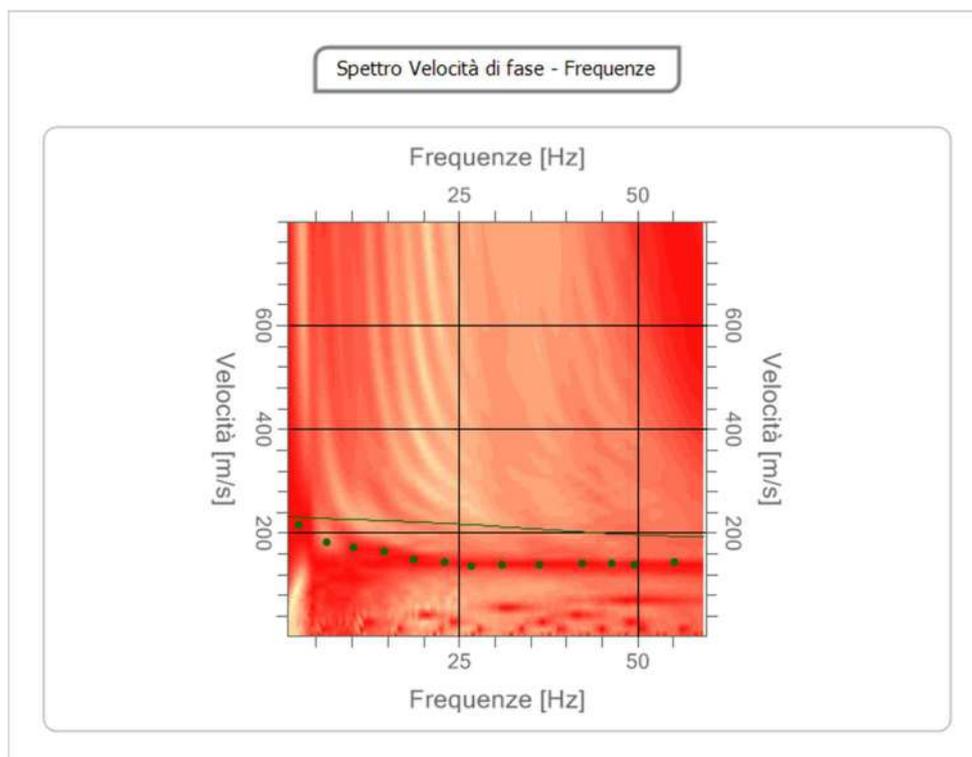
## Analisi spettrale

<b>Frequenza minima di elaborazione [Hz]</b>	1
<b>Frequenza massima di elaborazione [Hz]</b>	60
<b>Velocità minima di elaborazione [m/sec]</b>	1
<b>Velocità massima di elaborazione [m/sec]</b>	800
<b>Intervallo velocità [m/sec]</b>	1



## Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	2.6	215.0	0
2	6.6	182.5	0
3	10.2	171.6	0
4	14.6	163.5	0
5	18.7	150.0	0
6	22.9	144.5	0
7	26.7	136.4	0
8	31.1	139.1	0
9	36.3	139.1	0
10	42.3	141.8	0
11	46.4	141.8	0
12	49.6	139.1	0
13	55.2	144.5	0



## Inversione

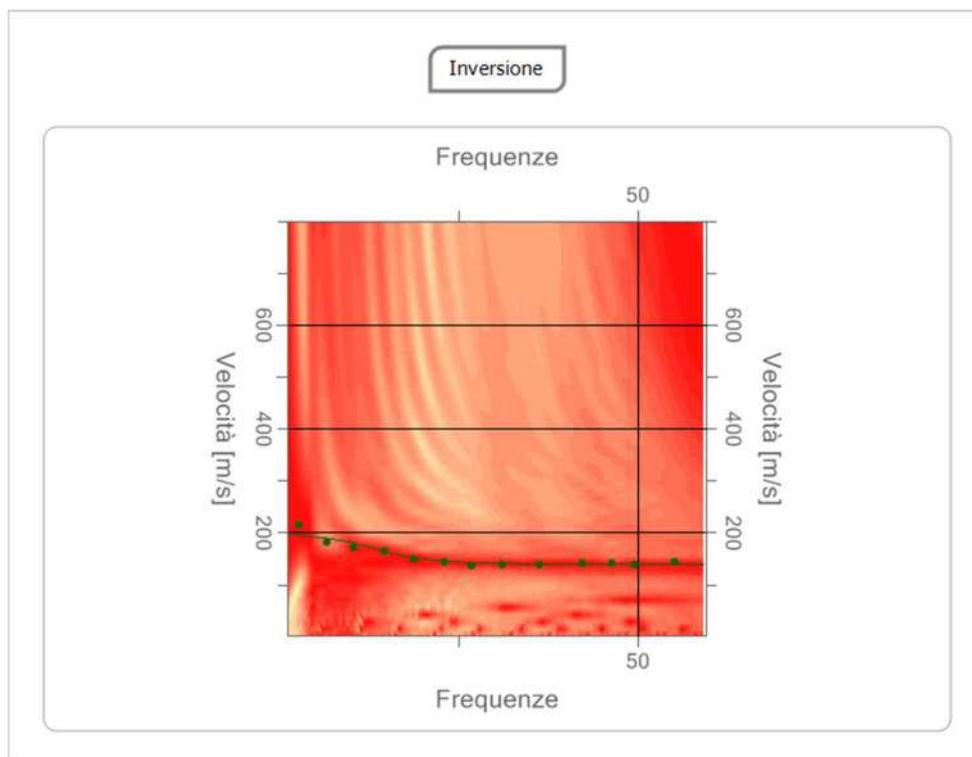
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	TERRENO VEGETALE	4.00	4.00	1800.0	0.30	No	279.4	149.4
2	CALCIARE SOLFIFERO	oo	oo	1800.0	0.30	No	407.2	217.6

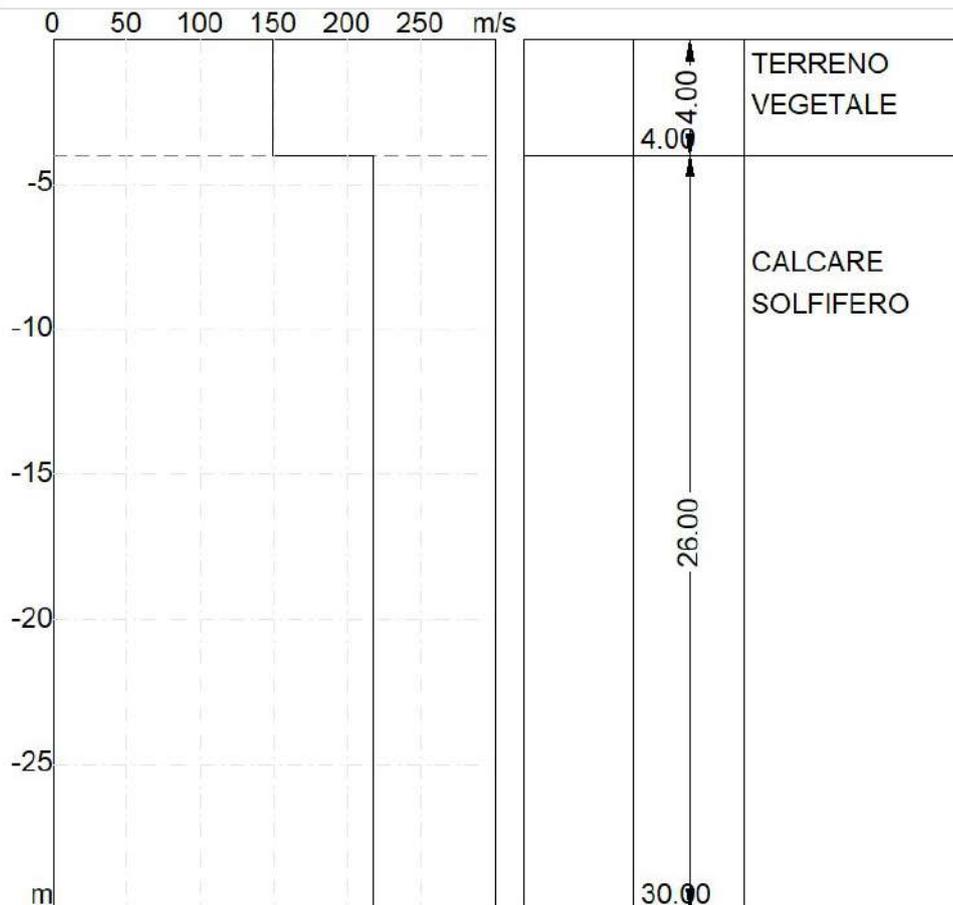
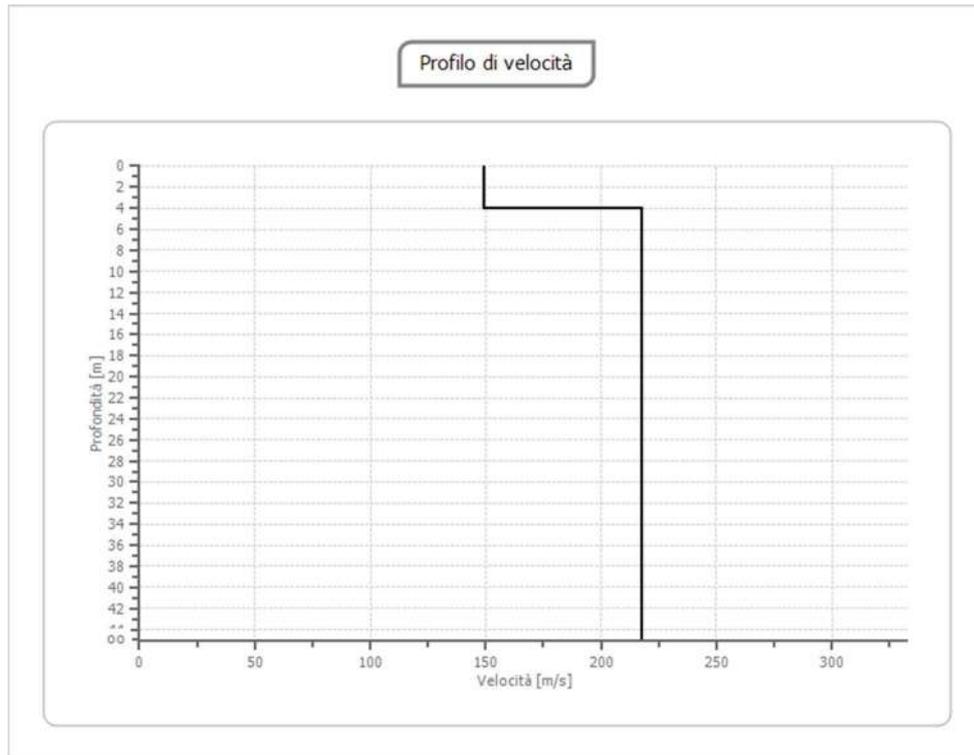
Percentuale di errore

0.179 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.035





## Risultati

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	2.00
<b>Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)</b>	211.20
<b>Categoria del suolo</b>	C

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

### Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	4.00	4.00	149.36	279.43	1800.00	0.30	40.16	140.54	87.00	104.40	42	175.36
2	oo	oo	217.64	407.17	1800.00	0.30	85.26	298.41	184.73	221.68	0	1162.90

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

## MASW WTG 5

### Dati generali

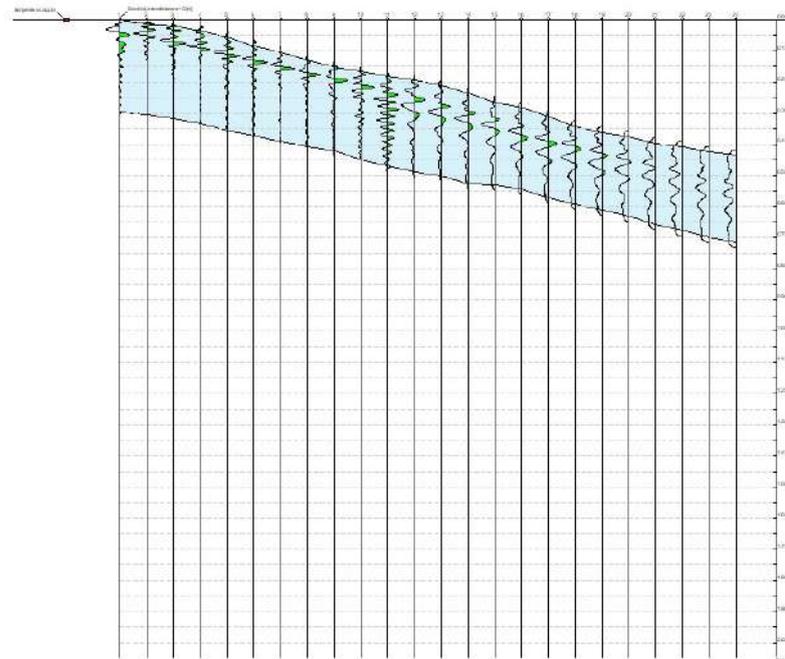
<b>Cantiere</b>	PARCO EOLICO AKRA WIND
<b>Località</b>	CANICATTI' (AG)
<b>Data</b>	15/07/2022



## Tracce

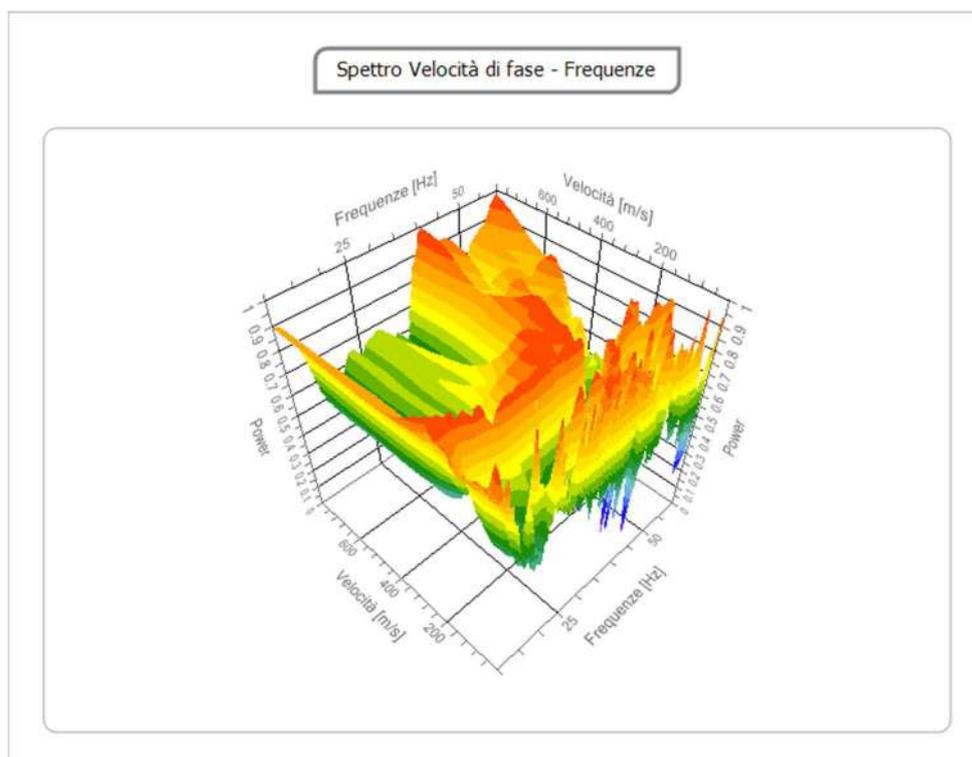
<b>N. tracce</b>	24
<b>Durata acquisizione [msec]</b>	2048.0
<b>Interdistanza geofoni [m]</b>	3.0
<b>Periodo di campionamento [msec]</b>	1.00

Caniliere: PARCO EOLICO AKRA WIND  
Località: CANICATTI WTG 5  
Data: 15/07/2022



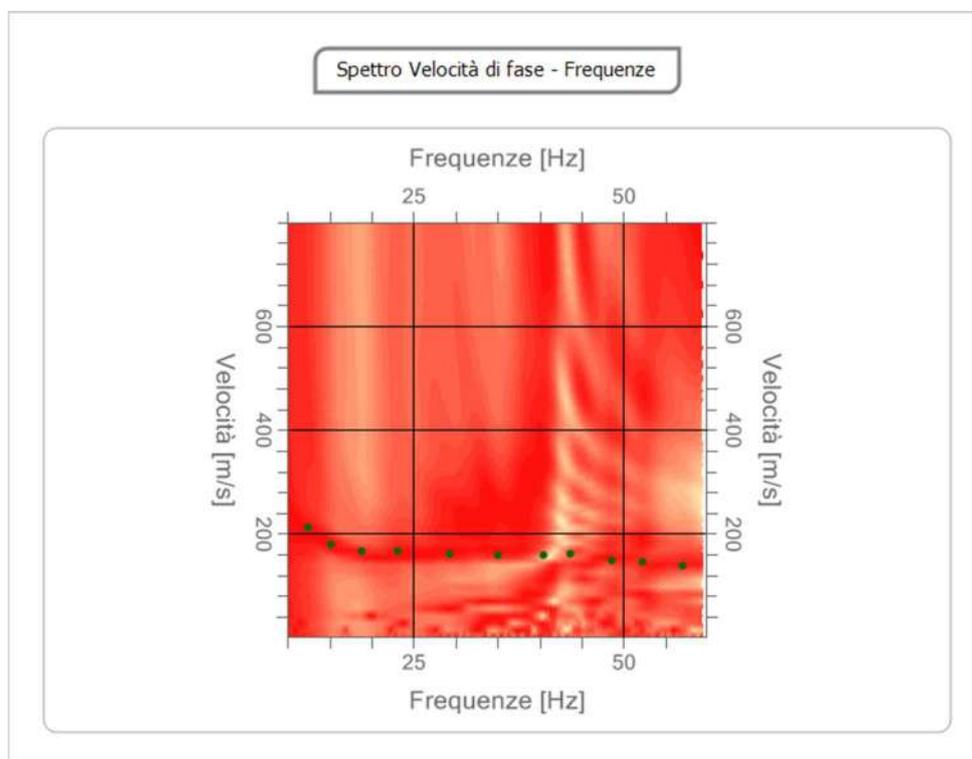
## Analisi spettrale

**Frequenza minima di elaborazione [Hz]** 10  
**Frequenza massima di elaborazione [Hz]** 60  
**Velocità minima di elaborazione [m/sec]** 1  
**Velocità massima di elaborazione [m/sec]** 800  
**Intervallo velocità [m/sec]** 1



### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	12.4	212.3	0
2	15.1	179.8	0
3	18.8	166.2	0
4	23.0	166.2	0
5	29.3	160.8	0
6	35.1	158.1	0
7	40.5	158.1	0
8	43.7	160.8	0
9	48.6	150.0	0
10	52.2	147.3	0
11	57.1	139.1	0



## Inversione

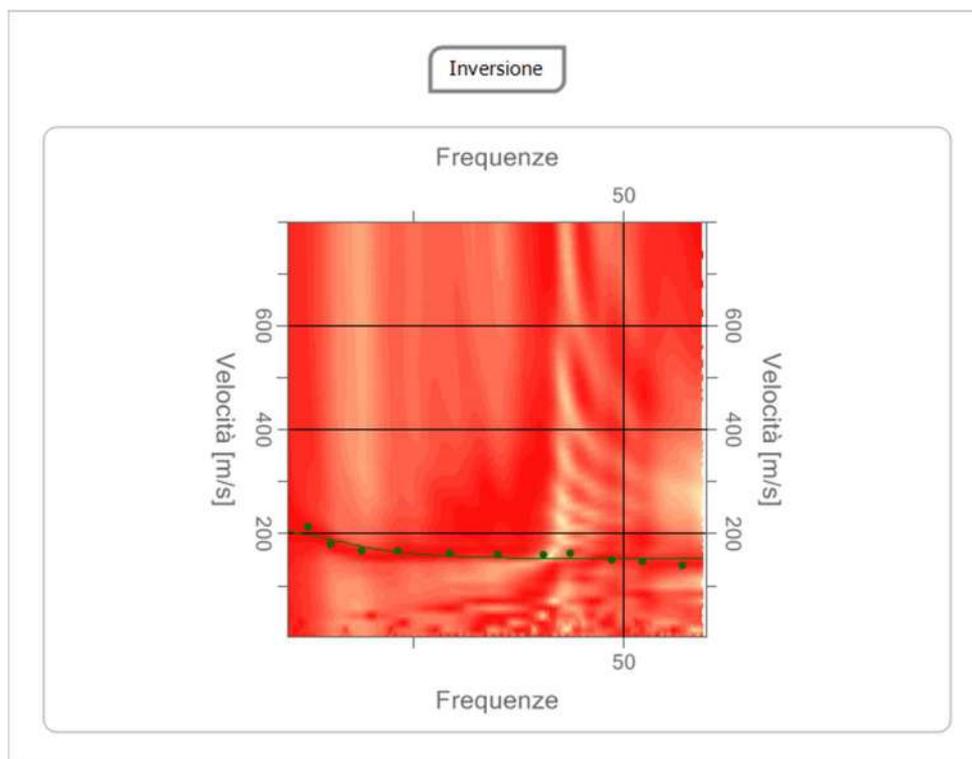
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	TERRENO VEGETALE	3.60	3.60	1800.0	0.30	No	303.4	162.2
2	CALCI SOLFIFERII	oo	oo	1800.0	0.30	No	448.4	239.7

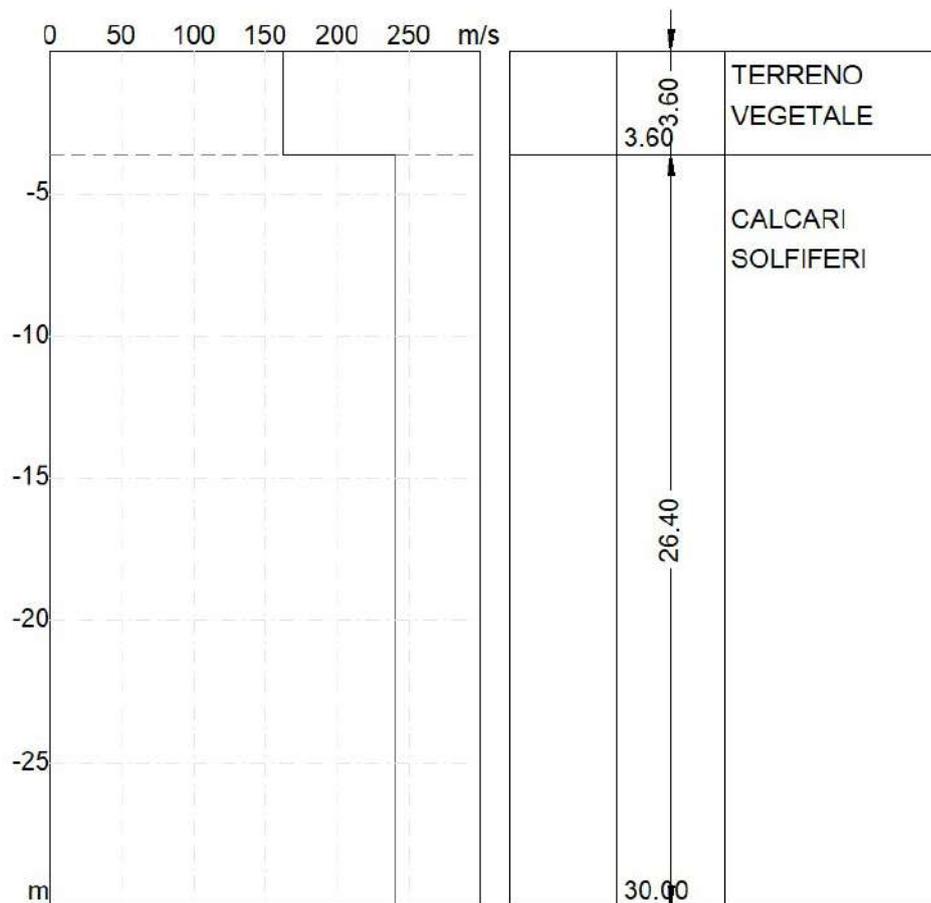
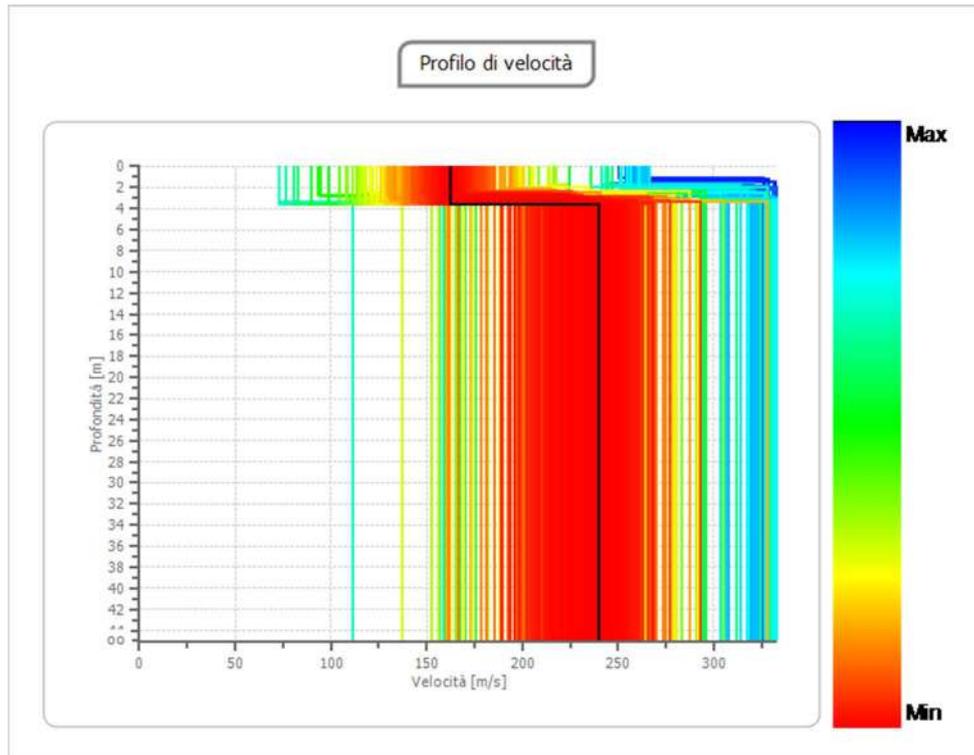
Percentuale di errore

0.239 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.048





## Risultati

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	2.00
<b>Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)</b>	233.72
<b>Categoria del suolo</b>	C

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

### Altri parametri geotecnici

n.	Profo ndità [m]	Spess ore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densi tà [kg/ mc]	Coeffi cient e Poiss on	G0 [MPa ]	Ed [MPa ]	M0 [MPa ]	Ey [MPa ]	NSPT	Qc [kPa]
1	3.60	3.60	162.1 8	303.4 0	1800. 00	0.30	47.34	165.7 0	102.5 7	123.0 9	76	265.2 1
2	oo	oo	239.6 8	448.3 9	1800. 00	0.30	103.4 0	361.9 0	224.0 4	268.8 4	0	1888. 16

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

## MASW WTG 10 (WTG 7, WTG 8, WTG 9) Dati generali

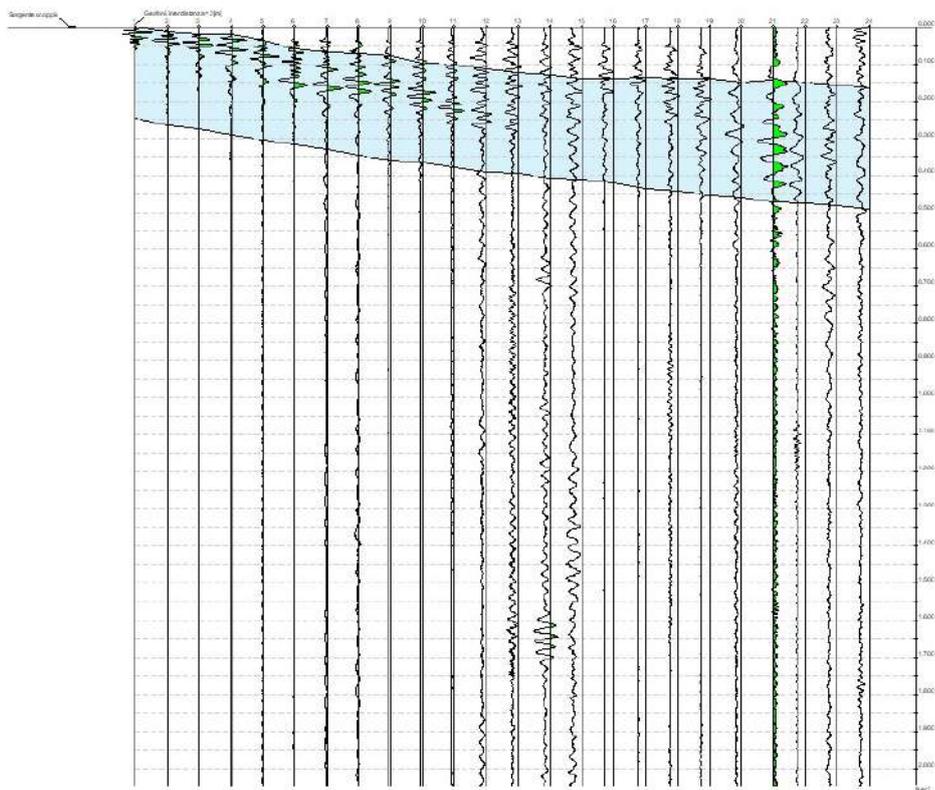
<b>Cantiere</b>	PARCO EOLICO AKRA WIND
<b>Località</b>	CANICATTI' (AG)
<b>Data</b>	15/07/2022



## Tracce

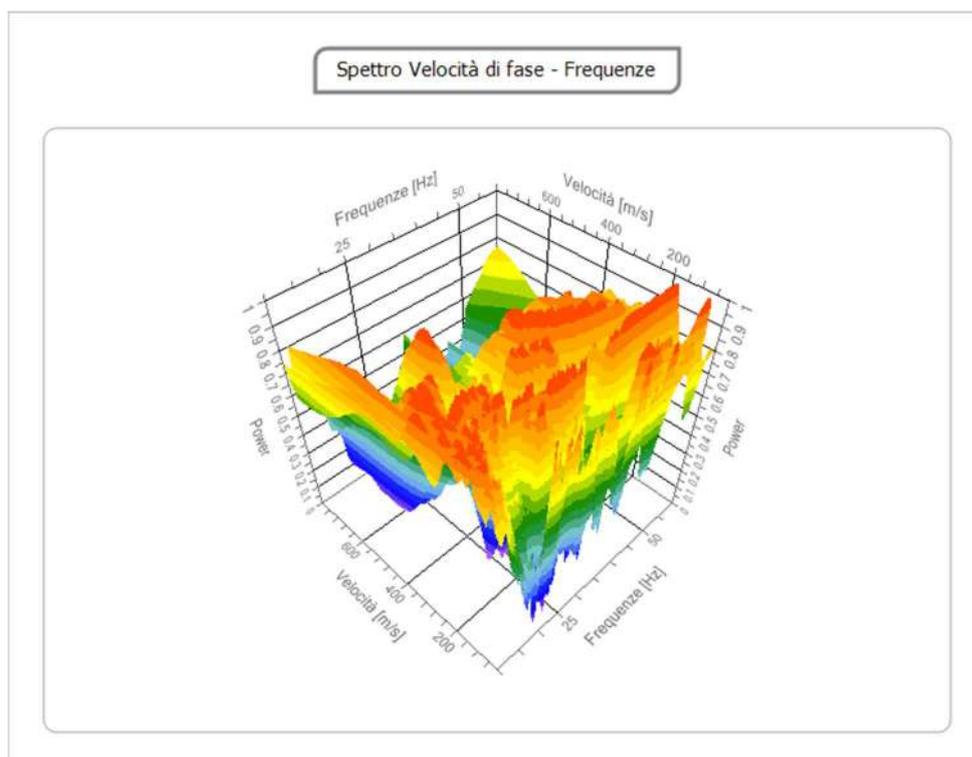
<b>N. tracce</b>	24
<b>Durata acquisizione [msec]</b>	2048.0
<b>Interdistanza geofoni [m]</b>	3.0
<b>Periodo di campionamento [msec]</b>	1.00

Cantiere: PARCO EOLICO AKRA WND  
Località: CANICATTI - WTG 10  
Data: 15/07/2022



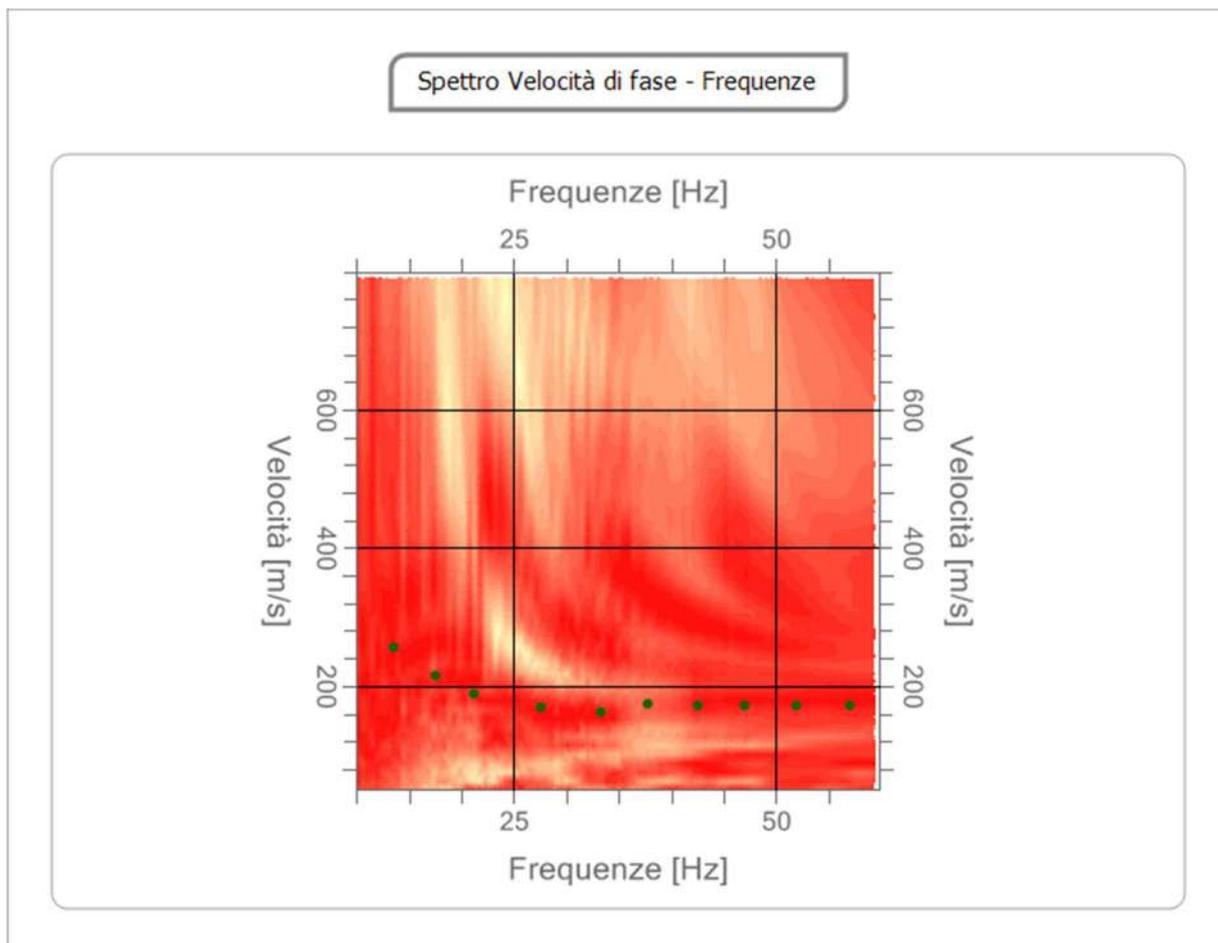
## Analisi spettrale

**Frequenza minima  
di elaborazione** 10  
**[Hz]**  
**Frequenza  
massima di  
elaborazione [Hz]** 60  
**Velocità minima di  
elaborazione** 1  
**[m/sec]**  
**Velocità massima  
di elaborazione** 800  
**[m/sec]**  
**Intervallo velocità** 1  
**[m/sec]**



**Curva di dispersione**

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	13.6	255.9	0
2	17.6	215.3	0
3	21.2	189.8	0
4	27.6	169.5	0
5	33.4	161.9	0
6	37.8	174.6	0
7	42.5	172.0	0
8	46.9	172.0	0
9	52.0	172.0	0
10	57.1	172.0	0



## Inversione

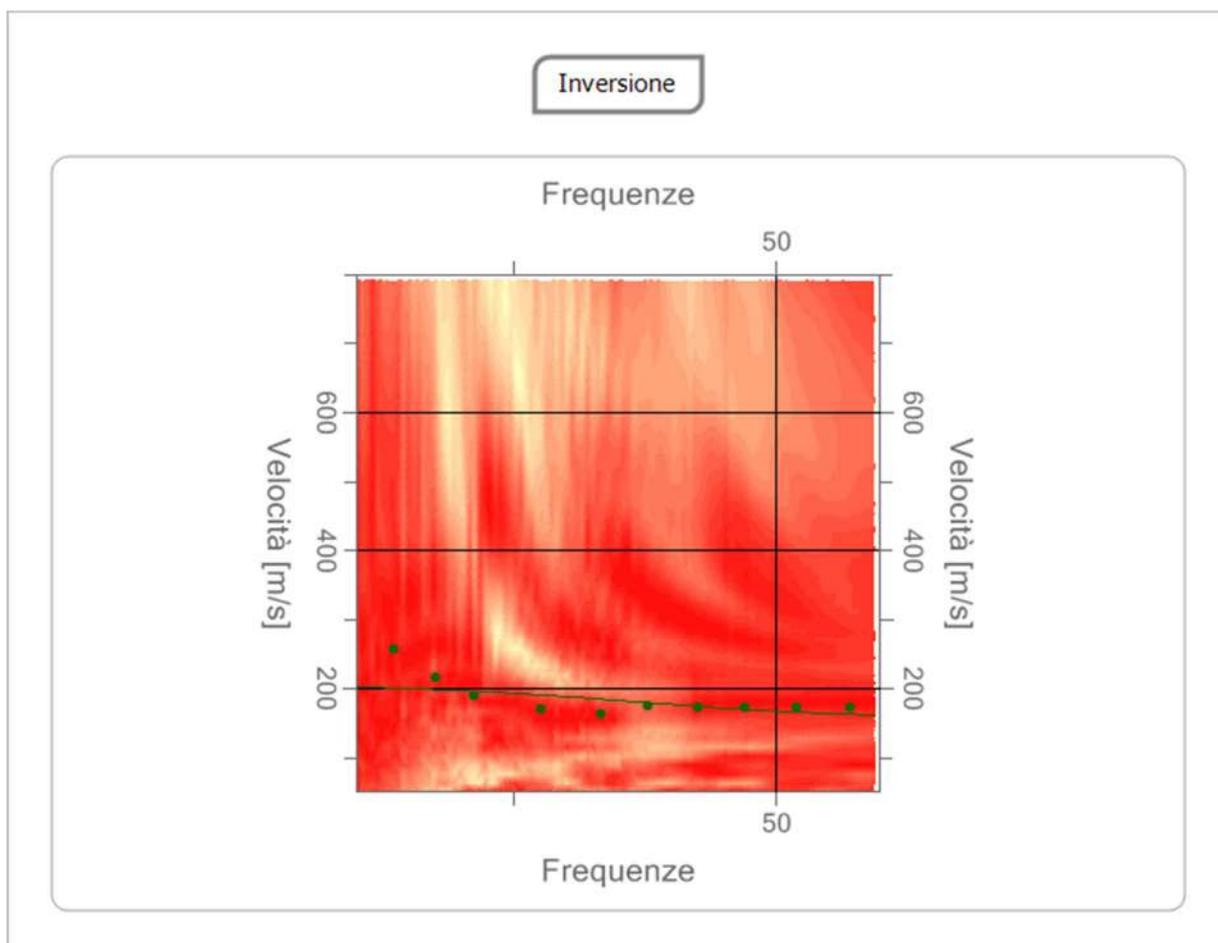
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	TERRENO VEGETALE	1.60	1.60	1800.0	0.30	No	308.4	164.9
2	FORMAZIONE DELLE ARGILLE E MARNE	oo	oo	1800.0	0.30	No	421.0	225.0

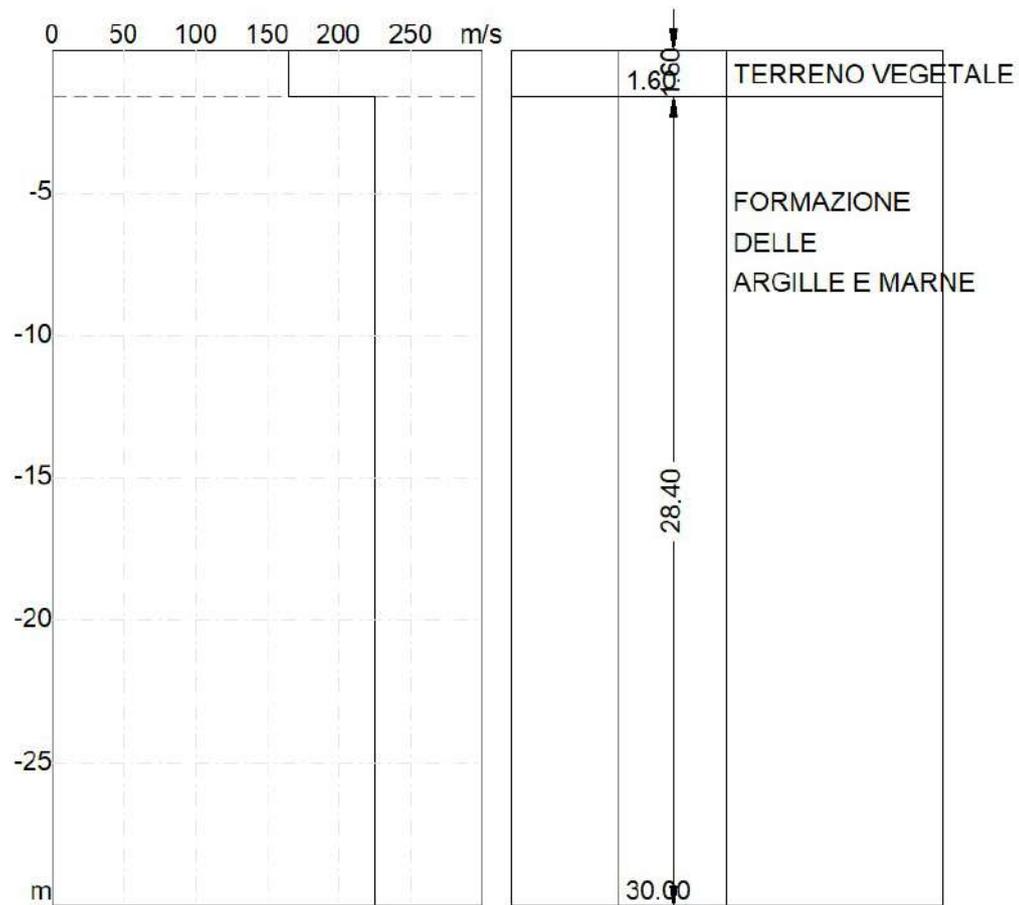
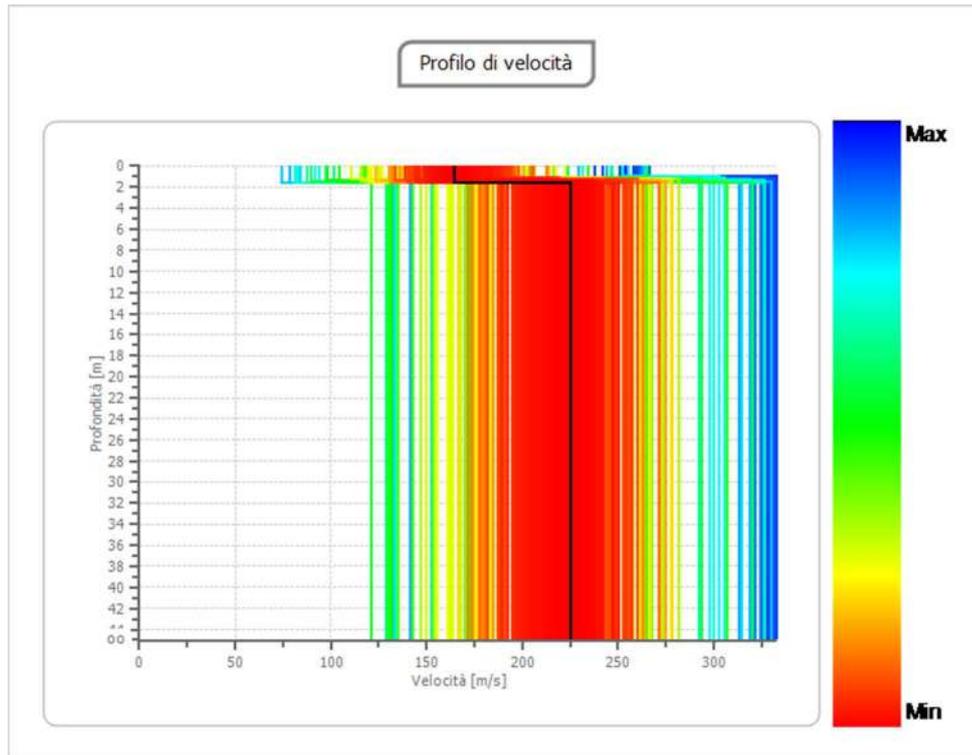
Percentuale di errore

1.314 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.097





## Risultati

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	2.00
<b>Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)</b>	225.04
<b>Categoria del suolo</b>	C

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

### Altri parametri geotecnici

n.	Profo ndità [m]	Spess ore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densi tà [kg/ mc]	Coeffi cient e Poiss on	G0 [MPa ]	Ed [MPa ]	M0 [MPa ]	Ey [MPa ]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.60	1.60	164.8 6	308.4 2	1800. 00	0.30	48.92	171.2 2	106.0 0	127.1 9	N/A	288.0 0
2	oo	oo	225.0 4	421.0 2	1800. 00	0.30	91.16	319.0 6	197.5 1	237.0 2	0	1375. 81

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

## Elaborazione indagini sismiche a Rifrazione

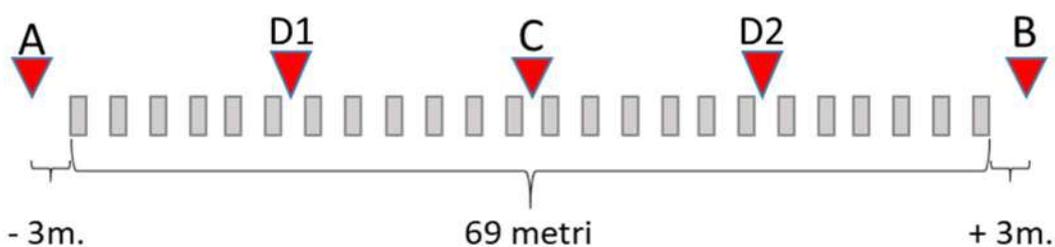
### RIFRAZIONE WTG 1 (WTG2 – WTG3)

#### Dati generali

<b>LOCALITA':</b>	Comune di Canicattì (AG)
<b>OGGETTO:</b>	Parco eolico AKRA WIND
<b>DATA:</b>	15/07/2022



CARATTERISTICHE STENDIMENTO	
<b>SISMOGRAFO</b>	A6000S, Sysmatrack , X610S
<b>N° SHOT</b>	5
<b>N° GEOFONI</b>	24
<b>INTERDISTANZA GEOFONICA</b>	3 metri

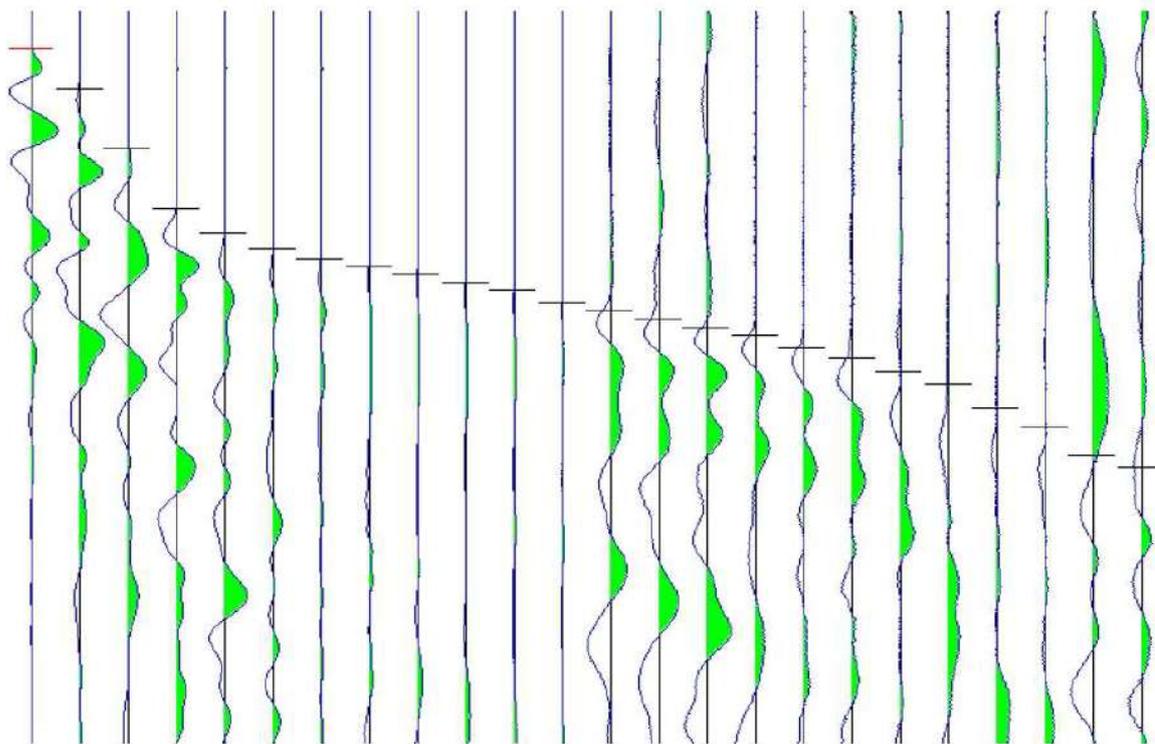


<b>Geofono</b>	<b>Distanza (mt)</b>
1	0,00
2	3,00
3	6,00
4	9,00
5	12,00
6	15,00
7	18,00
8	21,00
9	24,00
10	27,00
11	30,00
12	33,00
13	36,00
14	39,00
15	42,00
16	45,00
17	48,00
18	51,00
19	54,00
20	57,00
21	60,00
22	63,00
23	66,00
24	69,00

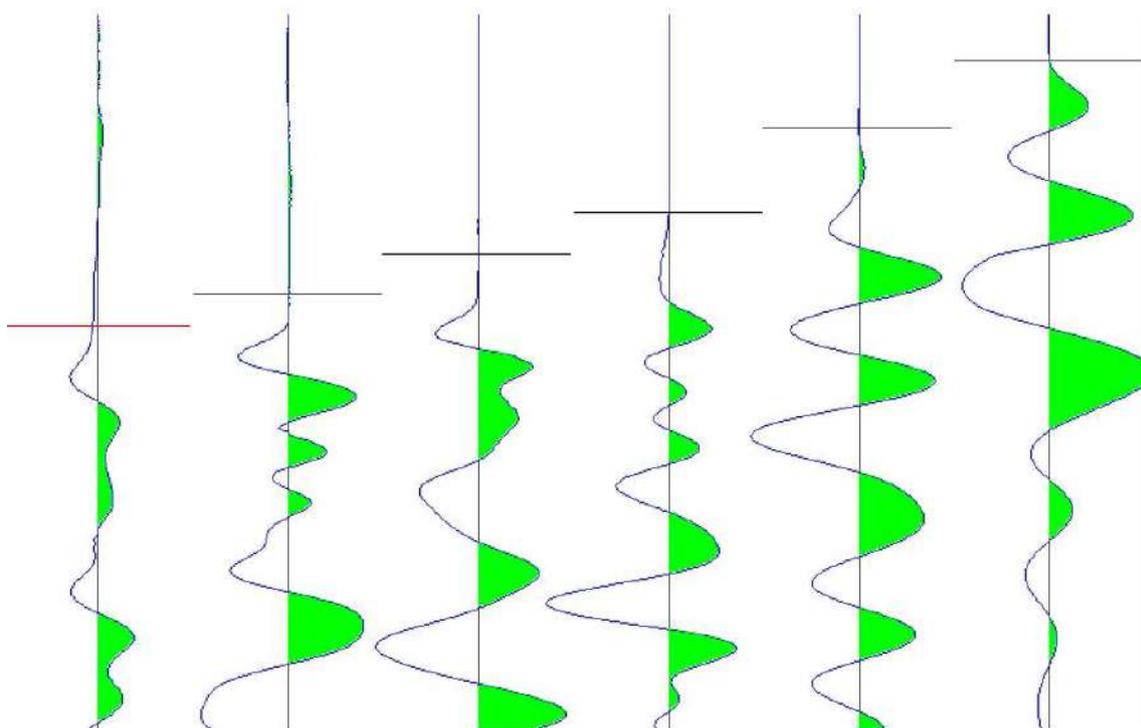
3,00 mt	16,50 mt [SX]	16,50 mt [DX]	34,50 mt [SX]	34,50 mt [DX]	52,50 mt [SX]	52,50 mt [DX]	71,50 mt
5,00 ms	29,20 ms		36,93 ms		47,33 ms		53,20 ms
10,60 ms	26,13 ms		35,47 ms		45,87 ms		51,20 ms
18,80 ms	22,40 ms		34,40 ms		44,00 ms		50,53 ms
27,00 ms	18,53 ms		32,00 ms		41,47 ms		49,60 ms
30,40 ms	10,53 ms		30,80 ms		41,33 ms		48,67 ms
32,60 ms	4,27 ms		28,80 ms		38,80 ms		47,33 ms
34,00 ms		2,67 ms	25,33 ms		36,80 ms		46,53 ms
35,00 ms		7,20 ms	22,27 ms		33,20 ms		46,27 ms
36,00 ms		16,67 ms	18,93 ms		30,00 ms		44,67 ms
37,20 ms		21,33 ms	16,13 ms		28,13 ms		43,87 ms
38,20 ms		23,47 ms	13,60 ms		26,40 ms		42,13 ms
40,00 ms		25,20 ms	9,47 ms		24,00 ms		41,87 ms
41,00 ms		27,20 ms		7,07 ms	21,73 ms		39,07 ms
42,20 ms		28,40 ms		10,40 ms	18,67 ms		38,27 ms
43,40 ms		29,87 ms		15,07 ms	17,07 ms		37,07 ms
44,40 ms		31,33 ms		17,33 ms	13,20 ms		35,47 ms
46,20 ms		32,67 ms		19,60 ms	10,00 ms		33,47 ms
47,60 ms		34,93 ms		21,20 ms	6,67 ms		32,53 ms
49,40 ms		39,47 ms		26,40 ms		6,13 ms	31,07 ms
51,20 ms		43,33 ms		29,60 ms		17,07 ms	28,40 ms
54,40 ms		45,60 ms		32,13 ms		22,93 ms	24,80 ms
57,00 ms		47,20 ms		34,13 ms		25,87 ms	21,60 ms
61,00 ms		49,73 ms		36,80 ms		29,47 ms	18,80 ms
62,60 ms		50,93 ms		39,73 ms		31,07 ms	12,00 ms

- PRIMI ARRIVI -

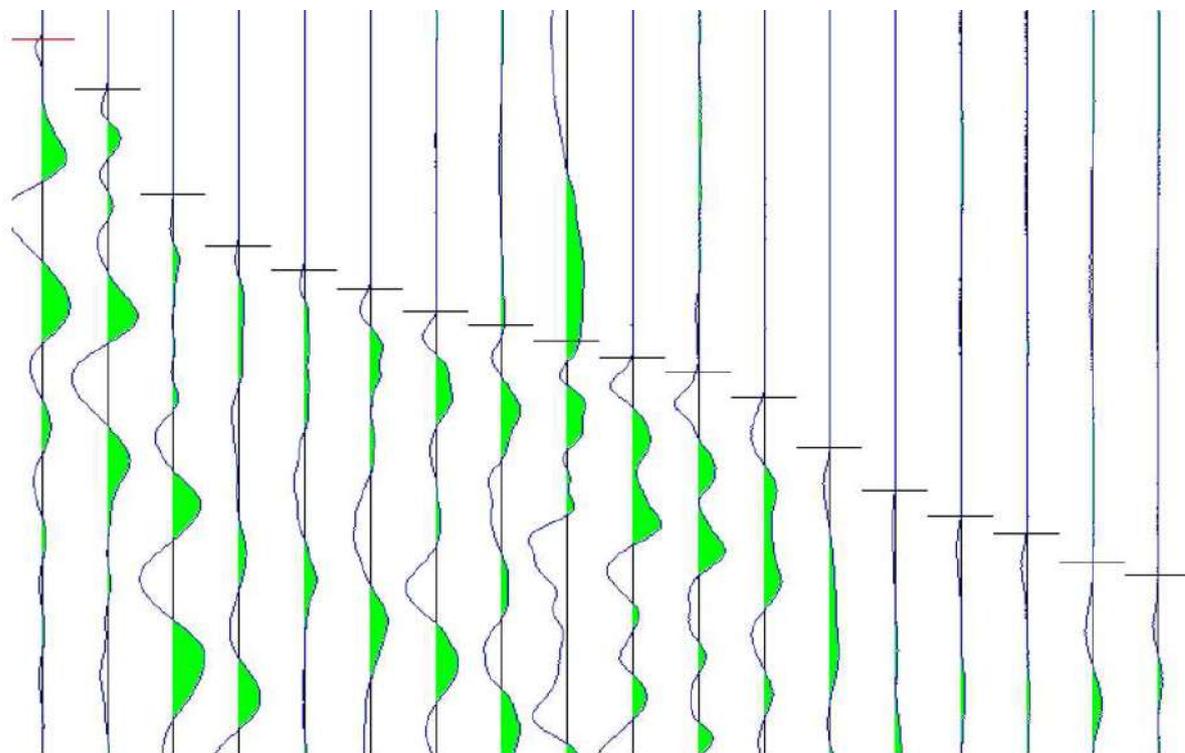
### SISMIGRAMMI E PICKING



PROFILO A

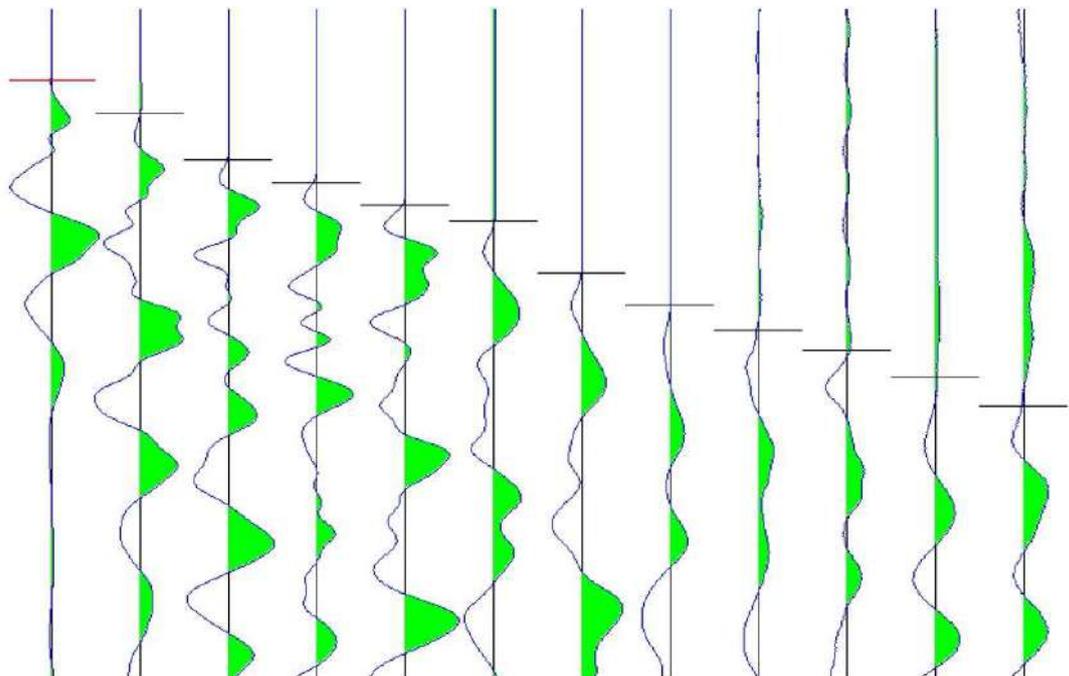


**PROFILO D1sx**

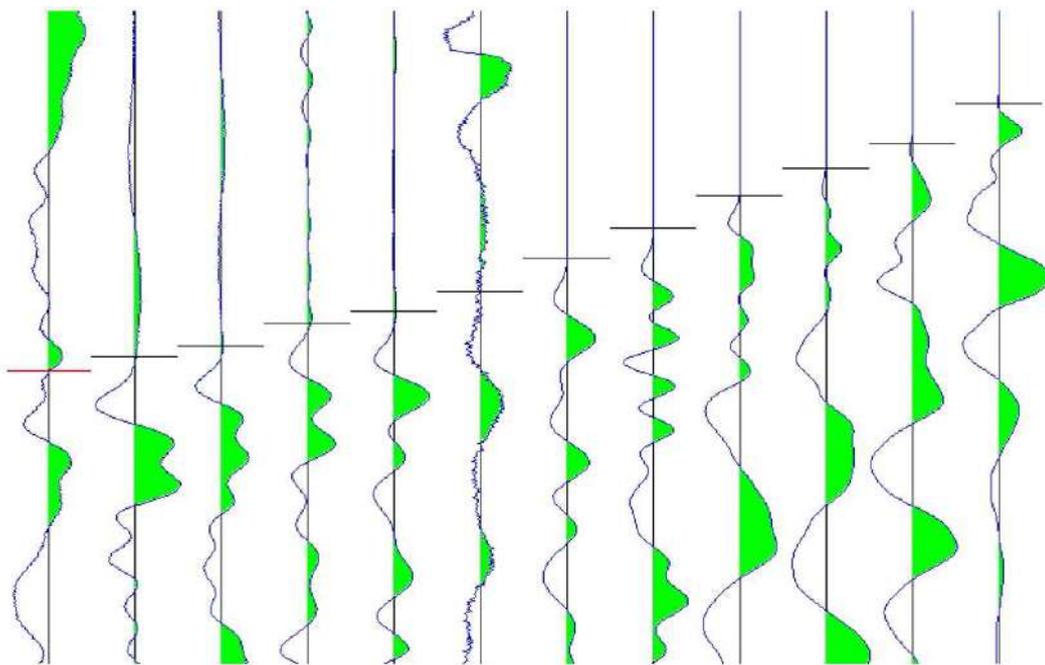


**PROFILO D1 dx**

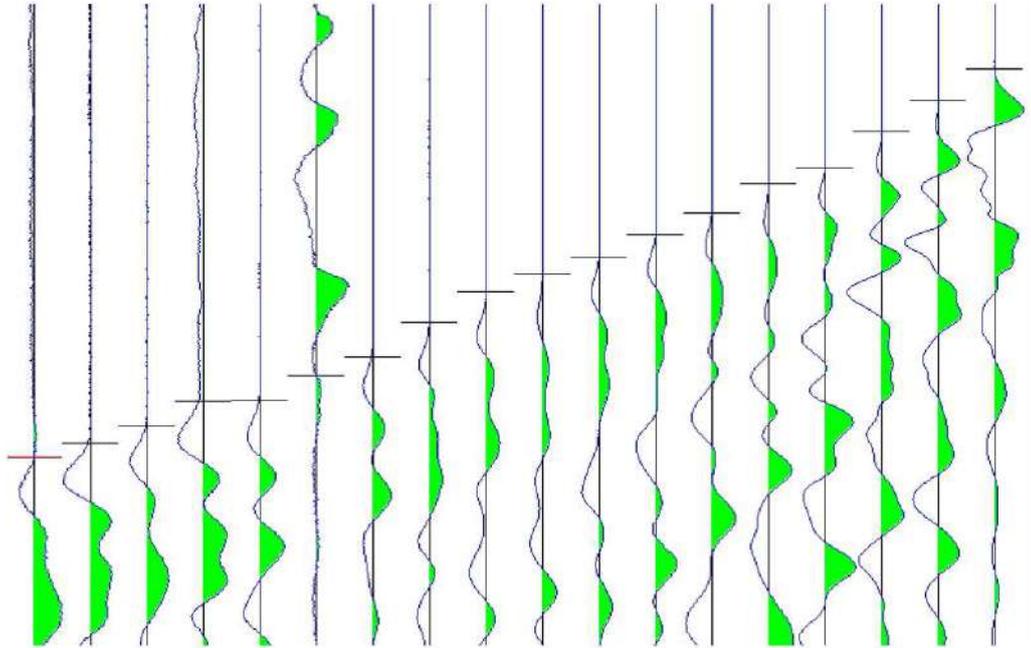
**PROFILO C - dx**



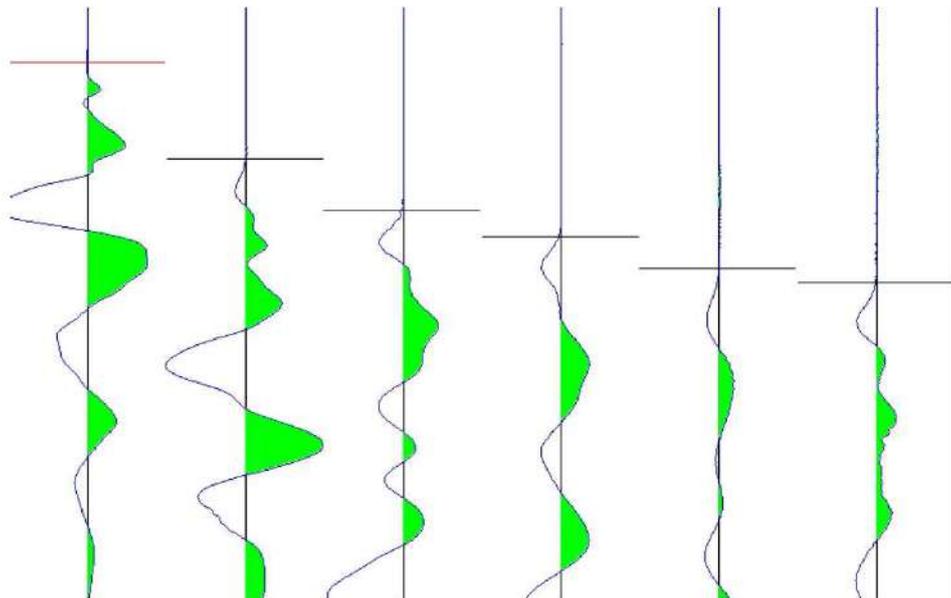
**PROFILO C - sx**



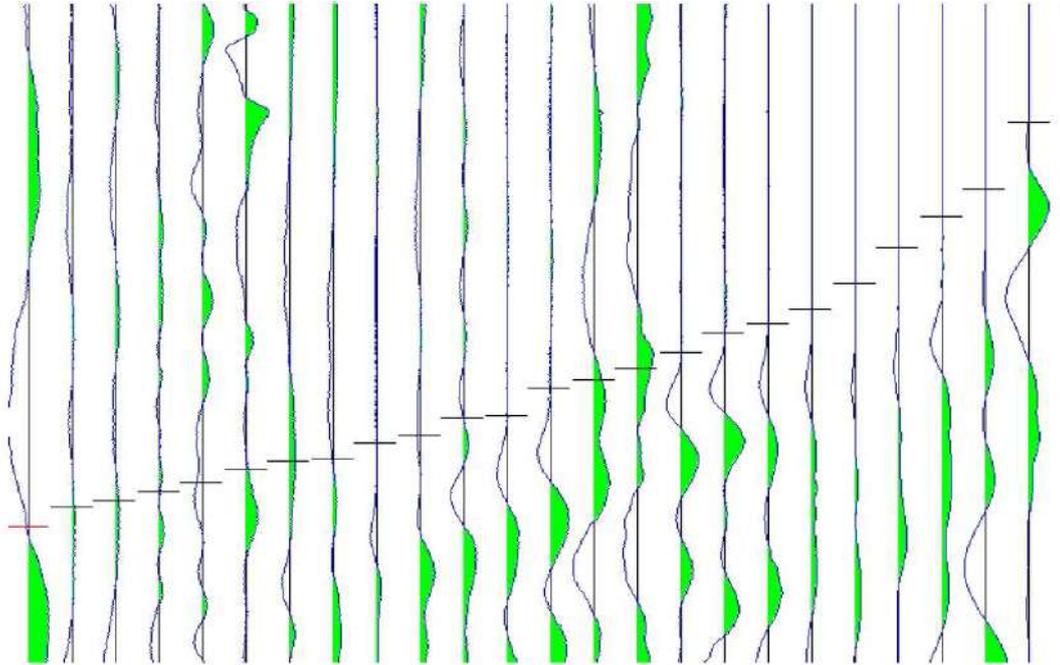
**PROFILO D2 - sx**

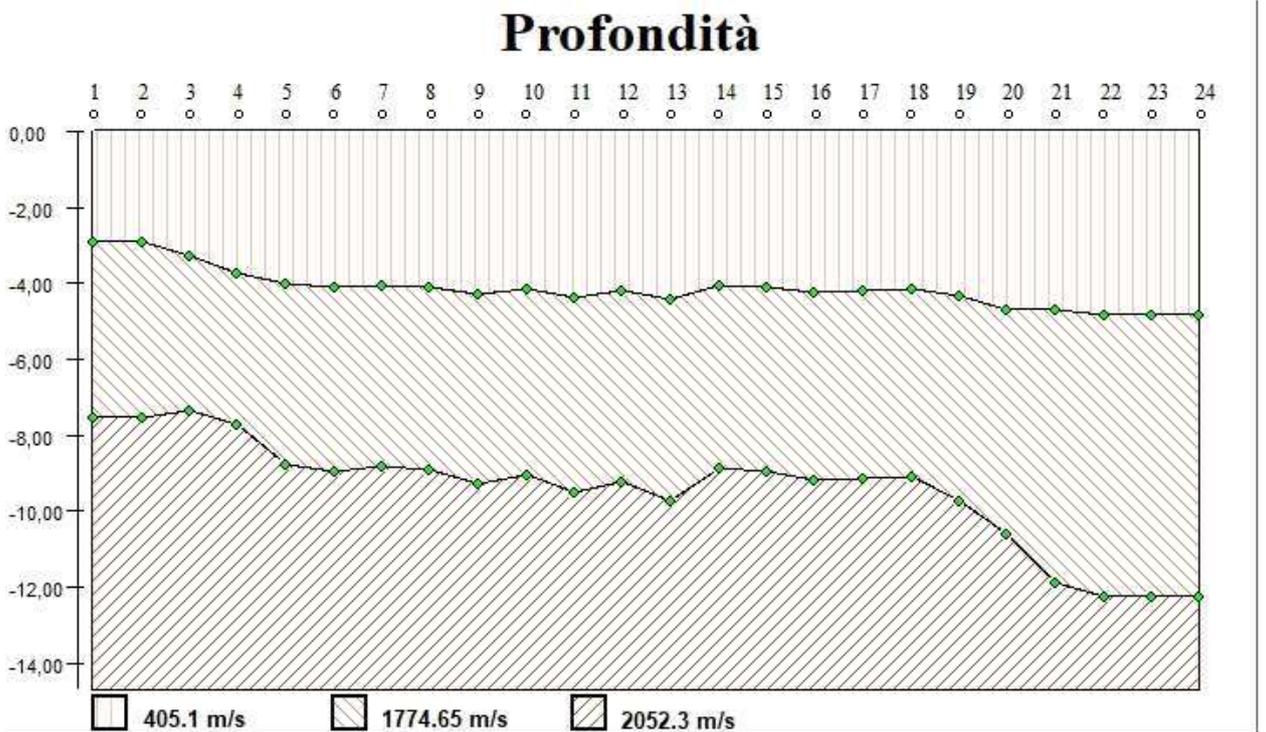
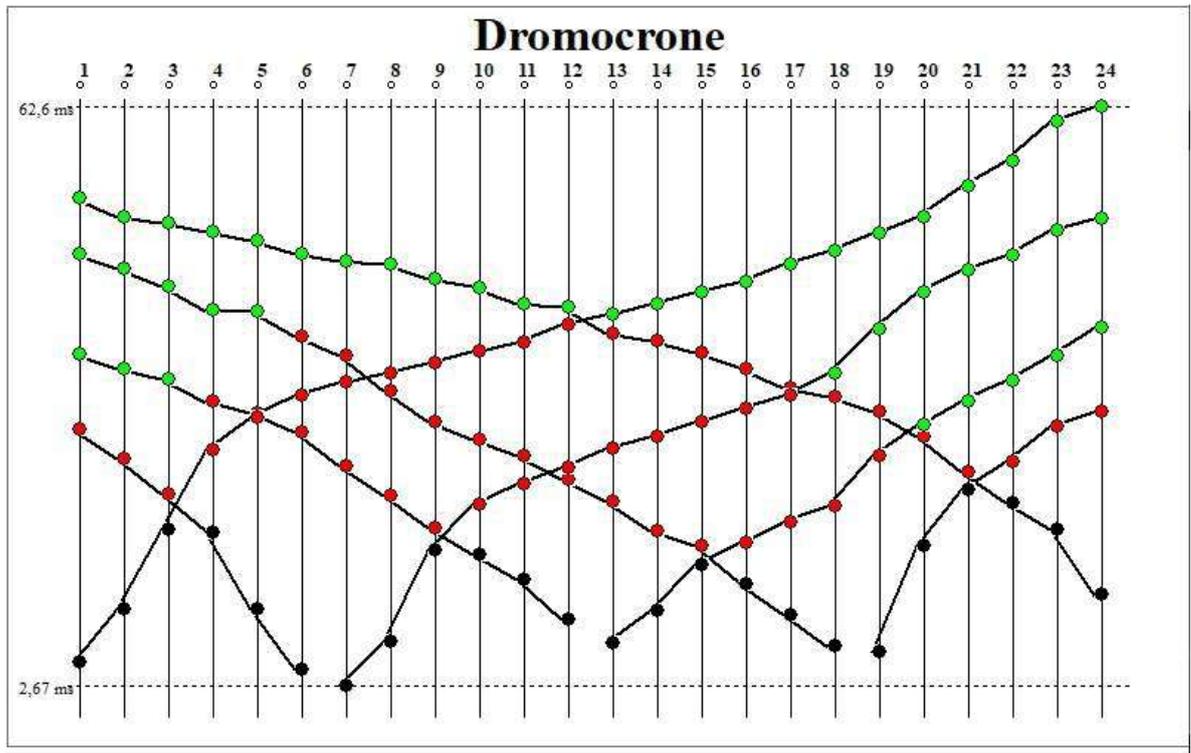


**PROFILO D2 - dx**



### PROFILO B







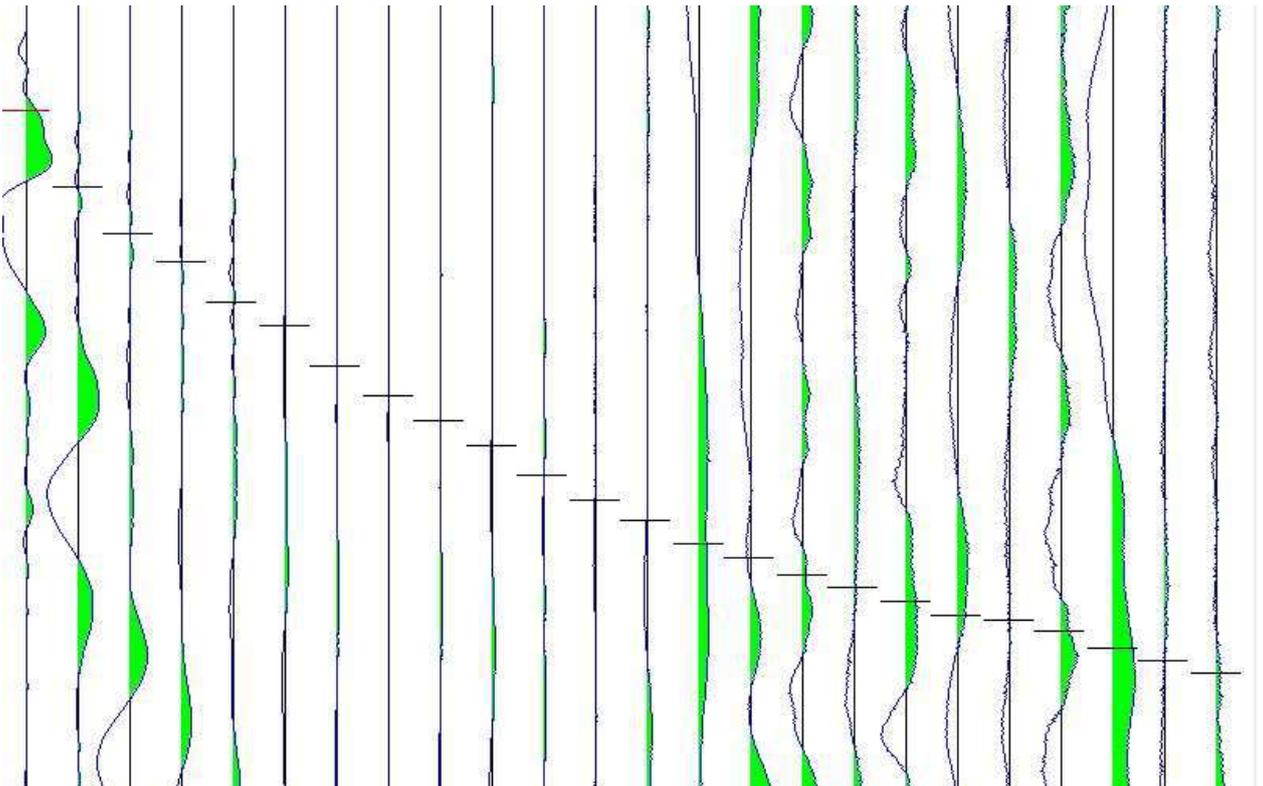
<b>Geofono</b>	<b>Distanza (mt)</b>
1	0,00
2	3,00
3	6,00
4	9,00
5	12,00
6	15,00
7	18,00
8	21,00
9	24,00
10	27,00
11	30,00
12	33,00
13	36,00
14	39,00
15	42,00
16	45,00
17	48,00
18	51,00
19	54,00
20	57,00
21	60,00
22	63,00
23	66,00
24	69,00

- PRIMI ARRIVI -

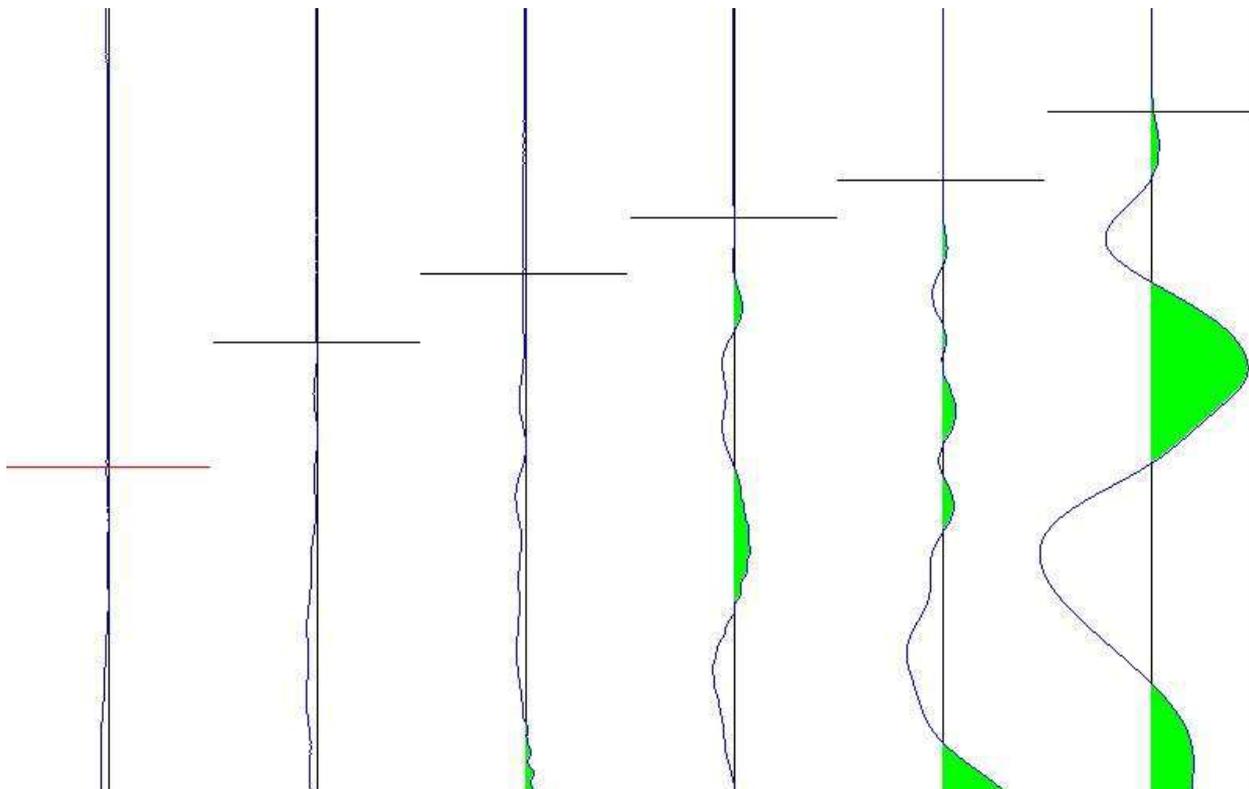
3,00 mt	16,50 mt [SX]	16,50 mt [DX]	34,50 mt [SX]	34,50 mt [DX]	52,50 mt [SX]	52,50 mt [DX]	71,50 mt
9,00 ms	19,60 ms		25,07 ms		30,67 ms		49,73 ms
15,47 ms	14,27 ms		22,53 ms		29,07 ms		47,47 ms
19,47 ms	11,33 ms		20,13 ms		28,40 ms		45,47 ms
21,87 ms	8,93 ms		19,60 ms		26,93 ms		43,20 ms
25,33 ms	7,33 ms		18,27 ms		25,73 ms		40,67 ms
27,33 ms	4,40 ms		16,27 ms		24,27 ms		39,33 ms
30,80 ms		6,40 ms	12,93 ms		22,80 ms		36,93 ms
33,33 ms		7,67 ms	10,67 ms		21,20 ms		35,20 ms
35,47 ms		8,73 ms	8,40 ms		20,13 ms		33,07 ms
37,60 ms		9,93 ms	6,13 ms		18,27 ms		31,07 ms
40,13 ms		10,93 ms	4,00 ms		16,67 ms		28,80 ms
42,27 ms		12,40 ms	1,73 ms		16,13 ms		25,60 ms
44,00 ms		16,93 ms		2,20 ms	14,00 ms		24,40 ms
46,00 ms		19,87 ms		5,13 ms	13,60 ms		22,53 ms
47,20 ms		22,27 ms		7,67 ms	10,93 ms		19,20 ms
48,67 ms		24,13 ms		8,80 ms	7,60 ms		17,07 ms
49,73 ms		26,40 ms		10,00 ms	6,53 ms		14,53 ms
50,93 ms		27,73 ms		12,13 ms	4,80 ms		12,67 ms
52,13 ms		28,93 ms		14,40 ms		2,27 ms	10,60 ms
52,53 ms		30,67 ms		15,53 ms		5,47 ms	9,00 ms
53,47 ms		32,40 ms		17,47 ms		8,13 ms	8,07 ms
54,93 ms		33,87 ms		18,73 ms		11,93 ms	7,33 ms
56,00 ms		34,67 ms		20,20 ms		14,87 ms	6,60 ms
57,07 ms		37,20 ms		21,33 ms		18,27 ms	5,60 ms

- PRIMI ARRIVI -

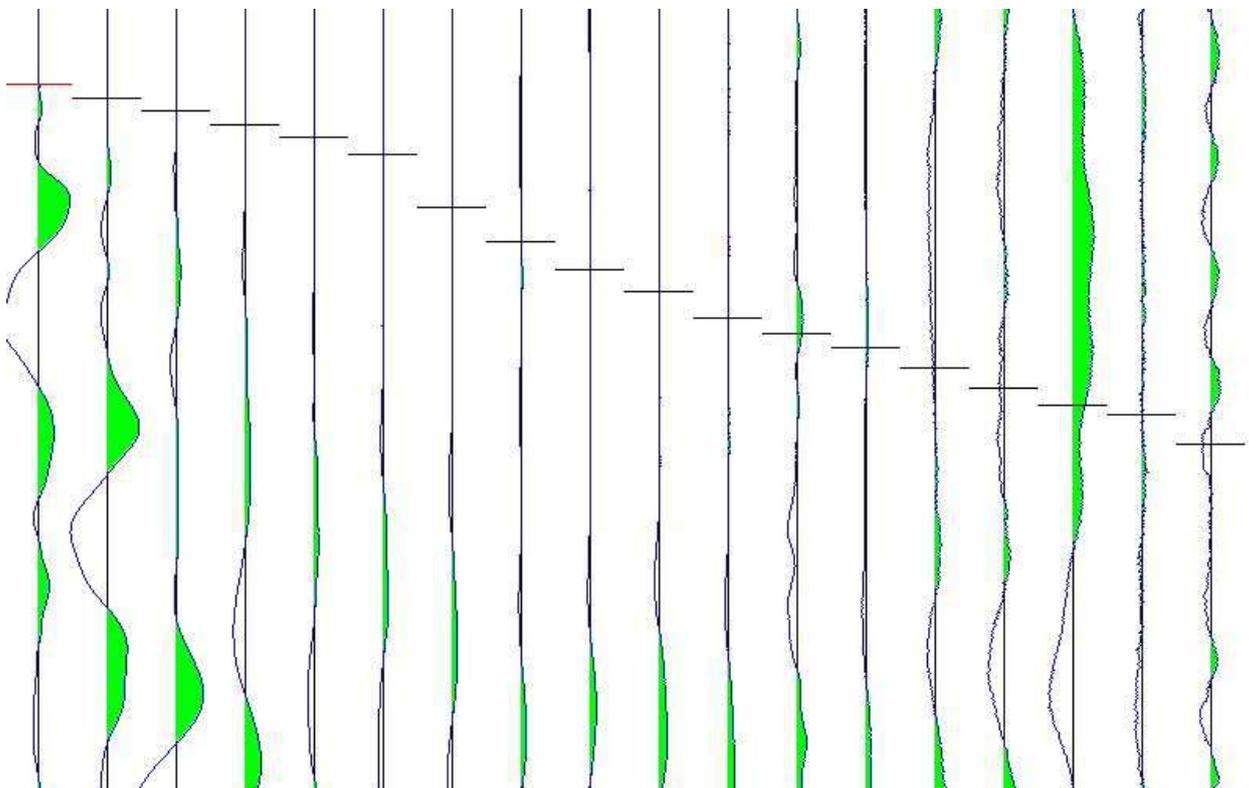
### SISMIGRAMMI E PICKING PROFILO A



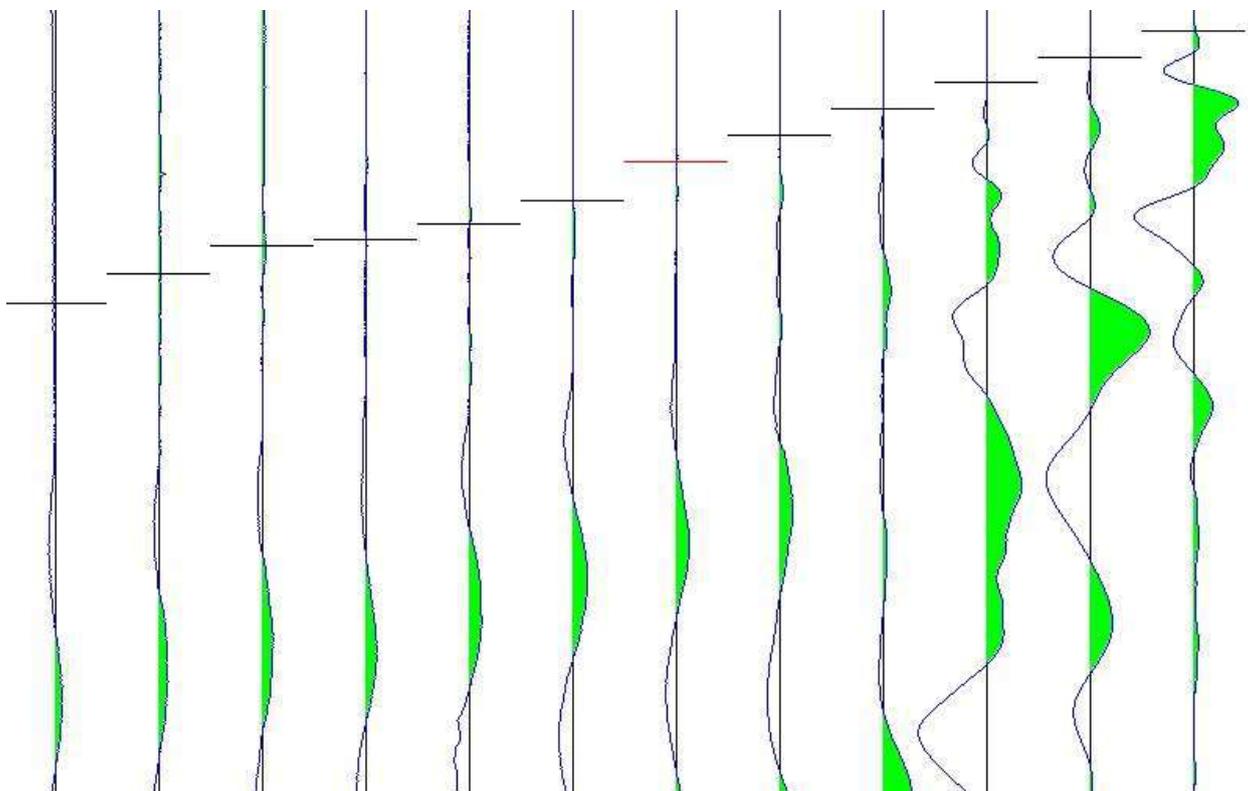
### PROFILO D1 -SX



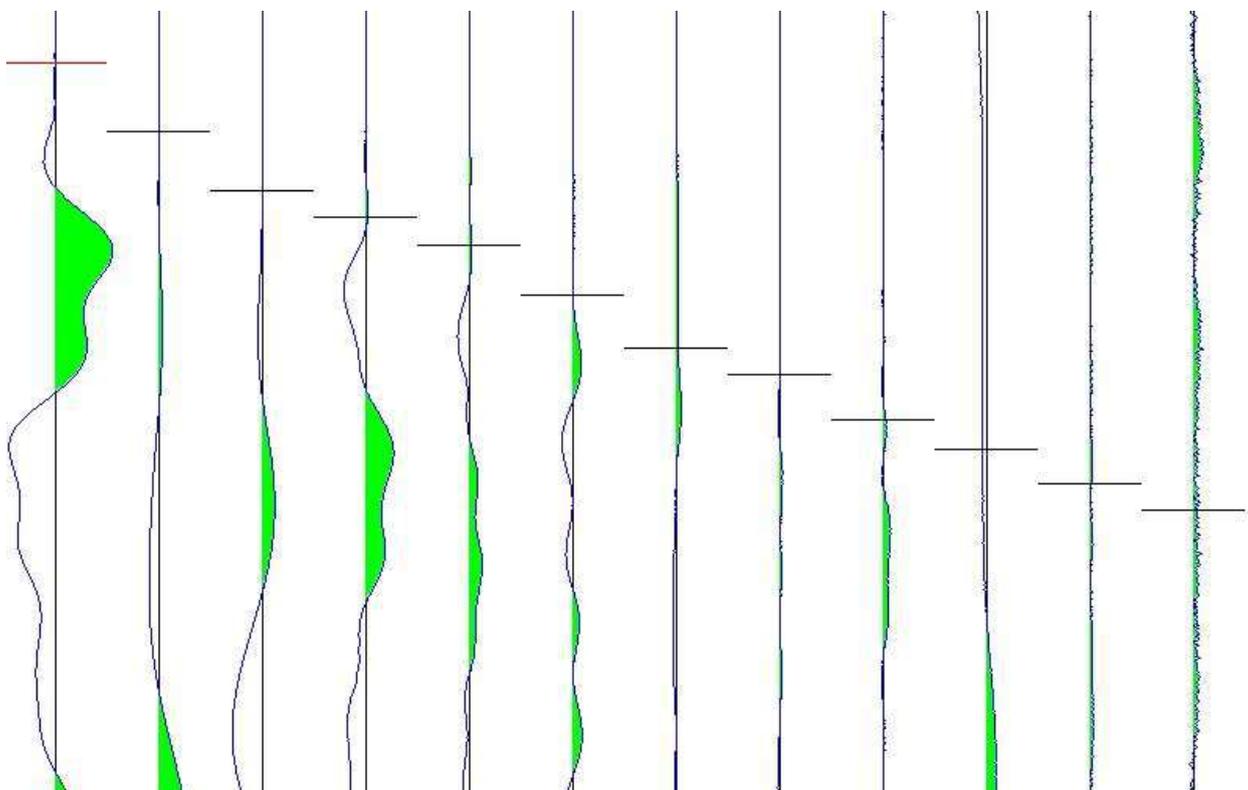
### PROFILO D1 -DX



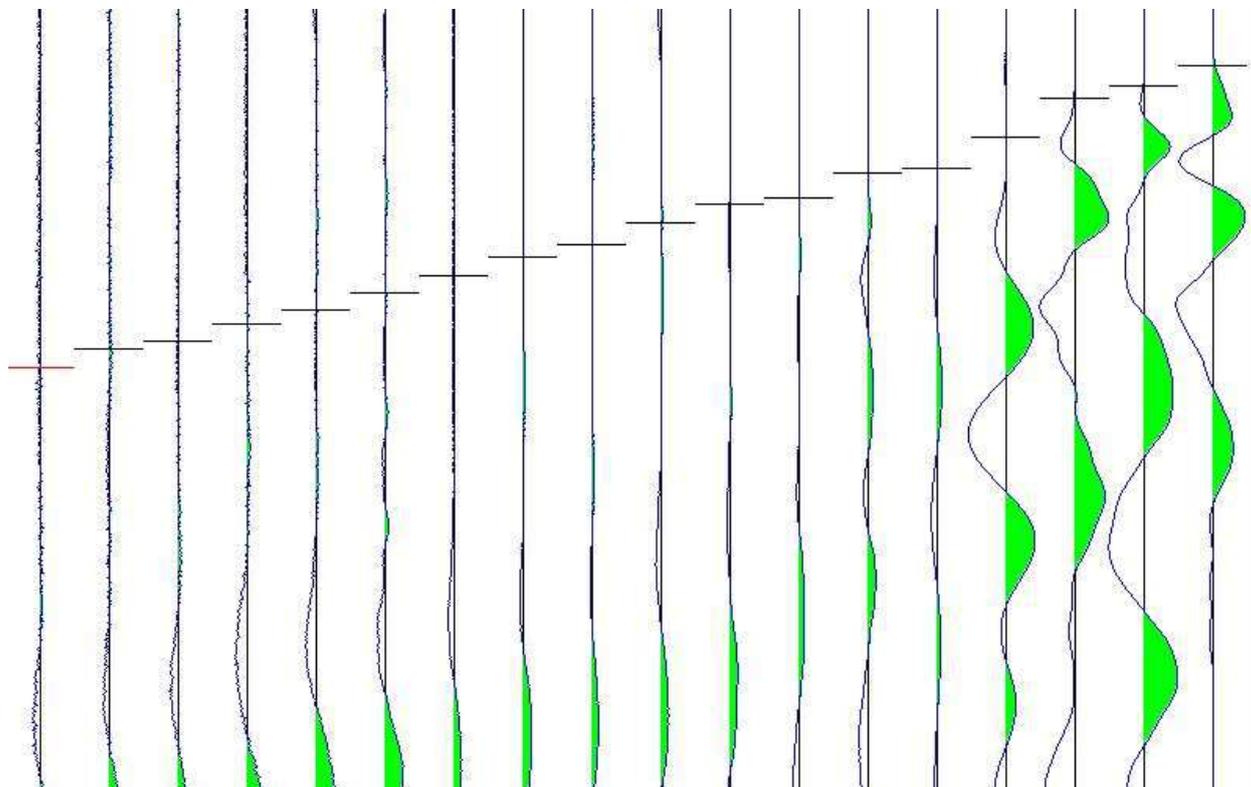
**PROFILO C -SX**



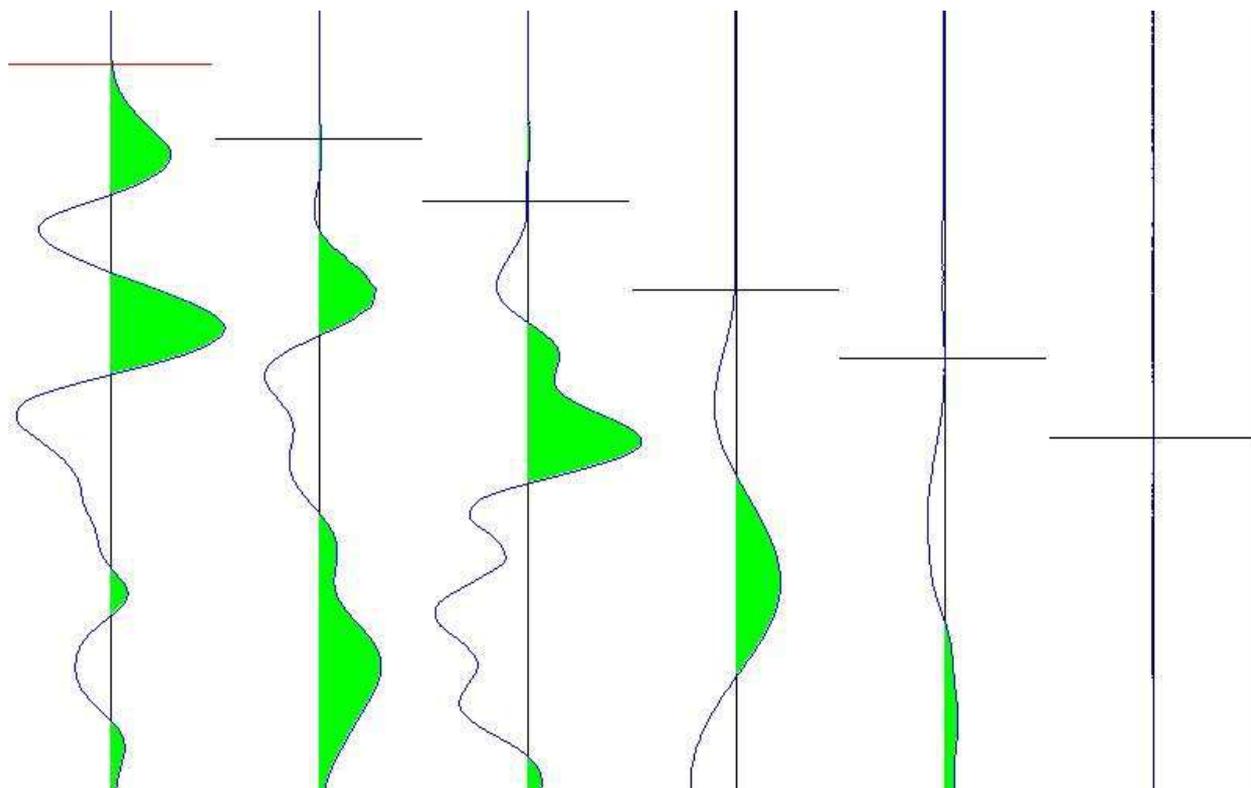
**PROFILO C -DX**



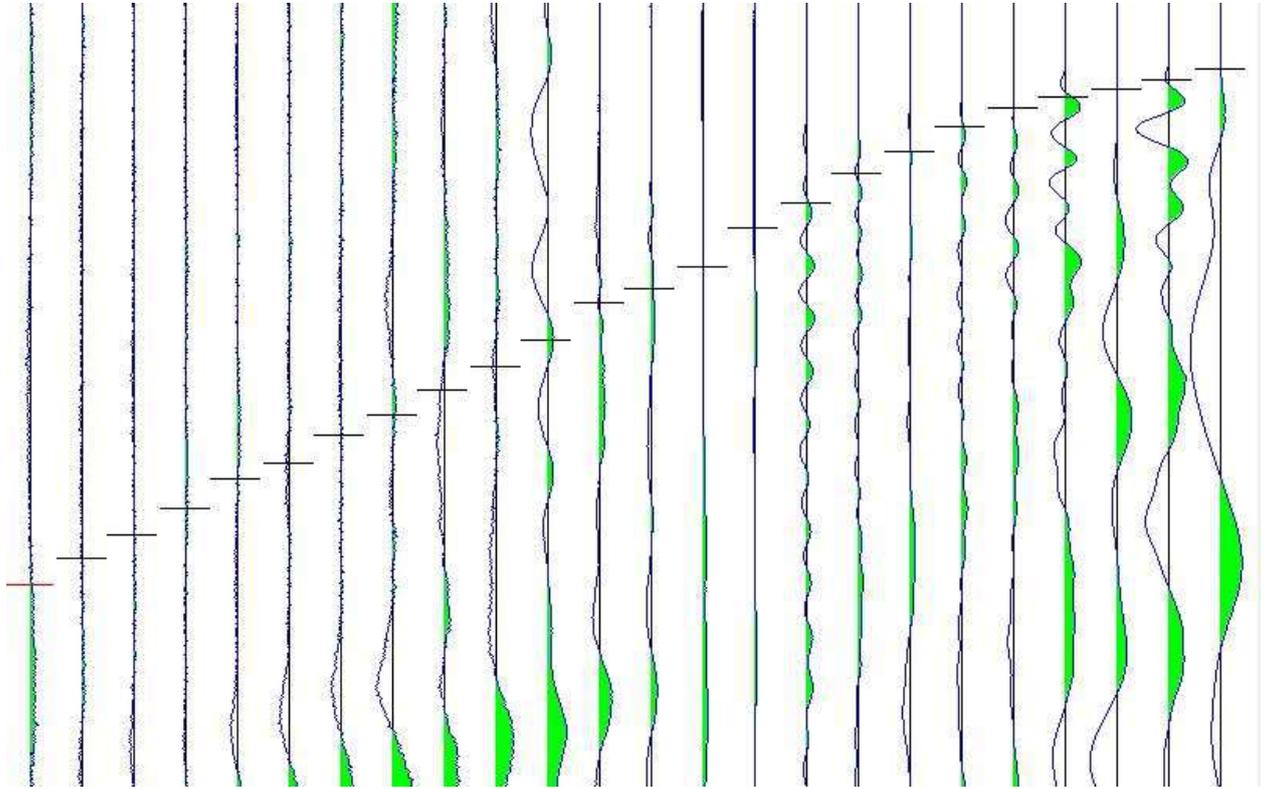
**PROFILO D2 -SX**

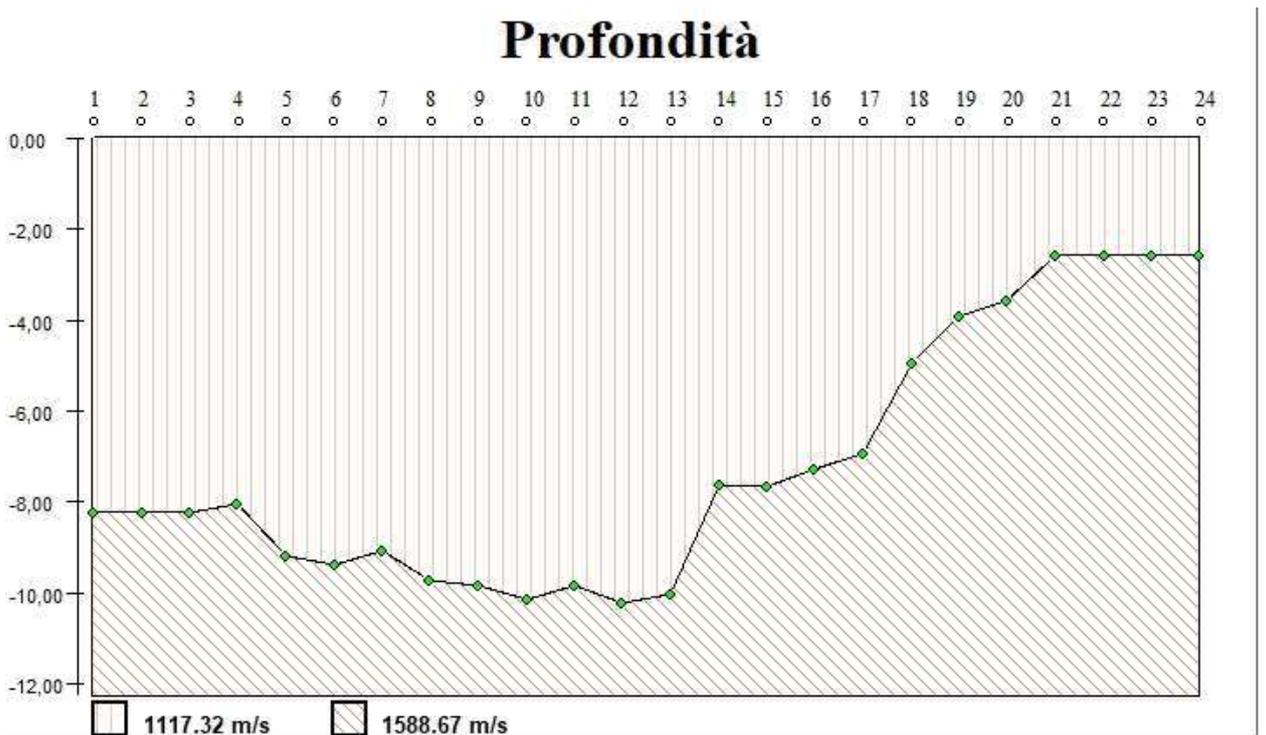
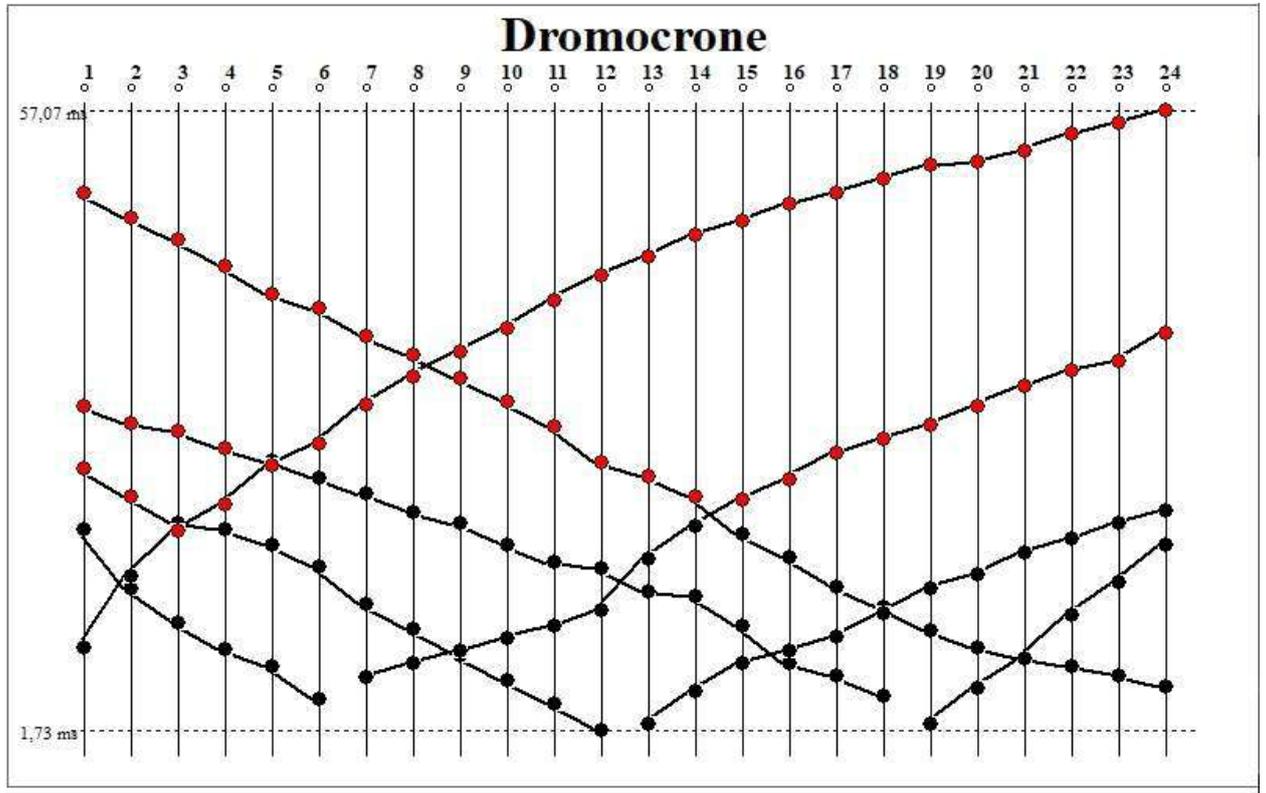


**PROFILO D2 -DX**



### PROFILO B





## RIFRAZIONE WTG 5 (SSE)

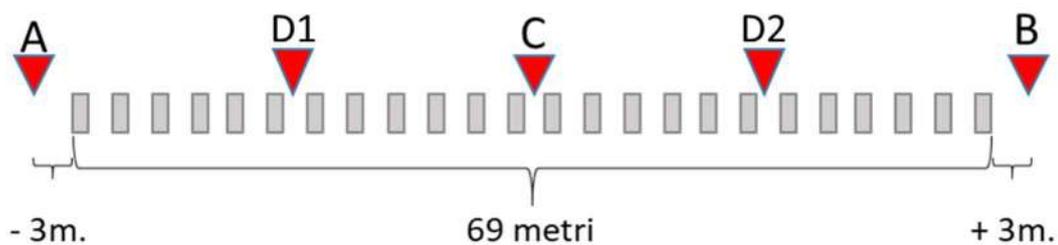
### Dati generali

<b>LOCALITA':</b>	Comune di Canicattì (AG)
<b>OGGETTO:</b>	Parco eolico AKRA WIND
<b>DATA:</b>	15/07/2022



### CARATTERISTICHE STENDIMENTO

<b>SISMOGRAFO</b>	A6000S, Sysmatrack , X610S
<b>N° SHOT</b>	5
<b>N° GEOFONI</b>	24
<b>INTERDISTANZA GEOFONICA</b>	3 metri

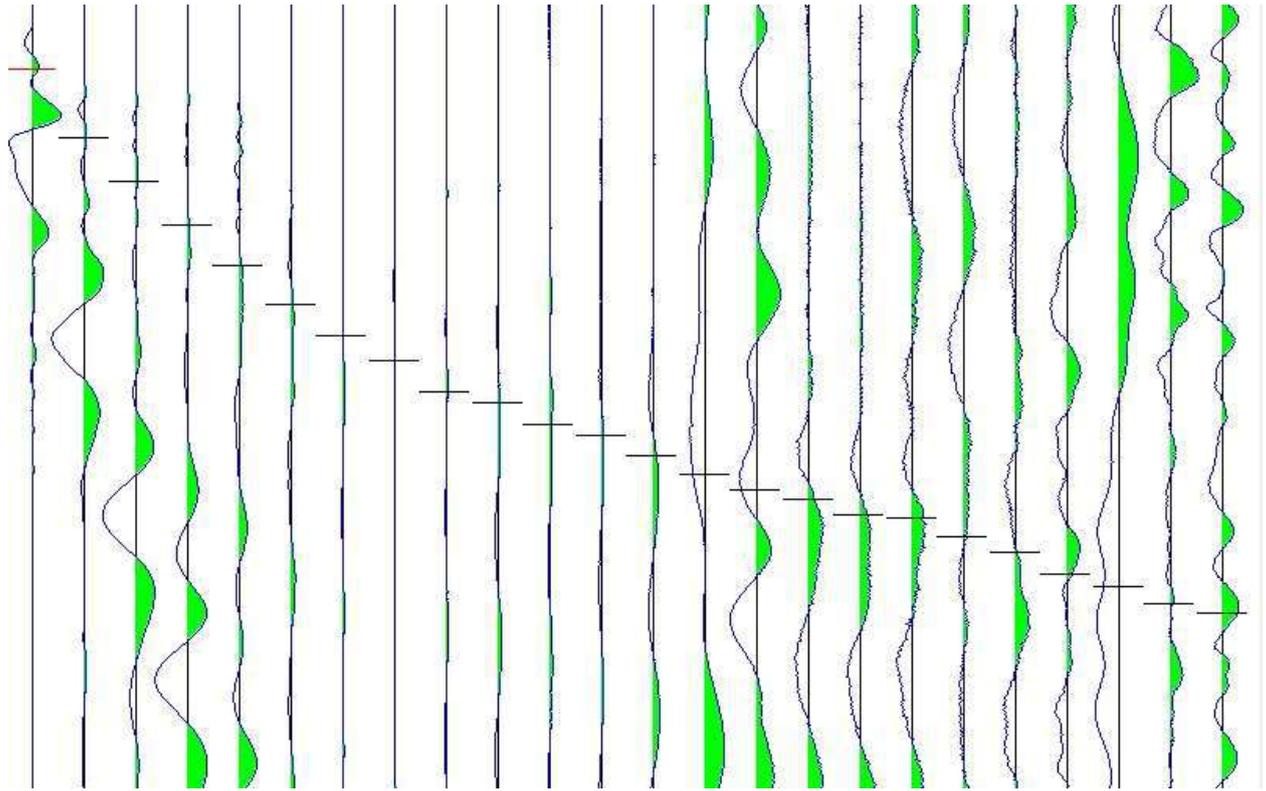


Geofono	Distanza (mt)
1	0,00
2	3,00
3	6,00
4	9,00
5	12,00
6	15,00
7	18,00
8	21,00
9	24,00
10	27,00
11	30,00
12	33,00
13	36,00
14	39,00
15	42,00
16	45,00
17	48,00
18	51,00
19	54,00
20	57,00
21	60,00
22	63,00
23	66,00
24	69,00

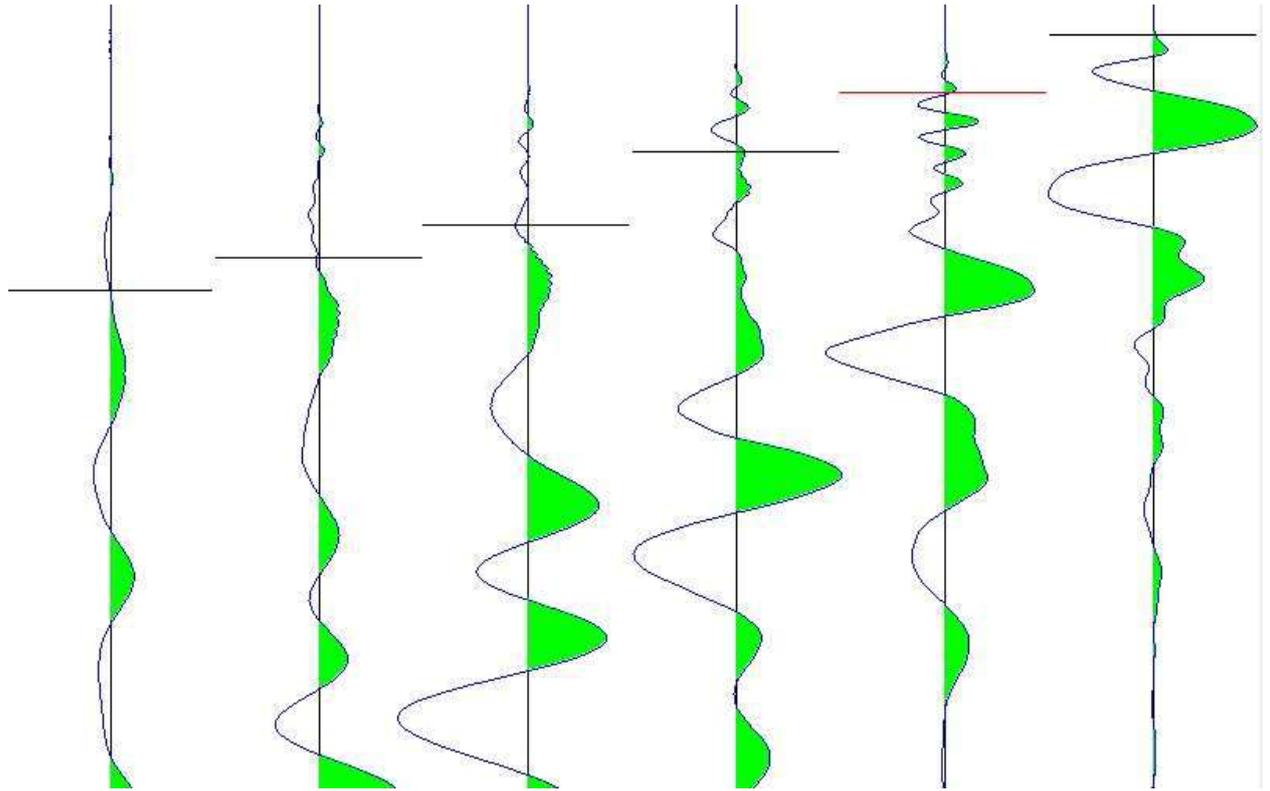
- PRIMI ARRIVI -

-3,00 mt	16,50 mt [SX]	16,50 mt [DX]	34,50 mt [SX]	34,50 mt [DX]	52,50 mt [SX]	52,50 mt [DX]	71,50 mt
8,20 ms	36,60 ms		37,20 ms		53,60 ms		29,73 ms
17,00 ms	32,40 ms		35,73 ms		52,00 ms		28,80 ms
22,60 ms	28,20 ms		33,07 ms		51,20 ms		27,87 ms
28,20 ms	18,80 ms		31,33 ms		50,60 ms		27,07 ms
33,40 ms	11,20 ms		28,93 ms		47,60 ms		26,80 ms
38,40 ms	3,80 ms		26,93 ms		47,20 ms		25,60 ms
42,40 ms		7,20 ms	23,33 ms		45,40 ms		25,07 ms
45,60 ms		13,20 ms	19,87 ms		44,20 ms		23,87 ms
49,60 ms		19,80 ms	15,60 ms		41,00 ms		22,80 ms
51,00 ms		29,60 ms	11,87 ms		36,00 ms		22,13 ms
53,80 ms		33,80 ms	8,93 ms		31,40 ms		21,33 ms
55,20 ms		37,80 ms	4,27 ms		26,40 ms		19,87 ms
57,80 ms		41,80 ms		7,00 ms	23,60 ms		18,67 ms
60,20 ms		44,60 ms		11,20 ms	18,60 ms		17,47 ms
62,20 ms		46,60 ms		15,40 ms	15,40 ms		17,07 ms
63,40 ms		50,20 ms		16,20 ms	10,40 ms		15,07 ms
65,40 ms		53,40 ms		19,20 ms	7,60 ms		13,07 ms
65,80 ms		54,80 ms		23,60 ms	3,40 ms		11,87 ms
68,20 ms		57,20 ms		28,00 ms		2,60 ms	11,07 ms
70,20 ms		59,00 ms		32,40 ms		5,87 ms	10,40 ms
73,00 ms		61,00 ms		34,80 ms		8,27 ms	9,07 ms
74,60 ms		61,60 ms		38,00 ms		12,27 ms	8,67 ms
76,80 ms		63,80 ms		42,40 ms		17,07 ms	7,07 ms
78,00 ms		64,80 ms		44,60 ms		24,67 ms	5,13 ms

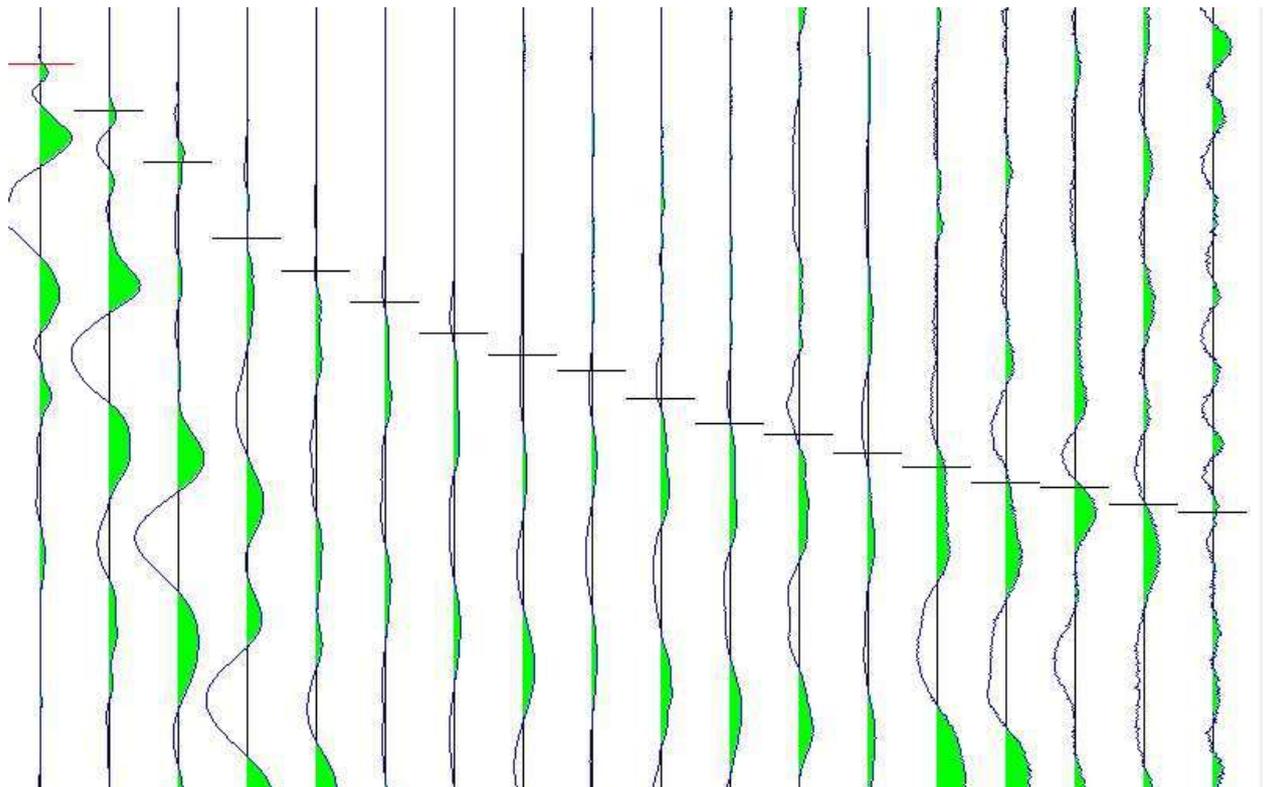
**SISMIGRAMMI E PICKING  
PROFILO A**



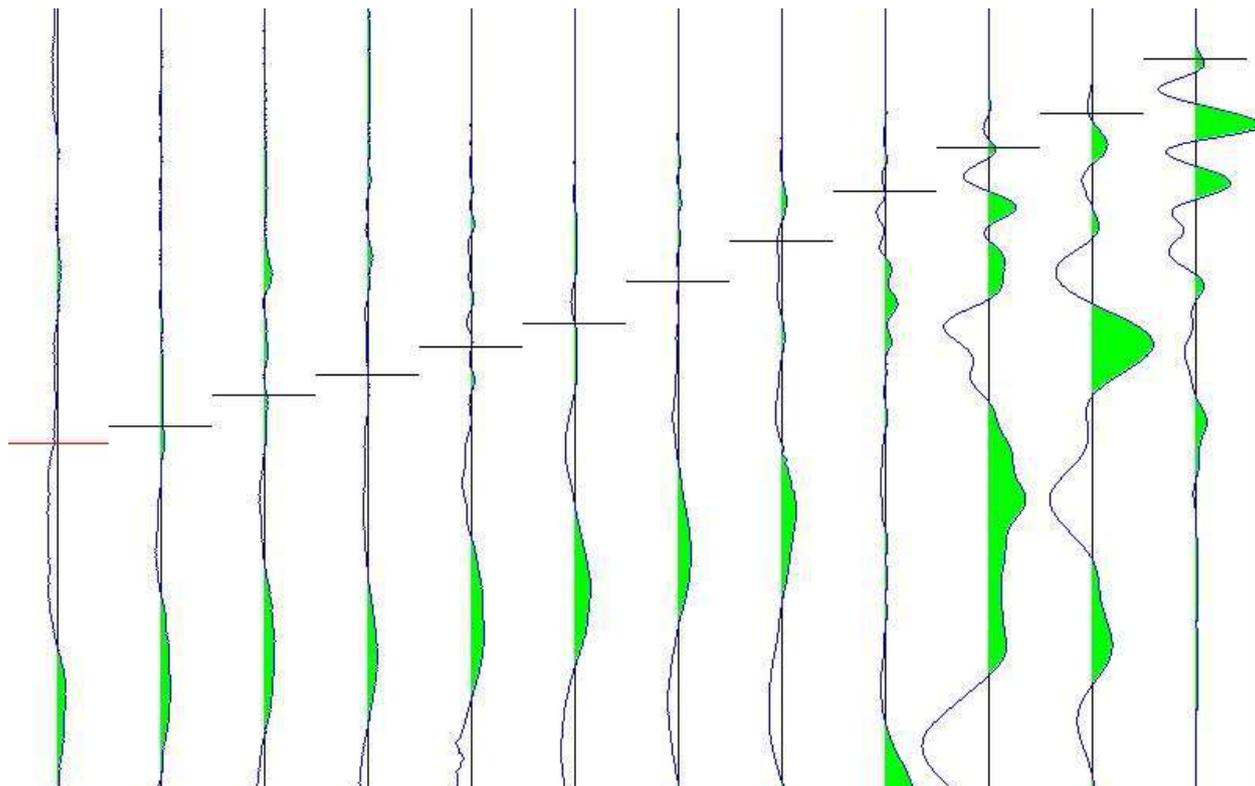
**PROFILO D1 SX**



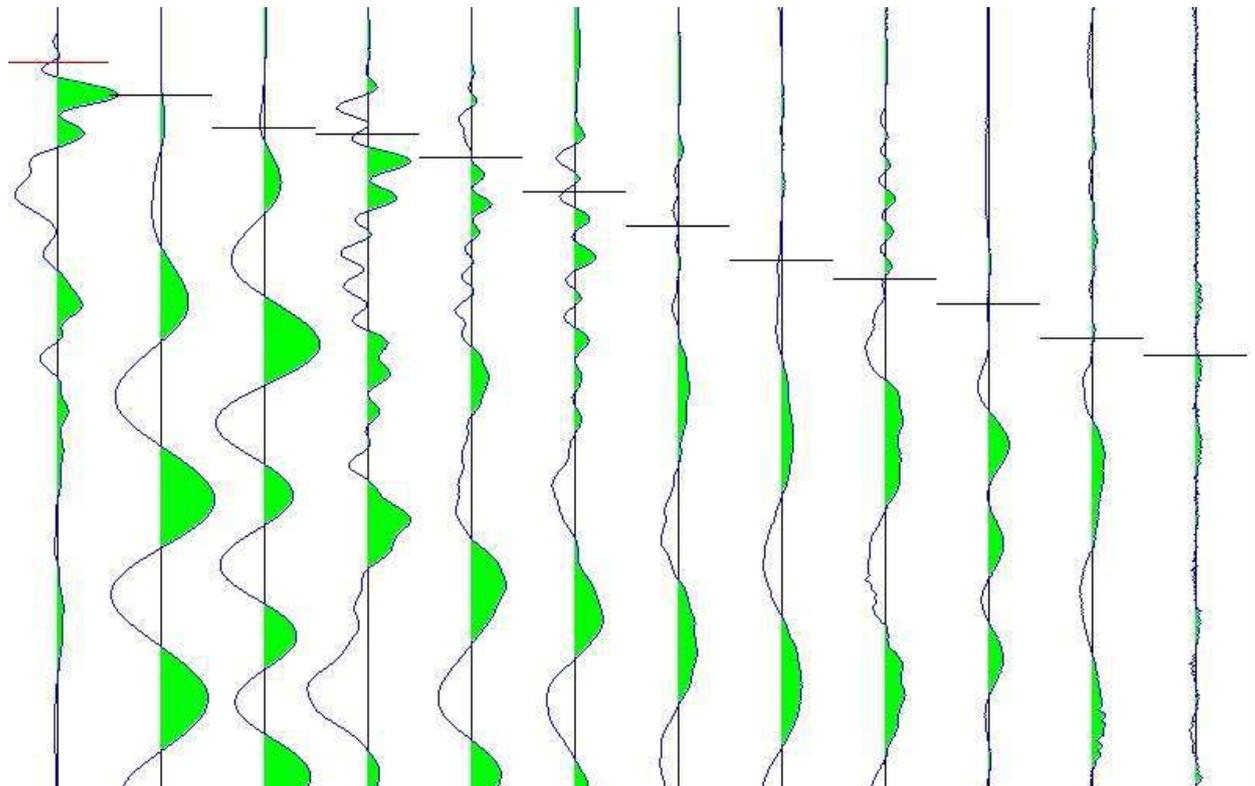
**PROFILO D1 DX**



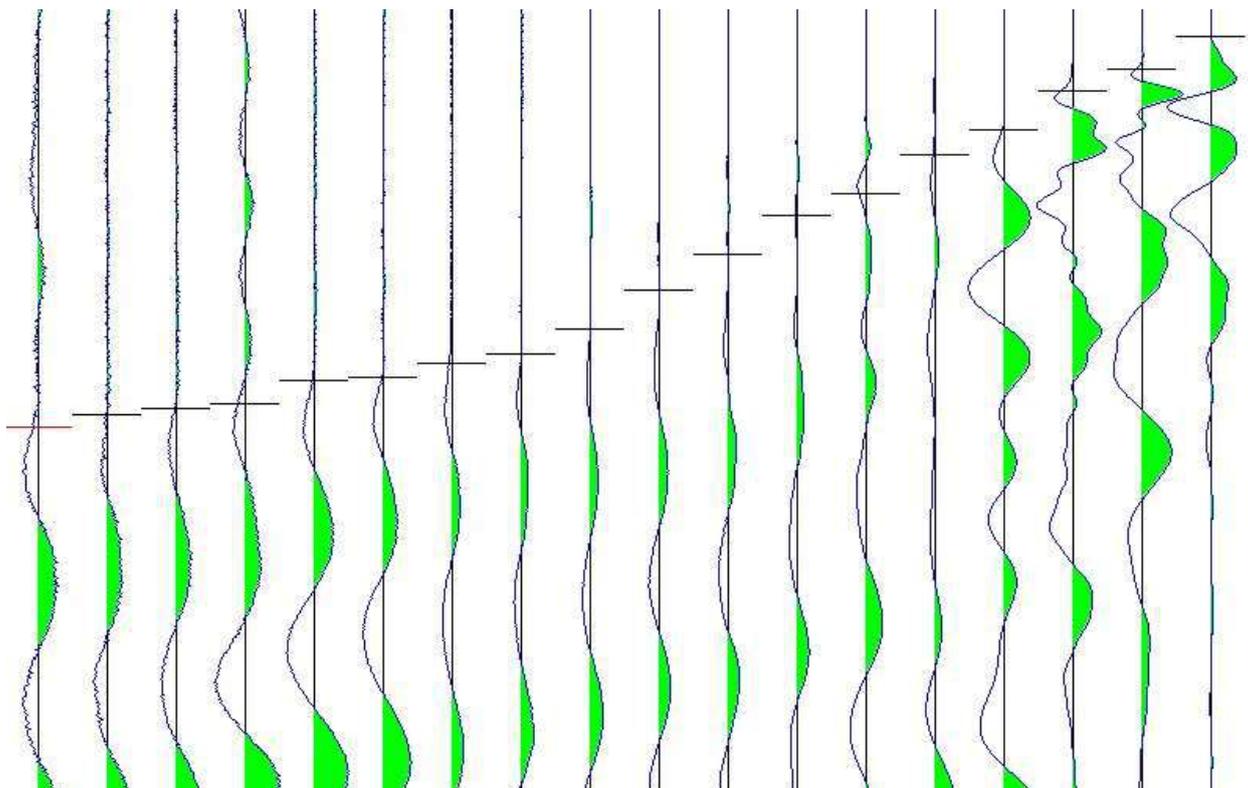
### PROFILO C SX



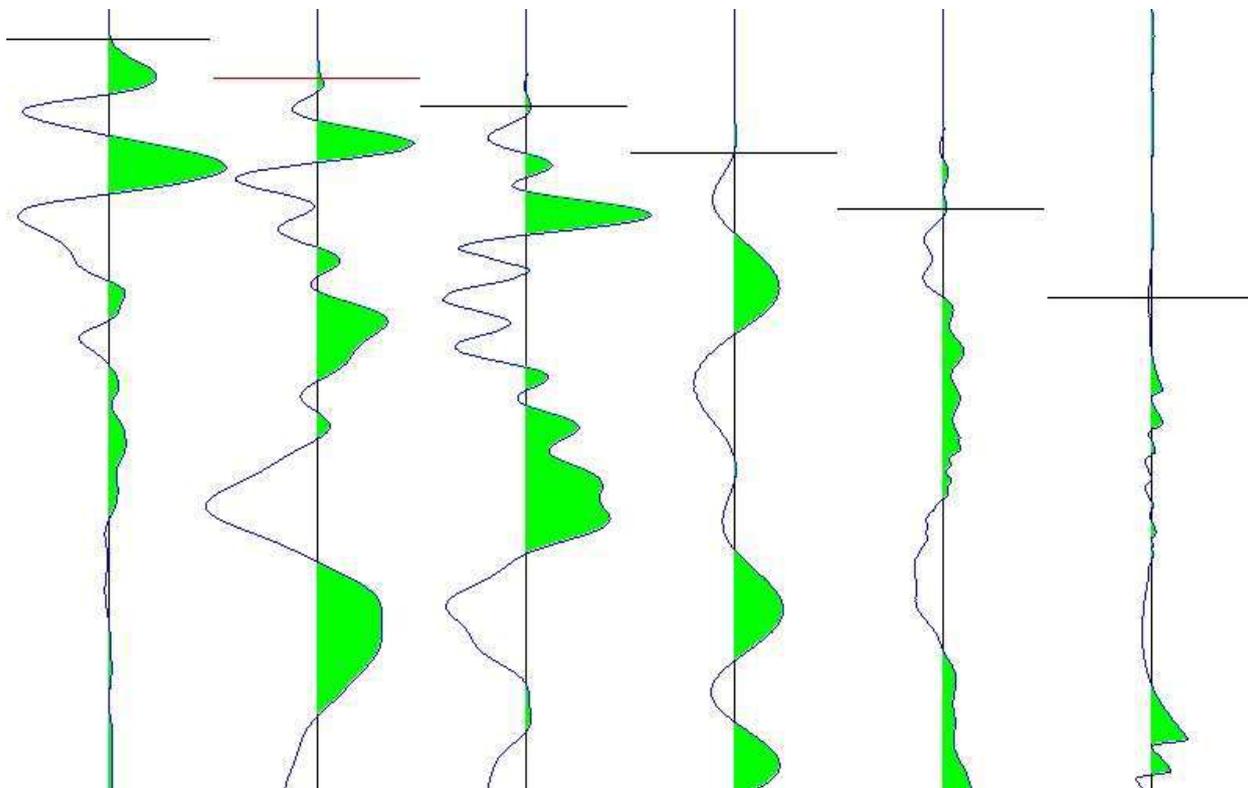
### PROFILO C DX



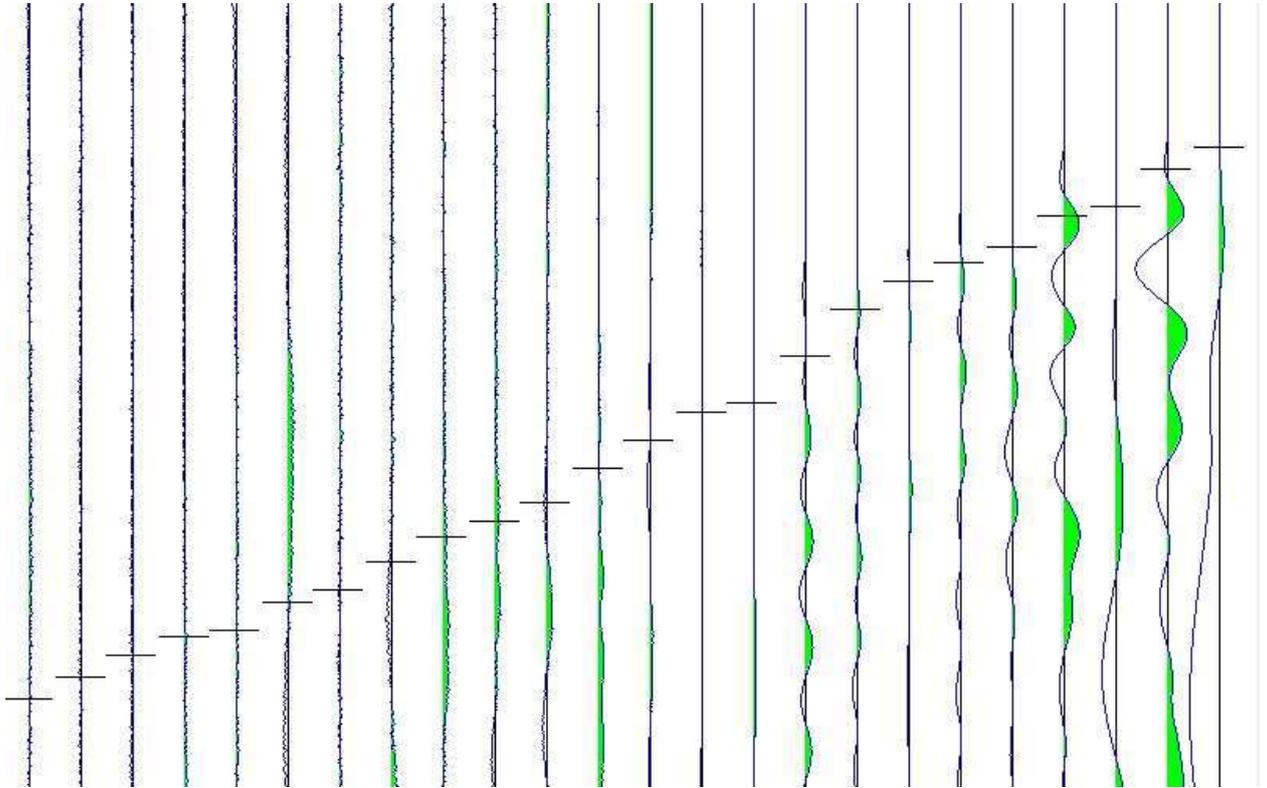
### PROFILO D2 SX

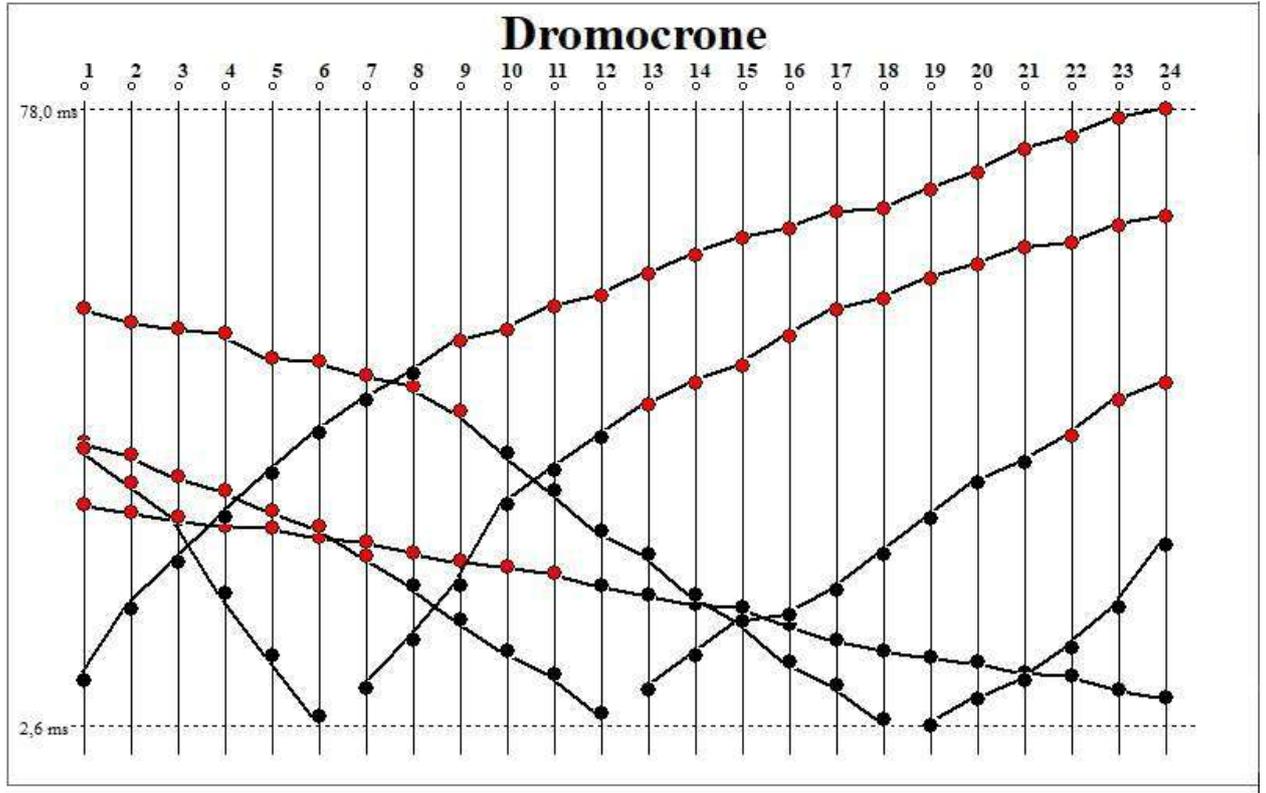


### PROFILO D2 DX



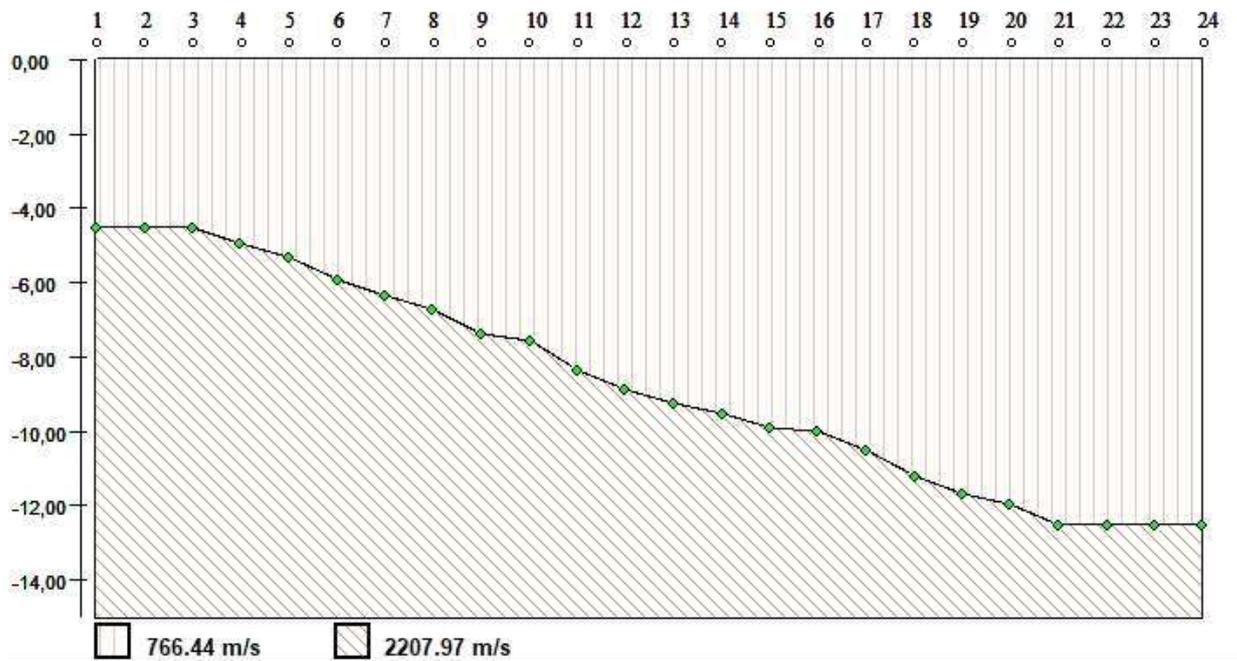
### PROFILO B





### SISMOSTRATIGRAFIA

### Profondità



## RIFRAZIONE WTG 10 (WTG 7 –WTG8 - WTG9)

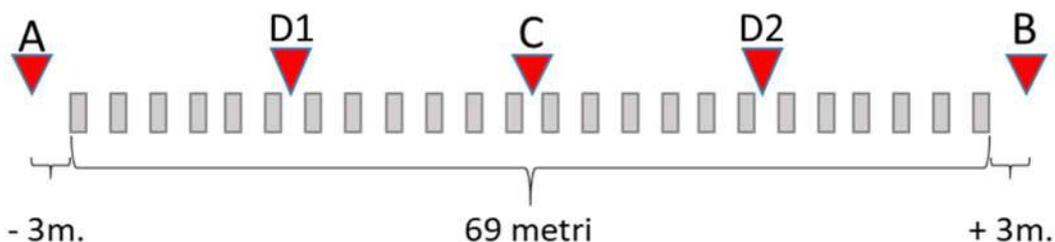
### Dati generali

<b>LOCALITA':</b>	Comune di Canicattì (AG)
<b>OGGETTO:</b>	Parco eolico AKRA WIND
<b>DATA:</b>	15/07/2022



### CARATTERISTICHE STENDIMENTO

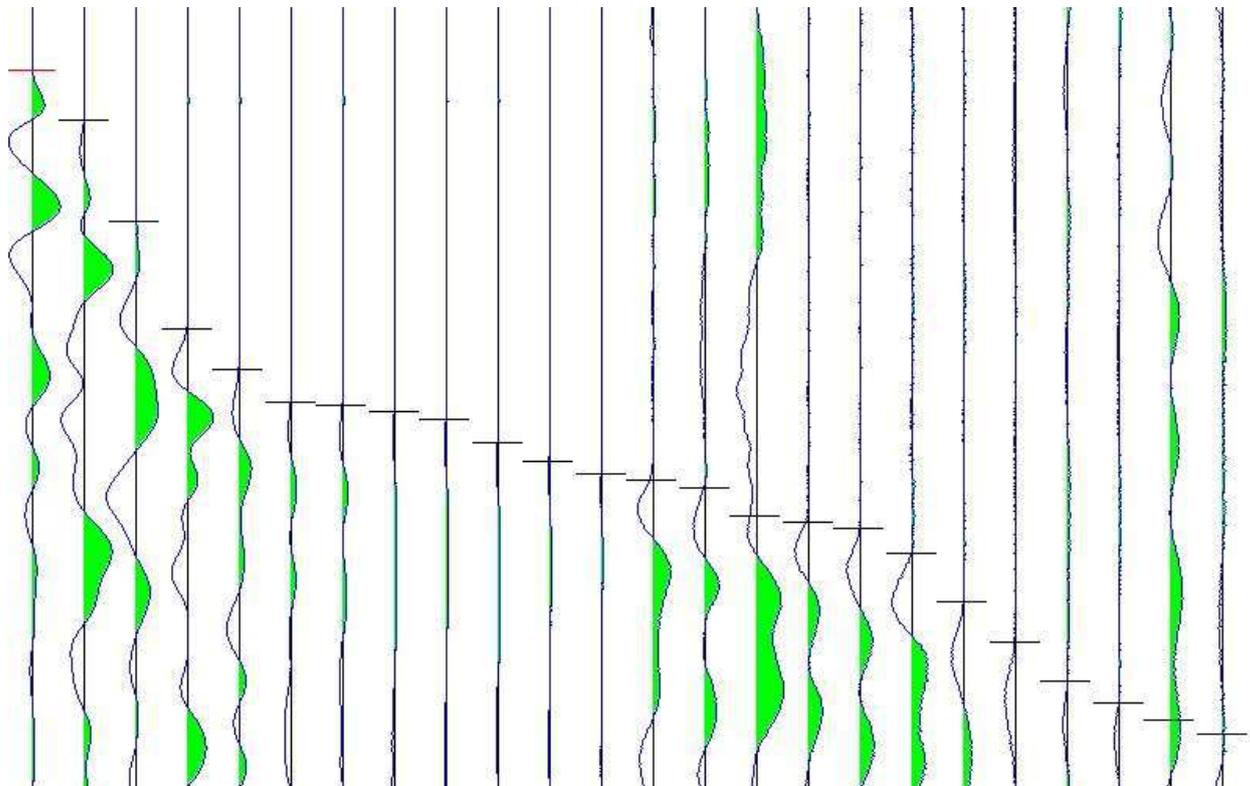
<b>SISMOGRAFO</b>	A6000S, Sysmatrack , X610S
<b>N° SHOT</b>	5
<b>N° GEOFONI</b>	24
<b>INTERDISTANZA GEOFONICA</b>	3 metri



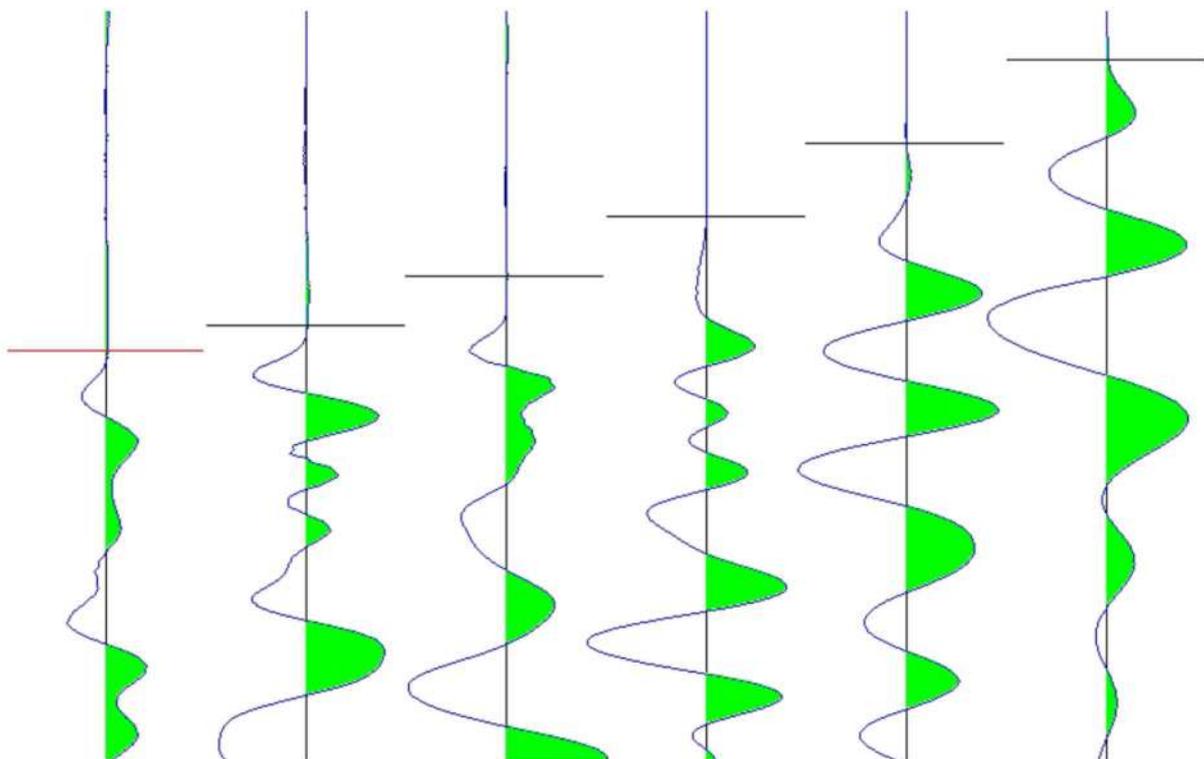
<b>Geofono</b>	<b>Distanza (mt)</b>
1	0,00
2	3,00
3	6,00
4	9,00
5	12,00
6	15,00
7	18,00
8	21,00
9	24,00
10	27,00
11	30,00
12	33,00
13	36,00
14	39,00
15	42,00
16	45,00
17	48,00
18	51,00
19	54,00
20	57,00
21	60,00
22	63,00
23	66,00
24	69,00

**- PRIMI ARRIVI -**

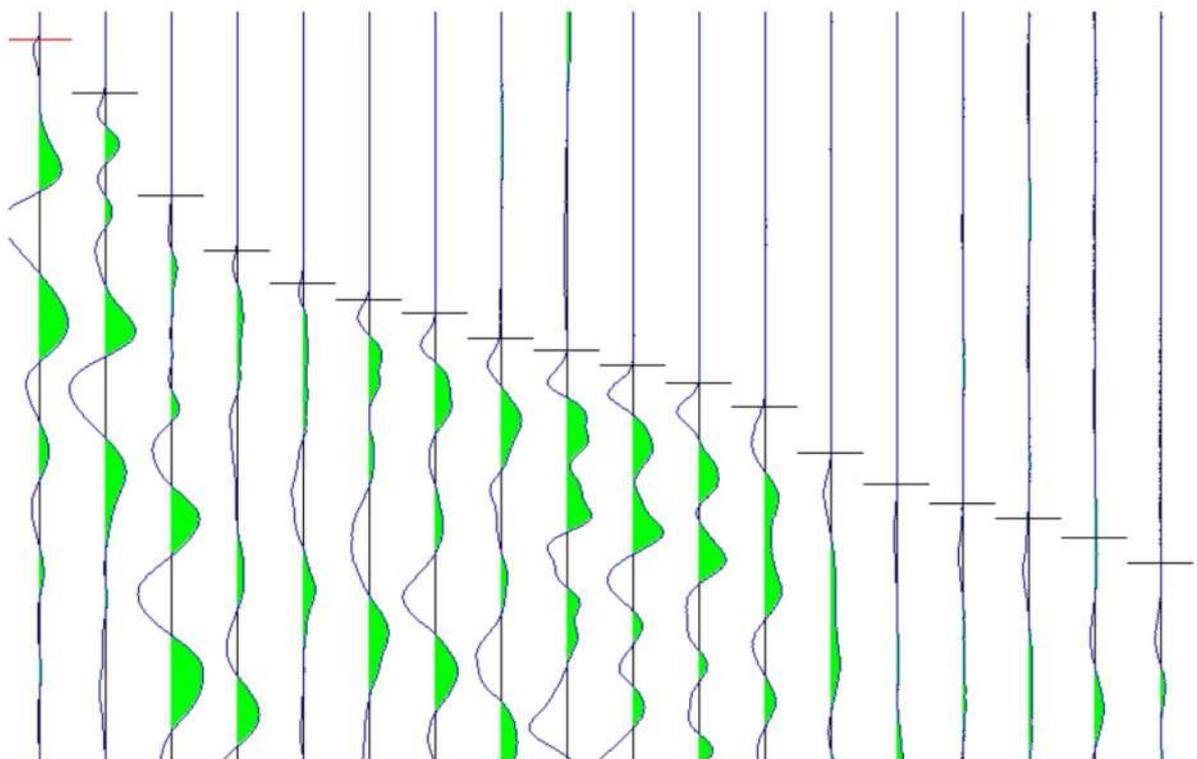
3,00 mt	16,50 mt [SX]	16,50 mt [DX]	34,50 mt [SX]	34,50 mt [DX]	52,50 mt [SX]	52,50 mt [DX]	71,50 mt
5,33 ms	30,27 ms		37,20 ms		47,20 ms		52,00 ms
9,60 ms	28,00 ms		35,87 ms		45,20 ms	44,53 ms	51,47 ms
18,27 ms	23,60 ms		33,20 ms		43,07 ms	42,40 ms	51,20 ms
27,47 ms	18,27 ms		31,33 ms		41,20 ms	40,53 ms	50,93 ms
30,93 ms	11,73 ms		30,13 ms		40,53 ms	39,60 ms	49,87 ms
33,73 ms	4,27 ms		27,73 ms		38,53 ms	38,80 ms	49,33 ms
34,00 ms		2,40 ms	25,07 ms		37,20 ms	36,67 ms	48,27 ms
34,53 ms		7,20 ms	22,53 ms		35,47 ms	35,07 ms	47,33 ms
35,20 ms		16,40 ms	18,93 ms		33,20 ms	31,33 ms	46,00 ms
37,20 ms		21,33 ms	15,87 ms		30,67 ms	29,47 ms	45,20 ms
38,80 ms		24,27 ms	12,53 ms		27,07 ms	26,53 ms	43,73 ms
39,87 ms		25,73 ms	8,80 ms		24,40 ms	24,13 ms	42,93 ms
40,40 ms		26,93 ms		8,40 ms	22,13 ms	21,47 ms	41,47 ms
41,07 ms		29,20 ms		11,20 ms	20,13 ms	19,07 ms	40,40 ms
43,47 ms		30,27 ms		15,20 ms	17,73 ms	16,80 ms	39,60 ms
44,00 ms		31,60 ms		16,40 ms	14,40 ms	14,13 ms	38,53 ms
44,53 ms		33,20 ms		19,20 ms	13,07 ms	11,07 ms	37,07 ms
46,67 ms		35,33 ms		22,13 ms	7,47 ms	6,93 ms	36,40 ms
50,80 ms		39,47 ms		26,80 ms	34,67 ms	6,40 ms	35,33 ms
54,27 ms		42,27 ms		30,80 ms	33,73 ms	28,00 ms	34,93 ms
57,60 ms		44,00 ms		32,27 ms	31,73 ms	23,33 ms	32,67 ms
59,47 ms		45,33 ms		36,13 ms	28,27 ms	25,87 ms	29,60 ms
60,93 ms		47,07 ms		37,07 ms	23,60 ms	29,60 ms	22,80 ms
62,13 ms		49,33 ms		38,40 ms	14,00 ms	31,33 ms	16,00 ms

**SISMIGRAMMI E PICKING**
**PROFILO A**


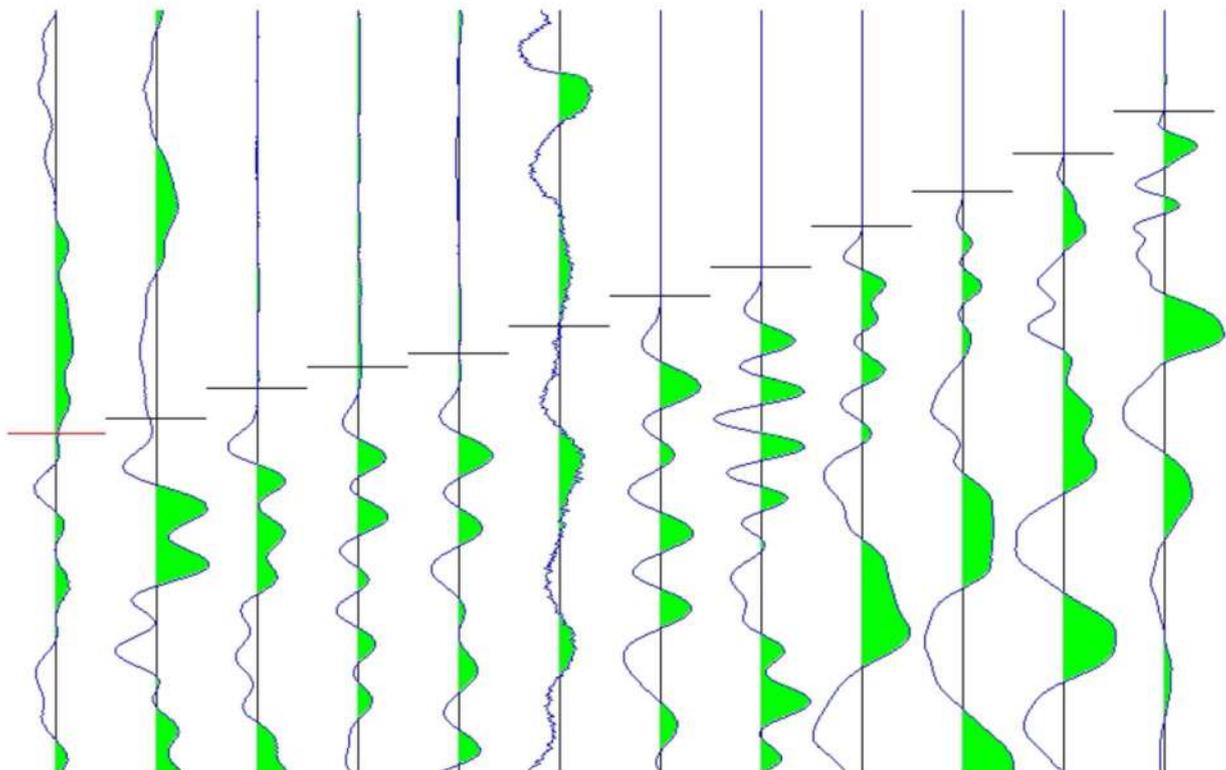
### PROFILO D1 SX



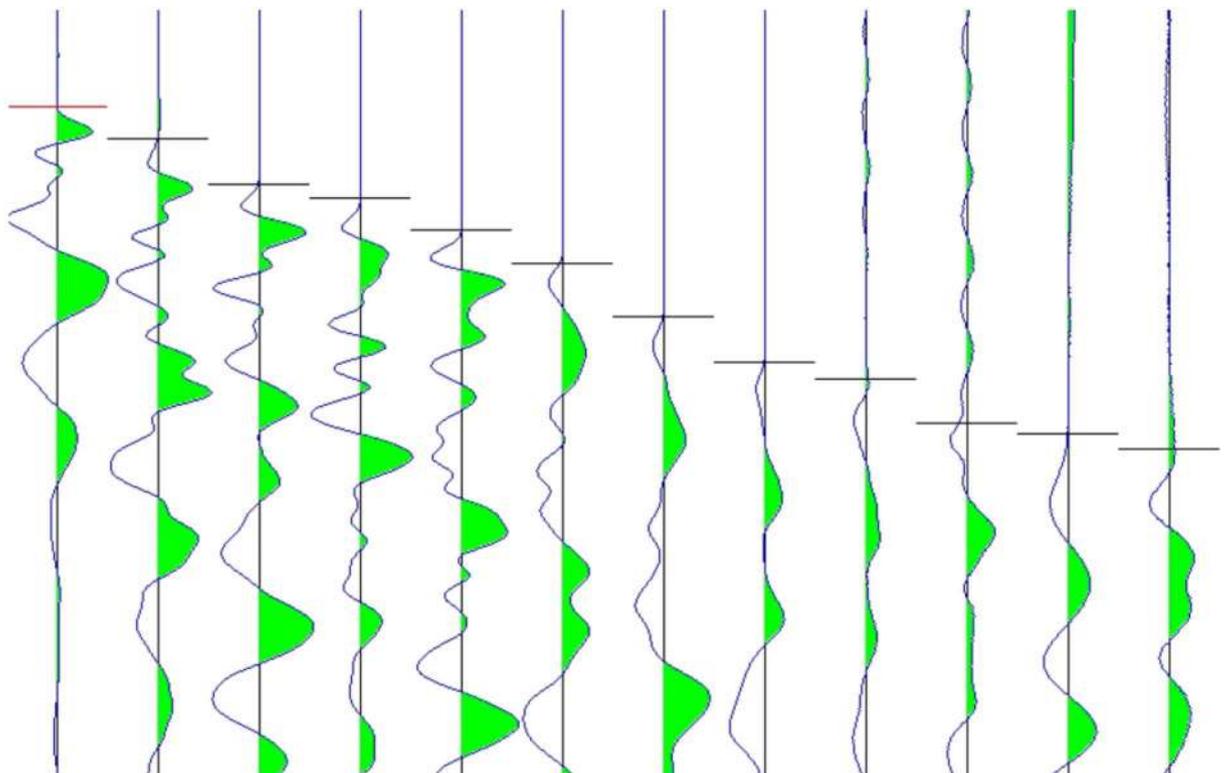
### PROFILO D1 DX



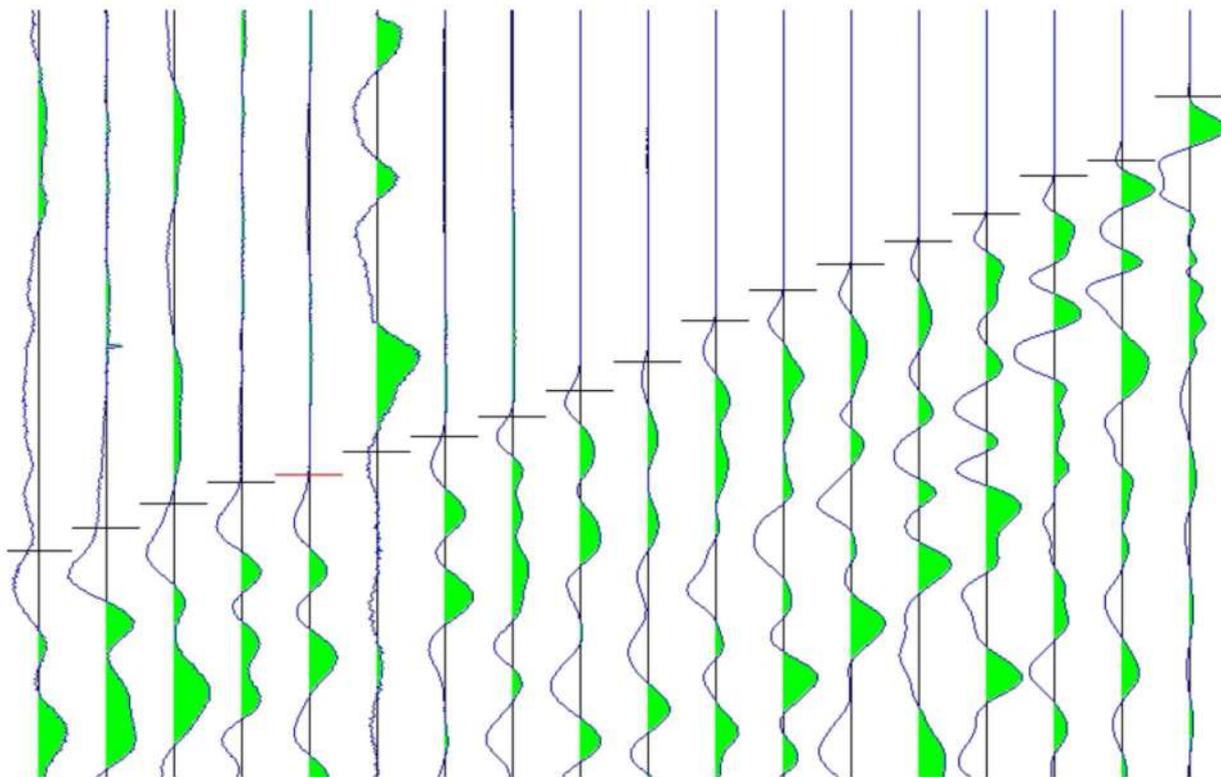
**PROFILO C SX**



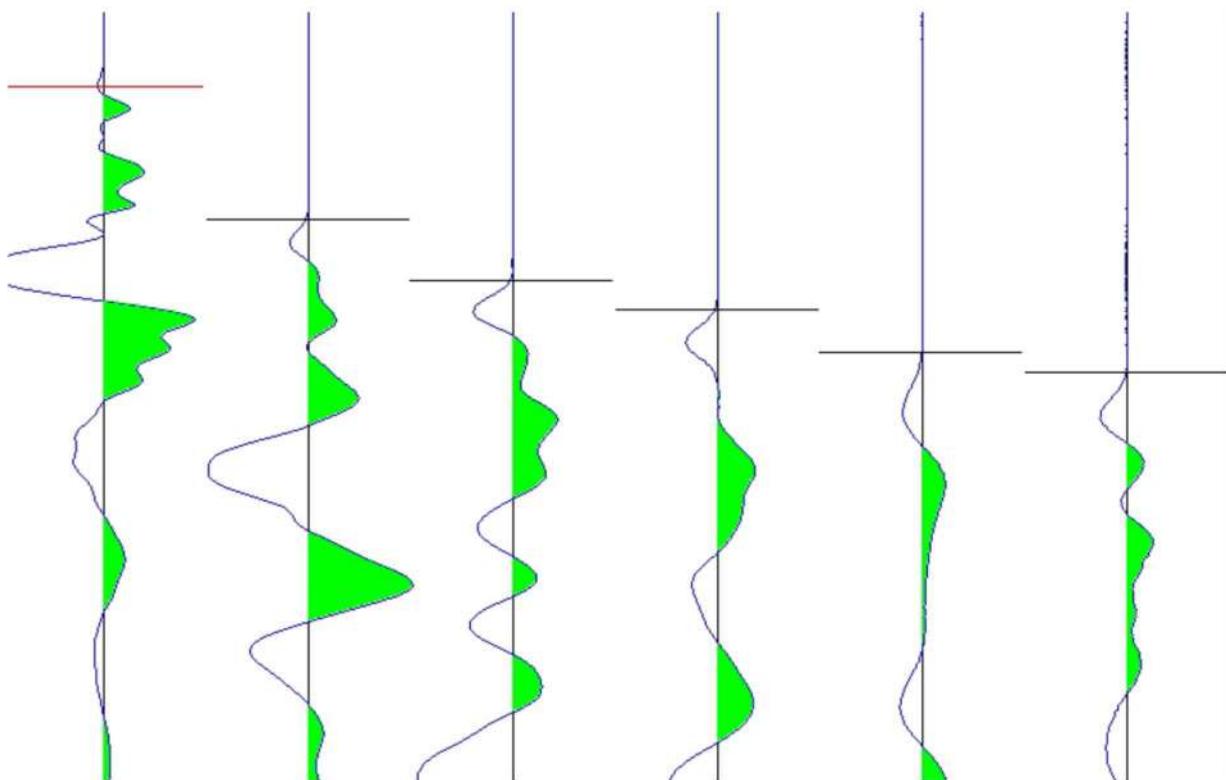
**PROFILO C DX**



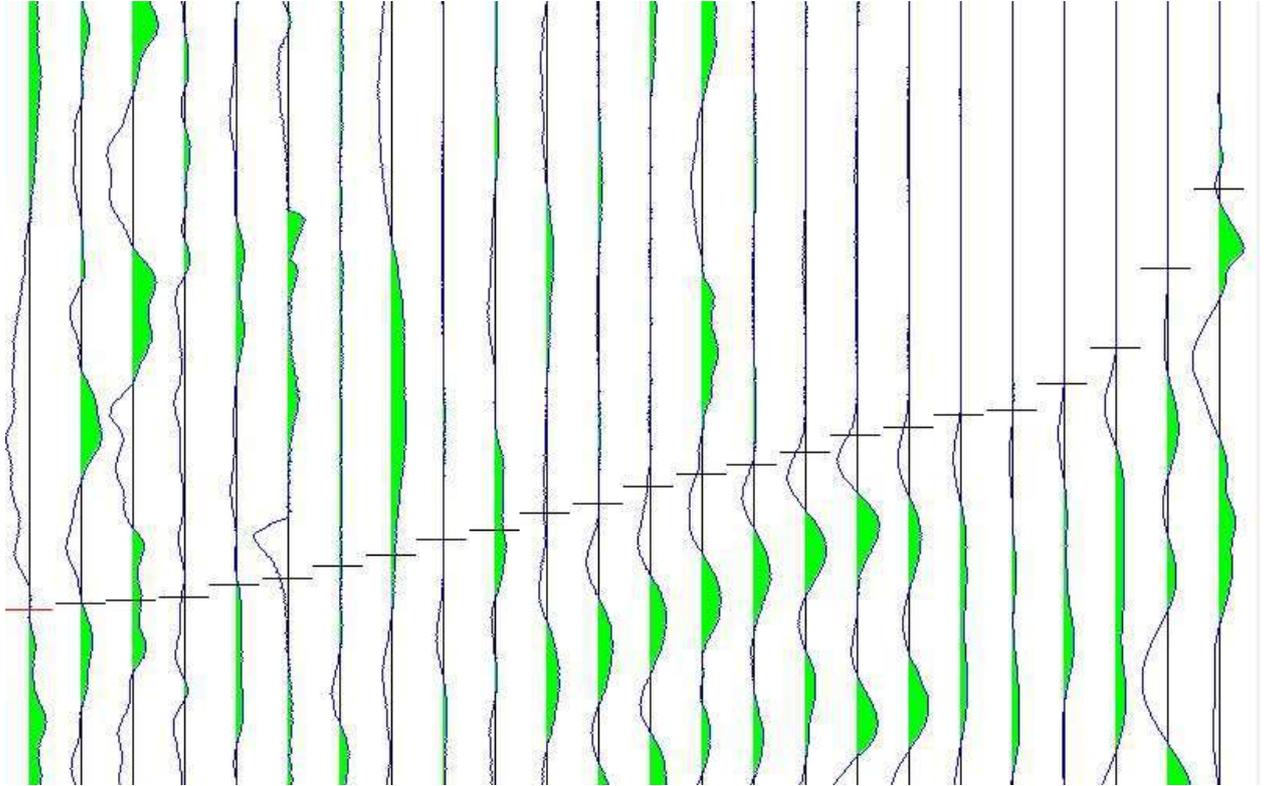
### PROFILO D2 SX

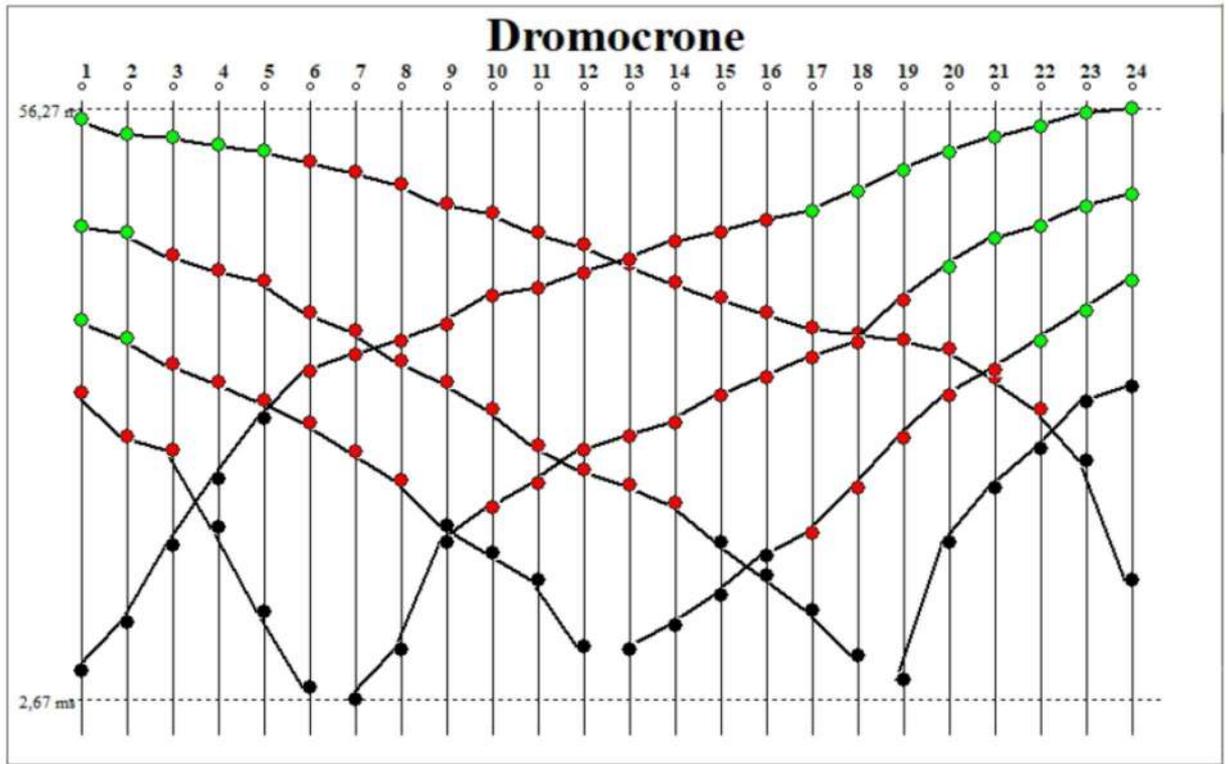


### PROFILO D2 DX



### PROFILO B





### SISMOSTRATIGRAFIA

### Profondità

