

Comune di
Brindisi



REGIONE PUGLIA



Comune di
Mesagne (BR)



Committente:



E.ON CLIMATE & RENEWABLES ITALIA S.R.L.
via Andrea Doria, 41/G - 00192 Roma
P.IVA/C.F. 06400370968
pec: e.onclimateerenewablesitaliasrl@legalmail.it

Titolo del Progetto:

PARCO EOLICO "MONDONUOVO"

Documento:

PROGETTO DEFINITIVO

N° Documento:

PEMN - P14

ID PROGETTO:	PEMN	DISCIPLINA:	P	TIPOLOGIA:		FORMATO:	A4
--------------	-------------	-------------	----------	------------	--	----------	-----------

Elaborato:

Relazione geologica, idrologica e sismica

FOGLIO:		SCALA:	---	Nome file:	PEMN-P14_Relazione geologica, idrogeologica e sismica		
---------	--	--------	-----	------------	--	--	--

Progettazione:



Geol. Giuseppe Masillo



Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	08/07/2019	PRIMA EMISSIONE	GEMSA	GEMSA	ECRI

INDICE

1	PREMESSA	1
2	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEI LITOTIPI AFFIORANTI	3
2.1	Stratigrafia dell'area in esame sulla base dei sondaggi effettuati	5
3	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI LITOTIPI AFFIORANTI	7
4	CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE DI DETTAGLIO E GEOMECCANICHE DEI LITOTIPI.	9
4.1	Saggi con escavatore leggero	9
4.2	Indagine sismica con la metodologia "MASW"	9
4.3	Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche	14
4.4	Prova penetrometrica dinamica	17
4.5	Falda freatica	19
5	CARATTERISTICHE DI PORTANZA DEI TERRENI DI FONDAZIONE	20
6	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E PRESCRIZIONI PER LA PROGETTAZIONE GEOTECNICA ED I CALCOLI STRUTTURALI.	21

1 PREMESSA

Il presente studio è stato finalizzato alla caratterizzazione litologico-sedimentologica e sismica, per definire le caratteristiche meccaniche delle rocce di sedime di un'area interessata dalla realizzazione di un PARCO EOLICO COSTITUITO DA N.11 AEROGENERATORI MOD. V162-6MW in loc.ta' MONDONUOVO, nel Comune di Mesagne (BR). Lo studio è finalizzato altresì a determinare la *categoria di sottosuolo* ai sensi del Testo unico "Norme Tecniche per le costruzioni" D.M. 14/01/2008, ultimo aggiornamento con DECRETO 17 gennaio 2018 del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI.

Il Testo unico definisce le procedure con cui effettuare una modellazione geologica e geotecnica del sito interessato da opere interagenti con i terreni e rocce. Perciò in ottemperanza alle prescrizioni del suddetto decreto sono state svolte delle indagini per la caratterizzazione dell'area in oggetto, per la definizione del modello geologico del terreno, per la definizione delle caratteristiche geotecniche, definizione dei caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici. ***Il programma delle indagini e' stato articolato come segue:***

- Consultazione dei dati geotecnici stratigrafici e idrogeologici relativi a indagini eseguite dallo scrivente su tutto il territorio di Mesagne;
- Rilievo geologico e geomorfologico speditivi;
- Elaborazione geotecnica dei parametri ricavati in base alla tipologia delle strutture che si intendono realizzare.

In particolare l'indagine eseguita e' stata mirata alla definizione delle successioni stratigrafiche e dei rapporti intercorrenti tra i vari litotipi che direttamente o indirettamente condizionano le opere in progetto, individuando in particolare:

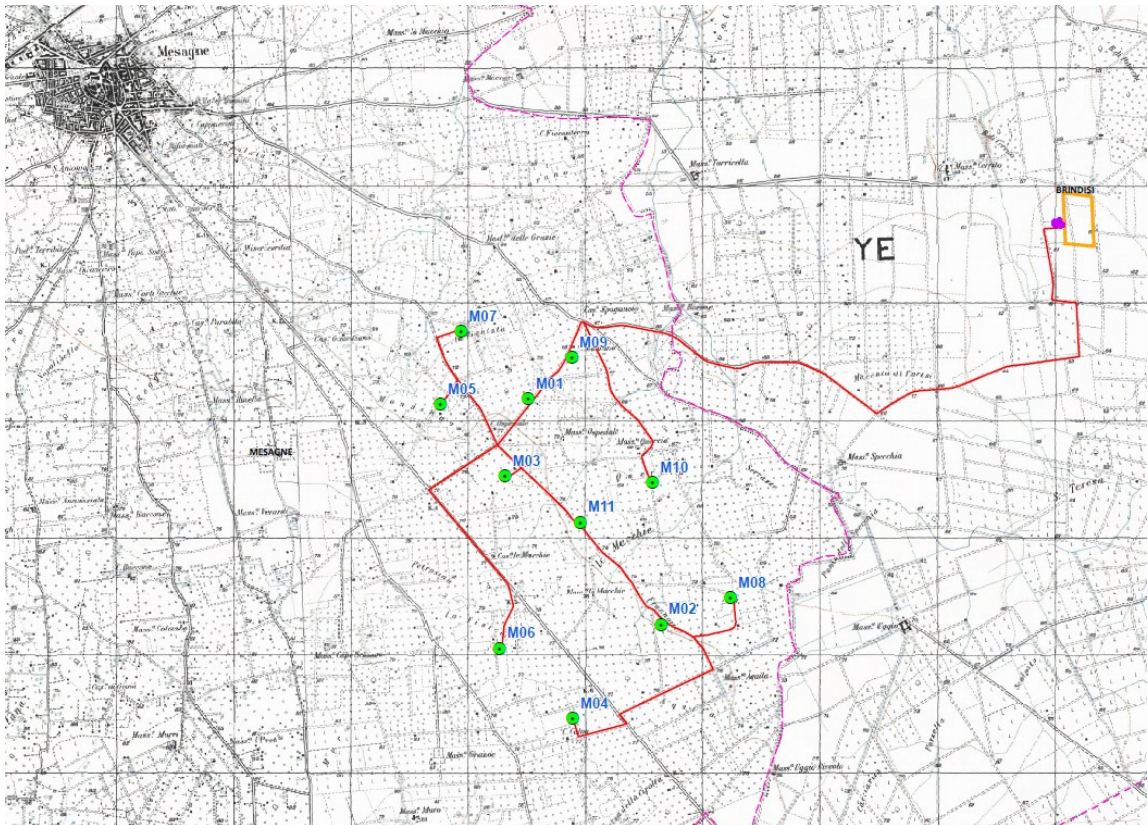
- la stratigrafia dell'area e l'eventuale spessore dei terreni di copertura da sbancare;
- presenza o meno di falda d'acqua superficiale.

- le caratteristiche meccaniche e la capacità portante del banco di fondazione;
- categoria del suolo e V_{s30} determinata mediante l'esecuzione di n.11 MASW in corrispondenza di ogni aerogeneratore, da parte di GEOPROVE SRL di RUFFANO (LE).

Lo scopo ultimo è quello di inquadrare le strutture in elevazione ed interrato (elettrodotti interrati, sottostazione di trasferimento dell'energia, strutture fondali delle torri eoliche e strutture eoliche) rispetto alla stratigrafia del sottosuolo.

Esso è articolato come segue:

- ✓ Consultazione della documentazione bibliografica storica esistente;
- ✓ Consultazione di indagini sismiche e geognostiche eseguite dallo scrivente sul territorio del Comune di Mesagne.

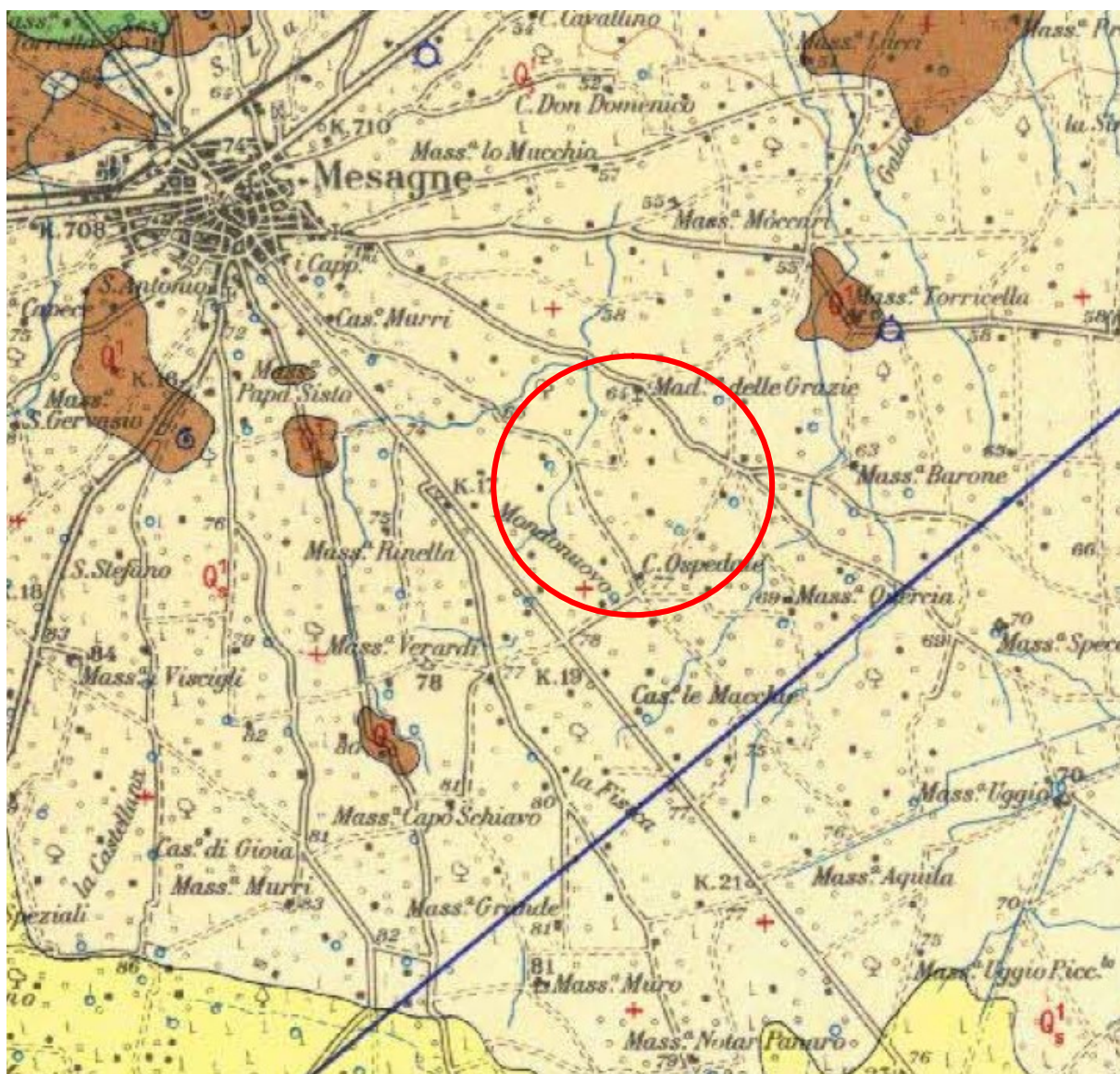


Area dell'Impianto Eolico “Mondonuovo”

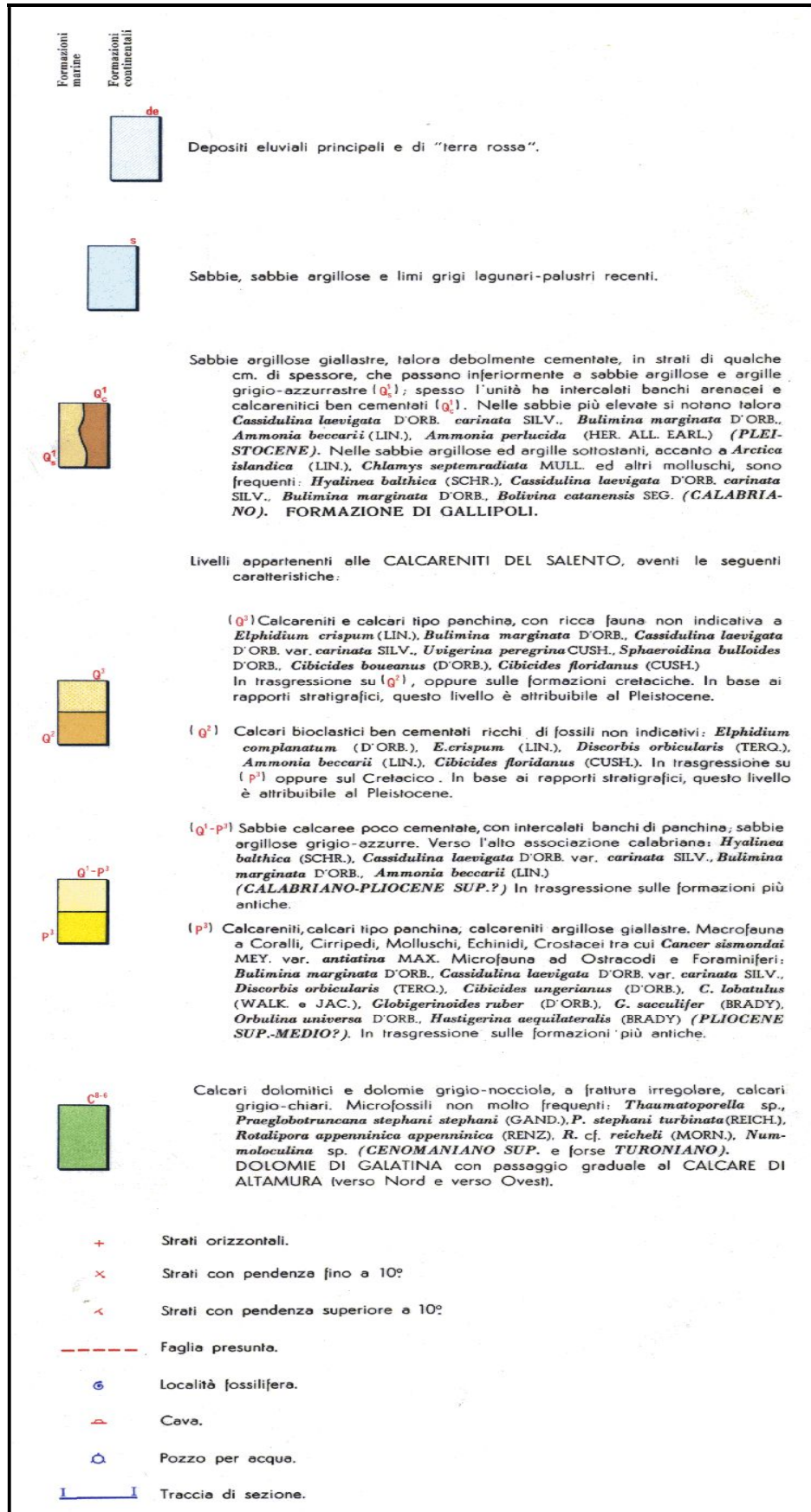
2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEI LITOTIPI AFFIORANTI

Nell'elaborazione del Modello Geologico, si è avuto modo di sottolineare come il piano campagna di buona parte dell'area, circa l'80% di quella in progetto, sia condizionato dall'affioramento di sedimenti sabbiosi sciolti più o meno limosi e passanti, verso il basso a marcatamente argillosi.

Le altre litologie interessanti il territorio in esame sono le Calcareniti appartenenti ai *Depositi Marini Terrazzati* e alla formazione delle *Calcareniti di Gravina*, ed infine i Calcari appartenenti alla formazione dei *Calcari di Altamura* (questi ultimi 2 litotipi non affiorano direttamente nell'area, ma giacciono a profondità variabili).



Area del parco eolico inquadrato su Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000



Legenda della Carta Geologica d'Italia.

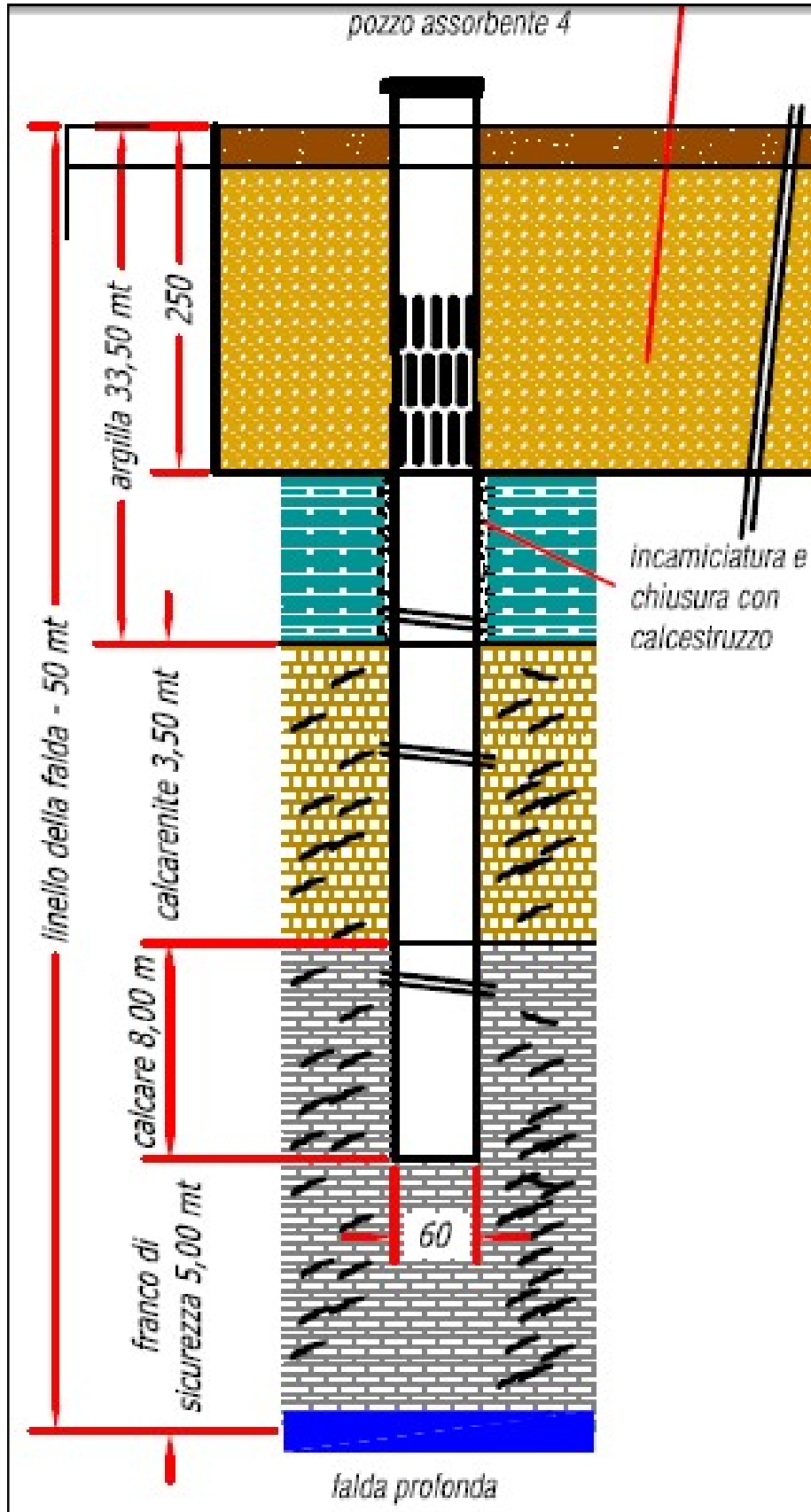
2.1 Stratigrafia dell'area in esame sulla base dei sondaggi effettuati

Il sondaggio profondo effettuato il giorno 11.06.2011 nell'area interessata dalla CPR S.DONACI, ha permesso di individuare la seguente stratigrafia fino a 45 m di profondità:

0,00 – 0,50 m	terreno vegetale con sabbie giallastre e presenza di ciottolate.
0,50 – 3,00m	sabbie argillose alternate a strati più consolidati di sabbie giallastre, con falda idrica superficiale.
3,00 - 33,5 m	argille sabbiose di colore giallastro, passante ad argilla grigio azzurra (man mano che si procede verso il basso, aumenta la percentuale di argilla).
33,5 – 39,0 m	Calcarenite giallastra a grana fine, non uniformemente distribuita e poco cementata.
39,0 – 45,0 m	Calcere grigio giallastro.



Sondaggio a carotaggio continuo eseguito dallo scrivente presso la CPR TERNA di S. Donaci nei pressi di Via Mesagne.



Schema geologico per la realizzazione di un pozzo assorbente presso SSE TERNA –S.DONACI (2014)

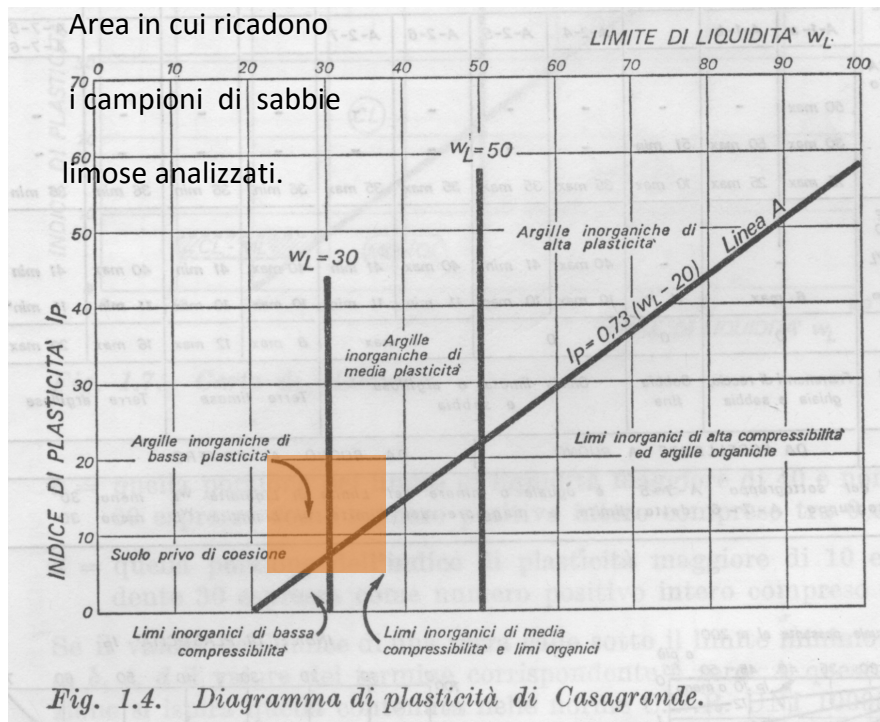
3 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI LITOTIPI AFFIORANTI

I dati seguenti sono stati ricavati da prove di laboratorio svolte su campioni prelevati per gli stessi litotipi per una indagine svolta nei pressi dell'area in studio dallo scrivente.

Ai fini della caratterizzazione geotecnica dei depositi terrigeni, le sabbie trasgressive sono classificabili, sotto l'aspetto granulometrico, come sabbie limose.

Il peso specifico delle particelle mostra valori variabili tra 2,65 e 2,77 g/cm³, mentre il peso secco varia tra 1,45 e 1,80 g/cm³.

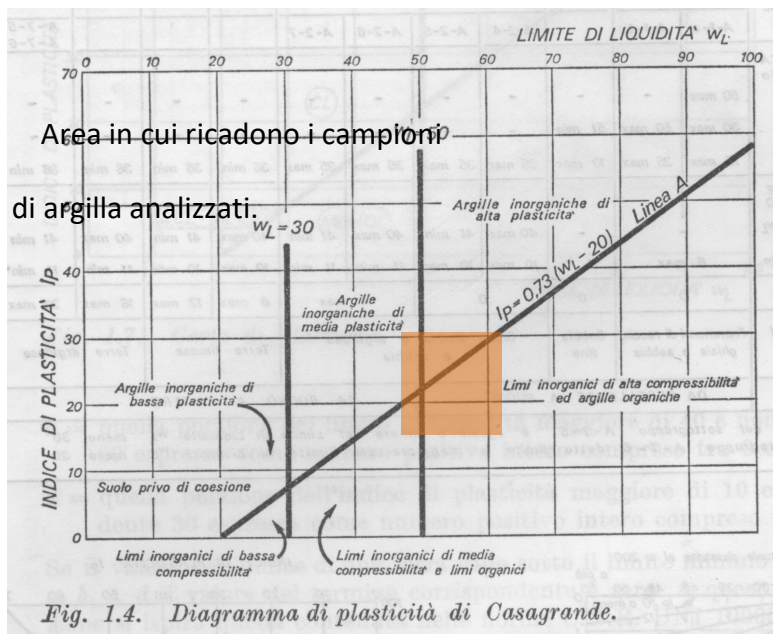
I valori dei limiti di consistenza indicano bassa plasticità, essendo il L.L. variabile tra 21,85% e 41,3%; il L.P. variabile tra 13,4% e 27,5%; l'I.P. variabile tra 2,5% e 22,8%. Il contenuto naturale d'acqua "w" ha un valore variabile tra 17,21% e 32,47%, quindi in generale supera di poco il valore del limite plastico.



Il secondo litotipo, sulla base delle prove effettuate, è stato classificato come terreno limoso-argilloso di colore grigio-azzurrognolo, con intercalazioni sabbiose. Questo presenta valori del peso specifico delle particelle variabile tra 2,67 e 2,70 g/cm³, mentre il peso secco ha un valore variabile tra 1,41 e 1,76 g/cm³.

Il limite liquido ha un valore variabile tra 28,2 e 49,7%, il limite plastico varia tra 21 e 25,44%, mentre l'indice di plasticità è variabile tra 7,1 e 29,31%.

I dati ottenuti indicano una plasticità medio bassa. Il contenuto naturale d'acqua varia tra 19 e 31,8%, poco al di sotto del limite plastico.



La resistenza al taglio dei tipi di terreno illustrati è stata esaminata e studiata in laboratorio mediante prove di rottura per taglio diretto.

Come si osserva dai dati elencati, per tutti i tipi di terreno sottoposti a prove di laboratorio, si hanno valori di resistenza complessivamente abbastanza omogenei.

Sabbie	Angolo di attrito Φ	Tra 24,27 e 27,1
	Coesione	Tra 0,07 e 0,175
Argille	Angolo di attrito Φ	Tra 19,47 e 26,20
	Coesione	Tra 0,165 e 0,31

Si può osservare che nelle sabbie vi è la costante presenza di apprezzabili valori di coesione, indicanti lo stato di lieve cementazione delle stesse, anche quando la frazione limosa risulta più ridotta.

4 CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE DI DETTAGLIO E GEOMECCANICHE DEI LITOTIPI.

4.1 Saggi con escavatore leggero

Nell'area in cui ricade il progetto del Parco Eolico Mondonuovo, sono stati osservati una serie di saggi per scavi svolti a vario titolo dallo scrivente. Tale metodo di indagine diretto ha previsto l'utilizzo di un escavatore gommato (Terna CATERPILLAR) che nei punti indicati in planimetria ha eseguito scavi di profondità media 1 - 2,5 m. Attraverso tali scavi si sono potute effettuare le seguenti osservazioni:

- Spessore strato superficiale interessante la posa in opera dei cavidotti interrati;
- Stato di addensamento ed alterazione dello strato suddetto con verifica della presenza di acqua;
- Prelievo di campioni rimaneggiati per studio visivo e verifica con pocket-penetrometer.

I saggi effettuati hanno evidenziato le caratteristiche stratigrafiche riportate in allegato. Sostanzialmente affiorano terreni sabbiosi più o meno coerenti, a luoghi vi è presenza di strati di panchina. In conclusione, trattasi di terreni a medio-alta scavabilità.

Per quanto riguarda la permeabilità, essi sono per la maggior parte mediamente permeabili ed in piccola parte poco permeabili, pertanto in occasione di eventi meteorici insistenti, le aree interessate dagli accessi stradali soprattutto interpoderali, diventano impraticabili.

Necessiterà pertanto definire un piano, in fase esecutiva, per il consolidamento dei sottofondi stradali di accesso ai suoli interessati sia dal trasporto, che dallo scavo dei cavidotti e non ultimo alle aree in cui saranno posizionati gli aerogeneratori.

4.2 Indagine sismica con la metodologia "MASW"

L'indagine geofisica su un'area sita in località "Mondonuovo" nel territorio di Mesagne, ha restituito le seguenti risultanze (Cfr. Allegati).

INDAGINE SISMICA MASW (loc.tà Mondonuovo-Mesagne-BR)

$$V_{Seq} = \frac{H}{\sum_i \frac{h_i}{nV_{S,i}}}$$

N° MASW	V _{Seq} (m/s)	Categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.II del Decreto 17 gennaio 2018)	Stratigrafia
WTG1	369	B	Non è stato individuato un substrato sismico a profondità < 30.0m
WTG2	275	C	Non è stato individuato un substrato sismico a profondità < 30.0m
WTG3	323	C	Non è stato individuato un substrato sismico a profondità < 30.0m
WTG4	281	C	Non è stato individuato un substrato sismico a profondità < 30.0m
WTG5	371	B	Non è stato individuato un substrato sismico a profondità < 30.0m
WTG6	305	C	Non è stato individuato un substrato sismico a profondità < 30.0m
WTG7	370	B	Non è stato individuato un substrato sismico a profondità < 30.0m
WTG8	287	C	Non è stato individuato un substrato sismico a profondità < 30.0m
WTG9	383	B	Non è stato individuato un substrato

			sismico a profondità < 30.0m
WTG10	295	C	Non è stato individuato un substrato sismico a profondità < 30.0m
WTG11	329	C	Non è stato individuato un substrato sismico a profondità < 30.0m

L'analisi dei microtremori viene effettuata utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione (a geofono singolo) disposta sul terreno con array lineare, da 12 a 48 geofoni; per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni con bassa frequenza di risonanza (4-14 Hz raccomandati), è indispensabile allungare il tempo di registrazione (15-30s) rispetto alla sismica a rifrazione tradizionale.

Si possono così registrare onde di superficie il cui contenuto in frequenza copre un range da 25-30 Hz fino a 2 Hz che, in condizioni ottimali, offre una dettagliata ricostruzione dell'andamento delle Vs relativamente ai primi cento metri di profondità.

Si tratta di una modellazione del sottosuolo mediante l'analisi delle onde di Rayleigh.

Per rilevare onde sismiche trasversali, anche la sorgente energizzante deve generare onde a prevalente componente di taglio.

Per tale motivo è stato utilizzato un sismografo della Geometrics "modello GEODE" con geofoni da 4.5 Hz.

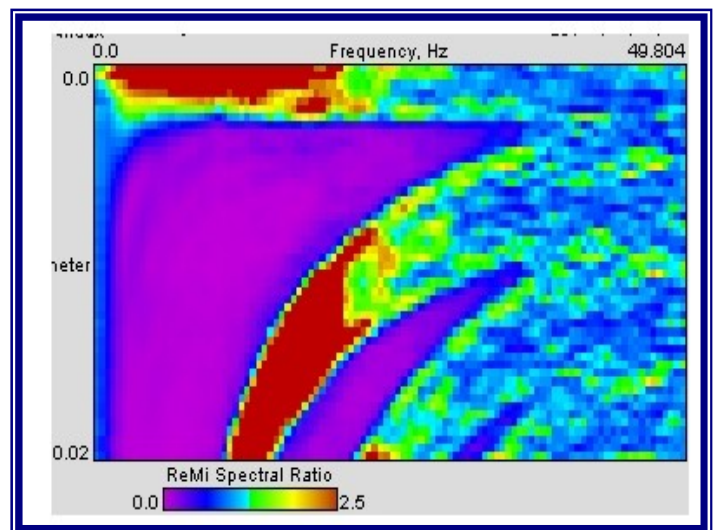
Recenti studi hanno consentito di creare un modello matematico anche per trattare le onde S, cercando di godere del vantaggio della elevata energia associata a questo tipo di propagazione.

L'analisi delle onde S viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, cioè a seguito di una trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale. In questo dominio, detto dominio trasformato, è semplice andare a separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P, propagazione in aria, ecc.

L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa, questo fenomeno è detto dispersione, ed è caratteristico di questo tipo di onde.

La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché essa approssimativamente posa sui massimi del valore assoluto dello spettro.

L'elaborazione del segnale consiste, nell'operare una trasformata bidimensionale "slowness-frequency" (p-f) che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentarne lo spettro di potenza su un grafico p-f (fig.4).



Esempio di spettro di potenza p-f.

Nell'immagine di figura 4 è possibile un riconoscimento visivo delle onde di Rayleigh, che hanno carattere dispersivo.

A questo punto l'operatore, in maniera arbitraria ed in base all'esperienza, esegue un "picking" (fig.2) attribuendo ad un certo numero di punti una o più slowness (p o 1/velocità di fase) per alcune frequenze.

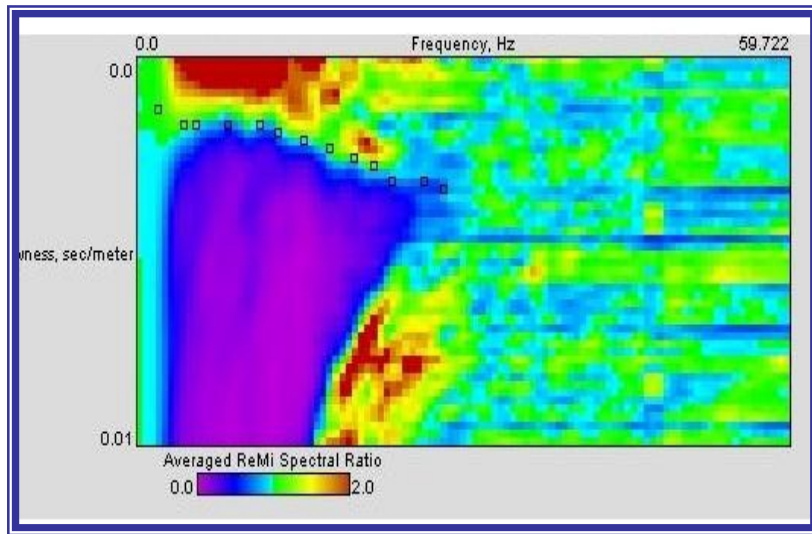


Fig. 5 Esempio di picking

Tali valori vengono in seguito plottati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello diretto.

La curva di dispersione in realtà può non essere così facile da estrarre, questo perché dipende molto dalla pulizia dei dati e da quanto disturbano gli altri segnali presenti nel sismogramma. Ecco perché questa fase in realtà deve essere considerata una interpretazione, e per questo i migliori software di analisi di dati ReMi, consentono di modificare anche manualmente la curva di dispersione per soddisfare le esigenze dell'utente più esperto.

I dati selezionati dall'immagine p-f vengono plottati su un diagramma, nel quale compare anche una curva di dispersione calcolata a partire da un modello di Vs che è modificabile dall'interprete. Variando il numero di strati, la loro velocità e la densità nel modello, la curva di dispersione calcolata viene adattata fino a farla aderire il più possibile a quella sperimentale ottenuta con il picking (fig.6).

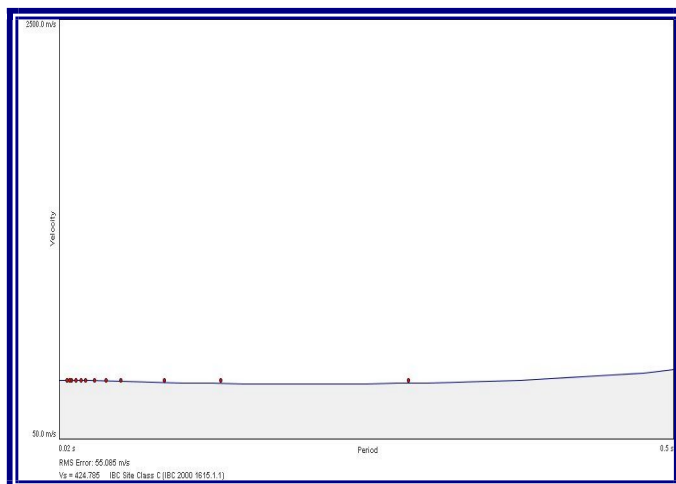


Fig.6: Modellizzazione diretta interattiva: curva di dispersione calcolata (grigio) e curva sperimentale con picking (puntinato rosso).

La curva di dispersione calcolata, approssimativamente coincidente con la curva sperimentale, viene associata ad un modello sintetico.

Questa delicata seconda fase di interpretazione è comunemente detta fase di inversione, e dipendentemente dal software usato può anch'essa avvenire in maniera automatica e/o manuale.

Entrambe le due fasi di interpretazione, per quanto debbano seguire le linee guida dettate dalla teoria, devono rigorosamente essere controllate accuratamente dall'utente poiché non è possibile affidarsi completamente ad un sistema automatico che lavora alla ricerca della soluzione matematicamente migliore.

4.3 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella **Tab. 3.2. II del DECRETO 17 gennaio 2018**, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio VS. I valori dei parametri

meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità VS per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), 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 VS 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. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Deposit</i> 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.
D	<i>Deposit</i> di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente 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 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

In riferimento alla normativa Nazionale antisismica, trattandosi di un'opera rientrante nella categoria, (come recita la normativa) degli: "edifici ed opere infrastrutturali di interesse regionale rilevanti in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso", le norme tecniche della progettazione dovranno essere quelle previste per le opere ricadenti in zona sismica di **categoria 4**, ossia con accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastico di **0,05g**.

Come si evince dalla seguente Tabella 3, ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a_g/g]
1	> 0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

Tabella 3

4.4 Prova penetrometrica dinamica

Durante l'esecuzione di un sondaggio geognostico sotto la Direzione dello scrivente, nel Comune di Mesagne, sono state eseguite due prove SPT durante l'esecuzione di un sondaggio geognostico a carotaggio continuo, nei litotipi analoghi a quelli che affiorano nell'area di realizzazione del Parco Eolico: sabbie limose e argille.

La prova S.P.T. si effettua per intervalli di 45 cm, misurando il numero di colpi, sul fondo foro opportunamente pulito. Si tratta di una prova a percussione con un campionatore di forma e dimensioni standard (tipo Raymond), attraverso il quale, in base al numero dei colpi (N) necessari alla penetrazione di 45 cm, misurati separatamente in tre tratti di 15 cm ciascuno, è stato possibile valutare orientativamente lo stato di consistenza dei terreni.

La percussione avviene secondo le modalità contenute nella norma ASTM n° D 1586/67.

Il valore di N_{spt} è dato dalla somma dei colpi misurati nel secondo e terzo tratto di 15 cm, quando il numero di colpi supera 50 la prova viene sospesa, rappresentando tale valore il rifiuto.

Per le prove è stato usato un campionatore di lunghezza 711 mm, diametro esterno di 50.8 mm, diametro interno 34.9 mm ed un dispositivo di guida e di sgancio automatico del maglio, di peso 30 kg, che ha assicurato una corsa a caduta libera di 20 cm.

I risultati delle prove eseguite (che si leggono anche sulla stratigrafia allegata) sono riassunte nella seguente tabella:

	Profondità dal p.c. (m.)	N _{spt}	Litotipo
Prova 1	mt 2.00 a mt 2.15	(8)	sabbie limose
	mt 2.15 a mt 2.30	12	
	mt 2.30 a mt 2.45	16	
		28	
Prova 2	mt 6.00 a mt 6.15	(6)	argille
	mt 6.15 a mt 6.30	11	
	mt 6.30 a mt 6.45	13	
		24	

4.5 Falda freatica

Nel territorio interessato si rilevano due falde d'acqua: quella **superficiale freatica** e quella **profonda carsica**. La falda superficiale è alimentata dalle acque meteoriche d'infiltrazione superficiale, mentre quella carsica trova alimentazione in un più vasto bacino idrografico che è quello dei massicci calcarei.

La prima, di modesta portata, localizzata nei sedimenti sabbioso conglomeratici e calcarenitici di copertura circola a pelo libero ad una profondità compresa tra i – 3e i-5m; la seconda, molto più consistente, si localizza invece nel basamento carbonatico ad una profondità di –80m dal piano campagna.

In particolare, la falda freatica superficiale si localizza sempre nelle sabbie e conglomerati di copertura, la cui potenza massima in alcuni punti del territorio è dell'ordine dei 10m, e si rinviene, nell'area in oggetto, ad una profondità dal piano campagna sempre modesta (4,5m), con la direttrice prevalente di deflusso verso NE e con cadente piezometrica media pari a 0.8°/00. A causa della modesta profondità di rinvenimento di tale falda, poiché in progetto sono previsti seminterrati, le strutture fondazionali e perimetrali dell'opera da realizzarsi potranno trovarsi a contatto o sommerse dall'acqua di falda. Di conseguenza il progettista dovrà tener conto della situazione idrogeologica locale.

La percentuale d'acque meteoriche che si infila nel terreno, dipende da una serie di fattori quali:

- morfologia, geologia, tipo di manto vegetale, pendenze, pavimentazioni, cementazioni, coperture, ecc...

Nel caso in esame si può valutare in 20-30% delle precipitazioni medie annue

5 CARATTERISTICHE DI PORTANZA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Attraverso i dati ottenuti dai sondaggi penetrometrici effettuati nell'area di interesse (*Vedi planimetria*) sono stati costruiti i diagrammi riportati in allegato. Estrapolando i dati e' stato calcolato empiricamente il valore della resistenza alla punta tramite la formula dell'energia dinamica (*Sanglerat, Mitchell & Gardner*):

$$R_d = M^2 \times H / A \times E \times (M + P)$$

dove:

R_d = resistenza dinamica alla punta

M = Peso del maglio (30kg)

A = Superficie punta (10 cm²)

E = Profondità di infissione per colpo (cm)

P = Peso delle aste (2.4 kg)

H = Altezza di caduta (20 cm)

Sostituendo nella formula i valori ottenuti dall'interpretazione grafica otteniamo un valore medio di resistenza dinamica. Da questi valori che rappresentano i valori medi ottenuti durante le prove effettuate possiamo ricavare il carico ammissibile del litotipo fondale R_d per un coefficiente di sicurezza pari a 20.

Sondaggio	litologia	PROFONDITA'	N° Colpi	Intervallo di prova considerato	Profondita' di infissione per colpo (E)	Resistenza alla punta	Coefficiente di sicurezza	Q amm
				(cm)	(cm)	(Kg/cm ²)		(Kg/cm ²)
						$R_d = M^2 \times H / A \times E \times (M + P)$		
SPT 1	sabbie	2-2,45	28	60	2,1	26,44	20	1,32
SPT 2	argille	6-6,45	24	60	2,5	22,22	20	1,11

6 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E PRESCRIZIONI PER LA PROGETTAZIONE GEOTECNICA ED I CALCOLI STRUTTURALI.

La presente relazione è riferita ai terreni affioranti nelle aree dove sorgerà il Parco Eolico "MONDONUOVO".

I dati geotecnici acquisiti mediante sondaggi geognostici svolti dallo scrivente, e le indagini geologiche effettuate, hanno dato le seguenti indicazioni:

- circa l'80% dell'intera area interessata è condizionata dall'affioramento di sedimenti sabbiosi sciolti più o meno limosi e passanti, verso il basso a marcatamente argillosi.
- Una porzione piuttosto estesa è interessata dalla presenza della falda superficiale profondità variabile da -3 a -8 m dal p.c. Il livello della falda superficiale è soggetto a frequenti oscillazioni a causa di emungimenti e/o immissioni nel sottosuolo, scarse precipitazioni o precipitazioni abbondanti.

L'attenzione sarà perciò rivolta essenzialmente ai depositi di sabbie limose giallastre e alle Argille le quali hanno caratteristiche meccaniche intrinseche scadenti e problematiche, a causa della loro plasticità, scarsa permeabilità, elevato coefficiente di ritiro, elevato coefficiente di ritenzione idrica.

Pertanto i terreni suddetti, implicano alle strutture in elevazione assestamenti e/o cedimenti in corso di esercizio che dovranno essere studiati più' in dettaglio nella fase che precede la progettazione esecutiva, mediante l'esecuzione delle seguenti investigazioni:

- Sondaggi geognostici a carotaggio continuo (almeno uno in prossimità di ogni installazione);
- Prove di laboratorio geotecnico:
 - Prove di classificazione (limiti di consistenza, peso specifico dei granuli, granulometria)
 - Prove per la determinazione delle caratteristiche meccaniche (resistenza al taglio, compressibilità e consolidazione);
- Profili sismici a rifrazione
- Prove SPT nei singoli fori di sondaggio a varie profondità (in numero di almeno n.3 per sondaggio), al fine di avere una scala di variabilità delle caratteristiche portanti dei vari orizzonti stratigrafici;
- Sismica down-hole per la determinazione delle velocità sismiche V_{S30} ;
- Prove di carico su pali di fondazione (almeno uno in fase preliminare alla realizzazione delle palificate).

Dott. Geol. Giuseppe MASILLO

ALLEGATI: PROVE MASW

INDAGINE SISMICA MASW *TORRE V162 – WTG1*

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

h_i spessore dell' i -esimo strato;

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

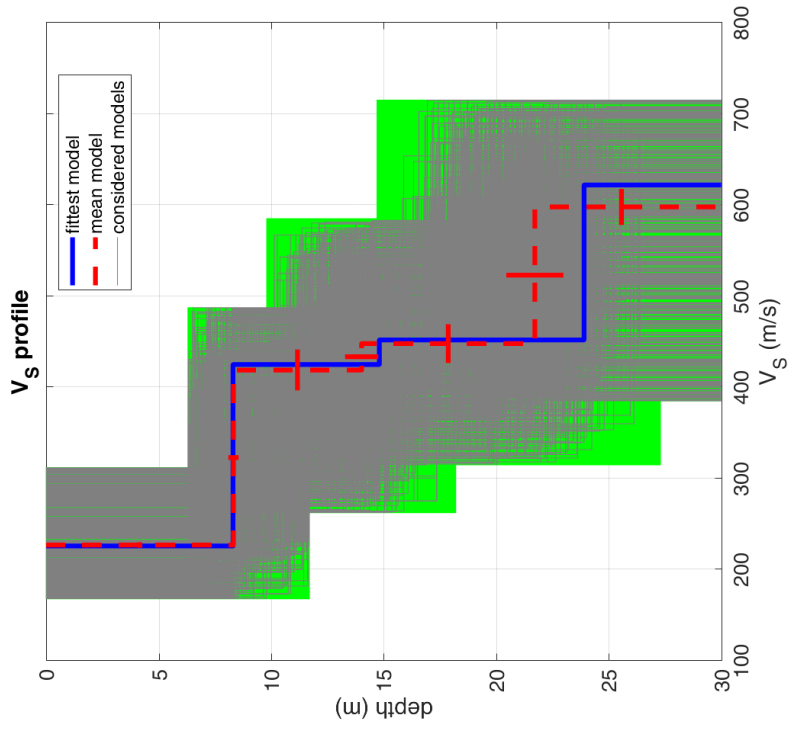
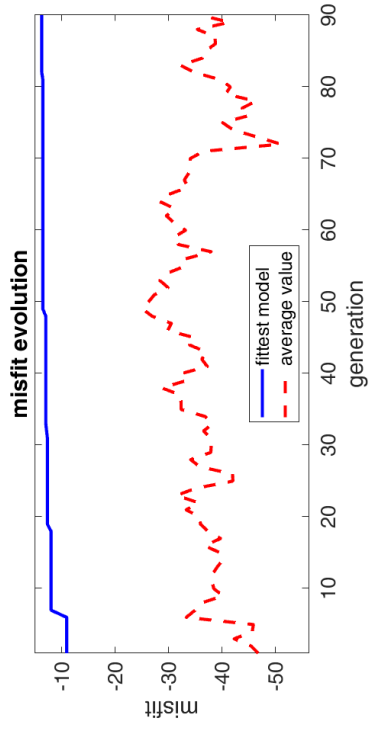
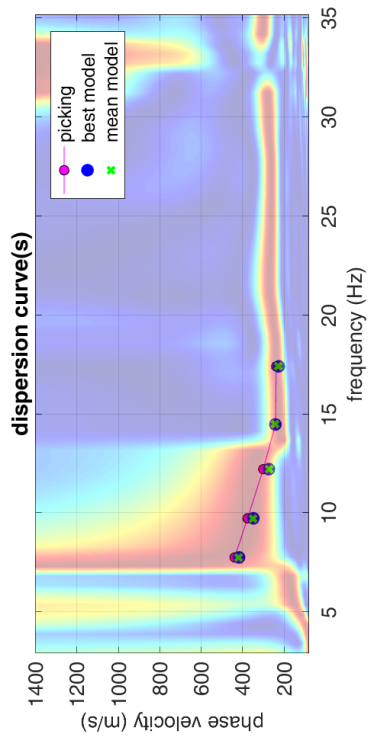
N numero di strati;

H profondità del substrato (per depositi con $H > 30\text{m}$ $V_{s,eq} = V_{s,30}$)

Non è stato individuato un substrato sismico a profondità $< 30.0\text{m}$, $V_{s,eq} = V_{s,30}$

$V_{s,eq} = V_{s,30} = 369 \text{ m/s}$

Categoria di sottosuolo: **B**



dispersion curve: WTG1.cdp
 V_{s30} & V_{sE} (best model): 366 366 m/s
 V_{s30} & V_{sE} (mean model): 369 369 m/s



Esecuzione Masw WTG1

INDAGINE SISMICA MASW *TORRE V162 – WTG2*

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

h_i spessore dell' i -esimo strato;

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

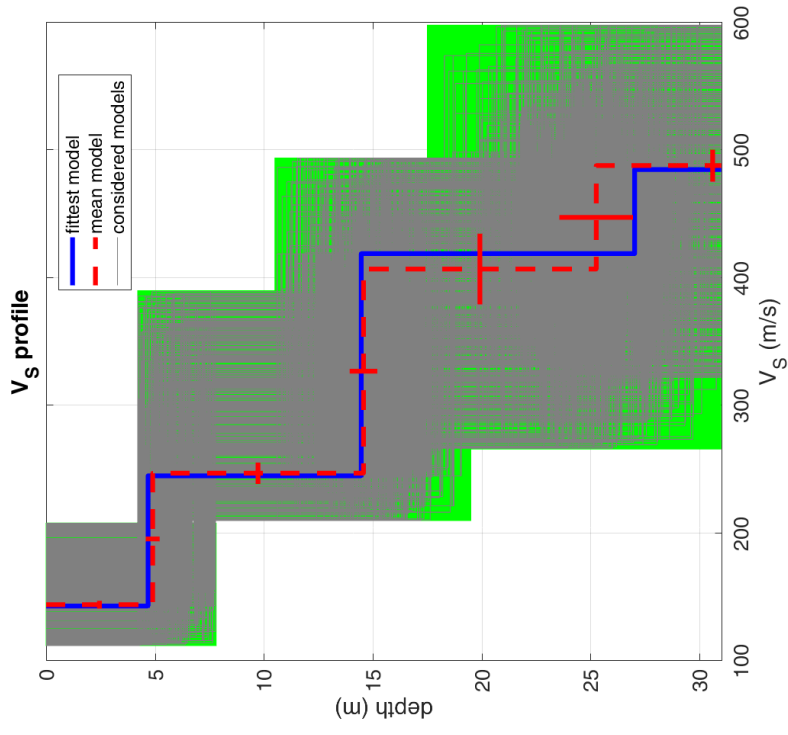
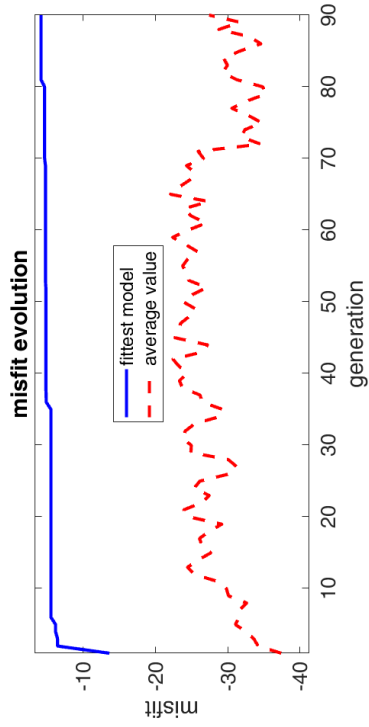
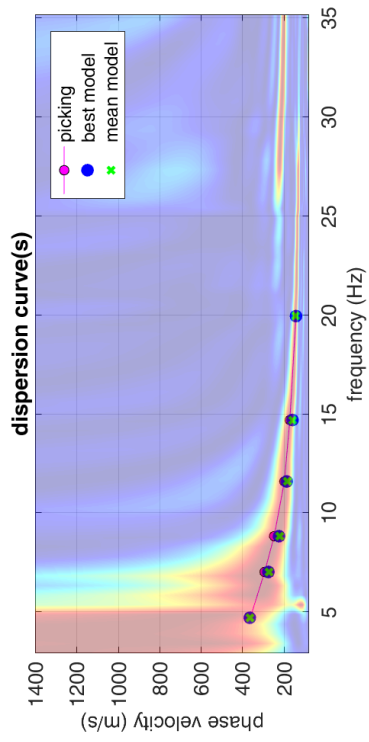
N numero di strati;

H profondità del substrato (per depositi con $H > 30\text{m}$ $V_{S,eq} = V_{S,30}$)

Non è stato individuato un substrato sismico a profondità $< 30.0\text{m}$, $V_{seq} = V_{s30}$

$V_{seq} = V_{s30} = 275 \text{ m/s}$

Categoria di sottosuolo: **C**



dispersion curve: WTG2.cdp
 V_{s30} & V_{sE} (best model): 276 276 m/s
 V_{s30} & V_{sE} (mean model): 275 275 m/s



Esecuzione Masw WTG2

INDAGINE SISMICA MASW *TORRE V162 – WTG3*

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

h_i spessore dell' i -esimo strato;

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

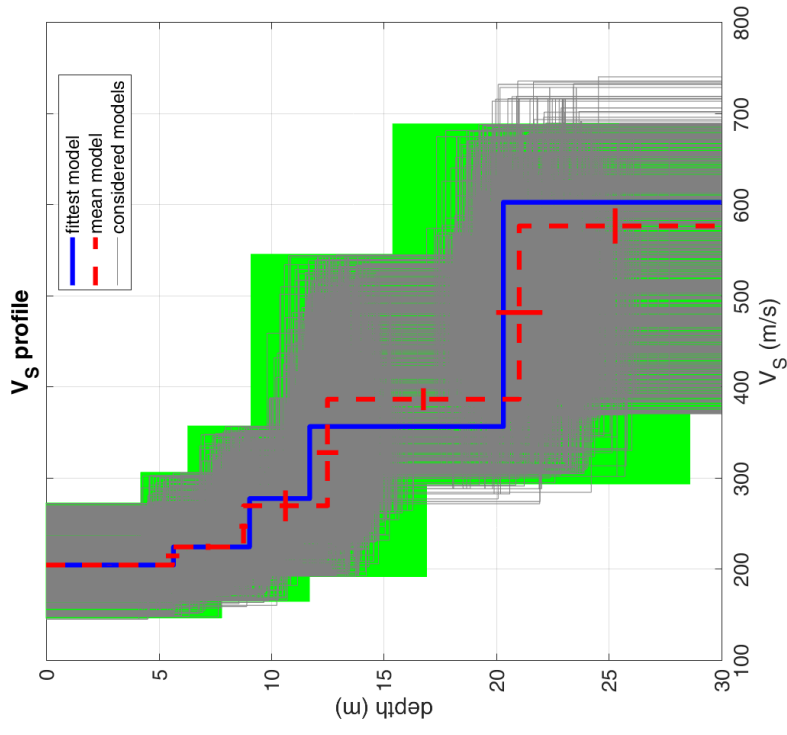
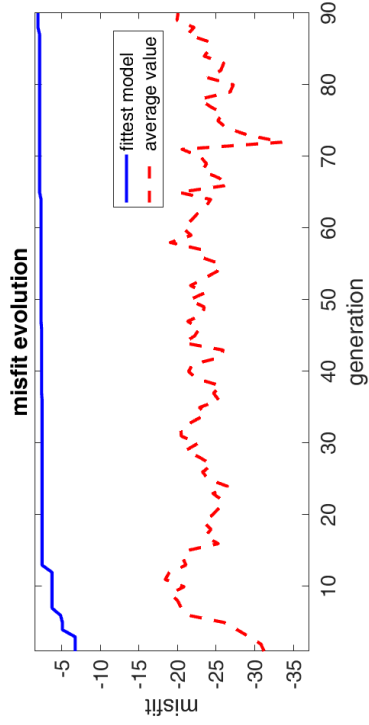
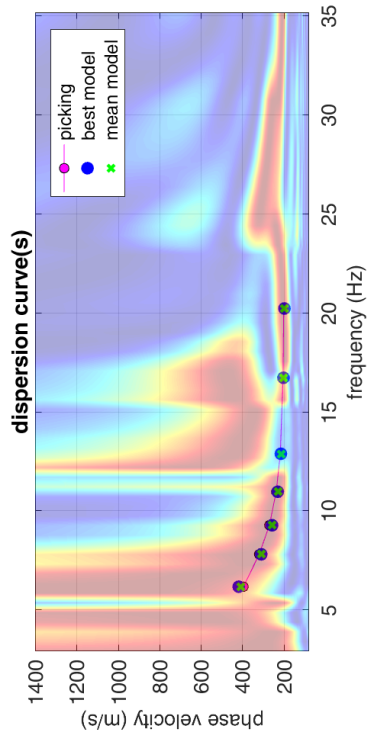
N numero di strati;

H profondità del substrato (per depositi con $H > 30\text{m}$ $V_{s,eq} = V_{s,30}$)

Non è stato individuato un substrato sismico a profondità $< 30.0\text{m}$, $V_{s,eq} = V_{s,30}$

$V_{s,eq} = V_{s,30} = 323 \text{ m/s}$

Categoria di sottosuolo: **C**



dispersion curve: WTG3.cdp
 V_{s30} & V_{sE} (best model): 325 325 m/s
 V_{s30} & V_{sE} (mean model): 323 323 m/s



Esecuzione Masw WTG3

INDAGINE SISMICA MASW TORRE V162 – WTG4

$$V_{Seq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

h_i spessore dell' i -esimo strato;

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

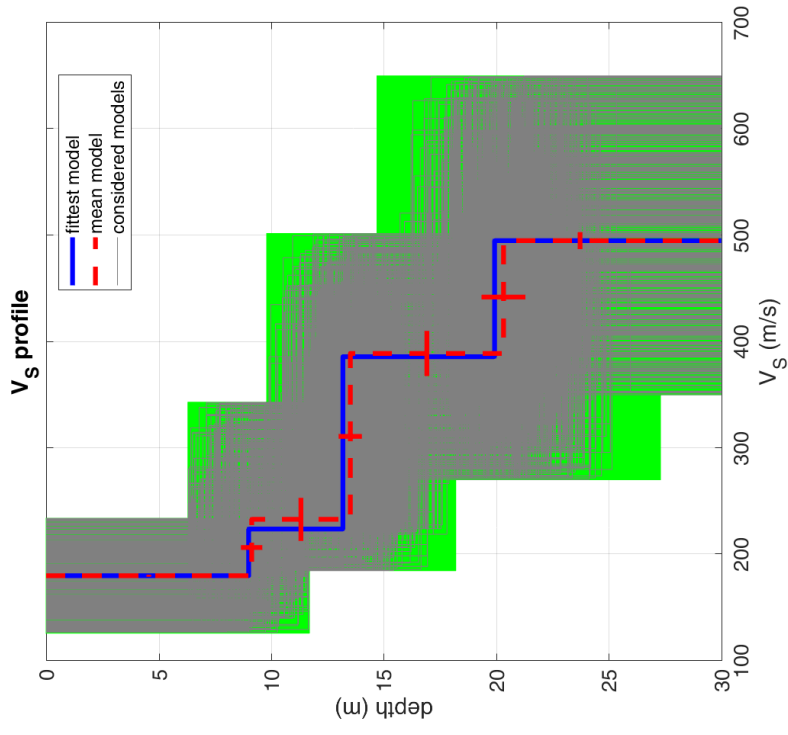
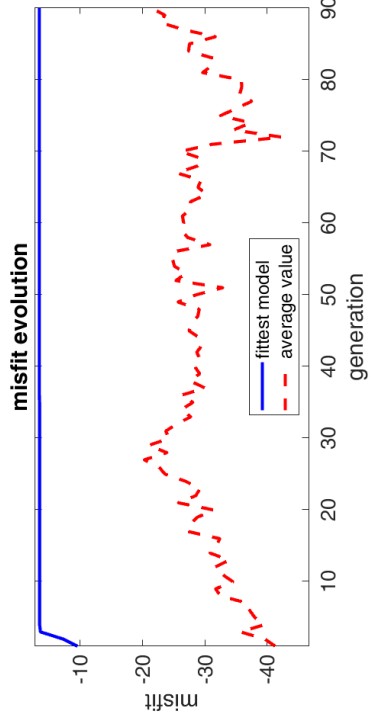
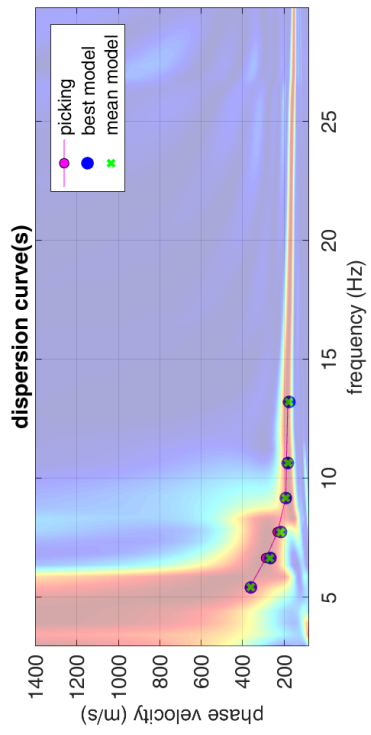
N numero di strati;

H profondità del substrato (per depositi con $H > 30\text{m}$ $V_{S,eq} = V_{S,30}$)

Non è stato individuato un substrato sismico a profondità $< 30.0\text{m}$, $V_{seq} = V_{s30}$

$V_{seq} = V_{s30} = 281 \text{ m/s}$

Categoria di sottosuolo: **C**



dispersion curve: WTG4.cdp
 V_{s30} & V_{sE} (best model): 282 282 m/s
 V_{s30} & V_{sE} (mean model): 281 281 m/s



Esecuzione Masw WTG4

INDAGINE SISMICA MASW *TORRE V162 – WTG5*

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

h_i spessore dell' i -esimo strato;

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

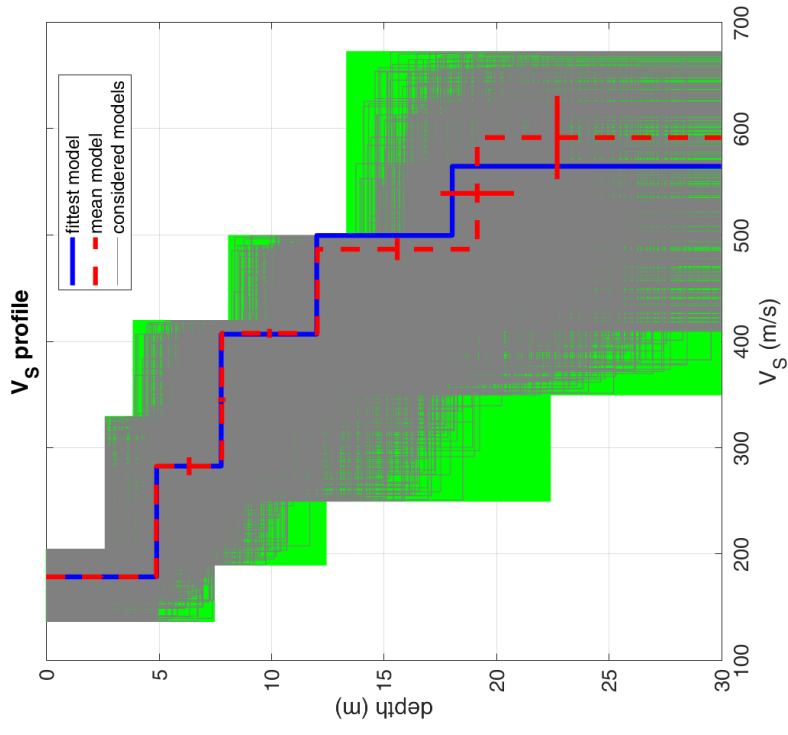
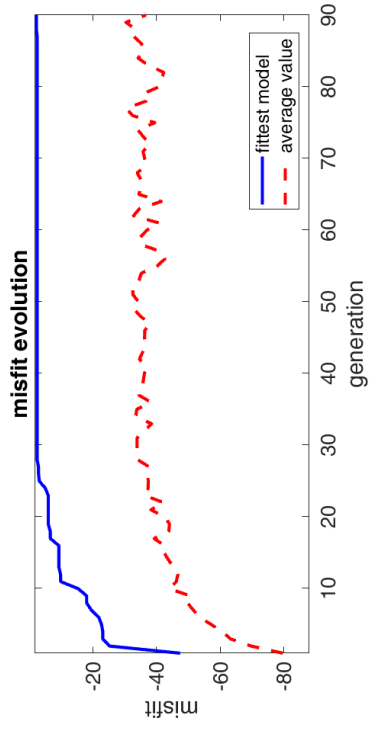
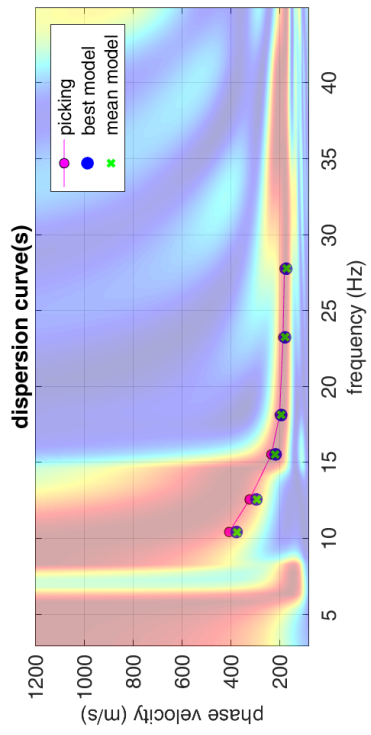
N numero di strati;

H profondità del substrato (per depositi con $H > 30\text{m}$ $V_{s,eq} = V_{s,30}$)

Non è stato individuato un substrato sismico a profondità $< 30.0\text{m}$, $V_{s,eq} = V_{s,30}$

$V_{s,eq} = V_{s,30} = 371 \text{ m/s}$

Categoria di sottosuolo: **B**



dispersion curve: WTG5.cdp
 V_{s30} & V_{sE} (best model): 369 369 m/s
 V_{s30} & V_{sE} (mean model): 371 371 m/s



Esecuzione Masw WTG5

INDAGINE SISMICA MASW *TORRE V162 – WTG6*

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

h_i spessore dell' i -esimo strato;

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

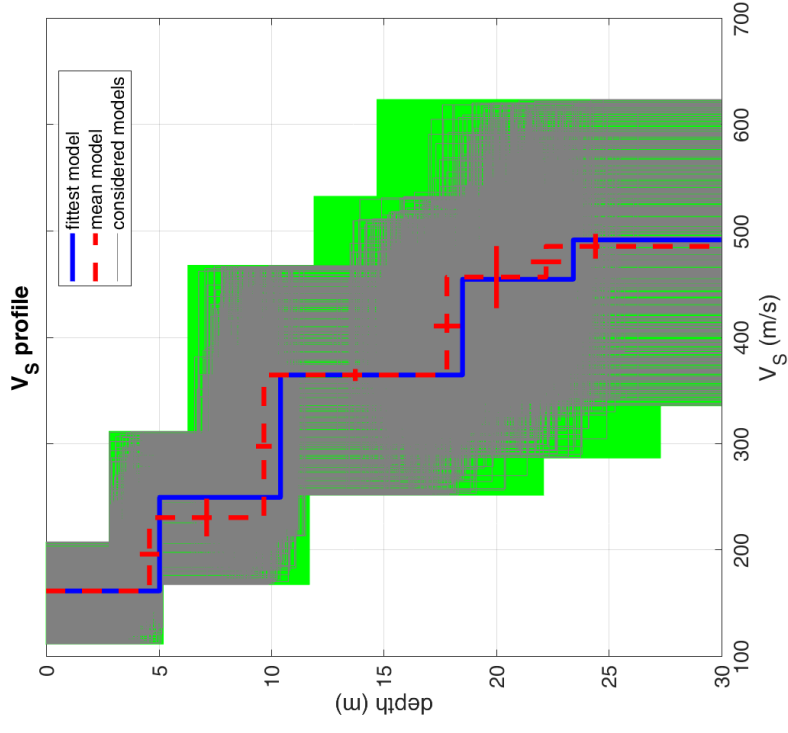
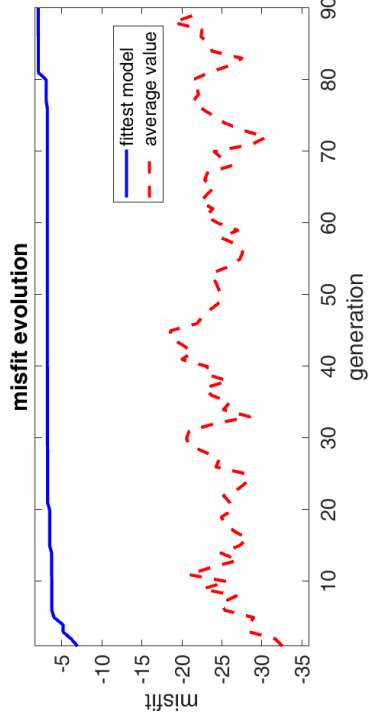
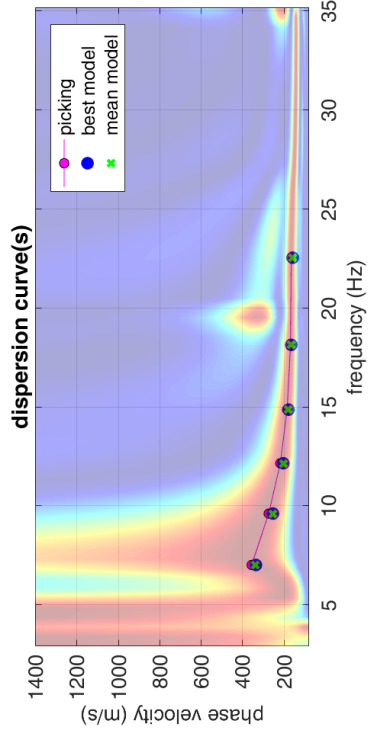
N numero di strati;

H profondità del substrato (per depositi con $H > 30\text{m}$ $V_{S,eq} = V_{S,30}$)

Non è stato individuato un substrato sismico a profondità $< 30.0\text{m}$, $V_{seq} = V_{s30}$

$V_{seq} = V_{s30} = 305 \text{ m/s}$

Categoria di sottosuolo: **C**



dispersion curve: WTG6.cdp
 V_{s30} & V_{sE} (best model): 303 303 m/s
 V_{s30} & V_{sE} (mean model): 305 305 m/s



Esecuzione Masw WTG6

INDAGINE SISMICA MASW *TORRE V162 – WTG7*

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

h_i spessore dell' i -esimo strato;

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

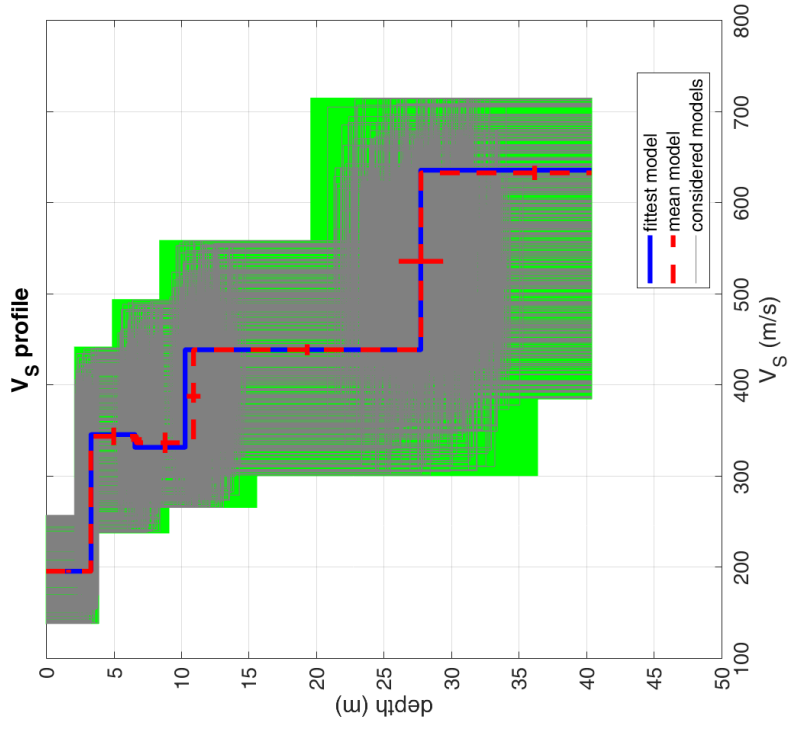
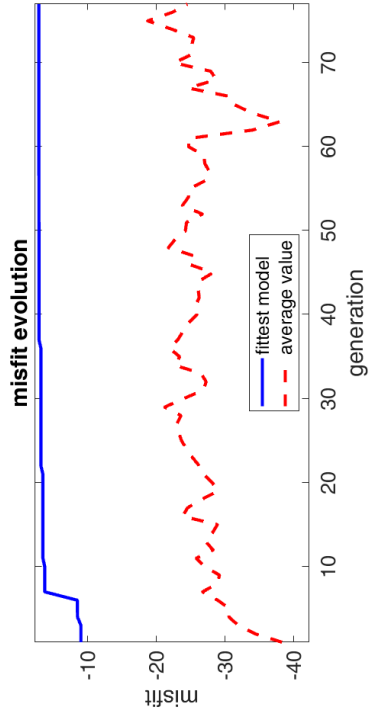
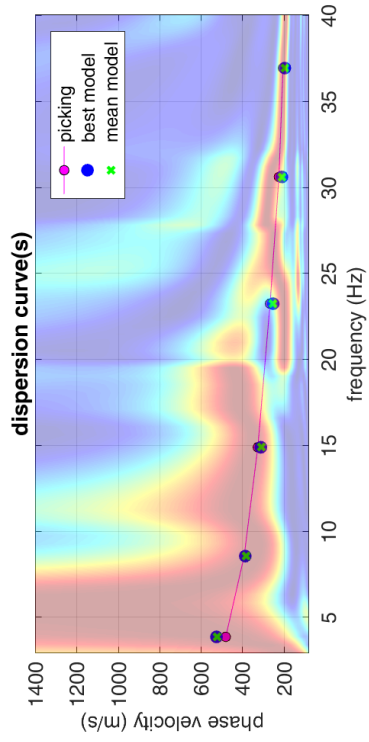
N numero di strati;

H profondità del substrato (per depositi con $H > 30\text{m}$ $V_{S,eq} = V_{S,30}$)

Non è stato individuato un substrato sismico a profondità $< 30.0\text{m}$, $V_{seq} = V_{s30}$

$V_{seq} = V_{s30} = 370 \text{ m/s}$

Categoria di sottosuolo: **B**



dispersion curve: WTG7.cdp
 V_{s30} & V_{sE} (best model): 371 371 m/s
 V_{s30} & V_{sE} (mean model): 370 370 m/s



Esecuzione Masw WTG7

INDAGINE SISMICA MASW *TORRE V162 – WTG8*

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

h_i spessore dell' i -esimo strato;

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

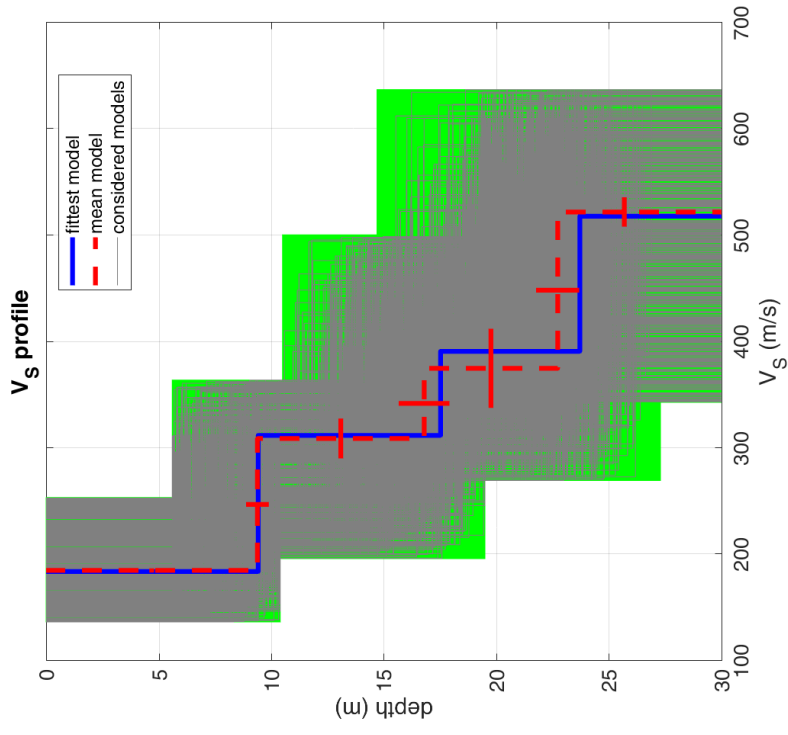
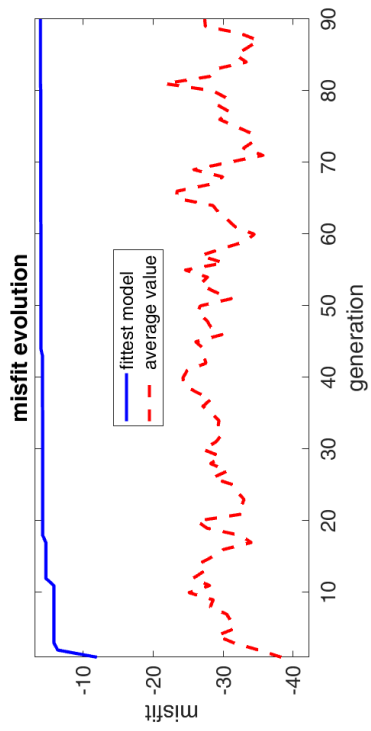
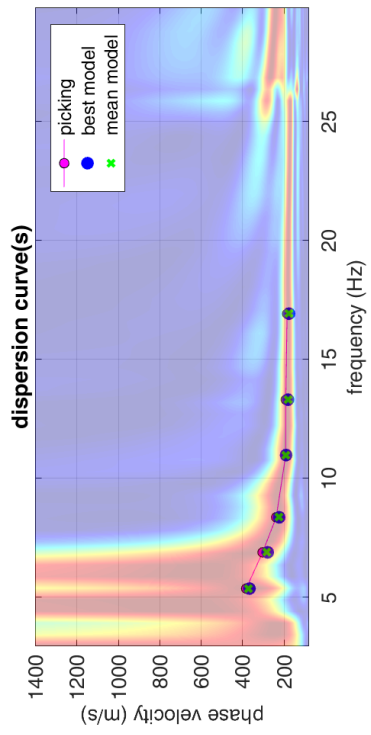
N numero di strati;

H profondità del substrato (per depositi con $H > 30\text{m}$ $V_{s,eq} = V_{s,30}$)

Non è stato individuato un substrato sismico a profondità $< 30.0\text{m}$, $V_{s,eq} = V_{s,30}$

$V_{s,eq} = V_{s,30} = 287 \text{ m/s}$

Categoria di sottosuolo: **C**



dispersion curve: WTG8.cdp
 V_{s30} & V_{sE} (best model): 285 285 m/s
 V_{s30} & V_{sE} (mean model): 287 287 m/s



Esecuzione Masw WTG8

INDAGINE SISMICA MASW TORRE V162 – WTG9

$$V_{Seq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

h_i spessore dell' i -esimo strato;

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

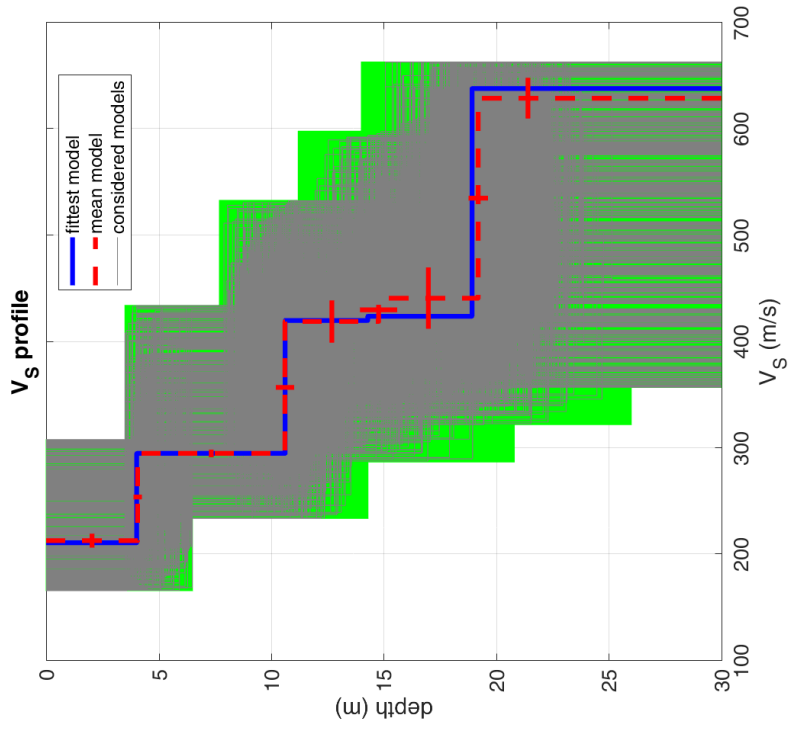
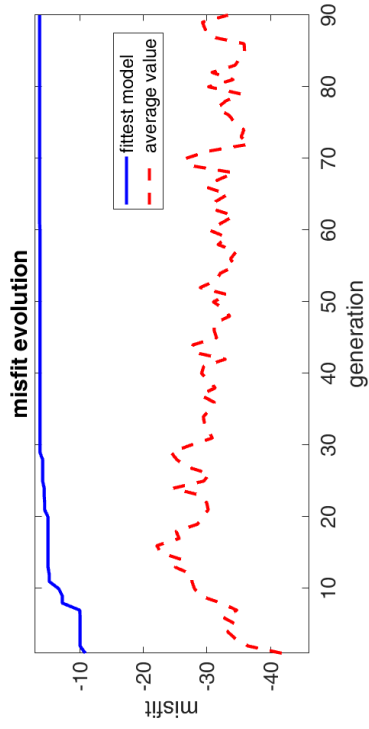
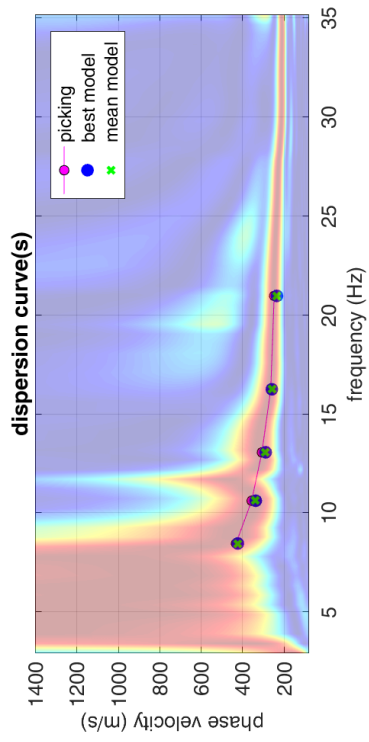
N numero di strati;

H profondità del substrato (per depositi con $H > 30\text{m}$ $V_{S,eq} = V_{S,30}$)

Non è stato individuato un substrato sismico a profondità $< 30.0\text{m}$, $V_{seq} = V_{s30}$

$V_{seq} = V_{s30} = 383 \text{ m/s}$

Categoria di sottosuolo: **B**



dispersion curve: WTG9.cdp
 V_{s30} & V_{sE} (best model): 382 382 m/s
 V_{s30} & V_{sE} (mean model): 383 383 m/s



Esecuzione Masw WTG9

INDAGINE SISMICA MASW *TORRE V162 – WTG10*

$$V_{seq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

h_i spessore dell' i -esimo strato;

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

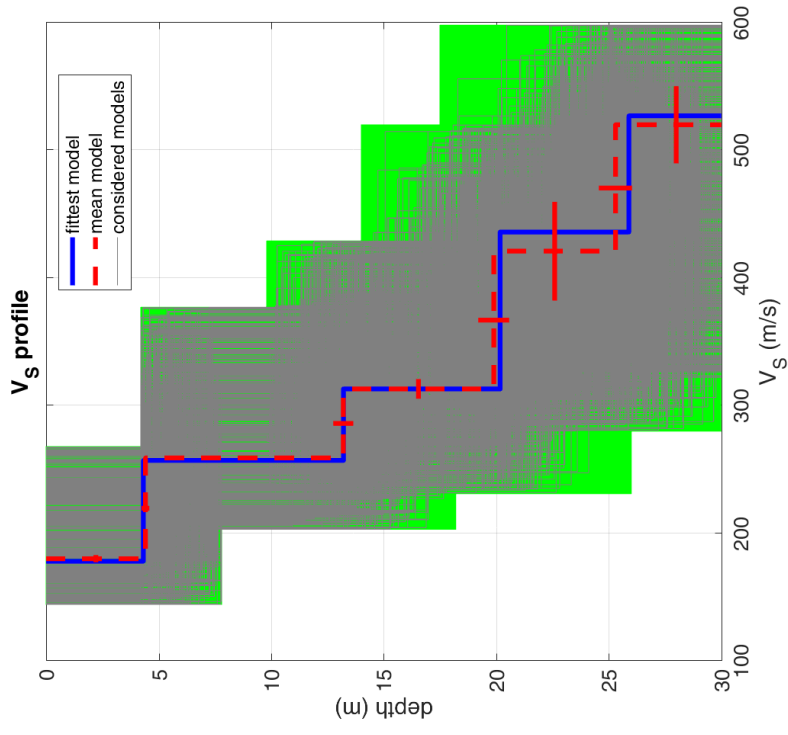
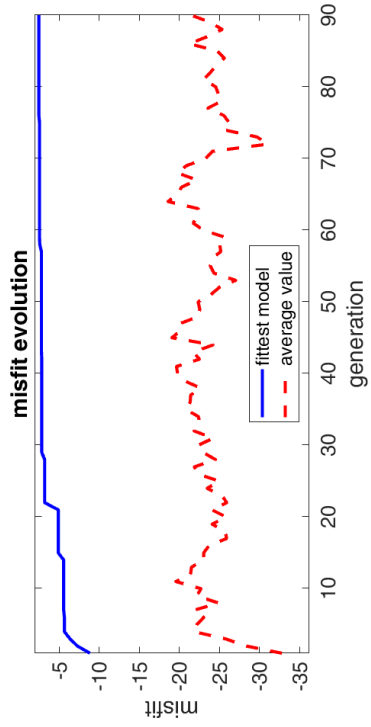
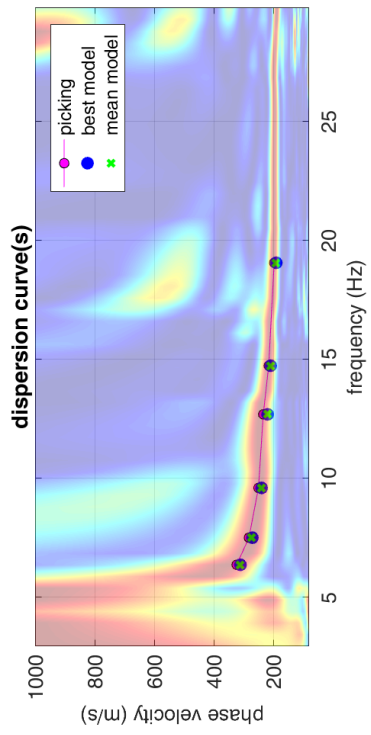
N numero di strati;

H profondità del substrato (per depositi con $H > 30\text{m}$ $V_{s,eq} = V_{s,30}$)

Non è stato individuato un substrato sismico a profondità $< 30.0\text{m}$, $V_{seq} = V_{s30}$

$V_{seq} = V_{s30} = 295 \text{ m/s}$

Categoria di sottosuolo: **C**



dispersion curve: WTG10.cdp
 V_{s30} & V_{sE} (best model): 294 294 m/s
 V_{s30} & V_{sE} (mean model): 295 295 m/s



Esecuzione Masw WTG10

INDAGINE SISMICA MASW *TORRE V162 – WTG11*

$$V_{seq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

h_i spessore dell' i -esimo strato;

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

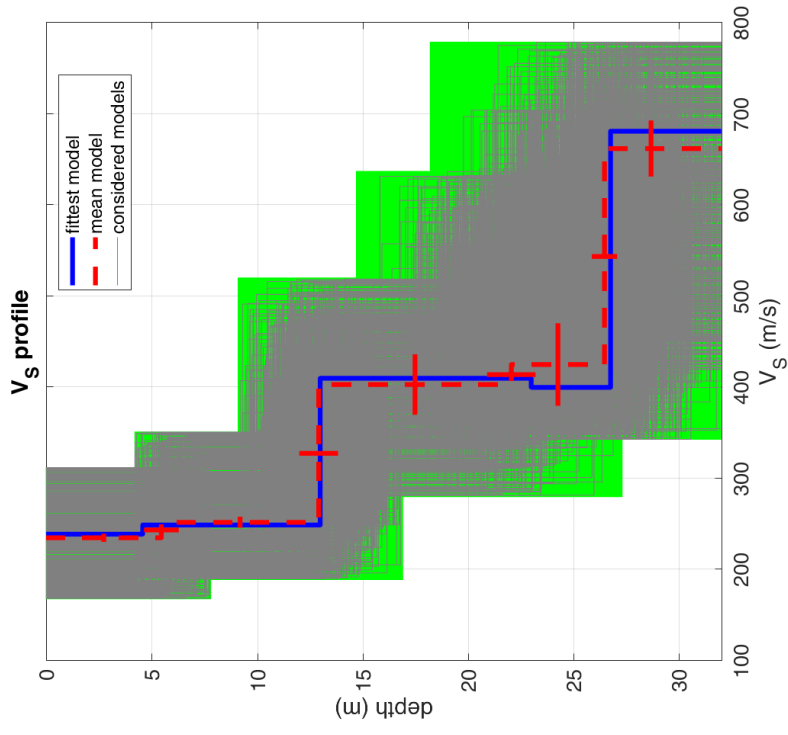
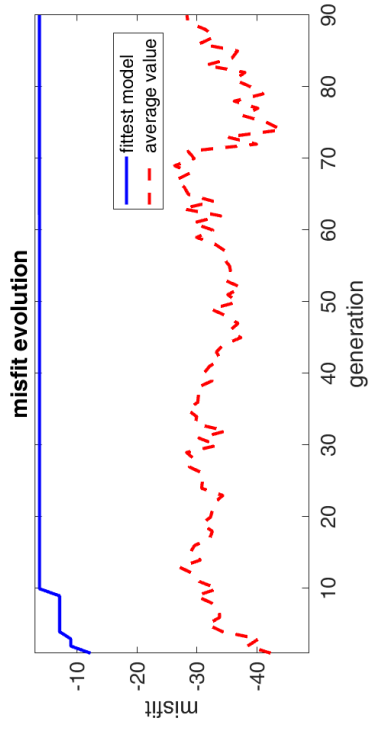
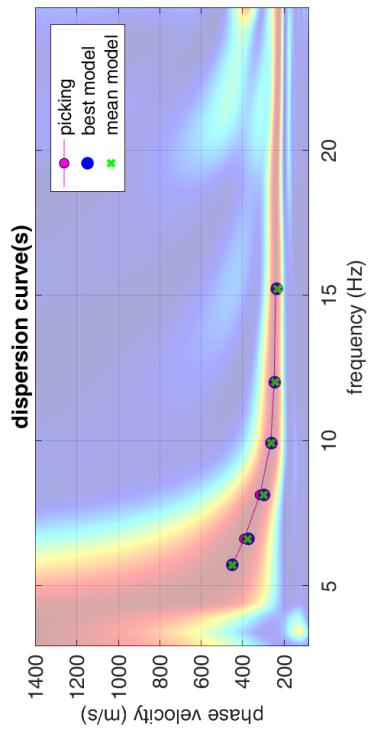
N numero di strati;

H profondità del substrato (per depositi con $H > 30\text{m}$ $V_{s,eq} = V_{s,30}$)

Non è stato individuato un substrato sismico a profondità $< 30.0\text{m}$, $V_{seq} = V_{s30}$

$V_{seq} = V_{s30} = 329 \text{ m/s}$

Categoria di sottosuolo: **C**



dispersion curve: WTG11.cdp
 V_{s30} & V_{sE} (best model): 328 328 m/s
 V_{s30} & V_{sE} (mean model): 329 329 m/s



Esecuzione Masw WTG11