

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE EOLICA  
POTENZA NOMINALE 34,5 MW

REGIONE PUGLIA  
PROVINCIA di BRINDISI  
COMUNE di BRINDISI  
Località: Santa Teresa, Specchione, Pozzella, Scarpito

PROGETTO DEFINITIVO  
Id AU 8G4G710

Tav.:

Titolo:

R21

RELAZIONE GEOLOGICA

Scala:

Formato Stampa:

Codice Identificatore Elaborato

n.a.

A4-A3

8G4G710\_RelazioneGeologica\_21

Progettazione:

Committente:

STC S.r.l.



Via V. M. STAMPACCHIA, 48 - 73100 Lecce  
Tel. +39 0832 1798355  
studiodicalcarella@gmail.com - fabio.calcarella@gmail.com

Direttore Tecnico: Dott. Ing. Fabio CALCARELLA

Dott. Geol. Marcello de Donatis  
P.zza della Libertà, 11 - 73049 Ruffano (LE)  
Tel. 0833/692992  
geoprovesas@libero.it



TOZZIgreen

Via Brigata Ebraica, 50 - 48123 Mezzano (RA)  
Tel. +39 0544 525311 - Fax +39 0544 525319  
pec: tozzi.re@legalmail.it - www.tozziholding.com

Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
31 luglio 2017	Prima emissione	MdD	FC	TOZZI GREEN S.p.a.

## INDICE

PREMESSA.....	2
INDIVIDUAZIONE DEL SITO .....	4
CARATTERI GEOLOGICI .....	5
CARATTERI IDROGEOLOGICI ED IDROLOGICI .....	9
Falda superficiale.....	9
Falda profonda.....	10
CARTA IDROGEOMORFOLOGICA DELLA REGIONE PUGLIA.....	15
COMPATIBILITÀ CON IL PAI .....	17
COMPATIBILITÀ CON IL PPTR .....	18
COMPATIBILITÀ CON IL PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE .....	22
INDAGINE GEOGNOSTICA .....	24
Sismica a rifrazione .....	24
Sismica con metodologia ReMi (Refraction Microtremor) .....	27
CONCLUSIONI .....	35

## **PREMESSA**

Su incarico dell'Ing. Fabio Calcarella il sottoscritto, nel mese di luglio 2017, ha eseguito uno studio geo-idro-morfologico di superficie, finalizzato alla verifica della compatibilità del progetto di realizzazione di un Parco Eolico costituito da n. 10 Aerogeneratori in territorio Comunale di Bridisi, con gli strumenti di pianificazione territoriale, quali la Carta Idrogeomorfologica, il PAI, il PPTR di recente approvazione ed il Piano Tutela delle Acque, e delle indagini geognostiche preliminari al fine di caratterizzare l'area da un punto di vista sismico e di fornire dei parametri geotecnici, in via preliminare, utili ai fini del calcolo della capacità portante.

In fase di progettazione definitiva ed esecutiva, come richiesto dal D.M. 14.01.2008, saranno poi eseguite delle indagini puntuali, in corrispondenza di ciascun aerogeneratore.

Ciò che in primo luogo si analizza in questo studio sono le relazioni tra l'area interessata dal progetto e gli atti di pianificazione e programmazione territoriale e settoriale esistenti, seguono delle indagini geognostiche finalizzate alla caratterizzazione meccanica del terreno ed all'individuazione della categoria sismica del suolo di fondazione.

Per verificare la compatibilità tra il progetto e gli strumenti di pianificazione territoriale, dopo aver eseguito un rilievo geo-morfologico di dettaglio per la verifica di emergenze morfologiche, di particolare interesse paesaggistico, sono state consultate le seguenti cartografie:

- Carta Idrogeomorfologica redatta dall'AdB Puglia su commissione

della Regione;

- Piano di Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino della Puglia;
- Piano Territoriale Paesaggistico Territoriale;
- Piano di Tutela delle Acque;

Lo studio è stato poi corredato da indagini in situ consistite in profili sismici a rifrazione ed indagini sismiche passive eseguite sullo stesso stendimento.



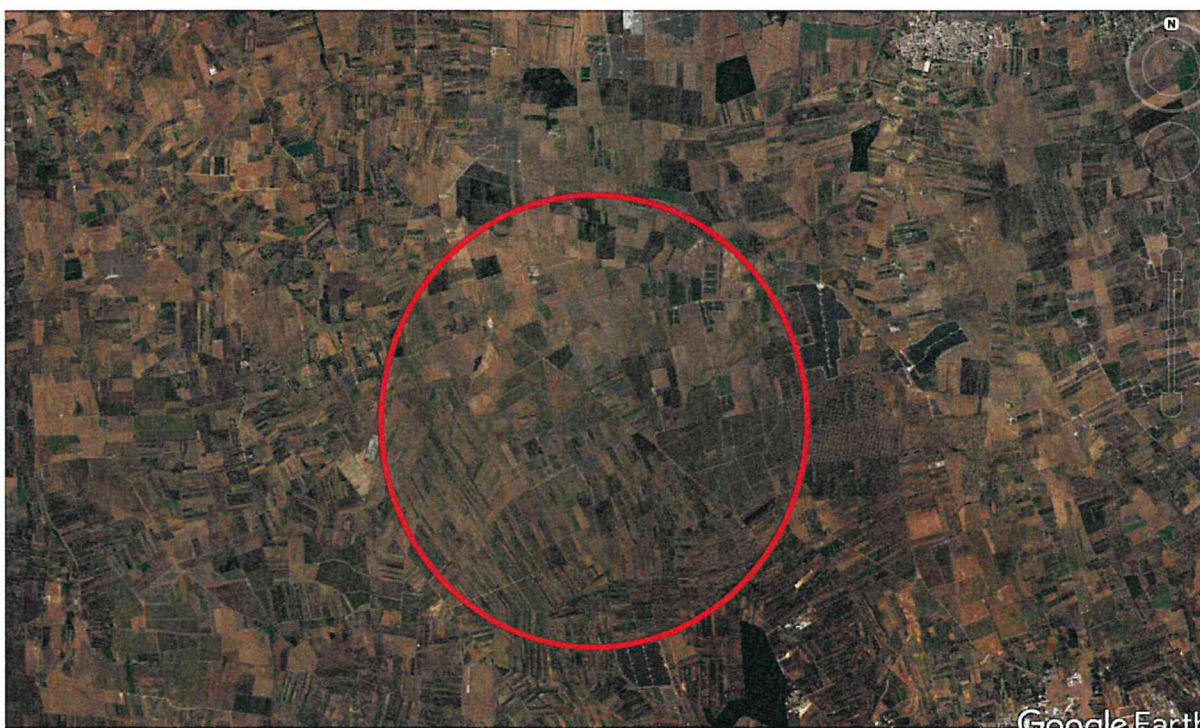
## INDIVIDUAZIONE DEL SITO

L'area indagata è ubicata nel territorio comunale di Brindisi a circa 2.5 km a sudovest dell'abitato di Tutturano.

La quota topografica è di circa 73-60 metri s.l.m., degradando verso nordest.

Considerando una posizione centrale all'impianto, l'area di indagine è individuata dalle seguenti coordinate geografiche:

- Latitudine : 40° 30' 34'' N
- Longitudine : 17° 55' 04'' E



*Area di indagine, immagine da Google Earth ®*

## **CARATTERI GEOLOGICI**

L'area oggetto di studio ricade nel foglio 203 Tavoletta Brindisi della Carta Geologica d'Italia e presenta una morfologia tabulare.

La ricostruzione del quadro geologico e litologico dell'area è stata effettuata attraverso un rilievo geologico di dettaglio e lo studio delle foto aeree.

Il paesaggio fisico dell'area è costituito da una depressione alluvionale tabulare posta ad una quota topografica di variabile da 73 a 60 metri s.l.m.; tettonicamente è collocata all'interno di un esteso graben.

Da un punto di vista morfologico ciò che domina l'area vasta è uno sviluppato reticolo di corsi d'acqua che tuttavia sono distanti dalle aree interessate dall'installazione degli aerogeneratori.

La morfologia si presenta tuttavia pianeggiante.

L'attuale configurazione geologica è frutto della tettonica distensiva che ha interessato il basamento calcareo durante il Terziario e che ha dato vita ad una serie di depressioni in cui si sono deposte in trasgressione le sequenze sedimentarie pleistoceniche.

Il rilievo geologico ha evidenziato la presenza delle seguenti formazioni dal basso verso l'alto:

- Calcari di Altamura (Cretaceo);
- Calcareni di Gravina (Pleistocene inf.);
- Sabbie (Pleistocene sup.)





# CORSI D'ACQUA

scala 1:30000

5  
O aerogeneratore

— corso d'acqua

recapito bacino endoreico

ripa di erosione



### ***Calcari di Altamura (Cretaceo)***

I Calcari non sono affioranti nell'area indagata, ma costituiscono l'ossatura dell'intera penisola salentina. Presentano una stratificazione variabile, con strati di circa 20-30 cm di spessore che a luoghi possono raggiungere spessori fino ad oltre un metro.

Tale formazione è interessata da una fratturazione sub-verticale, con diaclasi e leptoclasì che, avendo un andamento normale ai piani di strato talvolta rendono la roccia brecciata e scomponibile in solidi di forma geometrica che conferiscono alla formazione suddetta un generale permeabilità in grande.

Sono presenti inoltre, strutture fisico-meccaniche secondarie dovute all'azione del carsismo, con fratture e saccature riempite di materiale residuale (Terra Rossa).

Litologicamente si tratta di calcari e calcari dolomitici di colore avana, compatti e tenaci, in strati e banchi, talora riccamente fossiliferi, cui si alternano livelli dolomitici di colore grigio o nocciola.

L'origine è biochimica per i calcari e secondaria per le dolomie.

In base ai dati forniti dall'AGIP, in seguito alla perforazione petrolifera eseguita vicino Ugento, indicano uno spessore massimo di 640 metri. Alla base di tale formazione si rinvencono le "Dolomie di Galatina". Il passaggio fra le due formazioni avviene con molta gradualità, infatti con l'aumentare della profondità aumenta la percentuale di dolomia, fino a diventare prevalente nelle Dolomie di Galatina.

Per quanto riguarda il suo ambiente deposizionale, esso è di mare poco profondo e più esattamente di piattaforma continentale. Inoltre, data la presenza di spessori abbastanza potenti, appare chiaro che l'ambiente di

sedimentazione ha potuto mantenersi pressoché immutato nel tempo per effetto di una costante subsidenza.

### ***Calcareniti di Gravina (Pleistocene inf.)***

Questo litotipo si rinviene in profondità e affiora nelle immediate vicinanze dell'area di studio.

Questa formazione presenta caratteristiche litologiche, sedimentologiche e stratigrafiche simili alle Calcareniti di Gravina (Ba), alle quali è assimilabile e da cui prende il nome.

Litologicamente si tratta di una calcarenite più o meno compatta, grigio chiara, cui si associano sabbioni calcarei (bianchi e giallastri) talora parzialmente cementati.

Il contenuto di carbonato di calcio è in genere elevato ed oscilla tra il 97-98%.

Per quanto riguarda la stratificazione è spesso indistinta e quando essa appare si hanno strati poco potenti, da qualche centimetro ad oltre un metro.

Il passaggio di essa verso le formazioni sottostanti avviene per trasgressione, lo testimoniano le brecce e i conglomerati che troviamo alla base di essa.

### ***Sabbie (Pleistocene sup.)***

Nell'area in esame si rinvengono dei depositi sabbiosi di natura calcareo-micacea.



Il deposito sabbioso in questione, si correla abbastanza bene dal punto di vista stratigrafico e litologico con le formazioni sabbiose del Ciclo plio-pleistocenico su menzionato.

Così come le argille grigio-azzurre calabriane, anche tale deposito sabbioso risulta variamente costituito e potente da luogo a luogo delle zone di affioramento, andando dall'area ofantina a quella premurgiana e a quella salentina.

Nell'area in oggetto, l'articolazione e frammentazione dei bacini di sedimentazione, ha prodotto la differente costituzione litologica, con riferimento alla presenza e alla frequenza di livelli arenacei, limosi e/o argillosi, calcarenitici, nell'ambito dei depositi sabbiosi.

Per quanto riguarda specificatamente l'area rilevata, tale deposito è costituito da sabbie sciolte intercalato a livelli ben cementati.

Il colore è giallo-paglierino, la grana prevalentemente fine ed uniforme.

Il letto della formazione sabbiosa, è costituito dalle Calcareniti di Gravina.

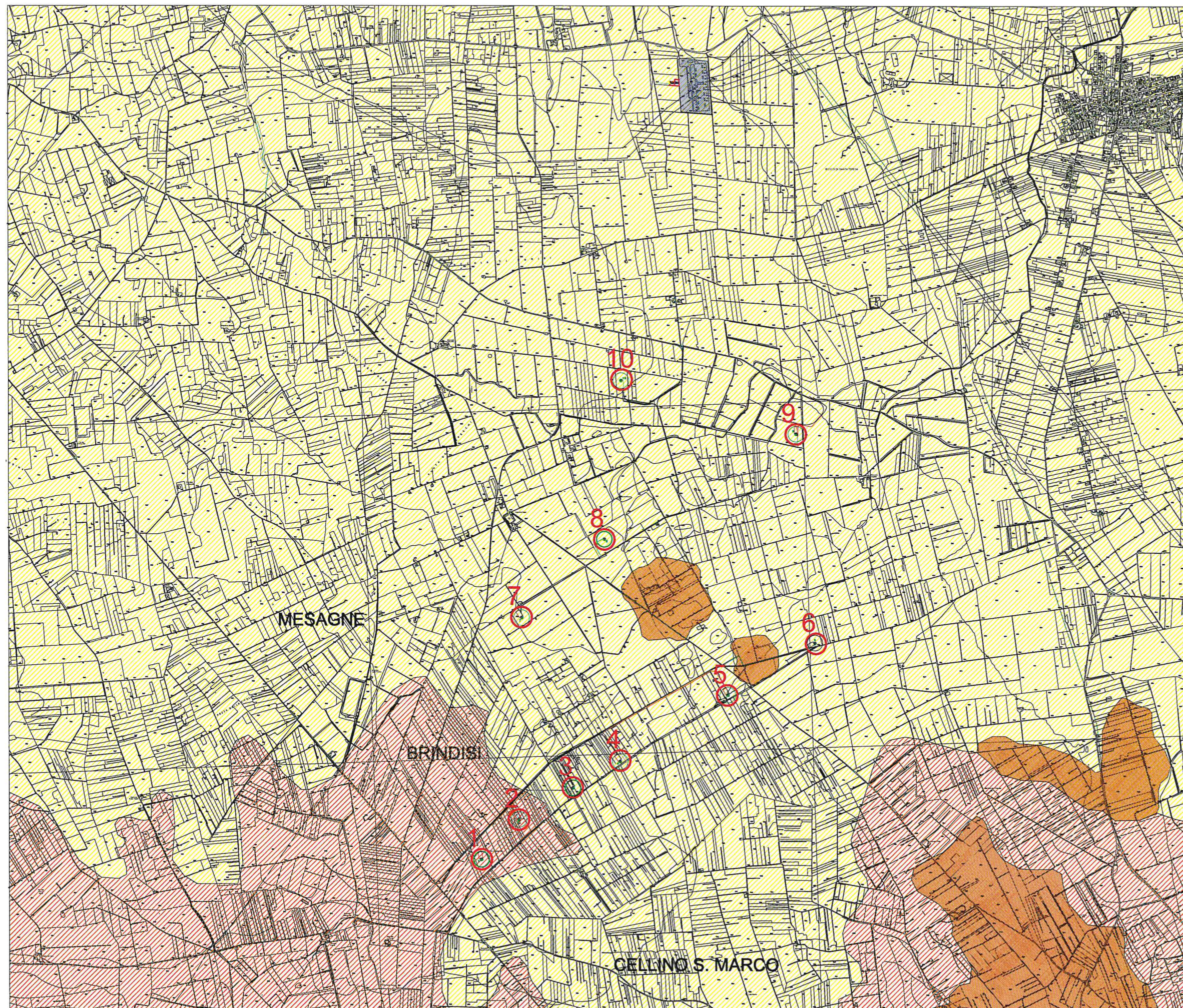
Dal punto di vista paleontologico, le sabbie sono caratterizzate dalla presenza di Pecten, Xenofora, Pcnodonte, tra i macrofossili, e da Hyalinaea Balthica, Globorotalia inflata, Rotalia beccari.

La fauna sfortunatamente non è molto indicativa cronologicamente, pertanto in base a considerazioni litostratigrafiche e ad analogie con le altre successioni plio-pleistoceniche, le sabbie vengono attribuite debitivamente al Calabriano.



# CARTA GEOLOGICA


scala 1:30000



10  
○ aerogeneratore

 FORMAZIONE DI GALLIPOLI

Sabbie argillose giallastre, talora debolmente cementate in strati di qualche cm di spessore. (Calabriano)

 SABBIE PLEISTOCENICHE

Sabbie calcaree con intercalati banchi di panchina appartenenti a livelli delle Calcareniti del Salento (Pleistocene)



## CARATTERI IDROGEOLOGICI ED IDROLOGICI

Il territorio oggetto di indagine è caratterizzato da un'idrografia superficiale assai poco sviluppata a causa della natura prevalentemente calcarenitica dei terreni.

I deflussi superficiali si sviluppano lungo solchi erosivi e canalette irrigue presenti solo in periodi particolarmente piovosi, caratterizzati da precipitazioni abbondanti, e laddove c'è un minimo di copertura vegetale.

La natura morfologica dell'area impone uno scorrimento preferenziale delle acque meteoriche, qualora esse non fossero assorbite, che è verso ovest, verso la costa.

Per quanto attiene l'idrogeologia i dati raccolti durante i sopralluoghi e le conoscenze di carattere idrogeologico acquisite nel corso di indagini effettuate in aree vicine, hanno consentito di definire i caratteri di permeabilità delle diverse unità idrogeologiche ed il ruolo da esse svolto nella circolazione idrica sotterranea.

Nell'ambito delle acque sotterranee dell'area in esame è stata individuata una falda profonda contenuta nei calcari-dolomitici del Cretaceo, ed una falda superficiale, contenuta nei terreni permeabili e precisamente nelle sabbie post-calabriane.

### ***Falda superficiale***

La falda superficiale, contenuta nei depositi post-calabriani è sostenuta alla base dalle argille calabriane; essa è presente ad una profondità variabile da luogo a luogo, dipendendo dalla presenza di livelli argillosi a letto; ha caratteri idrogeologici piuttosto semplici e costanti nelle linee generali.

La morfologia della superficie piezometrica, ricavabile dall'andamento delle curve isopieze, permette di definire tale falda superficiale, come una falda radiale a filetti divergenti, con direzioni verso ovest.

Ciò è deducibile dall'andamento delle curve isopieze che, pur essendo sinuose e con curvatura più o meno accentuata, presentano in generale una concavità rivolta verso monte.

Le quote delle isopieze aumentano da ovest verso est.

Inoltre, dal confronto della carta piezometrica con quella topografica si può notare come le isopieze ricalcano in generale la configurazione dell'area.

### ***Falda profonda***

Si tratta di un acquifero profondo sostenuto alla base dalle acque marine di intrusione continentale ed è delimitato al tetto da una superficie irregolare coincidente con il livello marino.

I carichi idraulici risultano bassi (1.0 metri s.l.m.) con valori più alti nell'entroterra del territorio, modeste risultano anche le cadenti piezometriche (intorno a 0.5‰).

Le isopieze (curve di uguale altezza piezometrica) mostrano un andamento all'incirca parallelo alla costa e individuano una direzione del deflusso delle acque sotterranee prevalentemente verso nord e nordovest, ossia in direzione del mare che rappresenta anche il livello di base della falda. A parte situazioni locali di anisotropia legate alle difformi condizioni di fratturazione dell'ammasso calcarenitico, l'acquifero presenta nel suo insieme una permeabilità mediamente alta come dimostrano i bassi valori dei carichi idraulici e della cadente piezometrica.

La portata specifica è data dal rapporto tra Q (portata del pozzo) e  $\Delta H$  (depressione dinamica corrispondente) e rappresenta la quantità di acqua dolce che può essere estratta per ogni metro di depressione. Le portate specifiche, desunte dalle prove di portata eseguite nei pozzi di alcuni privati, hanno fatto registrare valori bassi (l/sec\*m), con un elevato contenuto di sali.

Lo spessore dell'acquifero dipende dal carico idraulico e dalla densità delle acque di falda e di quelle del mare, sulle quali le prime galleggiano per minore densità. L'equilibrio tra le acque di falda e le acque di mare, trascurando il deflusso delle stesse, è dato dalla legge di Ghyben-Herzberg:

$$H_i(\rho_m - \rho_f) = H_p \rho_f$$

dove:

$H_i$  = *profondità dell'interfaccia acqua dolce-acqua salata dal livello del mare;*

$\rho_m$  = *densità dell'acqua di mare (1.028);*

$\rho_f$  = *densità dell'acqua dolce di falda (1.0028);*

$H_p$  = *altezza del livello di falda sul livello del mare.*

si ha quindi che:

$$H_i \cong 40 H_p.$$

Ne consegue che nell'area in esame il passaggio dalle acque di falda a quelle marine (interfaccia) avviene intorno a 25-30 metri sotto l'orizzonte marino.

In realtà l'interfaccia è costituita da una vera e propria zona di transizione (o diffusione) in cui i tenori di salinità aumentano rapidamente



da 5 a 38 g/l in un intervallo rappresentato da circa 1/5 dell'intero spessore dell'acquifero. I primi 4/5 dell'acquifero sono anch'essi caratterizzati da una stratificazione salina delle acque, in cui quelle poste sino ad una profondità pari ad  $H_p * 26$  sotto il livello del mare presentano in genere una concentrazione salina compresa tra 0.5 e 3.0 g/l. Spessori di acqua dolce di falda e di acqua marina di intrusione continentale sono stati riscontrati in tutti i sondaggi elettrici verticali eseguiti (vedi allegati).

L'equilibrio idrostatico fra acqua dolce di falda/acqua di mare sopra menzionato viene continuamente alterato da un eccessivo emungimento e pertanto eventuali pozzi che si andrebbero a realizzare dovrebbero essere opportunamente dimensionati attraverso delle prove di portata con la misurazione in continuo della salinità.

Infatti, considerato il delicato equilibrio acqua dolce/acqua salata, un sovrasfruttamento di tali pozzi provocherebbe forti depressioni della superficie piezometrica e quindi una risalita verso l'alto dell'interfaccia, con conseguente contaminazione delle acque dolci di falda; d'altra parte i pozzi emungenti realizzati non a regola d'arte e senza una precisa conoscenza del quadro idrogeologico dell'area, possono portare ad un dimensionamento errato sia per ciò che riguarda le profondità da raggiungere che per le portate da prelevare.

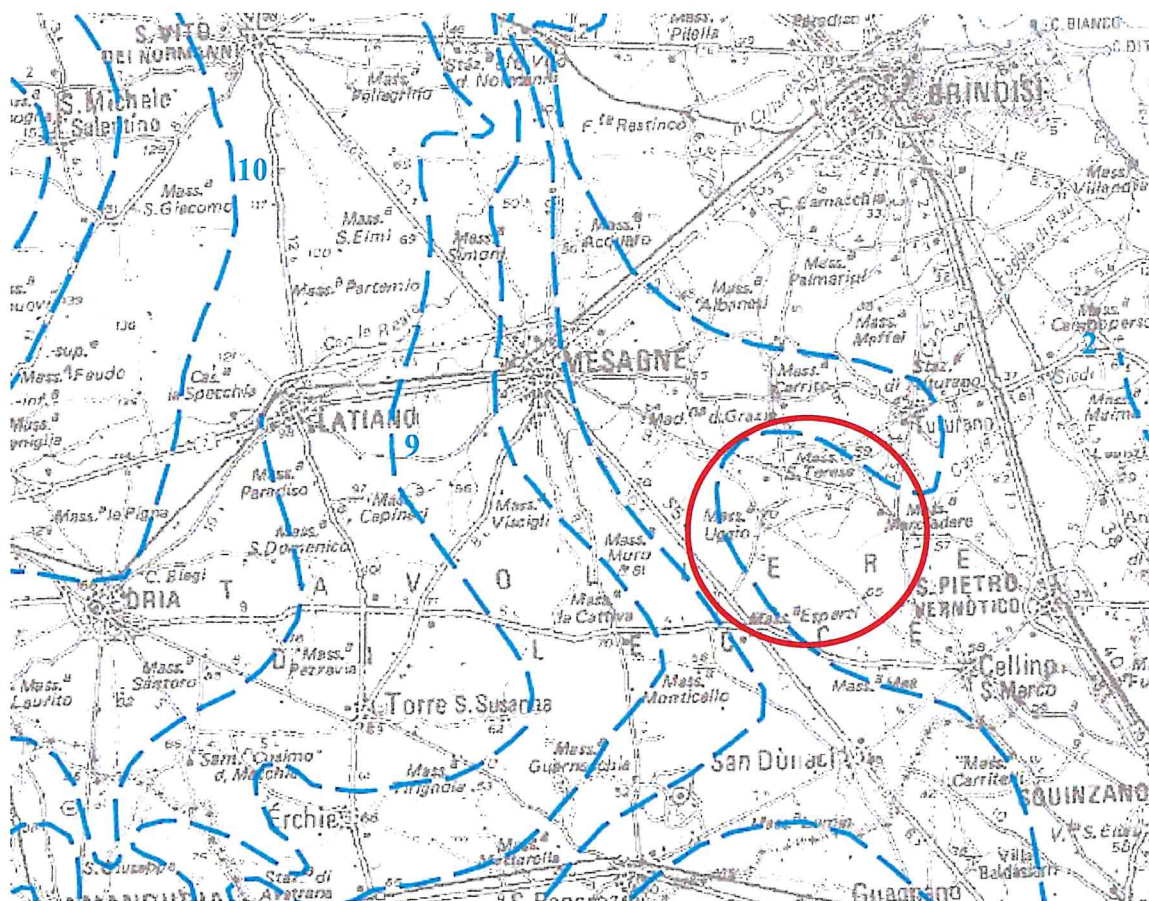
La velocità di filtrazione delle acque di falda, estremamente variabile (2-10 cm/giorno), è legata al diverso grado di fratturazione e carsificazione dell'acquifero; inoltre essa aumenta con la profondità, raggiungendo i valori massimi al tetto della zona di transizione.

Da quanto sopra si evince come la falda di base presenti delle potenzialità notevoli in termini di utilizzo, ma al tempo stesso anche

problemi derivanti dal delicato equilibrio acqua dolce/acqua salata messo in serio pericolo da uno sfruttamento massiccio e indiscriminato della risorsa. Solo un'attenta ed oculata opera di monitoraggio ed un uso razionale dei prelievi, compatibili con quelle che sono le potenzialità dell'acquifero e le aliquote di ravvenamento, possono salvaguardare il nostro patrimonio idrico sotterraneo dal continuo depauperamento e dalla progressiva contaminazione salina.

Dalle misurazioni freaticometriche e salinometriche è risultato che il territorio in esame presenta un gradiente idraulico variabile da 0.1-0.2 m, mentre i valori di salinità sono risultati estremamente elevati.

Per quanto riguarda le oscillazioni della superficie piezometrica, queste sono da porsi in relazione con gli apporti meteorici, con la pressione atmosferica, con le variazioni periodiche e aperiodiche del livello del mare e con gli emungimenti che, se intensi o indiscriminati, portano al depauperamento della falda e a profonde anomalie nel contenuto salino delle acque, con danni irreversibili all'acquifero dolce.



Piano di tutela delle acque – Regione Puglia  
Tav.6.2 “Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi carsici della Murgia e del Salento”



## **CARTA IDROGEOMORFOLOGICA DELLA REGIONE PUGLIA**

La Giunta Regionale della Puglia, con delibera n. 1792 del 2007, ha affidato all'Autorità di Bacino della Puglia il compito di redigere una nuova Carta Idrogeomorfologica del territorio pugliese, quale parte integrante del quadro conoscitivo del nuovo Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR), adeguato al Decreto Legislativo 42/2004. La nuova Carta Idrogeomorfologica della Puglia, in scala 1:25.000, ha come principale obiettivo quello di costituire un quadro di conoscenze, coerente e aggiornato, dei diversi elementi fisici che concorrono all'attuale configurazione del rilievo terrestre, con particolare riferimento a quelli relativi agli assetti morfologici ed idrografici dello stesso territorio, delineandone i caratteri morfografici e morfometrici ed interpretandone l'origine in funzione dei processi geomorfici, naturali o indotti dall'uomo.

La Carta Idrogeomorfologica intende costituire anche il punto di partenza per gli opportuni approfondimenti di dettaglio di carattere sia scientifico che applicativo ed è giustificata anche dalla specifica vulnerabilità geoambientale posseduta dal territorio pugliese.

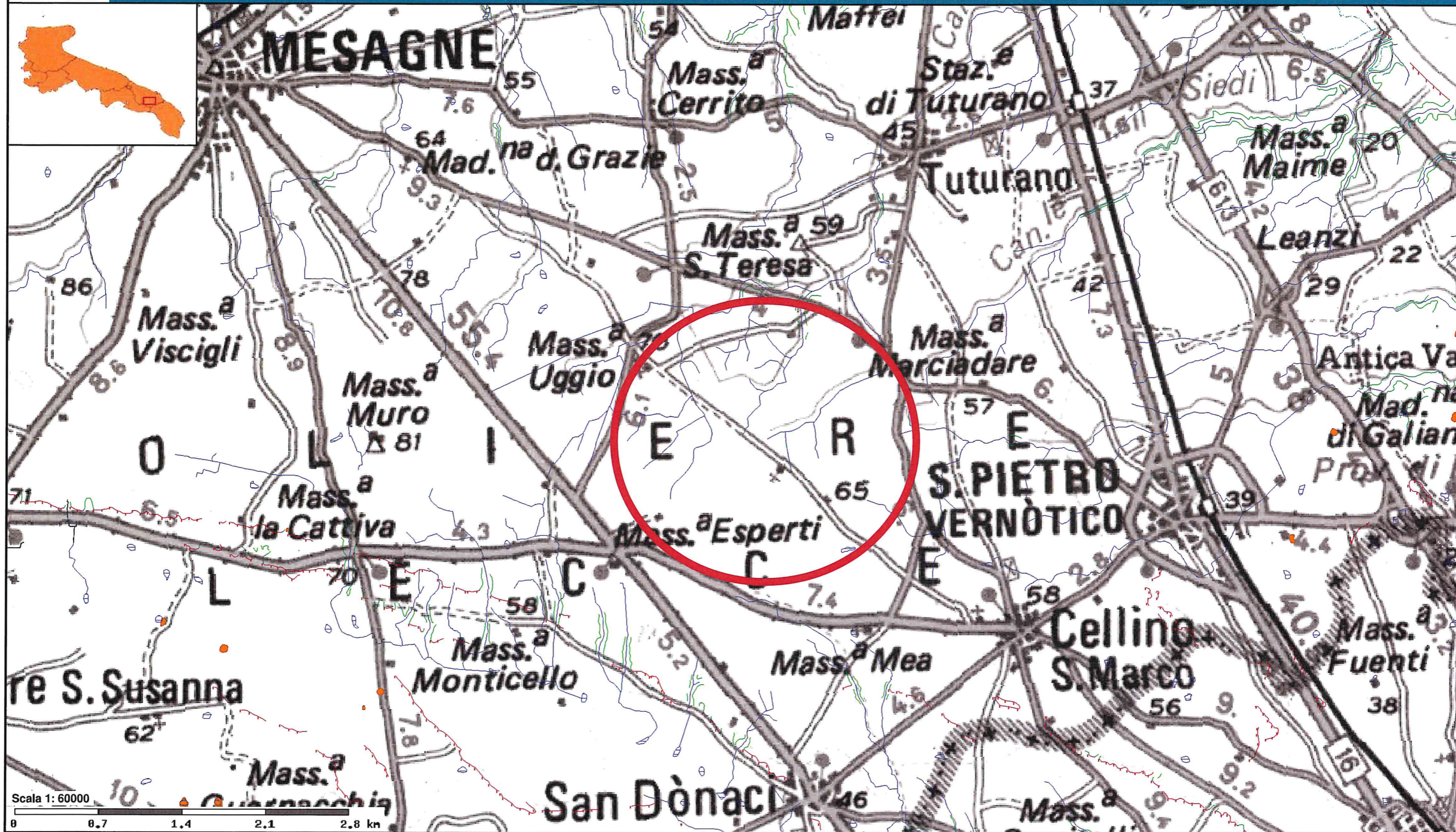
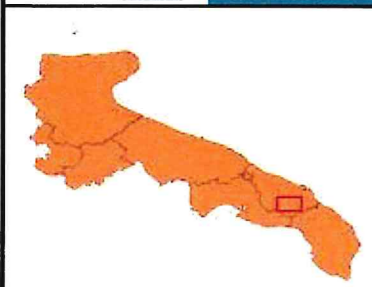
La redazione della Carta Idrogeomorfologica della Puglia ha seguito un percorso strettamente definito e cadenzato che ha previsto un approfondimento continuo e costante del quadro conoscitivo fisico del territorio, sulla base anche della nuova cartografia tecnica e delle immagini disponibili e di conseguenti elaborazioni e valutazioni.

Risulta quindi tale cartografia sicuramente più aggiornata e precisa rispetto alla serie n.10 geomorfologia del PUTT, che lo sostituisce,

considerata la scala di elaborazione del piano stesso, redatta sulla base del CTR.

Come si può osservare dallo stralcio della Carta Idrogeomorfologica allegato, nell'area oggetto sono censiti numerosi corsi d'acqua, alcuni più importanti, altri meno; tuttavia ogni aerogeneratore si trova ad una distanza di almeno 150 metri dai corsi d'acqua presenti.







Scala 1: 60000  
0 0.7 1.4 2.1 2.8 km


**Forme di versante**

Linee

-  Orlo di scarpata delimitante forme semispianate
-  Nicchia di distacco

 Cresta affilata


 Cresta smussata


 Asse di dislivvio

**Forme di modellamento di corso d'acqua**




**Cigli e ripe**

 Ciglio di sponda

 Ripa di erosione

**Forme ed elementi legati all'idrografia superficiale**

**Corsi di acqua**

 Corso d'acqua

 Corso d'acqua episodico

 Recapito finale di bacino endoreico


**Forme Carsiche**

 Doline

**Singolarità di Interesse Paesaggistico**

 Geositi

**Cartografia di base**

 Area interessata da parco eolico

## COMPATIBILITÀ CON IL PAI

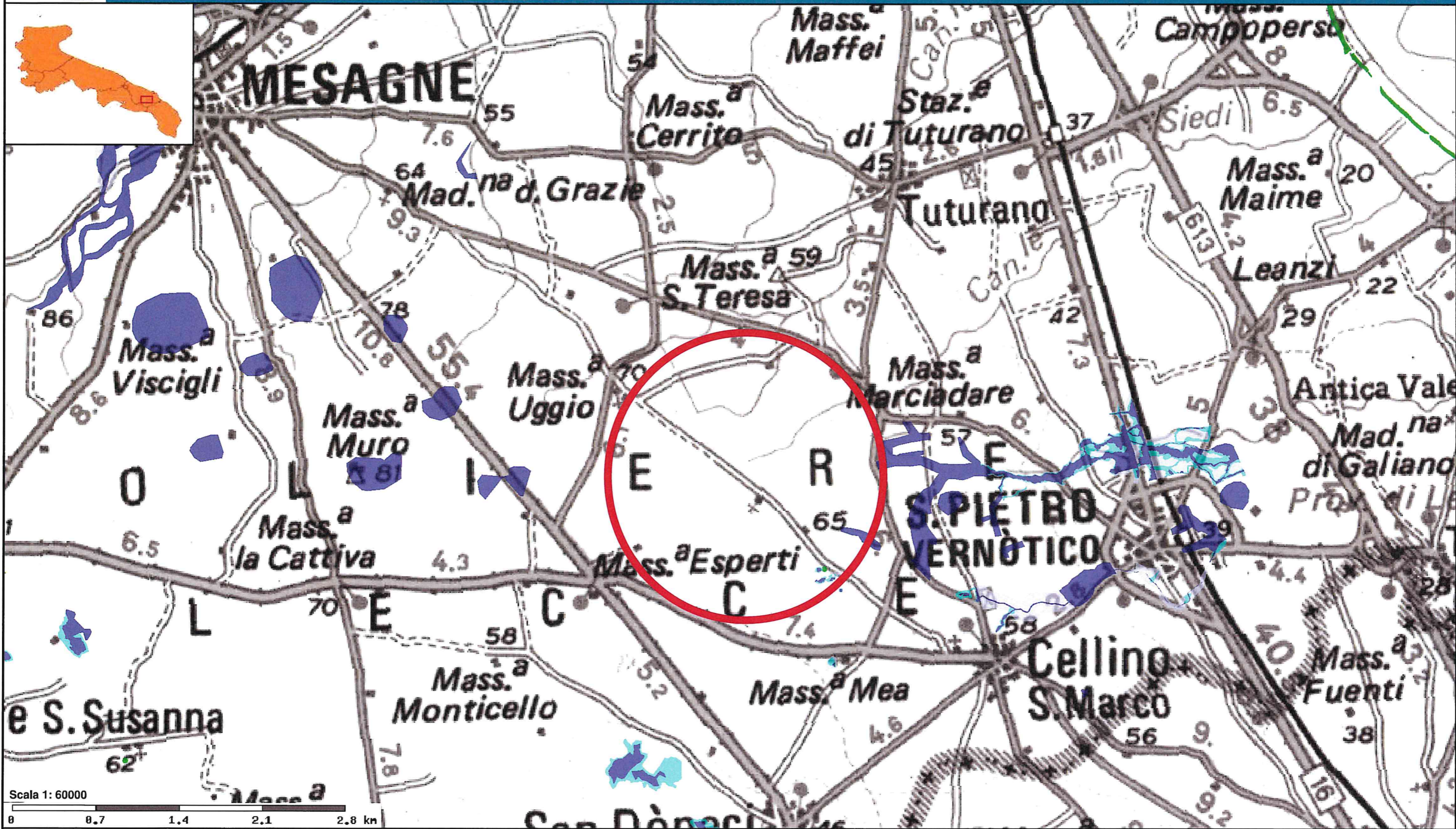
Il Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Puglia (PAI) è finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità geomorfologia necessario a ridurre gli attuali livelli di pericolosità e a consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso.

Il PAI ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia.

Alla luce della nuova normativa, l'area interessata dall'intervento ***non ricade in alcuna area a pericolosità idraulica*** (si rimanda alla cartografia allegata), ne scaturisce che il progetto di realizzazione di parco eolico è conforme al PAI.

Dalla stessa cartografia emerge inoltre che l'area interessata dall'intervento ***non risulta perimetrata a pericolosità geomorfologia*** (PG1, PG2, PG3).





**Pericolosità e Rischio**

**Peric. Geomorf.**

media e moderata (PG1)

elevata (PG2)

elevata (PG3)

**Peric. Idraulica**

bassa (BP)

media (MP)

alta (AP)

 Area interessata da parco eolico



## **COMPATIBILITÀ CON IL PPTR**

Con delibera n. 176 del 16 febbraio 2015, pubblicata sul BURP n. 40 del 23.03.2015, la Giunta Regionale ha approvato il Piano Paesaggistico Territoriale della Regione Puglia.

L'impostazione del PPTR risponde alla volontà di affrontare e superare i diversi limiti maturati nell'attuazione del PUTT/P.

Ai sensi dei principi stabiliti dalla Convenzione europea del paesaggio la pianificazione paesaggistica ha innanzitutto il compito di tutelare il paesaggio (non soltanto "il bel paesaggio") quale contesto di vita quotidiana delle popolazioni, e fondamento della loro identità; oltre alla tutela, deve tuttavia garantire la gestione attiva dei paesaggi, garantendo l'integrazione degli aspetti paesaggistici nelle diverse politiche territoriali e urbanistiche, ma anche in quelle settoriali.

Il Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR) persegue, quindi, la promozione e la realizzazione di uno sviluppo socioeconomico autosostenibile, con l'obiettivo di recupero degli aspetti e dei caratteri peculiari dell'identità sociale, culturale e ambientale, la tutela della biodiversità, la realizzazione di nuovi paesaggi integrati, coerenti e rispondenti a criteri di qualità e sostenibilità.

In particolare il PPTR analizza:



- a) la ricognizione del territorio regionale, mediante l'analisi delle sue caratteristiche paesaggistiche impresse dalla natura, dalla storia e dalle loro interrelazioni;
- b) la ricognizione degli immobili e delle aree dichiarati di notevole interesse pubblico ai sensi dell'articolo 136 del Codice, loro delimitazione e rappresentazione in scala idonea alla identificazione, nonché determinazione delle specifiche prescrizioni d'uso ai sensi dell'art. 138, comma 1, del Codice;
- c) la ricognizione delle aree tutelate per legge, di cui all'articolo 142, comma 1, del Codice, la loro delimitazione e rappresentazione in scala idonea alla identificazione, nonché determinazione di prescrizioni d'uso intese ad assicurare la conservazione dei caratteri distintivi di dette aree e, compatibilmente con essi, la valorizzazione;
- d) la individuazione degli ulteriori contesti paesaggistici, da ora in poi denominati ulteriori contesti, diversi da quelli indicati all'art. 134 del Codice, sottoposti a specifiche misure di salvaguardia e di utilizzazione;
- e) l'individuazione e delimitazione dei diversi ambiti di paesaggio, per ciascuno dei quali il PPTR detta specifiche normative d'uso ed attribuisce adeguati obiettivi di qualità;
- f) l'analisi delle dinamiche di trasformazione del territorio ai fini dell'individuazione dei fattori di rischio e degli elementi di vulnerabilità del paesaggio, nonché la comparazione con gli altri atti di programmazione, di pianificazione e di difesa del suolo;
- g) l'individuazione delle aree gravemente compromesse o degradate, perimetrale ai sensi dell'art. 93, nelle quali la realizzazione degli

interventi effettivamente volti al recupero e alla riqualificazione non richiede il rilascio dell'autorizzazione di cui all'articolo 146 del Codice;

- h) l'individuazione delle misure necessarie per il corretto inserimento, nel contesto paesaggistico, degli interventi di trasformazione del territorio, al fine di realizzare uno sviluppo sostenibile delle aree interessate;
- i) le linee-guida prioritarie per progetti di conservazione, recupero, riqualificazione, valorizzazione e gestione di aree regionali, indicandone gli strumenti di attuazione, comprese le misure incentivanti;
- l) le misure di coordinamento con gli strumenti di pianificazione territoriale e di settore, nonché con gli altri piani, programmi e progetti nazionali e regionali di sviluppo economico.

Nella presente relazione vengono trattati i caratteri del paesaggio che il PPTR definisce in tre strutture, a loro volta articolate in componenti, ciascuna delle quali è soggetta a specifica disciplina:

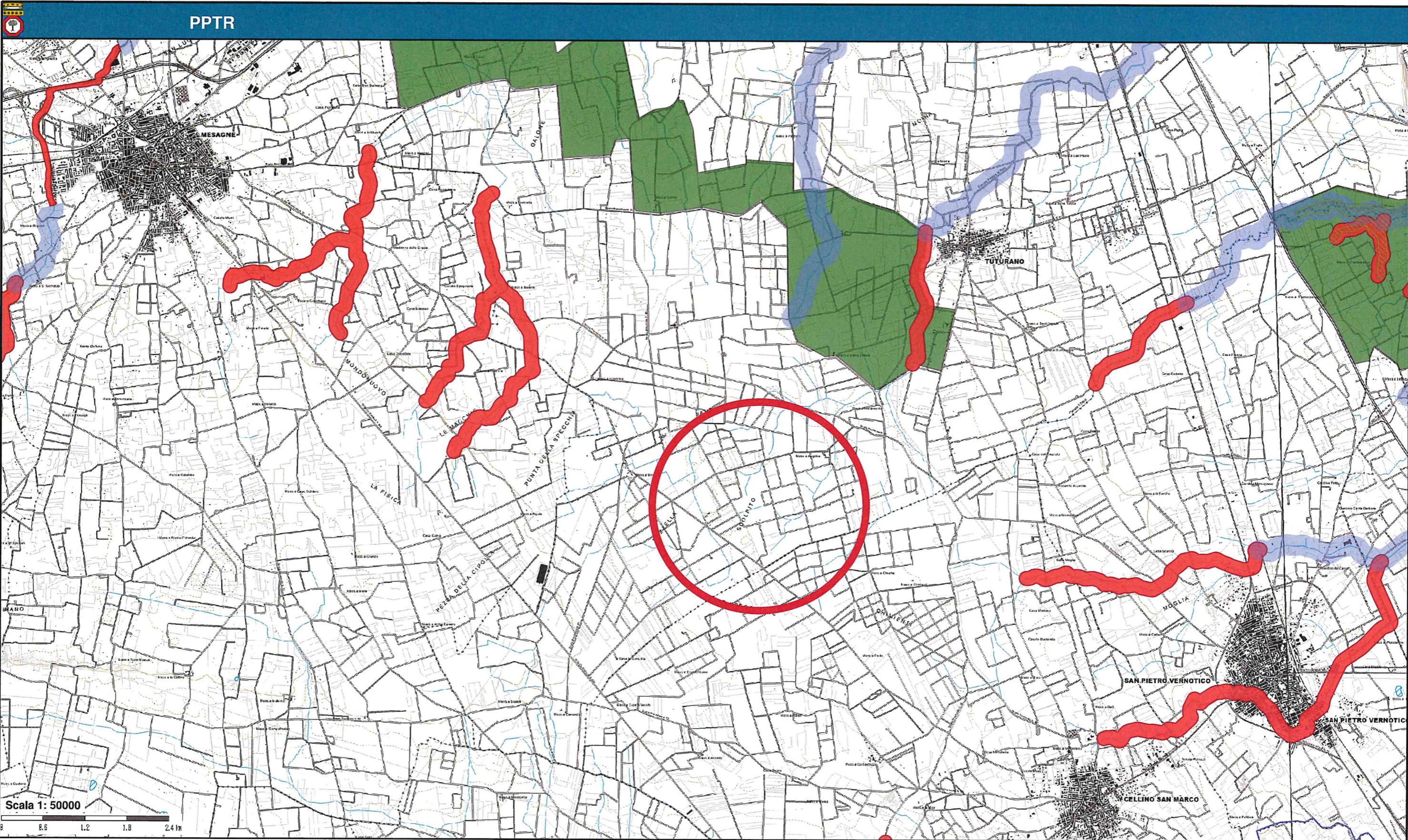
- a) Struttura idrogeomorfologica
  - componenti geomorfologiche
  - componenti idrologiche
- b) Struttura eco sistemica e ambientale
  - componenti botanico-vegetazionali
  - componenti delle aree protette e dei siti naturalistici
- c) Struttura antropica e storico-culturale
  - componenti culturali e insediative
  - componenti dei valori percettivi



Dall'analisi delle componenti idro-geo-morfologiche si può osservare come l'area interessata dalla lottizzazione (il Comparto R2b) non è censita alcuna componente geomorfologica ed idrogeologica di peculiarità ambientale.

L'area interessata dal parco eolico è priva di qualsiasi segnalazione, ad eccezione di numerosi corsi d'acqua presenti nell'area, che tuttavia in nessun caso sono ad una distanza inferiore a 150 metri.







PPTR

Scala 1: 50000  
 0 0.6 1.2 1.8 2.4 km

**Componenti geomorfologiche**

-  UCP - Versanti
-  UCP - Lame e gravine
-  UCP - Doline
-  UCP - Geositi





 UCP - Inghiottitoi

**Componenti idrologiche**

 BP - Acque pubbliche

**Componenti idrologiche**


 UCP - Reticolo idrografico di connessione della R.E.R.

 UCP - vincolo idrogeologico

**Componenti delle aree protette e dei siti naturalistici**

**BP - Parchi e riserve**

 Area e riserve naturali marine

 Parchi nazionali e riserve nat. statali

 Parchi e riserve nat. regionali

**Dati amministrativi**

 Limiti Provinciali



Area interessata da parco eolico

## **COMPATIBILITÀ CON IL PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE**

La Regione Puglia ai sensi dell'art. 121 del D.Lgs 152/06 ha approvato il Piano di Tutela delle Acque, che risulta distinto in:

1. Misure di tutela quali-quantitativa dei corpi idrici sotterranei;
2. Misure di salvaguardia per le zone di protezione speciale idrogeologica;
3. Misure integrative.

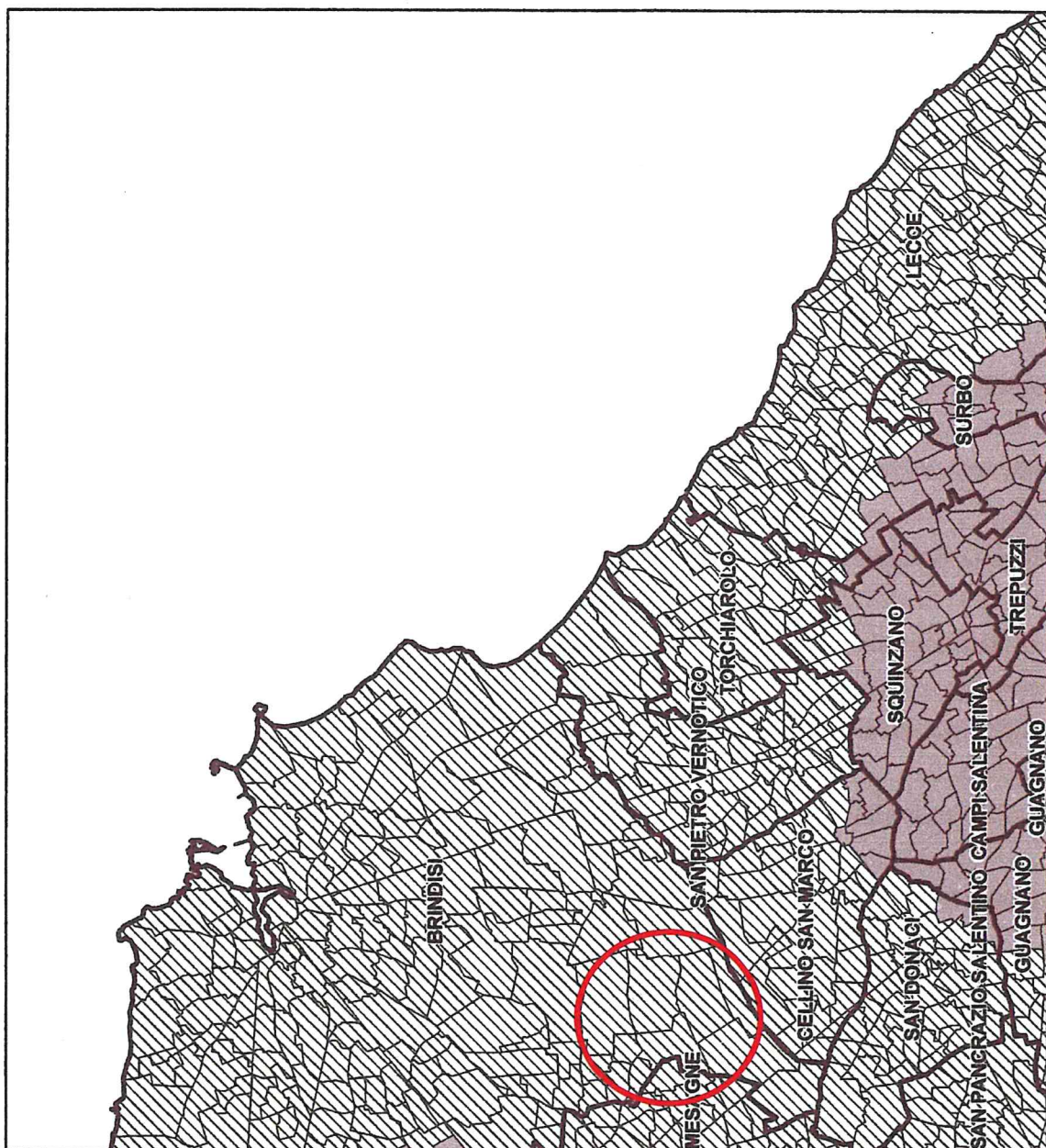
L'area indagata fa parte dell'Acquifero carsico salentino; esso risulta caratterizzato da fenomeni di contaminazione salina.

In virtù di tali constatazioni lo stesso Piano mira alla salvaguardia dell'acquifero profondo.

Dalla cartografia allegata è emerso che sull'area indagata non è presente il vincolo di protezione speciale idrogeologica.



**FIG. 14**  
**AREE DI VINCOLO D'USO  
DEGLI ACQUIFERI  
"ACQUIFERO CARSICO  
DEL SALENTO"**



## INDAGINE GEOGNOSTICA

L'indagine è stata effettuata in conformità al D.M. 14.01.2008 ed è stata finalizzata alla raccolta di tutti i dati qualitativi e quantitativi occorrenti per la previsione del comportamento dell'opera dopo la realizzazione dell'intervento.

L'indagine è consistita nell'esecuzione di:

- ✓ due profili sismici a rifrazione;
- ✓ due profili sismici passivi, eseguiti sugli stessi stendi menti.

### Sismica a rifrazione

Per individuare la successione stratigrafica e le caratteristiche geotecniche del terreno fondale, si è proceduto con l'esecuzione di un profilo sismico a rifrazione.

La sismica a rifrazione consiste nel provocare delle onde sismiche che si propagano nei terreni con velocità che dipendono dalle caratteristiche di elasticità degli stessi. In presenza di particolari strutture, possono essere rifratte e ritornare in superficie, dove, tramite appositi sensori (geofoni), posti a distanza nota dalla sorgente lungo la linea retta, si misurano i tempi di arrivo delle onde longitudinali (onde P), al fine di determinare la velocità ( $V_p$ ) con cui tali onde coprono le distanze tra la sorgente ed i vari ricevitori.

I dati, così ottenuti, si riportano su diagrammi cartesiani aventi in ascissa le distanze e in ordinata i tempi dei primi arrivi dell'onda proveniente dalla sorgente. In questo modo si ottengono delle curve (dromocrone) che, in base ad una metodologia interpretativa basata essenzialmente sulla legge di Snell, ci permettono di determinare la



velocità di propagazione delle onde e le costanti elastiche dei terreni attraversati.

I profili sismici sono stati eseguiti adottando una distanza tra i geofoni di 3 metri.

L'energizzazione è stata ottenuta utilizzando una mazza battente del peso di 5 kg che batte su una piastra rettangolare.

Le onde così generate sono state registrate con un sismografo a 12 canali della GEOMETRICS mod Geode, il quale consente di ottenere le misurazioni dei tempi di arrivo delle onde sismiche che si propagano nel sottosuolo.

L'interpretazione dei dati di campagna è stata eseguita tramite l'applicazione congiunta e computerizzata del metodo di Palmer e delle intercette.

Il profilo sismico n.1, eseguito laddove è prevista l'installazione dell'aerogeneratore n. 1, ha evidenziato un modello a due sismostrati. In affioramento si rinviene del terreno vegetale che presenta una velocità di 300 m/sec ed uno spessore variabile da 0.6 a 1.2 metri, seguono delle sabbie e sabbie concrezionate, caratterizzate da una velocità di 1000 m/sec.

Il profilo sismico n. 2, eseguito laddove è prevista l'installazione dell'aerogeneratore n. 6, ha rilevato un modello a due sismostrati: sotto una copertura di terreno vegetale di circa 0.8 metri si rinviene il litotipo fondale che caratterizzato da una velocità di 900 m/sec è da ricondurre a delle sabbie limose.

Dalla misurazione delle velocità  $V_p$  e  $V_s$  si è risaliti ai moduli elastici e meccanici del terreno fondale.

Nel caso specifico, possono assumersi i seguenti parametri geotecnici per le sabbie concrezionate:

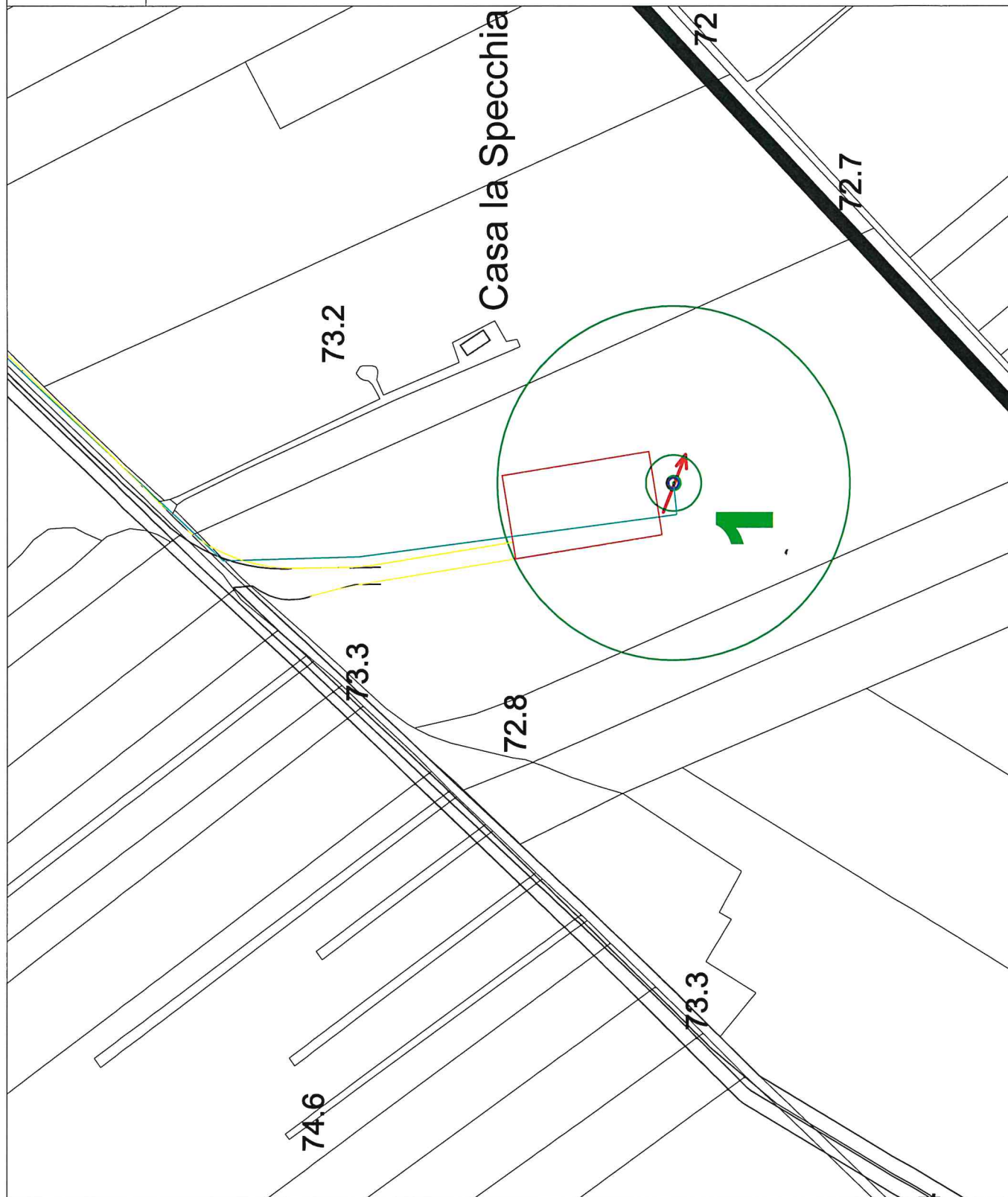
- ✓ peso di volume = 1.70 gr/cm<sup>3</sup>;
- ✓ modulo edometrico = 98 kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ modulo Young = 140.0 kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Coesione 0.00 kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Angolo di attrito: 31°
- ✓ Classificazione AGI: terreno moderatamente addensato



PROFILI SISMICI A RIFRAZIONE

**b** aerogeneratore

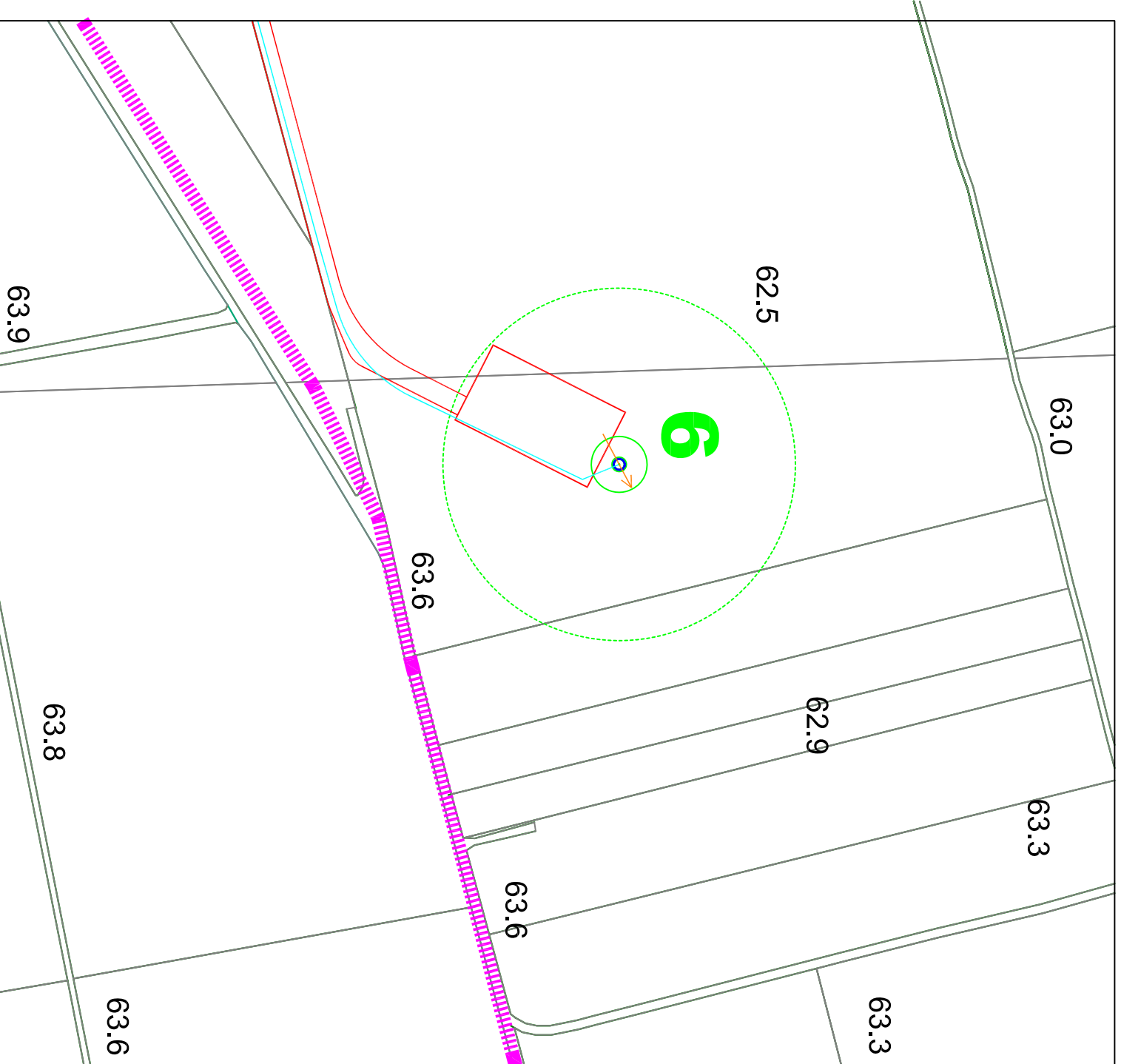
indagine sismica



# PROFILI SISMICI REMI

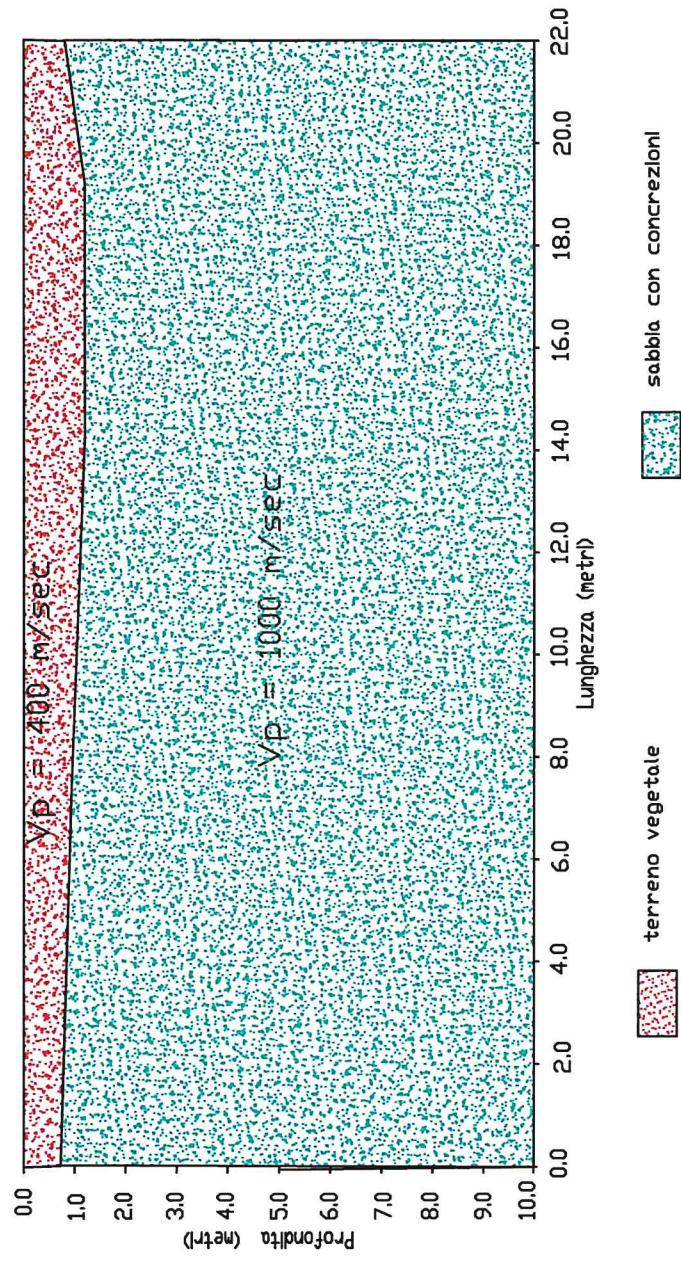
 aerogeneratore

 indagine sismica

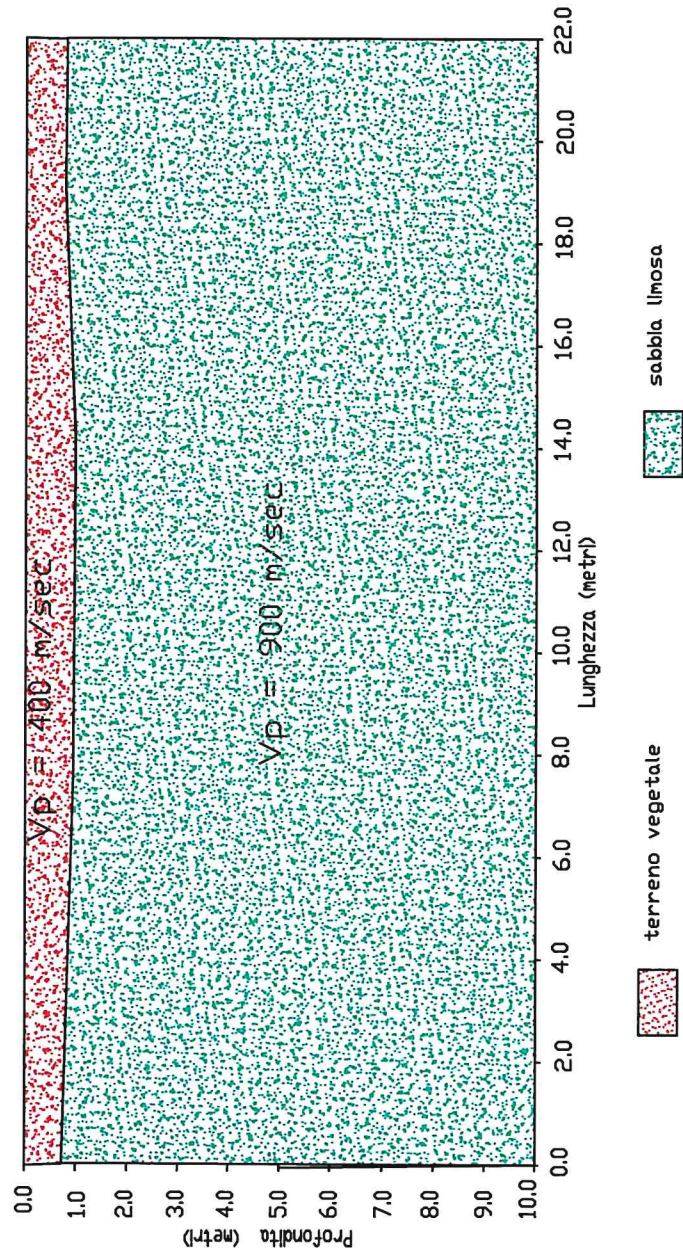




PROFILLO SISMICO A RIFRAZIONE 1-1'  
LOCALITA': AEROGENERATORE N. 1 - BRINDISI



PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 2-2'  
LOCALITA': AEROGENERATORE N. 6 - BRINDISI





### **Sismica con metodologia ReMi (Refraction Microtremor)**

L'analisi dei microtremori viene effettuata utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno con array lineare, a 12 geofoni; per ottenere una buona risoluzione in termine 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 mediante tecnica ReMi 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.1).

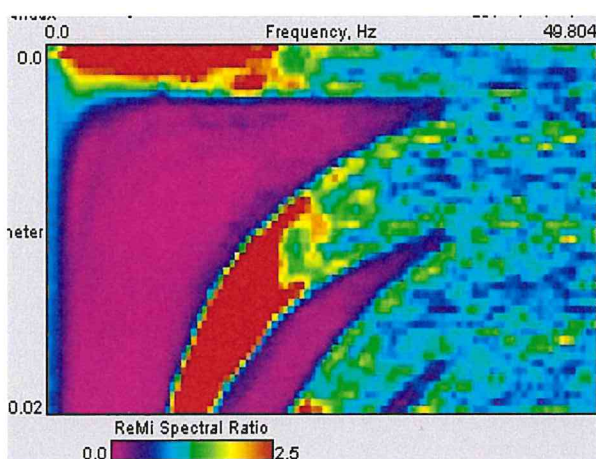


Fig. 1 Esempio di spettro di potenza p-f.

Nell'immagine di figura 1 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.



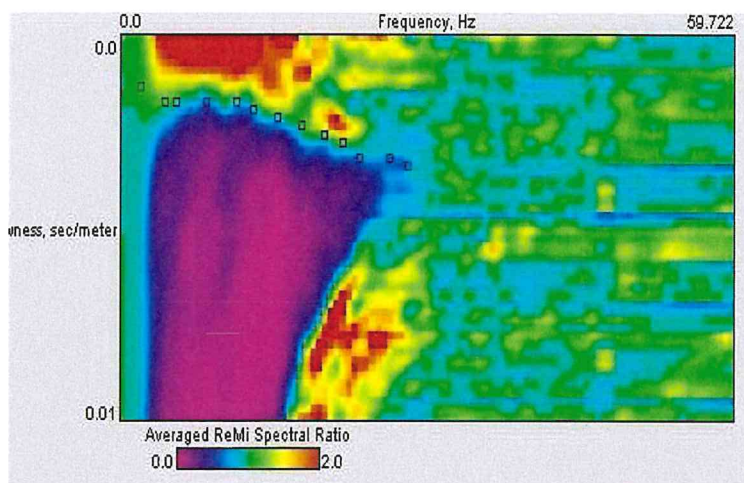


Fig. 2 Esempio di picking

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.3).

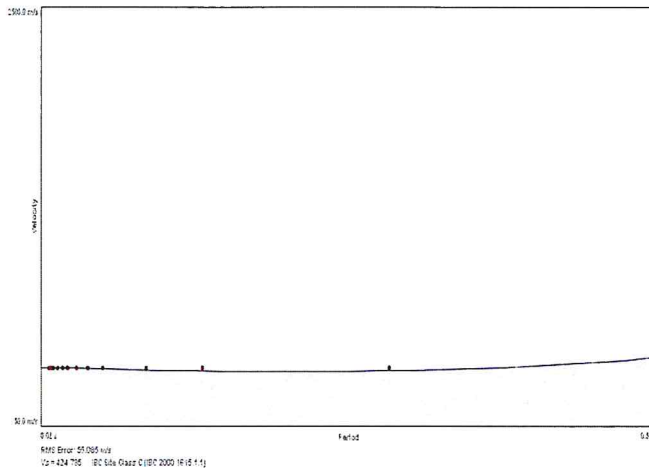


Fig.3:  
Modellizzazione diretta interattiva:  
curva di dispersione calcolata (grigio)  
e curva sperimentale con picking  
(puntinato rosso).

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.

La  $V_{S30}$  è stata calcolata con la seguente espressione

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum h_i/V_i}$$

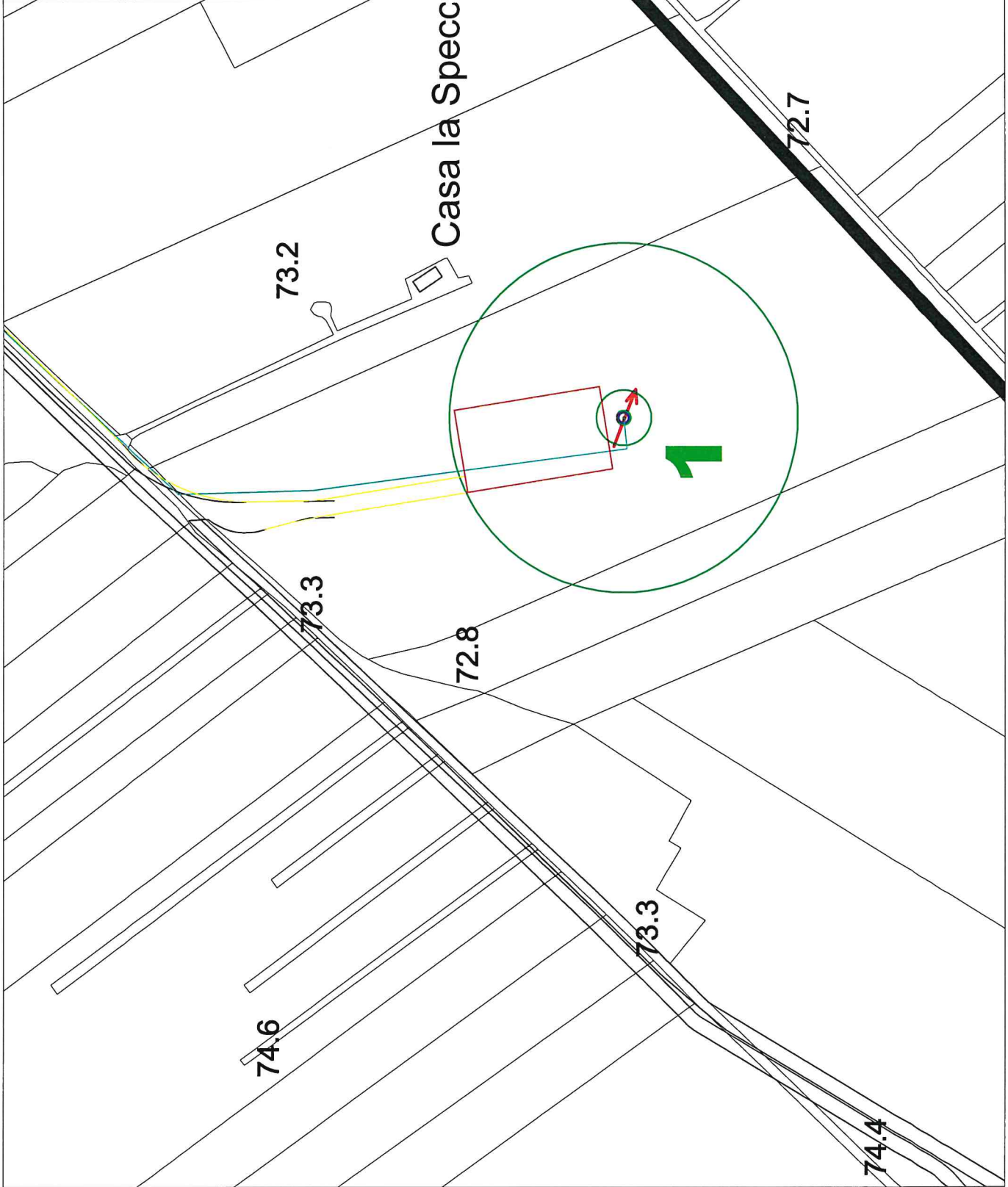
Da tale relazione è emerso un valore di  $V_{S30}$  di 337 m/sec per il primo stendi mento e di 320 m/sec con il secondo stendi mento.



PROFILI SISMICI REMI

**b** aerogeneratore

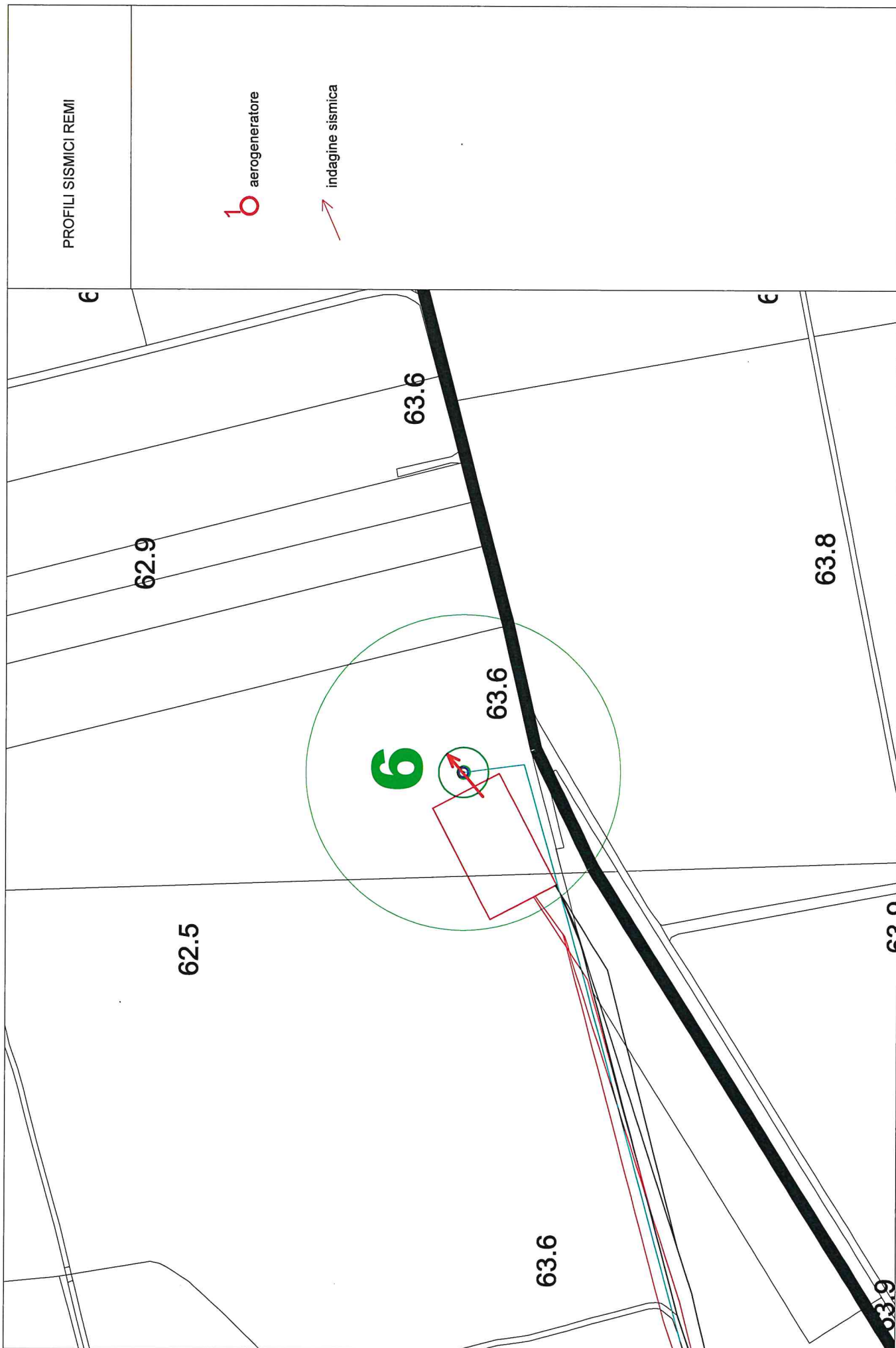
indagine sismica



PROFILI SISMICI REMI

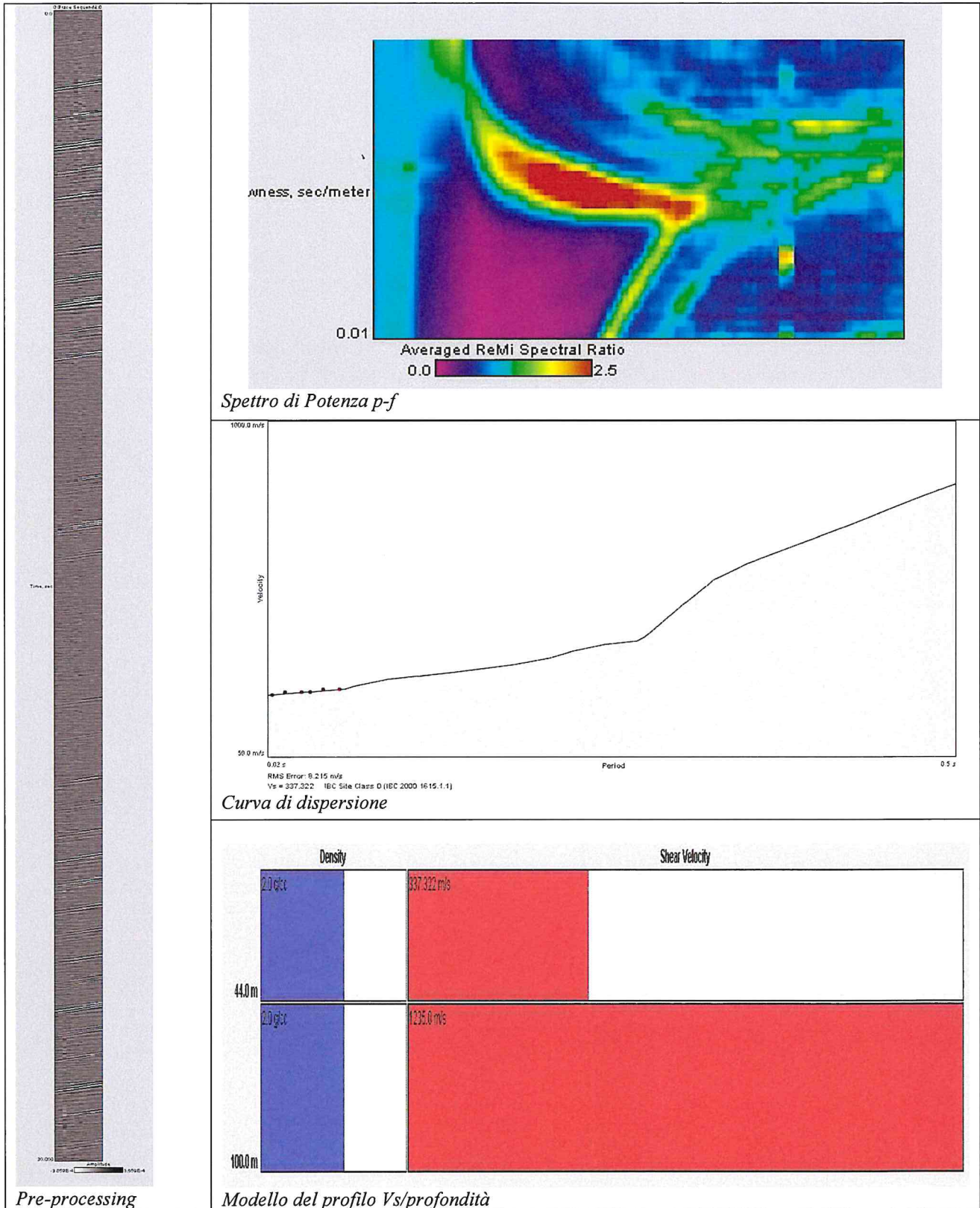
**b** aerogeneratore

indagine sismica

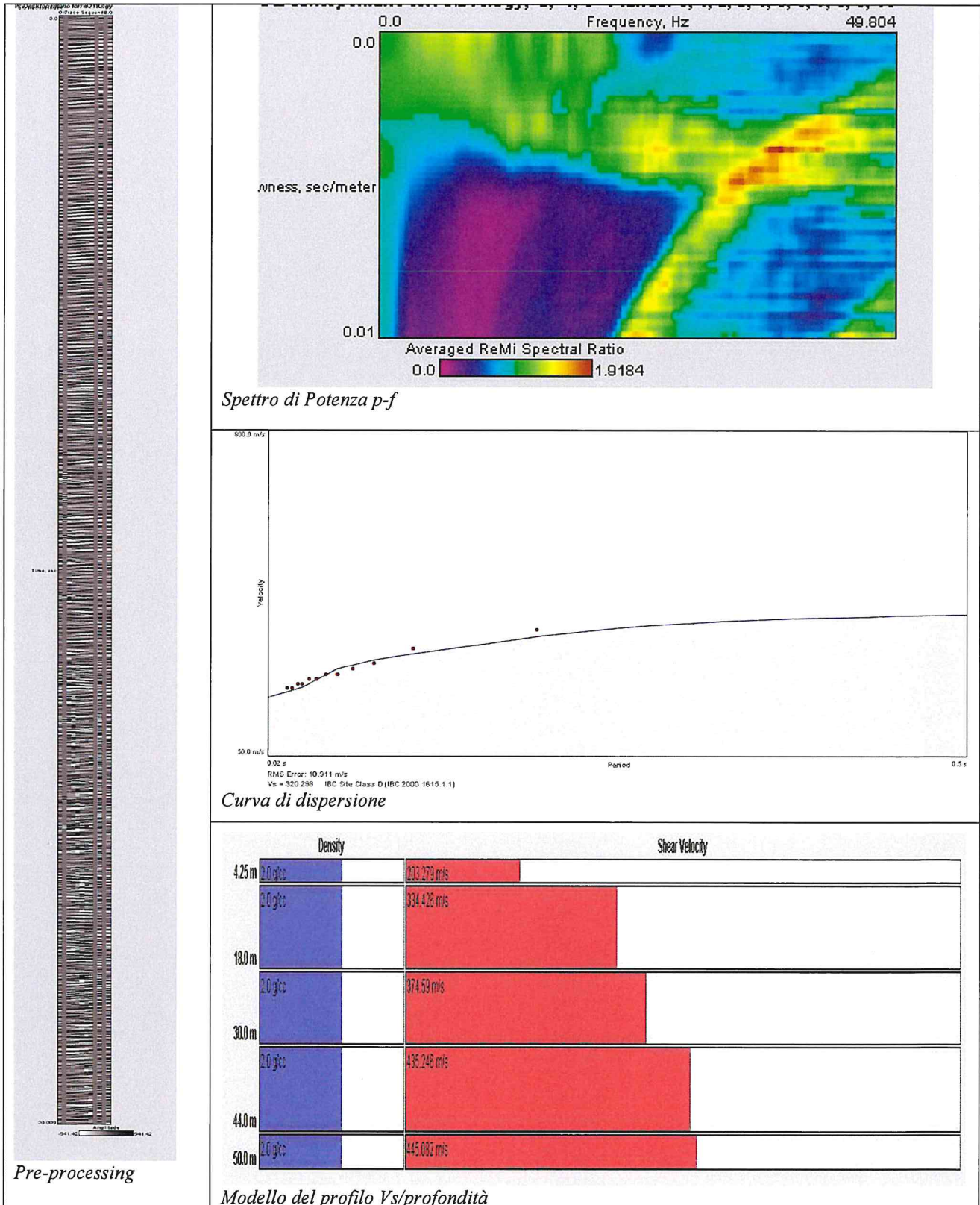




Remi n. 1 – Aerogeneratore n. 1



Remi n. 2 – Aerogeneratore n. 6





Le categorie di suolo individuate dal Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008, recante “Norme Tecniche per le costruzioni” sono le seguenti:

- A) ***Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi*** caratterizzati da valori di  $V_{s,30}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m;
- B) ***Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*** con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $N_{SPT,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina) ;
- C) ***Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*** con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina);
- D) ***Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti***, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  inferiori a 180 m/s (ovvero  $N_{SPT,30} < 15$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina)

- E) **Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m**, posti sul substrato di riferimento (con  $V_s > 800$  m/s).

Il suolo di fondazione rientra pertanto nella **categoria C** con valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 e 360 m/sec; la litologia risulta perciò costituita da depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti.



## **CONCLUSIONI**

Nel mese di luglio 2017, il sottoscritto ha eseguito uno studio geomorfologico di superficie, su un'area sita nel territorio comunale di Brindisi interessata da un progetto di installazione di un impianto eolico con 10 aerogeneratori, finalizzato alla verifica della compatibilità del progetto con gli strumenti di pianificazione territoriale, quali la Carta Idrogeomorfologica, il PAI, il PPTR di recente approvazione, Piano Tutela delle Acque.

Lo studio ha inoltre previsto delle indagini geognostiche preliminari al fine di caratterizzare l'area da un punto di vista sismico e da un punto di vista meccanico per poter fornire dei parametri geotecnici utili ai fini del calcolo della capacità portante.

In fase di edificazione, come richiesto dal D.M. 14.01.2008, saranno poi eseguite delle indagini puntuali per ciascun aerogeneratore.

Dallo studio geo-idro-morfologico è emerso quanto segue:

- litologicamente affiorano delle sabbie pleistoceniche;
- geomorfologicamente, l'area si trova ad una quota topografica variabile di 77-60 metri s.l.m., con una morfologia pianeggiante, dolcemente degradante verso nordest;
- idrologicamente l'area caratterizzata da uno sviluppato reticolo idrografico, data la natura stessa delle formazioni affioranti nell'area; tuttavia nessun degli aerogeneratori che si intende installare si trova ad una distanza minore di 150 metri dai canali;

- idrogeologicamente si rinvengono due acquiferi: la falda “profonda”, presente circa 60-65 m di profondità e quella “superficiale” contenuta nei depositi sabbiosi e sostenuta alla base da livelli limoso-argillosi ad essi intercalati; la profondità di rinvenimento varia da luogo a luogo e non sempre è stata rilevata.

Dopo aver consultato le cartografie tematiche redatte dalla Regione Puglia il PPTR (Piano Territoriale Paesaggistico Territoriale), dall’Autorità di Bacino della Puglia il PAI (Piano di Assetto Idrogeologico e la Carta Idrogeomorfologica) ed infine dalla Regione Puglia il P.T.A (Piano di Tutela delle Acque), sono state eseguite delle indagini geognostiche consistenti in due profili sismici a rifrazione e due indagini sismiche passive per la caratterizzazione meccanica e sismica dell’area.

Dallo studio degli strumenti di pianificazione territoriale (Carta idrogeomorfologica e stralci del PPTR) è emerso che l’area oggetto di studio è ricca di emergenza di tipo idrogeologiche; tuttavia i corsi d’acqua, alcuni più importanti altri molto meno si trovano ad una distanza minima da ciascun aerogeneratore di 150 metri..

L’area interessata dall’intervento ***non ricade in alcuna area a pericolosità idraulica, né a pericolosità geomorfologica*** ne scaturisce che il progetto di parco eolico è conforme al PAI.

L’area indagata fa parte dell’Acquifero carsico salentino; esso risulta caratterizzato da fenomeni di contaminazione salina, non è presente il vincolo di protezione speciale idrogeologica.

Dalle indagini geognostiche è stata ricostruita la successione stratigrafica dei primi metri, sono stati caratterizzati meccanicamente i



litotipi investigati ed è stata individuata la categoria sismica del suolo di fondazione.

- La successione litostratigrafica dell'area è data da 0.60-1.20 metri di terreno vegetale cui segue una sabbia limosa.
- I parametri geotecnici della sabbia emersi con le indagini sono:
  - peso di volume = 1.70 gr/cm<sup>3</sup>;
  - modulo edometrico = 98 kg/cm<sup>2</sup>
  - modulo Young = 140.0 kg/cm<sup>2</sup>
  - Coesione 0.00 kg/cm<sup>2</sup>
  - Angolo di attrito: 31°
  - Classificazione AGI: terreno moderatamente addensato
- Avendo calcolato con l'indagine sismica passiva un valore di Vs30 di 337 m/sec e di 320 m/sec, il suolo di fondazione rientra nella categoria C con valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/sec; la litologia risulta perciò costituita da depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti.

Per ciò che concerne le indagini geognostiche esse hanno mirato ad una caratterizzare dell'area da un punto di vista sismico e meccanico, in via preliminare, utili ai fini del calcolo della capacità portante.

In fase di edificazione, come richiesto dal D.M. 14.01.2008, saranno poi eseguite delle indagini puntuali, sondaggi geognostici, prelievo di campioni ed analisi di laboratorio da eseguire in corrispondenza di ciascun aerogeneratore.

Ruffano, luglio 2017

Dott. Geol. Marcello De Donatis