



Enel Green Power Puglia Srl



GRE CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.16117.00.010.01

PAGE

1 di/of 80

IMPIANTO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW WIND + 35 MW BESS COMUNE DI GUAGNANO (LE)

RELAZIONE GEOLOGICA SISMICA

File: GRE.EEC.R.25.IT.W.16117.00.010.01_RELAZIONE GEOLOGICA SISMICA

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
01	23/06/2022	REVISIONE	W. MICCOLIS (SCS)	--	W. MICCOLIS (SCS)
00	05/01/2022	EMMISSIONE	W. MICCOLIS (SCS)	--	W. MICCOLIS (SCS)

GRE VALIDATION

	TOMEI	TAMMA
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT

GUAGNANO

GRE-CODE

GROUP	FUNCTION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT	SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION
GRE	EEC	R	25	IT	W	16177	000	100	1

CLASSIFICATION

UTILIZATION SCOPE

This document is property of Enel Green Power S.p.A. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green PowerS.p.A.

INDICE

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	5
3. INQUADRAMENTO VINCOLISTICO	12
3.1. CARTA IDROGEOLOGICA DELLA REGIONE PUGLIA	12
3.2. PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE DELLA REGIONE PUGLIA.....	18
3.3. PIANO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL'UOM REGIONALE PUGLIA E INTERREGIONALE OFANTO (EX ADB INTERR. PUGLIA).....	19
4. CONTESTO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO	23
4.1. CARATTERI GEOLOGICI LOCALI	25
5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	29
6. ASSETTO IDROGEOLOGICO.....	32
6.1.1. Caratteristiche dell'acquifero superficiale	32
6.1.2. Caratteristiche dell'acquifero profondo.....	33
7. INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE	36
7.1. TOMOGRAFIA SISMICA IN ONDE P ED SH	38
7.1.1. Il metodo sismico a rifrazione	38
7.1.2. Analisi dei risultati	39
7.2. SISMICA MASW	52
7.2.1. Analisi dei risultati	53
7.2.2. Calcolo Vs,eq (D.M. 17/01/2018 NTC2018).....	56
7.3. MISURA DEL RUMORE AMBIENTALE HVSR.....	58
8. CARATTERIZZAZIONE SISMICA	65
9. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO	72
10. CONCLUSIONI.....	77

1. PREMESSA

Lo scrivente, geologo Walter MICCOLIS, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Puglia con n° 676, ha redatto la presente relazione geologica relativa al progetto del futuro parco eolico denominato "Guagnano".

Il progetto, cui la presente relazione fa riferimento, prevede la realizzazione di 12 aerogeneratori, ciascuno da 6 MW, per una potenza totale di 72 MW, a cui si aggiunge il Bess, di potenza pari a 35 MW. Il progetto si localizza nel territorio comunale di Guagnano, mentre le relative opere di connessione, sono presenti nei comuni di Guagnano (BR), San Donaci (BR) e Cellino San Marco (BR).

Le aree proposte per la realizzazione degli aerogeneratori impegnano la zona nell'intorno della SS7-ter. Gli aerogeneratori, sono localizzati nel Catasto Terreni del Comune di Guagnano (LE), come riportato in Tabella 1.

SISTEMA DI RIFERIMENTO UTM WGS 84 - FUSO 33N			RIFERIMENTI CATASTALI		
WTG	EST [m]	NORD [m]	COMUNE	FG	P.LLA
GU - 01	742472.01	4476275.05	GUAGNANO	16	55
GU - 02	743061.03	4476436.05	GUAGNANO	16	162
GU - 03	747356.31	4478792.75	GUAGNANO	7	467
GU - 04	747860.00	4479025.00	GUAGNANO	8	193
GU - 05	748478.63	4479194.09	GUAGNANO	9	2
GU - 06	749100.95	4479220.21	GUAGNANO	10	167
GU - 07	749666.03	4478920.16	GUAGNANO	10	25
GU - 08	748476.00	4477536.00	GUAGNANO	22	230
GU - 09	747803.81	4476500.43	GUAGNANO	23	195
GU - 10	747206.98	4476571.98	GUAGNANO	23	513
GU - 11	746577.99	4476045.02	GUAGNANO	29	148
GU - 12	746055.64	4476167.93	GUAGNANO	29	86

Tabella 1: Coordinate aerogeneratori e relativa ubicazione catastale.

Accettato l'incarico e presa visione dell'opera progettuale, il relazionante si è recato sul sito al fine di riconoscere la situazione litostratigrafica locale, di definire l'origine e la natura dei depositi, nonché la geologia locale dell'area oggetto di studio nel contesto regionale; il relazionante ha integrato i dati in suo

possesso con una ricerca bibliografica sulla letteratura geologica.

Con l'aggiornamento del Testo unico "Norme Tecniche per le costruzioni" D.M. 17/01/2018, si definiscono le procedure per eseguire una modellazione geologica e geotecnica del sito interessato da opere interagenti con i terreni e rocce.

Perciò in ottemperanza alle prescrizioni del suddetto decreto ed alle "Raccomandazioni per la redazione della "RELAZIONE GEOLOGICA" di cui alle Norme Tecniche sulle Costruzioni, redatto dalla Fondazione Centro Studi del Consiglio Nazionale dei Geologi CNG sono state svolte delle indagini per la caratterizzazione dell'area in oggetto, per la definizione del modello geologico del terreno e per la definizione delle caratteristiche geotecniche dello stesso. Il modello geologico qui elaborato è orientato alla costruzione dei caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici.

Il programma delle indagini è stato articolato come segue:

- Consultazione dei dati geotecnici stratigrafici e idrogeologici relativi a indagini eseguite dallo scrivente su tutto il territorio di Guagnano;
- 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 è stata mirata alla definizione delle successioni stratigrafiche e dei rapporti intercorrenti tra i vari litotipi che direttamente o indirettamente condizionano l'opera in progetto curando in specie:

- la stratigrafia dell'area e l'eventuale spessore dei terreni di copertura da sbancare;
- presenza o meno di falda d'acqua superficiale;
- le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione e sottofondazione;
- categoria del suolo e V_s , eq.

In particolare le indagini effettuate e pianificate per il presente progetto sono consistite in:

- ✓ Esecuzione di n. 6 Indagini Sismiche MASW, al fine di definire la V_s30 e di conseguenza la categoria del suolo di fondazione (NTC18).
- ✓ Esecuzione di n. 6 misure HVSR con impiego di sismografo monocanale tridimensionale.
- ✓ Esecuzione di N. 6 stendimenti sismici a rifrazione con restituzione tomografica in onde P ed SH.
- ✓ Consultazione di diverse Prove Penetrometriche Dinamiche (DPSH), eseguite dallo scrivente in prossimità del sito in studio e su terreni dalle caratteristiche simili.

Per la descrizione dettagliata delle indagini eseguite si rimanda all'ALLEGATO 1 – REPORT SULLE INDAGINI IN SITO. Si precisa che le indagini in sito sono state eseguite laddove l'accesso era consentito, ed in particolar modo le stesse sono state ubicate su strade pubbliche.

In fase di progettazione esecutiva tali indagini dovranno necessariamente essere integrate: in particolare per ogni aerogeneratore dovranno essere eseguite specifiche indagini di tipo diretto ed indiretto volte alla definizione dettagliata del modello geologico e geotecnico riguardo al volume significativo proprio dell'opera.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'intervento, nella sua totalità, ricade in agro di Guagnano (LE), per quanto concerne gli aerogeneratori, mentre l'area della SSU e della futura stazione elettrica "Cellino", ricadono in agro di Cellino San Marco (BR). Tutti gli interventi progettuali ricadono in zone agricole.

Per quanto concerne le quote topografiche, variano da un massimo di circa 60 m s.l.m. ad un minimo di circa 40 m s.l.m.. In generale l'area si presenta pianeggiante; non si rilevano salti ed accidenti morfologici degni di nota.

Cartograficamente l'area ricade all'interno della tavoletta I.G.M. alla scala 1:50.000 "Mesagne" Foglio 495. Alla scala 1:25.000 il sito di interesse ricade all'interno della Tavolette "SAN DONACI" 203 II-NE, "GUAGNANO" 203 II-SE, "SQUINZANO" 204 III-NO e "NOVOLI" III-SO

L'area interessata dal progetto è raggiungibile grazie ad una fitta rete di strade di vario ordine presenti in zona; tra queste l'arteria di collegamento principale è rappresentata dalla SS7ter.

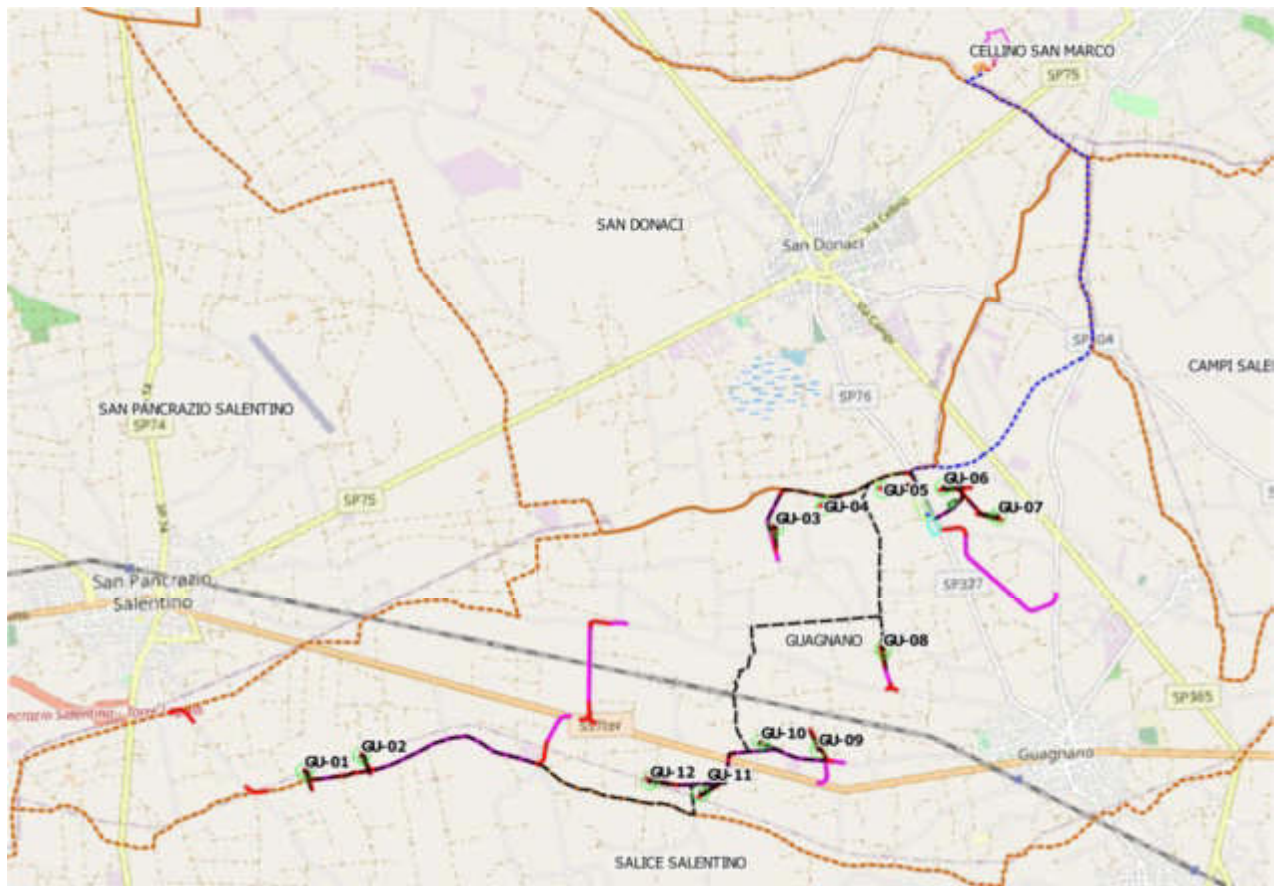
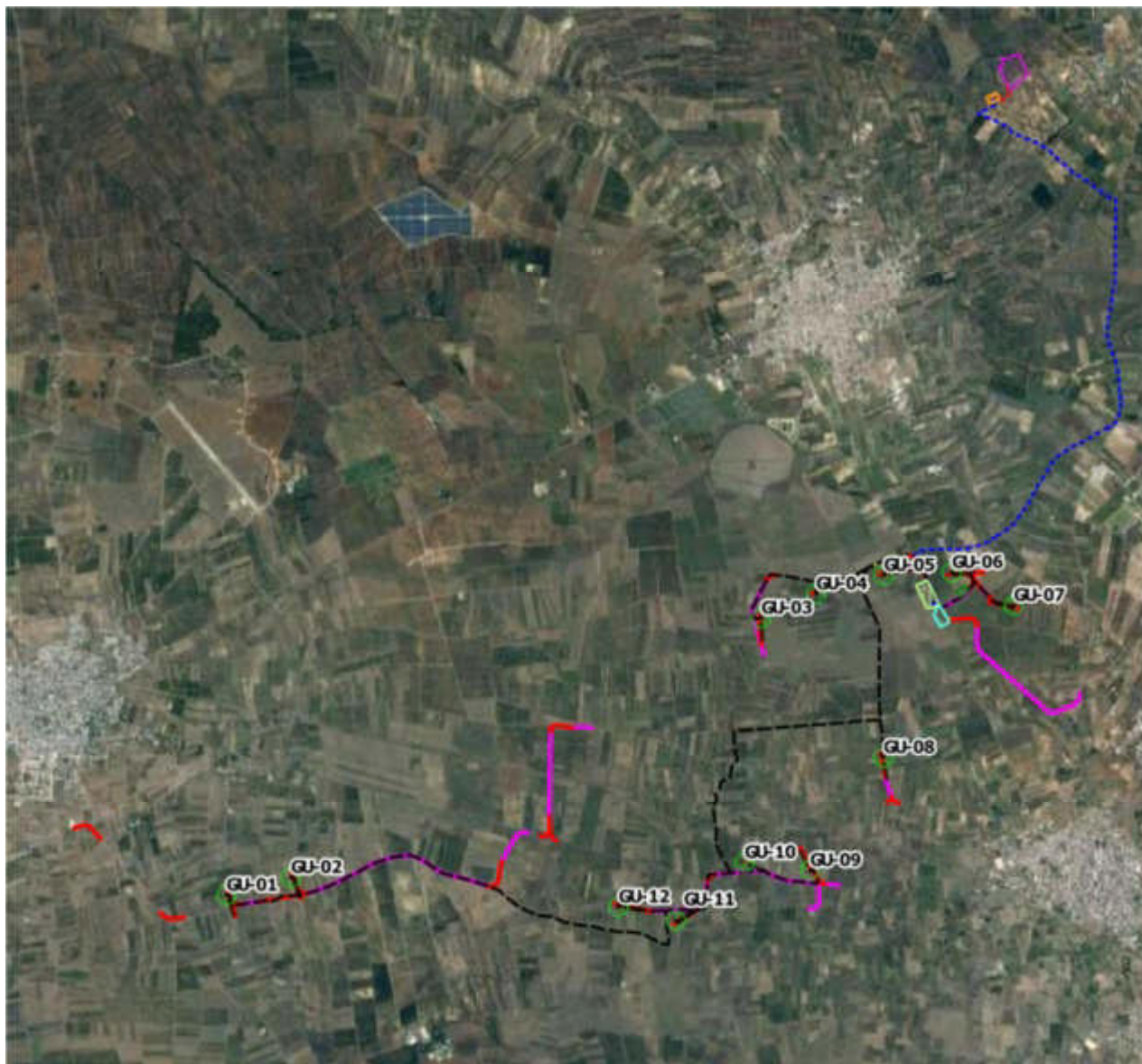


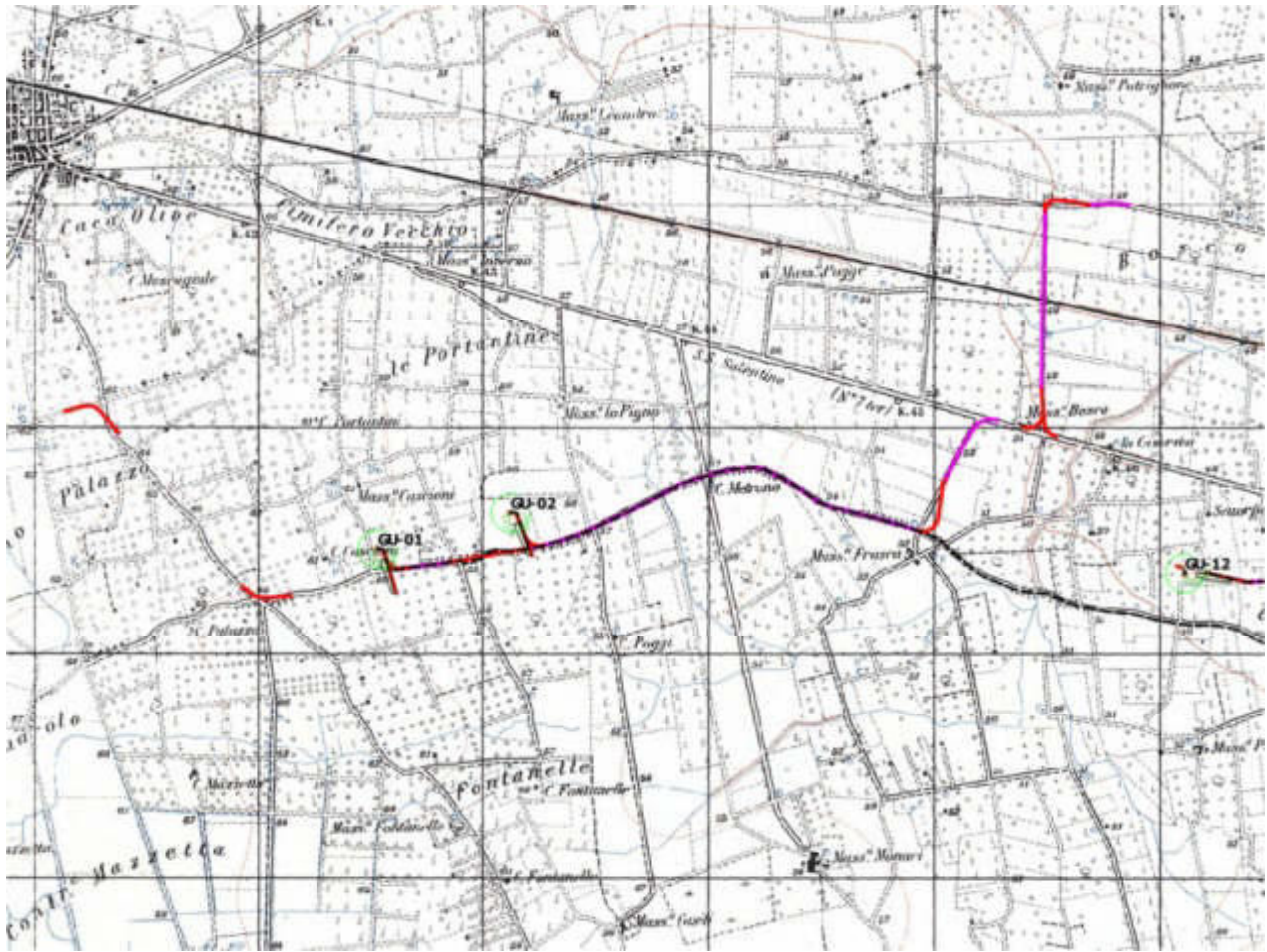
Figura 1: Ubicazione geografica dell'intervento.



LEGENDA

-  PIATTAFORMA E AEROGENERATORE
-  VIABILITA' NUOVA REALIZZAZIONE
-  VIABILITA' DA ADEGUARE
-  CAVIDOTTO MT
-  CAVIDOTTO AT
-  CAVIDOTTO AT CONDIVISO
-  AREA DI MANOVRA
-  ALLARGAMENTO
-  AREA DI CANTIERE/STOCCAGGIO
-  AREA SSU 33/150kV + BESS Guagnano
-  AREA SE Condivisa
-  AREA INDICATIVA FUTURA STAZIONE ELETTRICA 380/150kV CELLINO
-  STALLO ARRIVO SE CELLINO (Punto di connessione RTN)

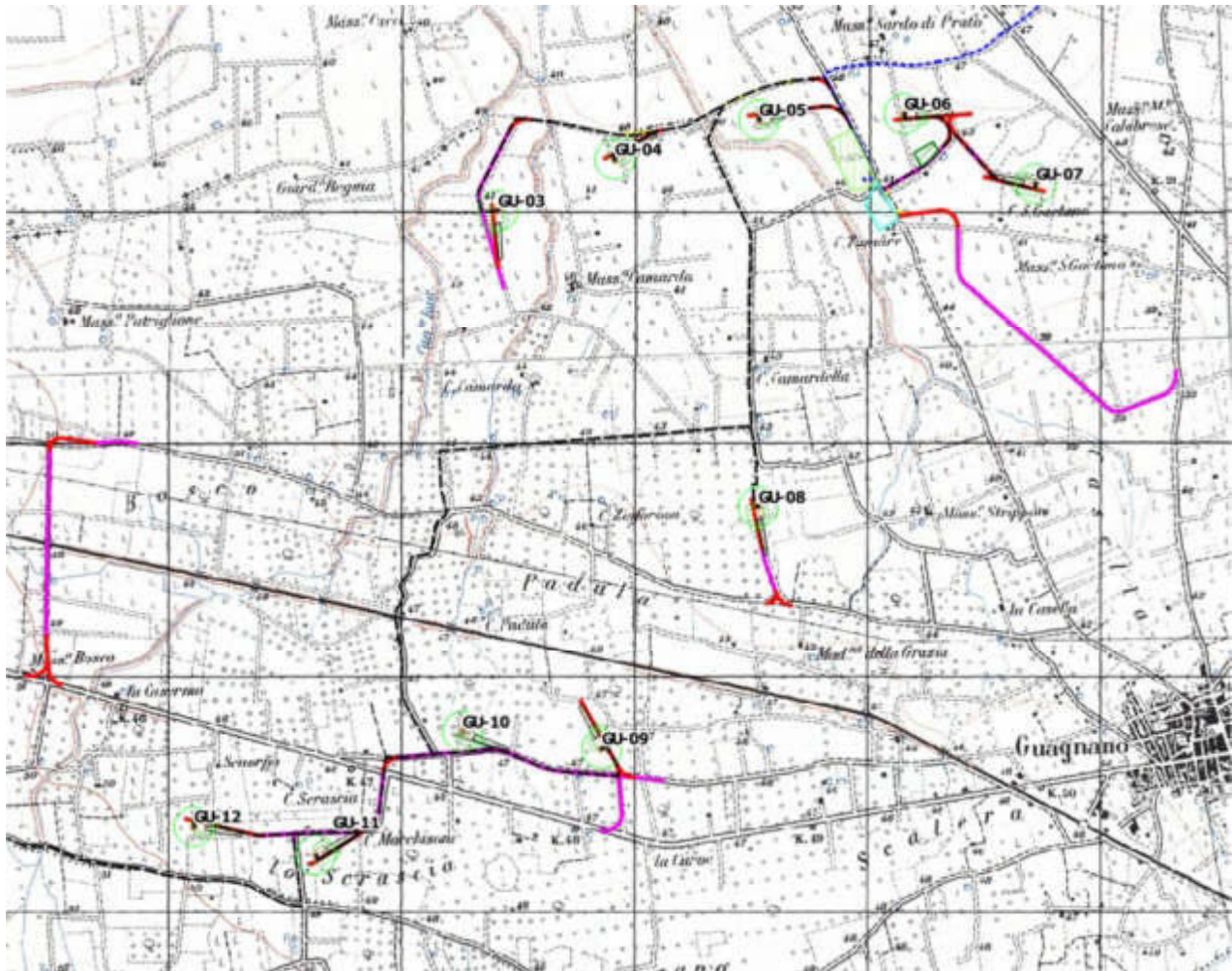
Figura 2: Ubicazione del progetto su ortofoto.



LEGENDA

-  PIATTAFORMA E AEROGENERATORE
-  VIABILITA' NUOVA REALIZZAZIONE
-  VIABILITA' DA ADEGUARE
-  CAVIDOTTO MT
-  CAVIDOTTO AT
-  CAVIDOTTO AT CONDIVISO
-  AREA DI MANOVRA
-  ALLARGAMENTO
-  AREA DI CANTIERE/STOCCAGGIO
-  AREA SSU 33/150kV + BESS Guagnano
-  AREA SE Condivisa
-  AREA INDICATIVA FUTURA STAZIONE ELETTRICA 380/150kV CELLINO
-  STALLO ARRIVO SE CELLINO (Punto di connessione RTN)

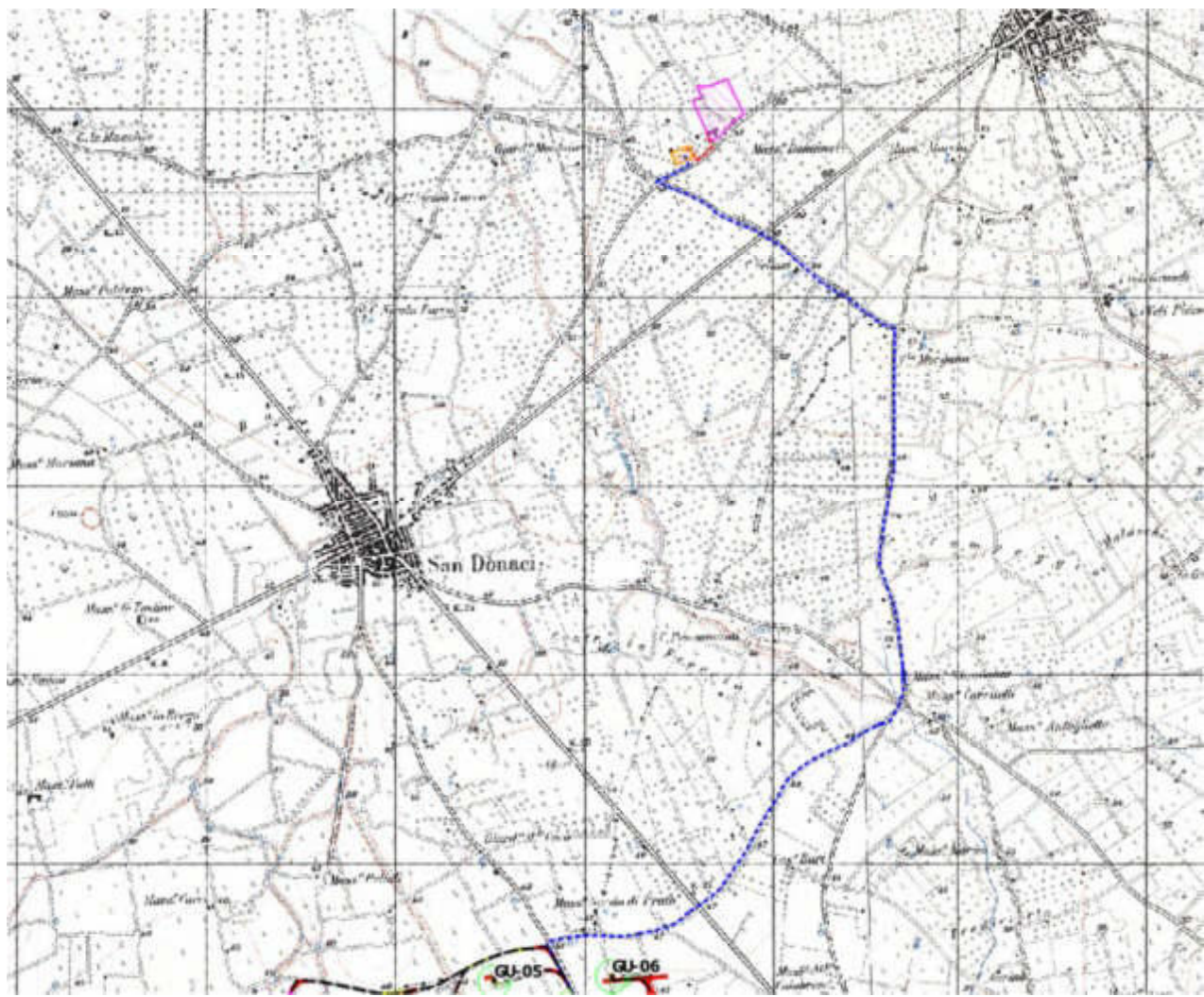
Figura 3: Ubicazione del progetto su stralcio IGM (area parco eolico zona ovest).



LEGENDA

-  PIATTAFORMA E AEROGENERATORE
-  VIABILITA' NUOVA REALIZZAZIONE
-  VIABILITA' DA ADEGUARE
-  CAVIDOTTO MT
-  CAVIDOTTO AT
-  CAVIDOTTO AT CONDMSO
-  AREA DI MANOVRA
-  ALLARGAMENTO
-  AREA DI CANTIERE/STOCCAGGIO
-  AREA SSU 33/150kV + BESS Guagnano
-  AREA SE Condivisa
-  AREA INDICATIVA FUTURA STAZIONE ELETTRICA 380/150kV CELLINO
-  STALLO ARRIVO SE CELLINO (Punto di connessione RTN)

Figura 4: Ubicazione del progetto su stralcio IGM (area parco eolico zona est).



LEGENDA

-  PIATTAFORMA E AEROGENERATORE
-  VIABILITA' NUOVA REALIZZAZIONE
-  VIABILITA' DA ADEGUARE
-  CAVIDOTTO MT
-  CAVIDOTTO AT
-  CAVIDOTTO AT CONDIVISO
-  AREA DI MANOVRA
-  ALLARGAMENTO
-  AREA DI CANTIERE/STOCCAGGIO
-  AREA SSU 33/150kV + BESS Guagnano
-  AREA SE Condivisa
-  AREA INDICATIVA FUTURA STAZIONE ELETTRICA 380/150kV CELLINO
-  STALLO ARRIVO SE CELLINO (Punto di connessione RTN)

Figura 5: Ubicazione del progetto su stralcio IGM (area connessione).

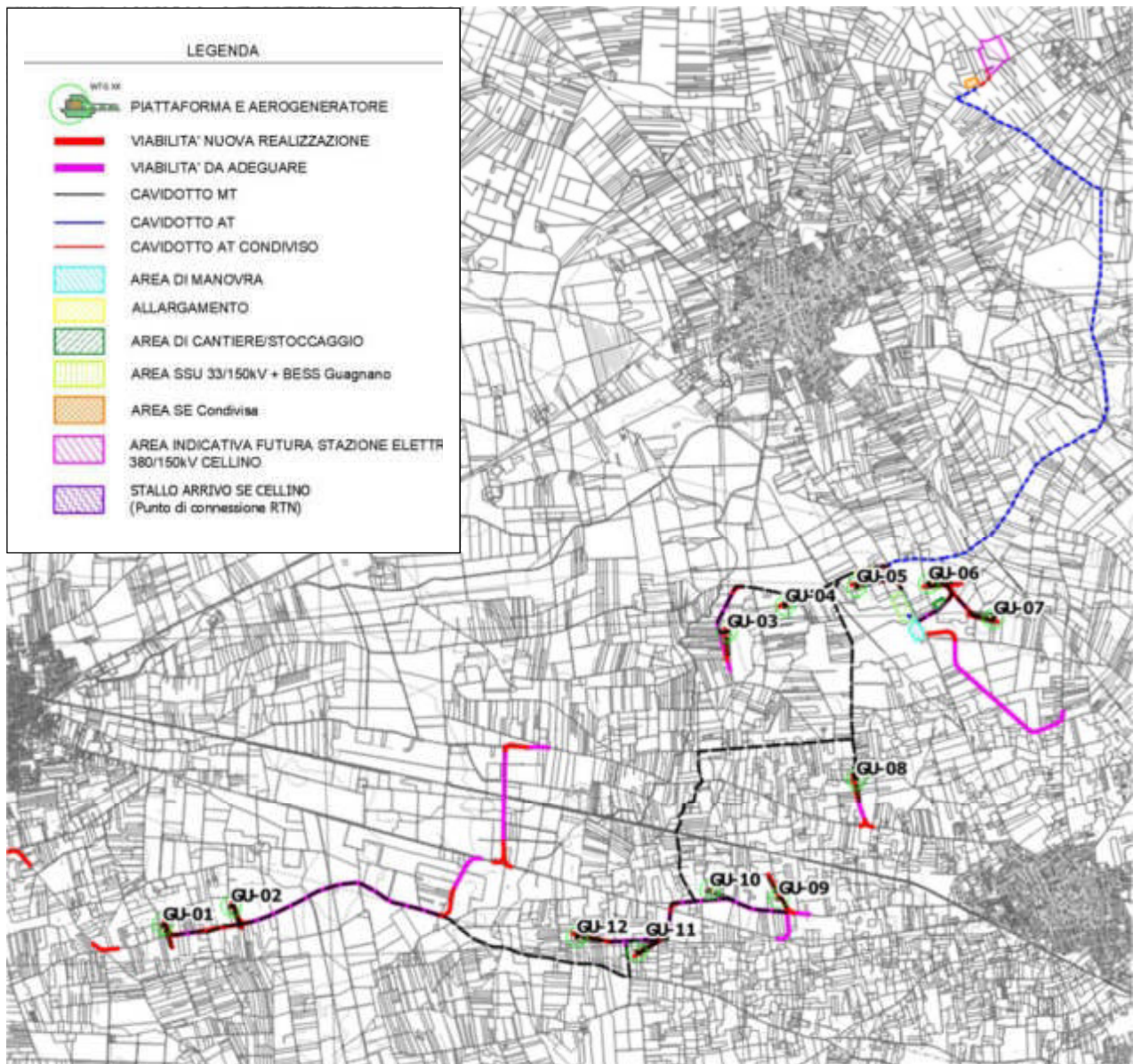
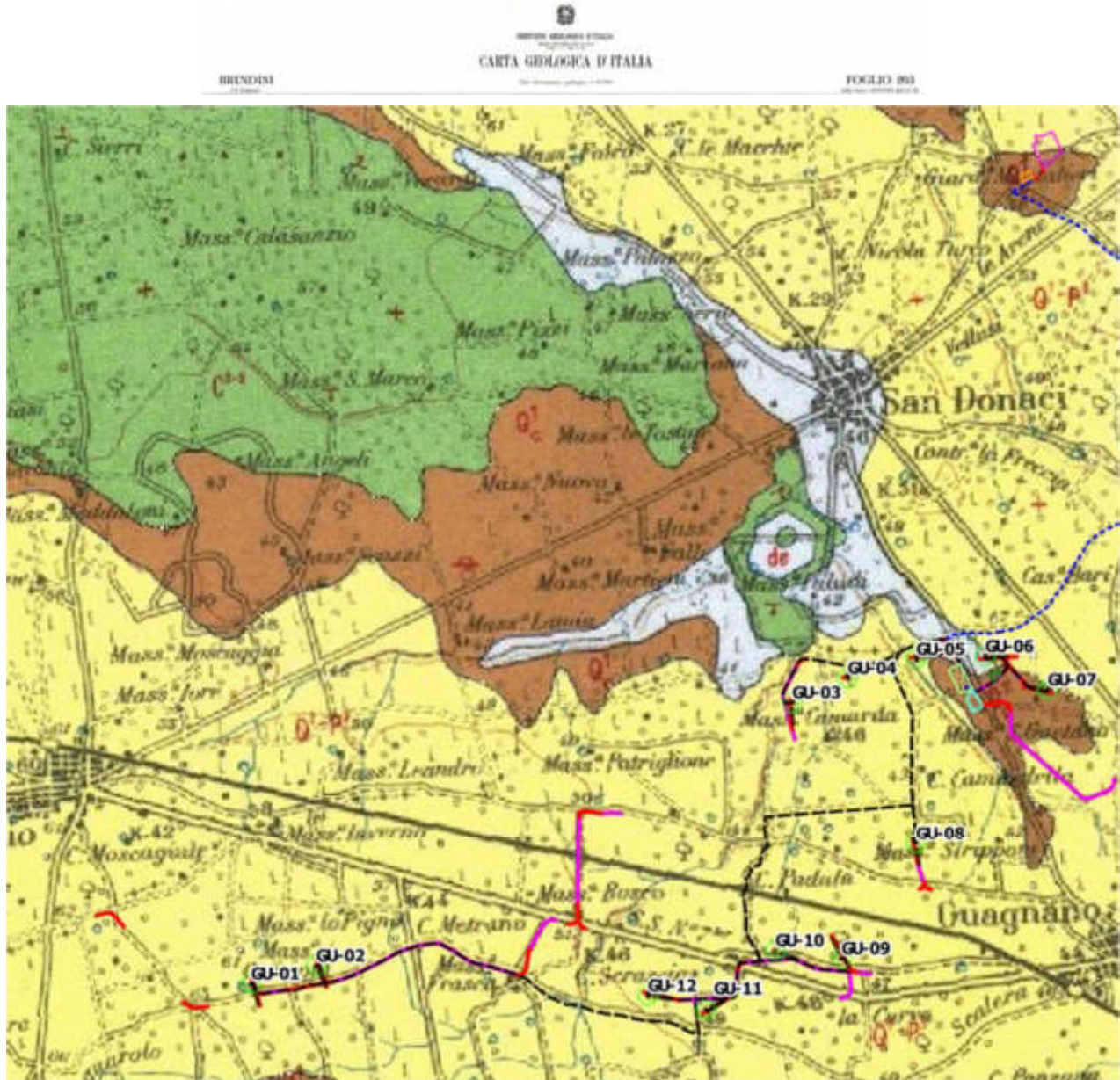


Figura 6: Ubicazione del progetto su stralcio CTR.

Sulla cartografia geologica ufficiale, l'area ricade all'interno del Foglio 203 - "Brindisi" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000.



- Sabbie argillose giallastre, talora debolmente cementate, in strati di qualche cm. Di spessore, che passano inferiormente a sabbie argillose o argille grigio-azzurre (Q¹); sotto l'unità si notano talora banchi calcarei ben cementati (Q²). Nelle sabbie più elevate si notano talora *Cassidulina levigata* D'ORB., *Carinata* SILV., *Bullina marginata* D'ORB., *Ammonia beccari* (LIN.), *Ammonia perulea* (HER. ALL. EARL.) (PREISTORICHE). Nelle sabbie argillose ed argille sottostanti, accanto a *Artica islandica* (LIN.), *Chione septemrutila* MÜLL., ed altri molluschi, sono frequenti *Hyalina bulbosa* (SCH.), *Cassidulina levigata* D'ORB., *Carinata* SILV., *Bullina marginata* D'ORB., *Bullina setacea* SILV. (CALABRIANO) FORMAZIONE DI SALLIPOLI.
- (Q¹ - P¹) Sabbie calcaree poco cementate, con interstiziali banchi di calcare; sabbie argillose grigio-rossicce. Verrò fatto associazione calabrona. *Hyalina bulbosa* (SCH.), *Cassidulina levigata* D'ORB., var. *carinata* SILV., *Bullina marginata* D'ORB., *Ammonia beccari* (LIN.) (CALABRIANO-PUCCINE SUP. 2) in transgressione sulle formazioni più antiche.
- (P²) Calcarei, calcari tipo perole, calcareo argillose giallastre. Macrofauna a *Coralli*, *Crinoidi*, *Molluschi*, *Echinoidi*, *Graptoliti* tra cui *Cancer stemonoides* MEY. Var. *antelope* MAZ. Microfauna ad *Ostracodi* e *Foraminiferi*. *Bullina marginata* D'ORB., *Cassidulina levigata* D'ORB. var. *carinata* SILV., *Discardis orbicularis* (TERMI.), *Cibicides ungerlandi* (D'ORB.) & *rossielleri* (BRADY), *Orbulina universa* D'ORB., *Navigulina angulata* (BRADY) (PUCCINE SUP. AEREO?) in transgressione sulle forme più antiche.
- Calcari calcareo e calcareo grigio-rossicci, a frattura irregolare, calcari grigio-chiaro. Microfauna non molto frequente: *Theumatoporella* sp., *Proeglobulitina stephani stephani* (BRADY) (P. *stephani turkinita* (RICH.), *Rotalipora appenninica* (RENZ.) R. di *reischii* (MORN.), *Nummulitina* sp. (ZENOMARIANO SUP. e forse FURDIGNANO), *Dolomite* di *SALATINA* con passaggio graduale ad *EXCIARE* (*EXCIARE* forma *termi* e verso *Ostia*).

Figura 7: Inquadramento su cartografia geologica – Foglio 203 (Brindisi) della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000.

3. INQUADRAMENTO VINCOLISTICO

Nel presente paragrafo, si analizzano le relazioni tra le aree interessate dal progetto e gli atti di pianificazione e programmazione territoriale inerenti all'assetto geologico-geomorfologico ed idrogeologico.

Per verificare la compatibilità del progetto con gli strumenti di pianificazione territoriale, dopo aver eseguito un rilievo geomorfologico di dettaglio per la verifica di emergenze geomorfologiche, di particolare interesse paesaggistico, sono state consultate le seguenti cartografie di settore:

- Carta Idrogeomorfologica redatta dall'AdB Puglia su commissione della stessa Regione Puglia;
- Piano di Assetto Idrogeologico redatto dall'UoM Regionale Puglia e Interregionale Ofanto (ex AdB Interr. Puglia) e Varianti di aggiornamento mappe PAI alle mappe PGRA del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale;
- Piano di Tutela delle Acque (PTA).

Per le interferenze con il Piano Paesaggistico Territoriale della Regione Puglia (PPTR), si rimanda agli stralci cartografici di progetto nonché allo SIA.

3.1. CARTA IDROGEOMORFOLOGICA DELLA REGIONE PUGLIA

La giunta regionale della Regione 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 42/20047.

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 dell'assetto morfologico e idrografico del territorio, delineandone i caratteri morfografici e morfometrici ed interpretandone l'origine in funzione dei processi geomorfici, naturali ed antropici.

La 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.

Tale cartografia risulta quindi 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 delle carte CTR.

Come si può osservare dagli stralci della Carta Idrogeomorfologica mostrati in Figura 6, nell'area in studio si rileva la presenza di emergenze geomorfologiche riferibili esclusivamente all'assetto idrografico.

Si rileva che nessun aerogeneratore interferisce con elementi della Carta Idrogeomorfologica.

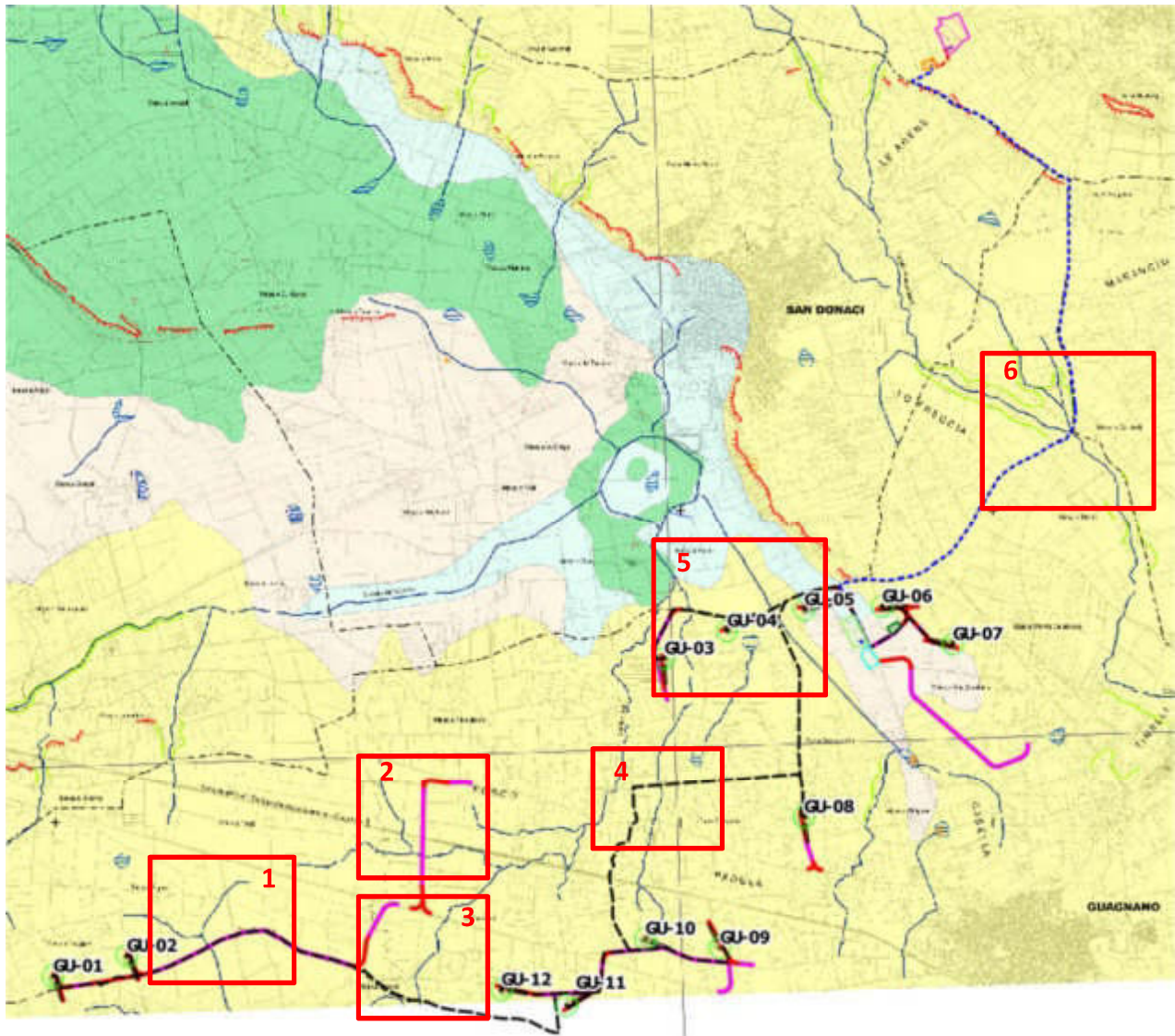
In merito alla viabilità di progetto interferisce invece in tre differenti punti con il reticolo idrografico:

- viabilità parco esistente da adeguare (Inquadramenti 1 e 2 di fig. 8): non è prevista alcuna modifica in corrispondenza dell'attuale attraversamento esistente.

In merito al cavidotto di connessione MT, si rilevano interferenze in diversi punti con il reticolo idrografico (Inquadramenti da 1 a 6 di fig. 8).

Per il dettaglio di quanto sopra, si rimanda alla Tavola 2 – Carta Geologica e Geomorfologica.

Per la risoluzione puntuale di tutte le interferenze tra il progetto e l'assetto idrografico dell'area si rimanda nel dettaglio alla relazione idrologica ed alla relazione idraulica.



LEGENDA

-  PIATTAFORMA E AEROGENERATORE
-  VIABILITA' NUOVA REALIZZAZIONE
-  VIABILITA' DA ADEGUARE
-  CAVIDOTTO MT
-  CAVIDOTTO AT
-  CAVIDOTTO AT CONDIVISO
-  AREA DI MANOVRA
-  ALLARGAMENTO
-  AREA DI CANTIERE/STOCCAGGIO
-  AREA SSU 33/150kV + BESS Guagnano
-  AREA SE Condivise
-  AREA INDICATIVA FUTURA STAZIONE ELETTRICA 380/150kV CELLINO
-  STALLO ARRIVO SE CELLINO (Punto di connessione RTN)

Figura 8: Stralcio Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia (Foglio 495 - Mesagne).

ELEMENTI GEOLOGICO-STRUTTURALI

Litologia del substrato

- Unità prevalentemente calcarea o dolomitica
- Unità a prevalente componente argillosa
- Unità a prevalente componente siltoso-sabbiosa e/o arenica
- Unità a prevalente componente arenica
- Unità a prevalente componente rudibca
- Unità costituite da alternanze di rocce a composizione e/o granulometria variabile
- Unità a prevalente componente argillitica con un generale assetto caotico
- Depositi sciolti a prevalente componente pellica
- Depositi sciolti a prevalente componente sabbioso-ghiaiosa

Tettonica

- Faglia
- Faglia presunta
- Asse di anticlinale certo
- Asse di anticlinale presunto
- Asse di sinclinale certo
- Asse di sinclinale presunto
- Strati suborizzontali (<math>< 10^\circ</math>)
- Strati poco inclinati ($10^\circ - 45^\circ$)
- Strati molto inclinati ($45^\circ - 80^\circ$)
- Strati subverticali (>80°)
- Strati rovesciati
- Strati corrotti

FORME DI VERSANTE

- Nicchia di distacco
 - Corpo di frana
 - Cono di detrito
 - Area interessata da dissesto diffuso
 - Area a calanchi e forme similari
 - Orlo di scarpata delimitante forme semispianate
 - Cresta affilata
 - Cresta smussata
 - Asse di displuvio
- } Dissesto gravitativo

FORME DI MODELLAMENTO DI CORSO D'ACQUA

- Ripa di erosione
- Ciglio di sponda

FORME ED ELEMENTI LEGATI ALL'IDROGRAFIA SUPERFICIALE

- Corso d'acqua
- Corso d'acqua episodico
- Corso d'acqua obliterato
- Corso d'acqua tombato
- Recapito finale di bacino endoreico
- Sorgente
- Canale lagunare

BACINI IDRICI

- Lago naturale
- Lago artificiale
- Laguna
- Salina
- Stagno, acquitrino, zona palustre

FORME CARSIICHE

- Ingresso di grotta naturale
- Voragine, inghiottitoio o pozzo di crollo
- Dolina
- Orlo di depressione carsica a morfologia complessa

FORME ED ELEMENTI DI ORIGINE ANTROPICA

- Argine
 - Traversa fluviale
 - Opera di difesa costiera
 - Diga
 - Opera ed infrastruttura portuale
 - Discarica controllata
 - Area di cava attiva
 - Cava abbandonata
 - Cava riqualificata
 - Cava rinaturalizzata
 - Discarica di residui di cava
 - Miniera (abbandonata)
 - Discarica di residui di miniera
- } Cave e miniere

LEGENDA:

LAYOUT di Progetto

Strade e piazzole aerogeneratori

- Posizione WTG

Layout Piazzole e WTG

- FONDAZIONE WTG
- AREA DA RINATURALIZZARE
- PIAZZOLA DEFINITIVA
- STRADA DI PROGETTO

Layout strade

- Viabilità esistente
- Viabilità esistente da adeguare
- Viabilità di nuova realizzazione

- Area di cantiere e di stoccaggio

- Allargamento stradale

- Area di manovra

Opere di Connessione

- Area BESS
- Area futura stazione elettrica 380/150kV "LATIANO"
- Area Step-Up
- Area Step-Up
- Cavidotto MT di connessione
- Cavidotto MT BESS
- Cavidotto AT

Figura 9: Legenda Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia (Foglio 495 - Mesagne).



Figura 10: Particolare carta Idrogeomorfologica: strada da adeguare e cavidotto MT (punto di inqu. 1 di fig. 8).

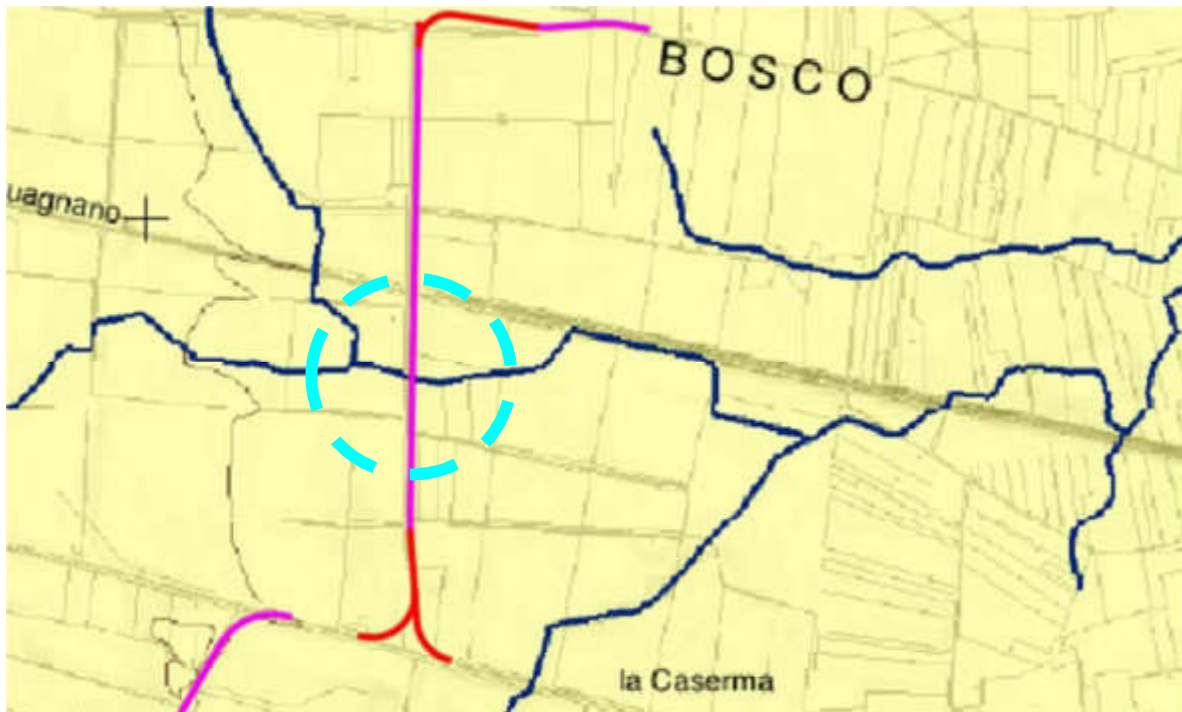


Figura 11: Particolare carta Idrogeomorfologica: strada da adeguare (punto di inqu. 2 di fig. 8).



Figura 12: Particolare carta Idrogeomorfologica: Cavidotto MT area parco (punto di inqu. 3 di fig. 8).



Figura 13: Particolare carta Idrogeomorfologica: cavidotto MT area parco (punto di inqu. 4 di fig. 8).

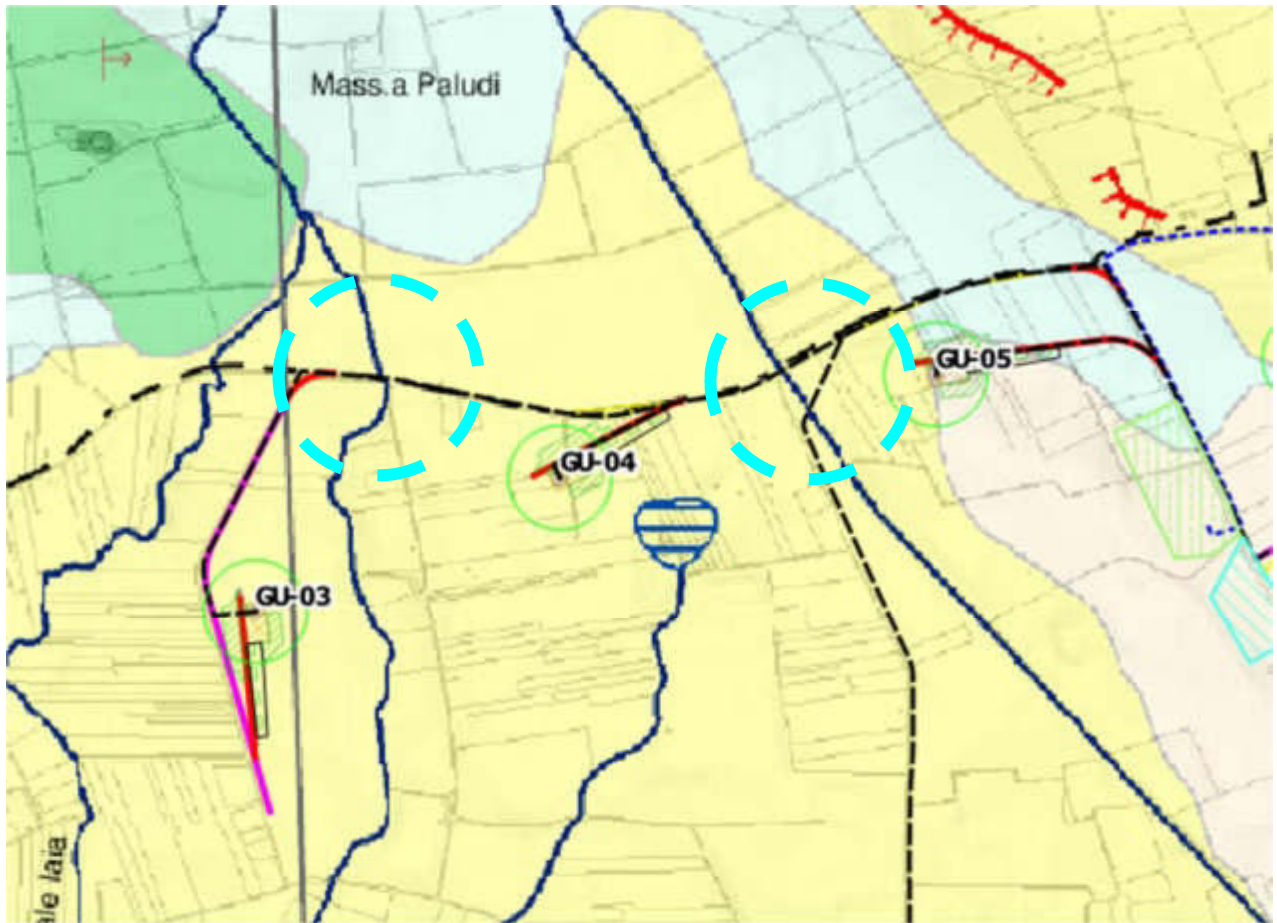


Figura 14: Particolare carta Idrogeomorfologica: cavidotto MT area parco (punto di inqu. 5 di fig. 8).



Figura 15: Particolare carta Idrogeomorfologica: cavidotto MT di connessione (punto di inqu. 6 di fig. 8).

3.2. PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE DELLA REGIONE PUGLIA




Con deliberazione di Consiglio Regionale n. 230 del 20 ottobre 2009 è stato approvato il Piano Regionale di Tutela delle Acque; la proposta di Aggiornamento 2015-2021 del Piano regionale di Tutela delle Acque (PTA), è stata adottata con D.G.R. n. 1333 del 16/07/2019

Il Piano rappresenta lo strumento per il raggiungimento e il mantenimento degli obiettivi di qualità ambientale per i corpi idrici significativi superficiali e sotterranei e degli obiettivi di qualità per specifica destinazione, nonché della tutela qualitativa e quantitativa del sistema idrico.

La Regione Puglia, in virtù della natura dei terreni di natura calcarea che interessano gran parte del territorio, è interessata dalla presenza di limitati corsi d'acqua.

Nello specifico, sulla base delle risultanze delle attività di studio integrato dei caratteri del territorio e delle acque sotterranee, sono stati delimitati comparti fisico-geografici del territorio meritevoli di tutela perché di strategica valenza per l'alimentazione dei corpi idrici sotterranei.

Zone di protezione speciale idrogeologica, di cui alla Tavola C07 del Piano di Tutela delle Acque (Aggiornamento 2015-2021). L'analisi comparata dei caratteri del territorio e delle condizioni idrogeologiche ha portato ad una prima definizione di zonizzazione territoriale, codificata mediante le lettere A, B e C. Il PTA propone strumenti e misure di salvaguardia specifici per ogni tipo di zona di protezione speciale idrogeologica, riportate di seguito:

-  Le Zone di Protezione Speciale Idrogeologica – Tipo "A" - individuate sugli alti strutturali centro-occidentali del Gargano, su gran parte della fascia murgiana nord-occidentale e centro-orientale, sono le aree afferenti ad acquiferi carsici complessi ritenute strategiche per la Regione Puglia in virtù del loro essere aree a bilancio idrogeologico positivo, a bassa antropizzazione ed uso del suolo non intensivo.
-  Le Zone di Protezione Speciale Idrogeologica – Tipo "B" sono aree a prevalente ricarica afferenti anch'esse a sistemi carsici evoluti (caratterizzati però da una minore frequenza di rinvenimento delle principali discontinuità e dei campi carsici, campi a doline con inghiottitoio) e interessate da un livello di antropizzazione modesto ascrivibile allo sviluppo delle attività agricole, produttive, nonché infrastrutturali.
-  Le Zone di Protezione Speciale Idrogeologica – Tipo "C" - individuate a SSW di Corato-Ruvo, nella provincia di Bari e a NNW dell'abitato di Botrugno, nel Salento, sono aree a prevalente ricarica afferenti ad acquiferi strategici, in quanto risorsa per l'approvvigionamento idropotabile, in caso di programmazione di interventi in emergenza.

L'intervento in oggetto non ricade in nessuna Zona di Protezione Speciale Idrogeologica (cfr. Figura 23).

Aree interessate da contaminazione salina: l'intervento in oggetto ricade in parte in aree interessate da contaminazione salina.

Aree di tutela quali-quantitativa: l'intervento in oggetto ricade in parte in aree di tutela quali-quantitativa.

Aree di tutela quantitativa: l'intervento in oggetto non ricade in nessuna Area di tutela quantitativa.

Zone vulnerabili da nitrati di origine agricola (ZVN): l'intervento in oggetto non ricade in nessuna zona ZVN.

Le aree perimetrate come aree interessate da contaminazione salina e da tutela quali-quantitativa, non pongono, secondo le NTA del Piano di Tutela delle Acque vincoli e prescrizioni di carattere progettuale, ma solo limitazioni alla captazione ed all'emungimento delle acque

sotterranee, e pertanto, si ritiene l'intervento compatibile con il Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia.

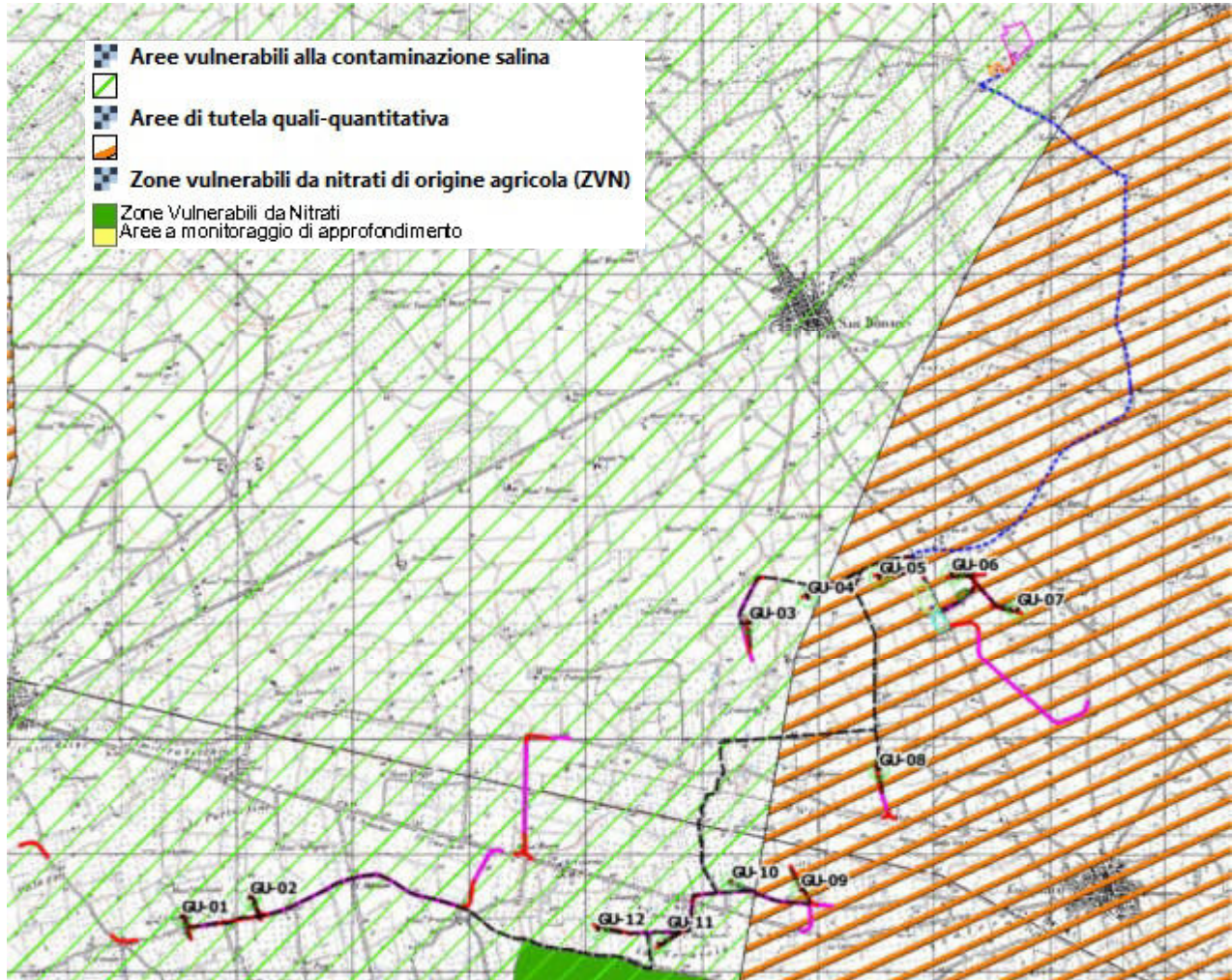


Figura 16: Stralcio del Piano di Tutela delle Acque con sovrapposizione del Layout di progetto di progetto (Fonte: WMS – SIT Puglia).

3.3. PIANO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL'UOM REGIONALE PUGLIA E INTERREGIONALE OFANTO (EX ADB INTERR. PUGLIA)

Il piano di bacino per l'assetto idrogeologico dell'UoM Regionale Puglia e Interregionale Ofanto (ex AdB interr. Puglia), ricadente all'interno del Distretto idrografico dell'Appennino Meridionale, è finalizzato al miglioramento delle condizioni del regime idraulico e della stabilità geomorfologica necessari a ridurre gli attuali livelli di pericolosità e a consentire uno sviluppo del territorio sostenibile rispetto agli assesti naturali ed alla loro tendenza evolutiva.

- Il PAI in merito alla pericolosità geomorfologica ed idraulica individua le seguenti aree: Aree a pericolosità geomorfologica molto elevata (P.G.3): porzione di territorio interessata da fenomeni franosi attivi o quiescenti.
- Aree a pericolosità geomorfologica elevata (P.G.2): porzione del territorio caratterizzata dalla presenza di due o più fattori predisponenti l'occorrenza di instabilità di versante e/o sede di frana stabilizzata
- Aree a pericolosità geomorfologica media e bassa (P.G.1): porzione di territorio caratterizzata da bassa suscettività geomorfologia all'instabilità



GRE CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.16117.00.010.00

PAGE

20 di/of 80

- Aree ad alta pericolosità idraulica (A.P.): porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno inferiore o pari a 30 anni.
- Aree a media pericolosità idraulica (M.P.): porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno compreso fra 30 e 200 anni.
- Aree bassa pericolosità idraulica (B.P.): porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno compreso fra 200 e 500 anni.

Inoltre sulla base del DPCM del 29 settembre 1998 sono individuate le aree a rischio:

Molto elevato (R4)

Elevato (R3)

Medio (R2)

Moderato (R1)

Con Decreto del Segretario Generale n. 50 del 13/10/2020 dell'Autorità di bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, avente per oggetto *l'Adozione delle Misure di Salvaguardia relative alle aree soggette a modifica di perimetrazione e/o classificazione della pericolosità di Piani di assetto idrogeologico configurate nei progetti di varianti di aggiornamento dei PAI alle norme del PRGA*, vengono appunto adottate le Misure di Salvaguardia (**MdS**).

Le MdS risultano pertanto vincolanti, e nello specifico, l'allegato alla delibera avente per oggetto *"Misure di salvaguardia collegate alla adozione dei progetti di variante predisposti in attuazione degli aggiornamenti dei PAI alle nuove mappe del PGRA di cui alla delibera Cip n.1 del 20/12/2019"*, all' Art. 3 – Disposizioni per le aree perimetrate nei progetti di variante di aggiornamento ai vigenti PAI, recita:

"In tutte le aree perimetrate nelle mappe dei progetti di variante di aggiornamento indicate in tab.2, si applicano, a titolo di MdS le norme di attuazione dei relativi Piani Stralcio, facendo riferimento alla condizione più gravosa in termini di classificazione della pericolosità e/o del rischio, tra quella delle mappe del PAI vigente e quelle del Progetto di variante.

Le disposizioni di cui al precedente capoverso non si applicano:

- a) alle aree per le quali sono in vigore misure di salvaguardia adottate dalla Conferenza Istituzionale Permanente (CIP) all'interno di procedimenti di varianti ai PAI, in corso di adozione/approvazione, o per altre motivazioni;*
- b) alle aree di attenzione PGRA regolamentate dalle MdS di cui al successivo articolo 4".*

Le mappe di aggiornamento della Pericolosità Idraulica (in formato shape file), sono parte integrante e allegata alla delibera n. 50 del 13/10/2020.

Per l'UoM regionale Puglia ed Interregionale Ofanto, entro cui il progetto ricade, le mappe interessate dalle misure di salvaguardia sono le Mappe di Pericolosità, secondo quanto specificato nel Documento Tecnico-Descrittivo allegato alla DS n. 248 del 04/05/2020 per l'aggiornamento del Piano per l'Assetto Idrogeologico-Idraulico, Territorio Unit of Management Puglia-Ofanto ex Autorità di bacino Interregionale della Puglia alle nuove Mappe di Pericolosità del PGRA (II Ciclo).

La figura 17, mostra l'area le mappe aggiornate di pericolosità idraulica (febb. 2022), con indicazione del layout di progetto.

Dalla figura si evince che in merito al progetto, nessun aerogeneratore ricade in aree vincolate; l'unica parte progettuale ad essere interessata dalle perimetrazioni è un modestissimo tratto del cavidotto MT interrato, nel tratto che porta alla GU-04 (Figura 18), il quale interferisce con un'area perimetrata come area a media pericolosità idraulica. Trattandosi di cavidotto interrato su strada esistente, si ritiene

compatibile l'intervento con le prescrizioni contenute nelle NTA del PAI stesso in merito alle aree a Media Pericolosità Idraulica (P2)

In merito all'interferenza fra il vincolo normato dalle MdS ed il cavidotto, si evidenzia che il progetto prevede l'attraversamento interamente su strada esistente, senza arrecare alcun disturbo all'assetto idraulico delle aree, e senza pertanto aumentare l'attuale livello di pericolosità.

Per i dettagli si rimanda allo studio idrologico ed idraulico.

Da quanto esposto si ritiene quindi il progetto pienamente compatibile con le norme e le prescrizioni dettate dalle misure di salvaguardia delle mappe aggiornate della pericolosità idraulica dell'Unit of Management Puglia-Ofanto.

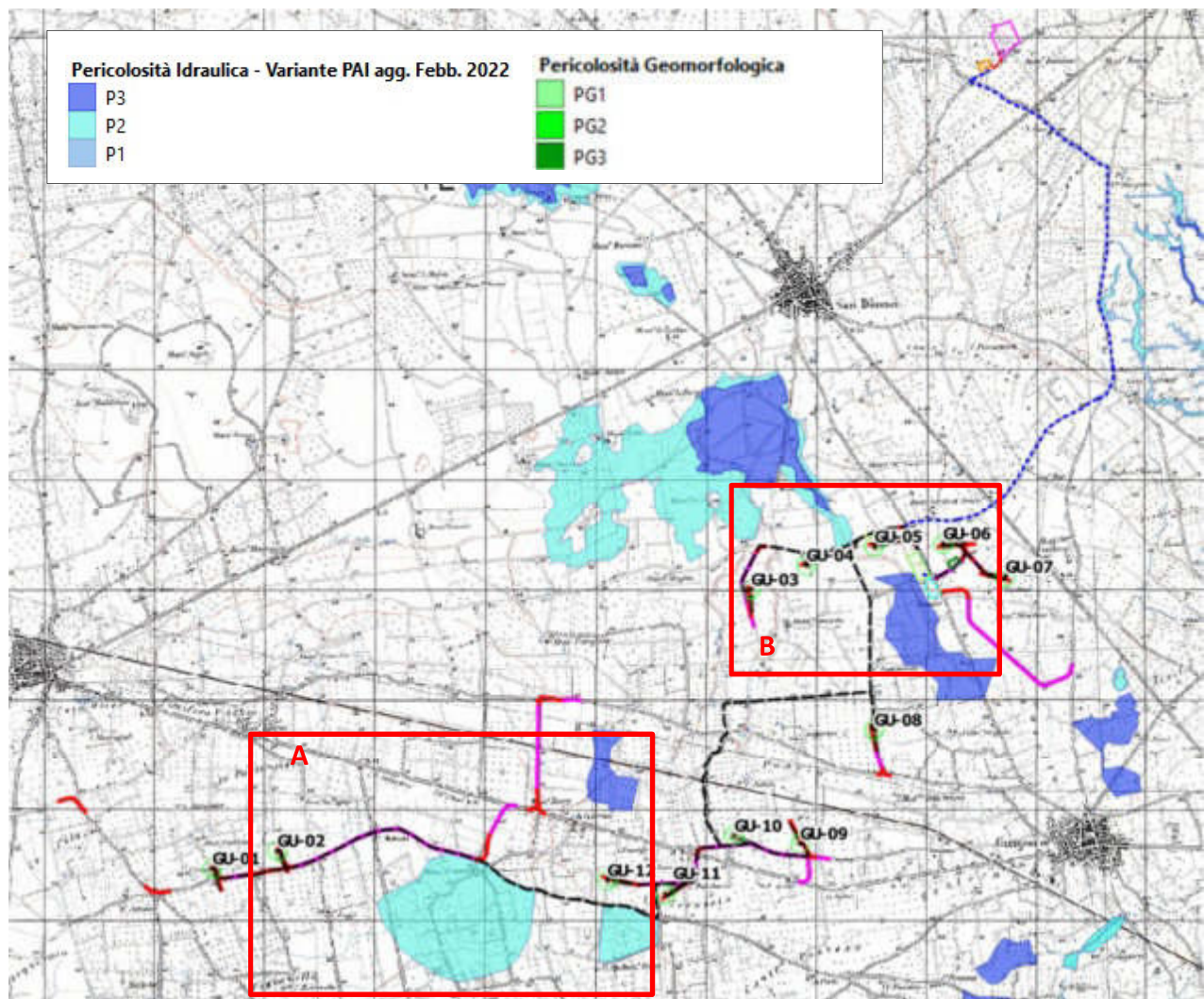
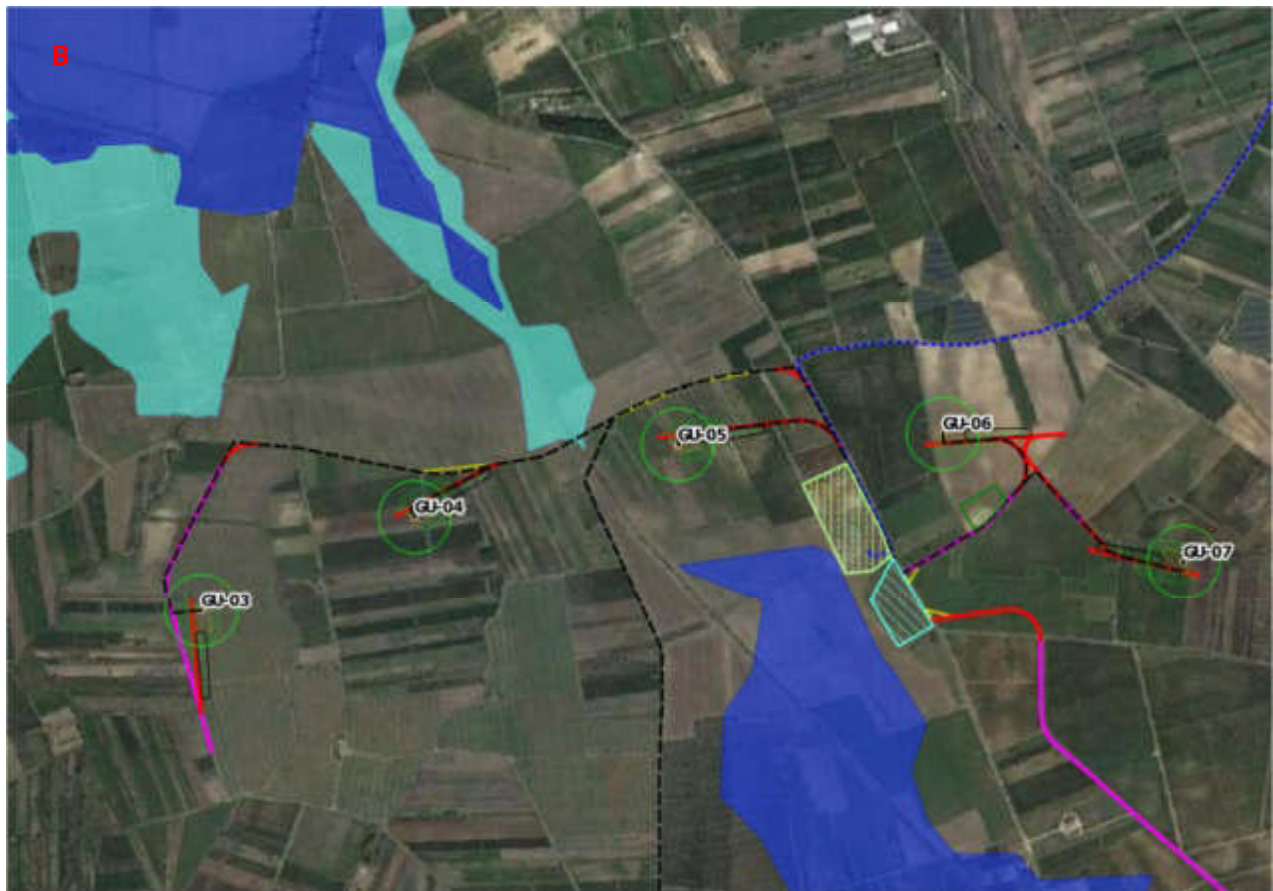


Figura 17: Particolare del lotto di progetto con indicazione dei Perimetri PAI aggiornati al 19/11/2019 (Pericolosità Geomorfologica e dei Perimetri della variante PAI (Assetto Idraulico - Luglio 2020).



Pericolosità Idraulica - Variante PAI agg. Febb. 2022

- P3
- P2
- P1

Pericolosità Geomorfologica

- PG1
- PG2
- PG3

Figura 18: Particolare aree limitrofe e/o interferenti con i Perimetri PAI vigenti (Agg. Febbraio 2020).

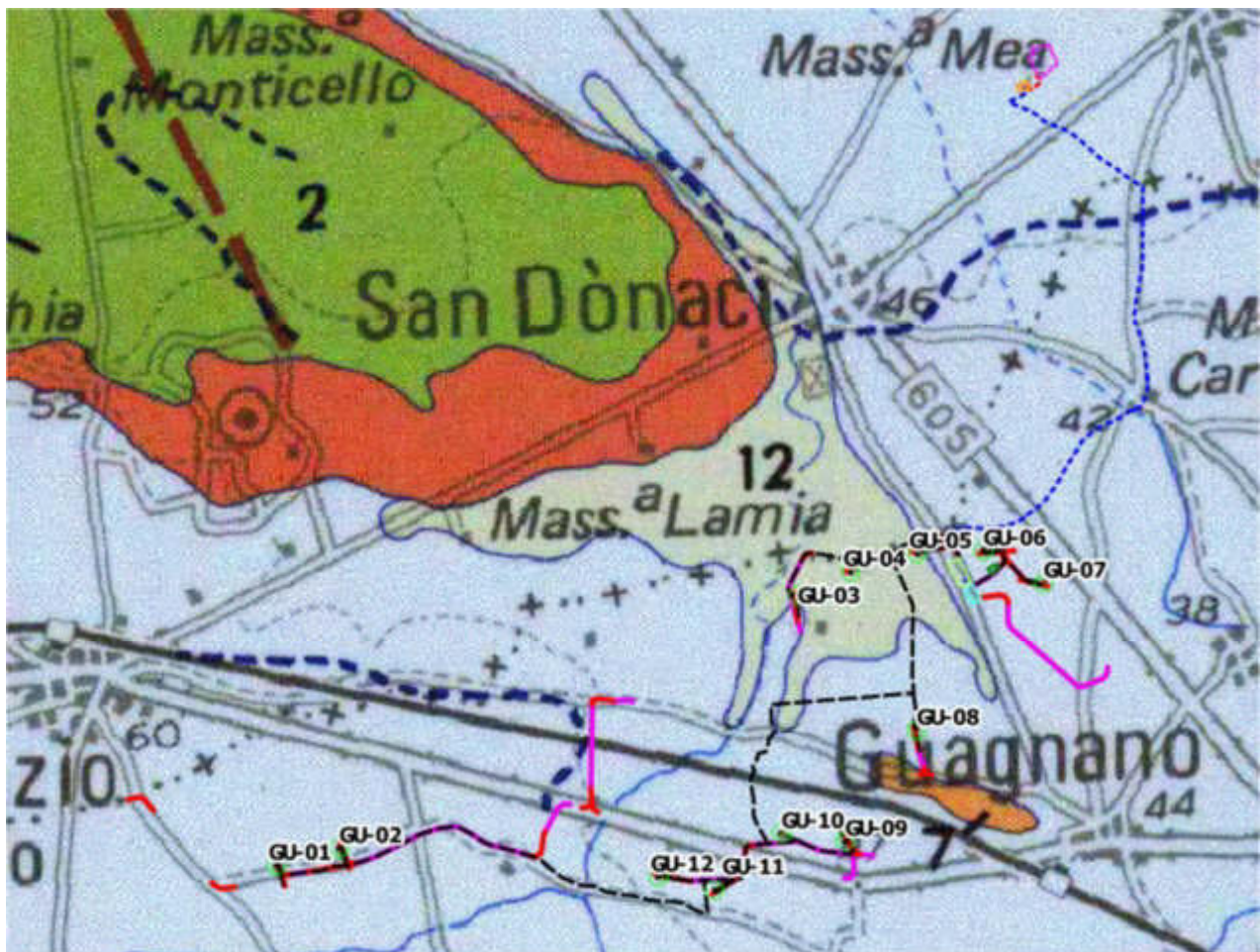
4. CONTESTO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

La geologia, in generale, rispecchia, i peculiari aspetti geotettonici regionali (Ciaranfi et al, 1992).

La formazione più antica presente, affiorante in maniera diffusa sulle Murge, è quella calcarea e calcarea-dolomitica del cretaceo superiore (calcarea di Altamura) che, come noto, costituisce il basamento regionale ove ha sede la più importante risorsa idrica sotterranea pugliese.

CARTA GEOLOGICA DELLE MURGE E DEL SALENTO

N. CIARANFI - P. PIERI - G. RICCHETTI
 Dipartimento di Geologia e Petrologia, Università di Bari
 Scala 1:250.000



12 Depositi alluvionali antichi, recenti ed attuali; depositi recenti e attuali di spiaggia emersa; dune costiere - PLEISTOCENE MEDIO E SUPERIORE - OLOCENE.

10 Complesso di depositi di spiaggia e di piana costiera, riferibili a numerose unità litostratigrafiche terrazzate in vari ordini collegate a distinte fasi eustatico-tettoniche: sabbie, conglomerati, calcareniti e calcari coralligali; PLEISTOCENE MEDIO E SUPERIORE.

4 **Calcareniti di Gravina:** depositi calcarenitici e calciruditi in facies litorale, con foraminiferi, alghe, molluschi ed echini. PLEISTOCENE MEDIO (?) - PLEISTOCENE INFERIORE.

2 **Calcarea di Altamura:** successione carbonatica di piattaforma interna caratterizzata da ripetute sequenze cicliche di mare sottile (tidale, lagunare), con sedimentazione compensata da subsidenza; lacune stratigrafiche nella parte alta della successione sono testimoniate da facies di soglia; micriti ad alghe, calcareniti a foraminiferi e frequenti livelli con Rudiste; nella parte alta calcareniti, calciruditi e patch reef a Rudiste. CRETACEO (Turoniano superiore > - Maastrichtiano).



Figura 19: Stralcio Carta Geologica delle Murge e del Salento in scala 1:250.000 (Ciaranfi, Pieri, Ricchetti).

La formazione carbonatica cretacea digrada sino a quote di circa -60 metri sul lato adriatico; risulta coperta trasgressivamente da depositi sabbioso-calcarenitici di età calabriana (Calcareniti di Gravina), caratterizzati da un grado di cementazione variabile e da spessori massimi di 30-40 metri.

La formazione calcarenitica al tetto e lateralmente passa, con continuità di sedimentazione, ad argille marnose grigio-azzurre del Pleistocene inf. (Argille Subappennine), affioranti con continuità in una fascia ad E di Taranto e in piccoli lembi attorno al Mar Piccolo. Lo spessore della formazione argillosa varia da alcune decine di metri a 100-150 m.

Ove non affiorante, la formazione argillosa si rinviene al di sotto delle formazioni del Pleistocene medio-sup., raggruppate sotto il nome di Depositi marini terrazzati e comprendenti sia calcareniti, affioranti sul versante ionico, sia sabbie fini calcaree più o meno argillose, con intercalazioni calcarenitiche, affioranti diffusamente tra Francavilla F. e Brindisi. In questi depositi, di spessore variabile da pochi metri a circa 10 metri, molto spesso hanno sede falde idriche, piuttosto contenute, a carattere stagionale e localmente indicate come falde sospese.

I depositi olocenici principali, di estensione e spessori modesti, sono costituiti da sabbie calcaree poco cementate (dune costiere) oppure da limi e argille (area paludosa di Torre Guaceto ed incisioni fluviali, Sciannabolo et al., 1992; Tavolini et al., 1994).

Per quanto concerne i caratteri strutturali, nella zona il basamento carbonatico è dislocato da due sistemi di faglie (Ciaranfi et al., 1983): quello "principale", con orientazioni NW-SE ed E-W, e quello secondario, con direzione SW-NE. Si tratta di faglie dirette, che configurano il basamento carbonatico a "gradinata" con blocchi digradanti verso il mare. Studi strutturali pregressi (Cotecchia, 1997-99), hanno altresì evidenziato un sistema prevalente di fratture, orientate NW-SE, quasi sempre bene aperte, subverticali e, spesso, totalmente o in parte, riempite di Terra Rossa.

Tale sistema tettonico ha influenzato sia le caratteristiche stratigrafiche così come quelle geomorfologiche di tutte le aree interessate, infatti tutta l'area di Brindisi, fino al territorio di San Pietro Vernotico, ha subito una forte tettonizzazione che ha dato origine alla così detta "Conca di Brindisi".

Il territorio brindisino, presenta nell'insieme un aspetto tabulare con quote che degradano leggermente verso il mare; il paesaggio è interrotto da solchi erosivi di diversa estensione ed andamento.

Tutta l'area, come accennato, è stata interessata, nel periodo Orogenetico Appenninico, da intense forze tettoniche che hanno dato origine alla Conca di Brindisi, abbassando nella parte centrale i calcari cretacei, che costituiscono l'ossatura rigida dell'intera Puglia.

Una diminuzione altimetrica del tetto dei calcari si riscontra da W verso E; valutando le isobate del tetto del calcare, si nota una discontinuità fra le stesse; la causa è molto probabilmente da ricercarsi in una presumibile faglia che deve aver provocato uno scorrimento orizzontale nella direzione ENE - WSW di parte del massiccio carbonatico (Monterisi, Romanizzi, Salvemini, 1978). Il rigetto di tale faglia è al massimo di 30-40 m e sembrerebbe annullarsi all'altezza del canale pigolati, all'interno del Porto di Brindisi.

Il combinarsi delle azioni tettoniche ha creato l'abbassamento dei calcari, che in tal modo hanno creato la conca di Brindisi, e successivamente sono stati ricolmati da sedimenti silicoclastici di origine marina.

Da un punto di vista tettonico tale conformazione strutturale può essere assimilata ad una struttura a Horst e Graben, in cui gli alti strutturali "Horst" sono rappresentati dai calcari bordanti la conca di Brindisi, mentre la parte depressa "Graben" è quella che comprende la conca.

4.1. CARATTERI GEOLOGICI LOCALI

Per la definizione dello scenario territoriale di riferimento, alla scala del progetto in epigrafe, è stato effettuato un rilievo geologico e strutturale all'intorno dell'area di intervento.

La geologia del territorio dell'area del parco eolico, è caratterizzata da un potente basamento carbonatico cretaceo (riferibile al "Calcarea di Altamura") sovrastato, in trasgressione, dai termini basali della sequenza sedimentaria marina plio-pleistocenica della "Fossa Bradanica" (Calcarenite di Gravina e Argille subappennine) su cui, durante le fasi di ritiro del mare presso le attuali linee di costa, si sono accumulati, ai vari livelli, depositi terrazzati marini e/o, depositi continentali.

La stratigrafia della zona di studio, dalla più antica alla più recente, è rappresentata da (Figura 20):

DEPOSITI MARINI

- "Calcarea di Altamura" (Cretaceo sup.)
- "Calcarenite di Gravina" (Pliocene sup. - Pleistocene inf.)
- "Argille subappennine" (Pleistocene inf.)
- "Deposit Marini Terrazzati" - DMT (Pleistocene medio - sup.)

DEPOSITI CONTINENTALI

- "Deposit colluviali ed eluviali" - (Olocene)

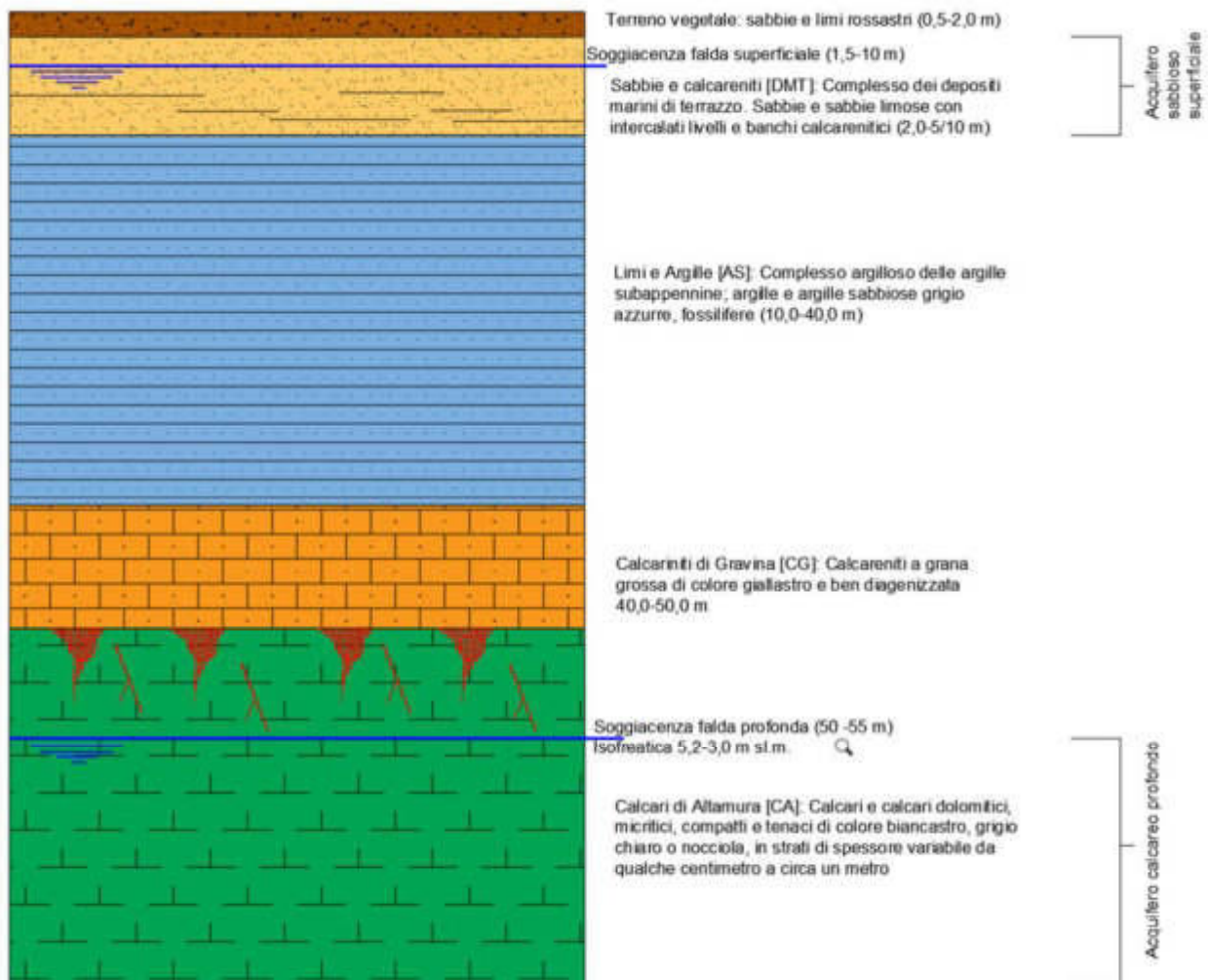


Figura 20: Assetto stratigrafico dell'area del parco eolico.

Depositi colluviali ed eluviali

Sono coperture di origine eluviale e/o colluviale comunemente indicate con il termine di "terra rossa".

Si tratta di terreni di origine residuale, prodotti dagli effetti dell'alterazione e della dissoluzione carsica sulle rocce calcaree affioranti e dal progressivo accumulo dei prodotti residuali insolubili di composizione non carbonatica.

La composizione chimico-mineralogica delle terre rosse è caratterizzata da una notevole abbondanza di idrossidi di ferro ed alluminio, di minerali argillosi (soprattutto illite e caolinite) e da componenti minori quali quarzo, feldspati, pirosseni, ecc..

La granulometria delle terre rosse presenta di norma un ampio spettro di variabilità, poiché dipende strettamente dalle caratteristiche genetiche ed evolutive dei singoli depositi.

In linea di massima si tratta, nella maggior parte dei casi, di terreni composti da particelle delle dimensioni del limo e/o delle sabbie fini, con una discreta presenza di frazione argillosa: si va pertanto – dal punto di vista granulometrico - dalle sabbie limose ai limi sabbioso-argillosi, con variazioni sensibili ed imprevedibili anche nell'ambito di uno stesso deposito.

Le terre rosse possono presentarsi con caratteristiche sia di depositi eluviali che colluviali, vale a dire sia come prodotto di alterazione e disfacimento della roccia in posto che come accumulo di materiali rimossi (ad esempio, ad opera delle acque dilavanti o di ruscellamento) dalla loro posizione originaria e ridepositati in corrispondenza di aree morfologicamente più depresse.

Le coperture eluviali presentano spessori generalmente modesti (poche decine di centimetri), mentre i depositi colluviali, che si concentrano quasi esclusivamente in avvallamenti, cavità e depressioni, manifestano degli spessori estremamente mutevoli ed imprevedibili, in quanto strettamente connessi all'andamento morfologico del substrato.

Depositi Marini Terrazzati

L'unità pleistocenica dei Depositi di Terrazzo è litologicamente costituita da calcareniti giallastre a grana grossa ben cementate con intercalati livelli sabbiosi ed altri costituiti da calcari organogeni in strati di spessore variabile da qualche centimetro a 10÷15 cm; a luoghi, nell'ambito della successione, in particolare nel tratto basale della stessa, a diretto contatto con le Argille Subappennine, sono presenti strati decimetrici di calcari molto compatti e tenaci.

La facies sabbiosa è costituita da prevalenti granelli di quarzo, feldspati, materiale carbonatico di origine detritica e bioclastica nonché da subordinati cristalli di mica. I fossili rappresentati da prevalenti lamellibranchi ed alghe, sono frequenti tanto da costituire a luoghi vere lumachelle; le osservazioni al microscopio hanno messo in evidenza che sono frequenti anche i microrganismi rappresentati da foraminiferi. Da quanto sopra esposto se ne deduce che, dal punto di vista granulometrico, per quanto riguarda la facies sabbiosa, i contenuti in ghiaia (0%÷28%), in sabbia (3%÷84%) e limo (2%÷75%) sono estremamente variabili in funzione degli intervalli stratigrafici presi in considerazione.

Il contenuto naturale d'acqua oscilla intorno ad un valore medio del 20,79% con indice dei vuoti variabile e compreso tra 0,49 e 0,87.

Per quanto riguarda l'estensione areale di questa unità si può supporre che sia totale per tutta l'area oggetto di studio. Il passaggio alle sottostanti Argille subappennine può avvenire in maniera diretta o tramite dei termini di passaggio rappresentati da sabbie e limi sabbiosi che si descrivono nel successivo paragrafo.

Lo spessore dell'unità è molto variabile, compreso tra pochi decimetri e una ventina di metri pur essendo

i valori più ricorrenti di 5÷6 m. Il tetto di questa unità si trova a quote variabili tra 30 m e -15 m rispetto al l.m.m.

I Depositi Marini Terrazzati (DMT), costituiscono il sedime di fondazione della totalità dell'area del parco eolico.

Argille Subappennine

La formazione infrapleistocenica che si descrive è caratterizzata da argille e argille sabbiose grigio azzurre, fossilifere. Dal punto di vista granulometrico, questi depositi possono essere definiti come limi sabbiosi con argilla; ciò nonostante notevoli sono le variazioni relativamente alla dimensione dei granuli. La percentuale in sabbia varia dal 2% al 55%, quella in limo dal 11%; il contenuto medio in carbonati è del 31%, valore quest'ultimo che tende ad aumentare man mano che ci si avvicina alle sottostanti Calcareniti di Gravina. All'interno della successione, il cui spessore è di difficile valutazione ma sempre perlomeno decametrico, si possono individuare livelli sabbiosi, anch'essi di colore grigio azzurro, la cui estensione laterale e verticale non è ben definibile. Il passaggio stratigrafico con le sottostanti Calcareniti di Gravina avviene mediante un livello continuo sabbioso limoso particolarmente ricco in fossili. Il contenuto naturale d'acqua varia passando da un valore minimo del 14,05% al 43,5% ed il grado di saturazione è anch'esso estremamente variabile passando dal 71,84% al valore limite pari al 100%.

Le analisi geotecniche di laboratorio, eseguite sui campioni indisturbati prelevati in corrispondenza dello strato argilloso, indicano una bassa permeabilità, che si attesta intorno a valori compresi tra 10⁻¹⁰ e 10⁻¹¹ m/s (media 1,81E -10 m/s).

Localmente, tale formazione non è stata rilevata in affioramento.

Calcareniti di Gravina

L'unità della Calcarenite di Gravina rappresenta la più antica delle unità pleistoceniche presenti nell'area. La formazione, caratterizzata da calcareniti a grana grossa di colore giallastro e ben diagenizzata, con frequenti macro e microfossili (foraminiferi bentonici, briozoi, lamellibranchi, gasteropodi, echinodermi, alghe calcaree e serpulidi), poggia con contatto discontinuo e discordante sul basamento carbonatico cretaceo.

Dal punto di vista chimico questi depositi sono costituiti da calcite normale con un basso contenuto in magnesio. Costituenti minori sono la kaolinite, l'illite, la clorite, la smectite, la gibsite e la goethite che si trovano dispersi nel sedimento mentre quarzo e feldspati si rinvengono come singoli grani. La matrice micritica è più o meno completamente assente.

Lo spessore di questa formazione è molto variabile e raggiunge valori massimi superiori alla trentina di metri. Il grado di porosità è variabile tra il 42,90% ed il 49,40%.

Le calcareniti di Gravina affiorano in lembi di limitate estensioni nell'area est del parco eolico.

Calcri di Altamura

L'intervallo stratigrafico, è costituito da un'alternanza tra calcri e calcri dolomitici, micritici, compatti e tenaci di colore biancastro, grigio chiaro o nocciola, in strati di spessore variabile da qualche centimetro a circa un metro. A luoghi gli strati si presentano fittamente laminati e sono facilmente riducibili in lastre. Gli affioramenti sono limitati a qualche metro di spessore, a luoghi coperti da terreno agrario; spessori maggiori, sino a 30÷40 m, sono esposti nelle pareti delle cave, attive e no, in alcuni casi utilizzate come discariche, ubicate nell'entroterra brindisino. In più luoghi gli strati risultano fratturati e disarticolati. I

macrofossili sono in genere scarsi, caratterizzati da frammenti di rudiste e subordinati coralli e pettinidi. Il tetto del basamento carbonatico cretacico si trova a quote molto differenti tra loro anche in aree relativamente vicine, in ciò evidenziando la probabile presenza di faglie che presentano rigetto decametrico.

La formazione è rappresentata dai seguenti tipi litologici:

1. dolomie e calcari dolomitici, grigi, talora bituminosi; in alcuni livelli la dolomitizzazione si è compiuta durante la prima diagenesi (dolomitizzazione penecontemporanea, dimostrata dalla grana assai minuta, dalla porosità scarsa, dalle strutture originarie ben conservate), mentre in altri livelli, più frequenti, la dolomitizzazione è di diagenesi tardiva (grana più grossa, porosità notevole, strutture originarie praticamente scomparse);
2. calcari micritici, chiari, spesso laminari;
3. calcari ad intraclasti;
4. calcari a pellets;
5. calcari a bioclasti;
6. breccie calcaree.

Le breccie sono particolarmente frequenti a nord dell'area in studio, soprattutto in prossimità di S. Vito dei Normanni, dove sembrano rappresentare un livello abbastanza continuo, di qualche metro di potenza, che potrebbe segnare un episodio regressivo.

I frammenti, calcarei, sono angolosi, di dimensioni variabili (che talora superano i 30 cm di diametro) e derivano chiaramente dagli strati cretacici sottostanti.

La stratificazione è molto spesso evidente, con periodo da 5 a 40 cm. Sono pure spesso presenti, nei singoli strati, laminazioni e suddivisioni ritmiche.

I calcari cretacei appartenenti alla formazione sopra descritta non affiorano direttamente all'interno dell'area di progetto: estesi affioramenti si rilevano a nord ed a sud dell'area in studio.

5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il territorio si mostra piuttosto pianeggiante con deboli contro pendenze, leggermente inclinata sull'asse NO-SE, con quote variabili che vanno da circa 70,00 m. s.l.m. dell'area sud-ovest ai 40,00 m. s.l.m. della zona centrale.

Le aree più elevate del territorio rappresentano presumibilmente un "alto strutturale", elevato per una decina di metri all'area adiacente pianeggiante, che corrisponde al "basso strutturale" originatosi in concomitanza di fenomeni tettonici antichi che hanno interessato il basamento carbonatico cretatico; la morfologia del terreno appare qui piana e tabulare, con evidenti tracce di fenomeni carsici.

La rete idrografica superficiale è rappresentata da una successione monotona di bacini endoreici, di "lame" e di "gravine"; queste ultime rappresentate da canali scolanti e drenanti naturali in rocce carbonatiche prevalentemente carsificate.

Nel Salento sono presenti 8 aree endoreiche con verso di deflusso omogeneo, separate da linee spartiacque poco evidenti sul terreno o da aree, coincidenti normalmente con estesi affioramenti di rocce carbonatiche, dove non esiste un drenaggio superficiale organizzato.

Nel perimetro delle aree endoreiche esistono diversi reticoli che per lo più terminano in corrispondenza di inghiottitoi carsici. I singoli bacini idrografici si sviluppano prevalentemente sulle unità non carbonatiche e poco permeabili del Pleistocene medio – superiore (Depositi Marini Terrazzati); il deflusso delle acque invece avviene normalmente verso settori dove affiorano rocce carsificabili o dove le coperture non carbonatiche si assottigliano.

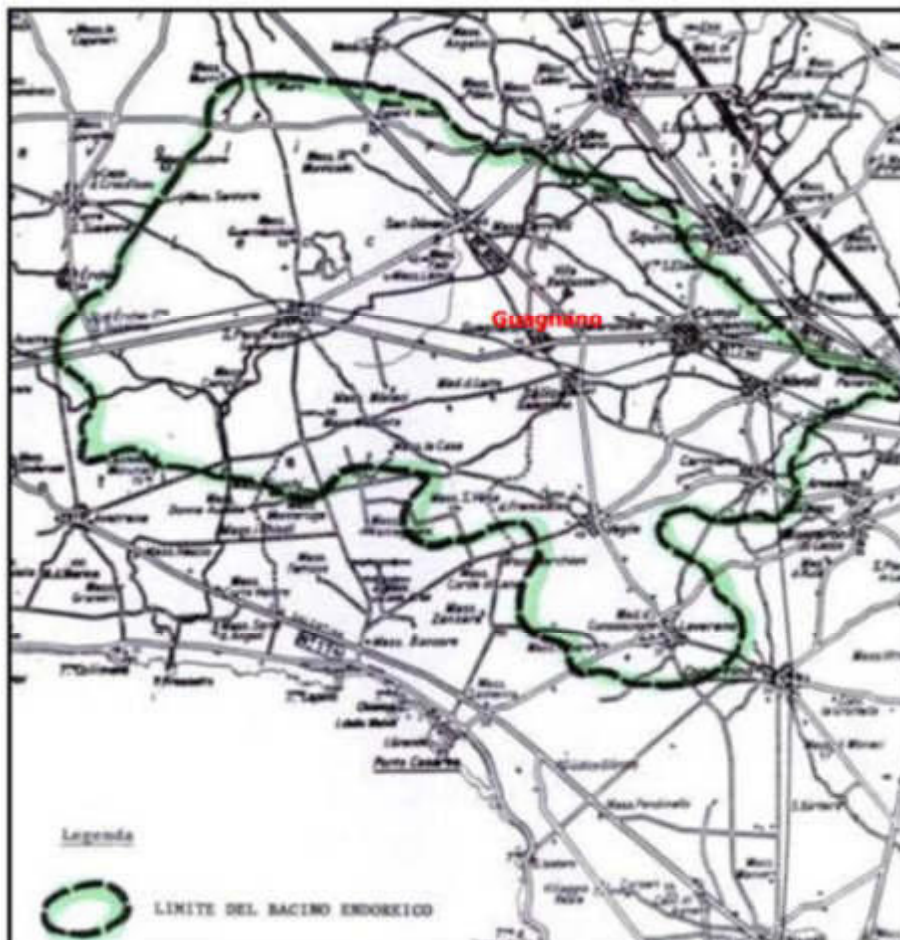


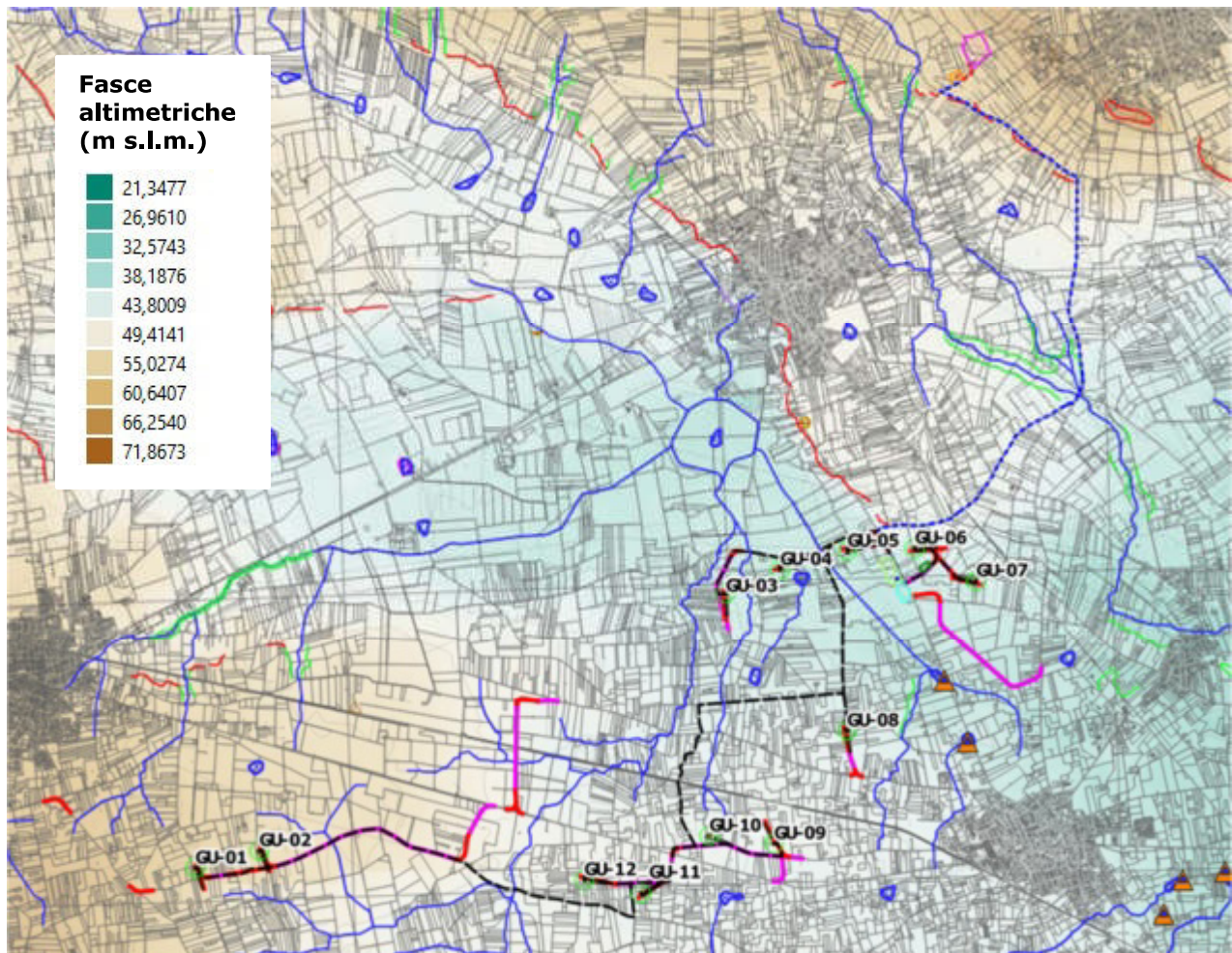
Figura 21: Bacino endoreico di pertinenza del territorio di Guagnano.

L'area endoreica di pertinenza del territorio di Guagnano (Figura 21), è delimitata dalle altre aree endoreiche contermini da linee spartiacque più o meno evidenti; in quest'area il deflusso avviene verso i quadranti orientali, grossomodo verso il piede di una lunga ed evidente scarpata arcuata di probabile origine tettonica, allungata tra Cellino San Marco e San Cesario di Lecce. La scarpata è modellata nel tratto settentrionale in depositi sabbiosi ascrivibili al complesso dei Depositi Marini Terrazzati e nel tratto meridionale sulle unità cretacee, oligoceniche, mioceniche e del Pleistocene inferiore.

In questa area sono presenti lunghi reticoli poco gerarchizzati e poco incisi ed alcuni brevi solchi il cui andamento è stato probabilmente condizionato dall'intervento antropico. L'incisione più importante è il Canale della Lacrima (in territorio di Campi). I solchi fluviali si sviluppano quasi integralmente sulle rocce non carbonatiche del Pleistocene medio e superiore; quelli meridionali sono orientati circa E-W o SW-NE, quelli più settentrionali, tra cui anche il Canale della Lacrima, sono orientati NW-SE. I solchi più brevi terminano direttamente all'interno di inghiottitoi carsici; quelli più lunghi invece terminano nel perimetro di conche poco estese dove normalmente sono presenti diversi punti assorbenti più o meno visibili. I punti assorbenti si trovano lungo il limite stratigrafico tra le unità del Pleistocene medio e superiore e le unità calcaree del Cretaceo e del Pleistocene inferiore.

In tali solchi gli episodi di erosione per ruscellamento si manifestano in occasione di eventi meteorici particolarmente intensi anche se non eccezionali. Tanto le acque incanalate quanto quelle non regimate vanno poi, di solito, a raccogliersi in aree a elevata permeabilità secondaria, lungo il limite di affioramento dei calcari, infiltrandosi nel sottosuolo attraverso fratturazioni e cavità carsiche; ovvero tendono a raccogliersi nelle aree delle "Paludi" localizzate a nord dell'area del parco in agro di San Donaci (BR), dove è ricorrente la formazione di durevoli ed estesi ristagni a carattere stagionale che si esauriscono nel tempo per lenta infiltrazione dell'acqua in cavità naturali delle rocce carbonatiche sottostanti.

Quanto esplicitato in precedenza è mostrato in forma grafica nella *Tavola 2 - Carta Geologica e Geomorfologica* di cui la figura 22 ne mostra uno stralcio.



Fasce altimetriche (m s.l.m.)

- 21,3477
- 26,9610
- 32,5743
- 38,1876
- 43,8009
- 49,4141
- 55,0274
- 60,6407
- 66,2540
- 71,8673

LEGENDA

- PIATTAFORMA E AEROGENERATORE
- VIABILITA' NUOVA REALIZZAZIONE
- VIABILITA' DA ADEGUARE
- CAVIDOTTO MT
- CAVIDOTTO AT
- CAVIDOTTO AT CONDIVISO
- AREA DI MANOVRA
- ALLARGAMENTO
- AREA DI CANTIERE/STOCCAGGIO
- AREA SSU 33/150kV + BESS Guagnano
- AREA SE Condivisa
- AREA INDICATIVA FUTURA STAZIONE ELETTRICA 380/150kV CELLINO
- STALLO ARRIVO SE CELLINO (Punto di connessione RTN)

Elementi Geomorfoloici

- Forme di versante**
 - Punti sommitali
 - Orlo di scarpata delimitante forme semispianate
- Forme di modellamento di corso d'acqua**
 - Ripa di erosione
- Forme carsiche**
 - Vore
 - Doline_point
 - Dolina
- Forme ed elementi legati all'idrografia superficiale**
 - Reticolo**
 - Corso d'acqua episodico
 - Corso d'acqua obliterato
 - Recapito finale di bacino endoreico
 - Cave

Figura 22: Carta Geomorfoloica di sintesi dell'area in studio.

6. ASSETTO IDROGEOLOGICO

I caratteri di permeabilità della successione litostratigrafica che caratterizza l'area di intervento permettono di suddividere la stessa in 3 unità idrogeologiche che rivestono un diverso ruolo idrostrutturale. Queste, dalla più profonda a quella più superficiale, sono:

- ✓ unità calcarea profonda, corrispondente alla successione carbonatica cretaceo - pliocenica, permeabile essenzialmente per fessurazione e carsismo, con grado di permeabilità variabile da mediamente a molto permeabile e sede della falda di base circolante in pressione.
- ✓ unità argilloso - marnosa, corrispondente alle Argille subappennine, praticamente impermeabile, rappresenta un acquiclude;
- ✓ unità superiore, corrispondente ai depositi calcarenitico-sabbiosi ed indicativamente al primo metro delle Argille subappennine (livello di alterazione), permeabile per porosità e sede di una falda superficiale a pelo libero sostenuta dalla sottostante unità argilloso-marnosa;

In sintesi quindi, nell'area di interesse esiste un acquifero, sede della cosiddetta falda di base o profonda, confinato superiormente dalle argille subappennine, ed un acquifero superficiale (confinato inferiormente dalle stesse argille) costituito dalla unità calcarenitica superiore interessato dalla presenza di acque dolci che prende il nome di *"falda superficiale dell'area leccese settentrionale"*.

6.1.1. Caratteristiche dell'acquifero superficiale

In corrispondenza del settore di affioramento dei depositi di terrazzo tale acquifero ha una potenza estremamente variabile, pari mediamente a 4 - 5 metri e contiene una falda freatica che interessa la parte inferiore delle calcareniti sabbiose affioranti ed i primi decimetri della sottostante successione argillosa, più ricca nella frazione limoso-argillosa e coincidente probabilmente con un fronte di alterazione. Tutto questo settore è caratterizzato dalla presenza di acque sotterranee circolanti nelle rocce carbonatiche basali (falda profonda) alimentate dall'acquifero Murgiano; esse drenano naturalmente verso il mare ma, a seconda delle barriere idrogeologiche presenti, vengono a giorno in forma concentrata o diffusa (sorgenti subcostiere, costiere, subaeree e sottomarine) oppure alimentano in parte l'acquifero superficiale, rappresentato per lo più dai depositi marini terrazzati (falda superficiale).

Come risulta evidente dalla cartografia riportata in allegato (*Tavola 3 - Carta Idrogeologica*), di cui la figura 23 ne mostra uno stralcio, questa falda occupa il sottosuolo di un territorio abbastanza vasto e compreso tra gli abitati di Copertino, Salice Salentino, Squinzano e Guagnano. Essa continua nel vicino territorio di Brindisi dove si congiunge alla vasta falda superficiale che circola nei terreni plio-pleistocenici con deflusso diretto verso la costa adriatica. Dal punto di vista generale si può affermare che le modalità di deflusso di questa falda dipendono quasi totalmente dalla morfologia che caratterizza il substrato argilloso che la sostiene.

Le portate estraibili dai singoli pozzi sono estremamente modeste (minori di 0.5 l/s) con valori più elevati localizzati in corrispondenza del territorio che comprende Salice Salentino e Guagnano in conseguenza di vie preferenziali di deflusso. Anche i valori di salinità sono molto variabili (compresi tra circa 0.5 e circa 3 g/l) e dipendono considerevolmente dai tempi di contatto delle acque di falda con il substrato argilloso e riconferma della scarsa mobilità delle acque e del ridotto tasso di rinnovamento.

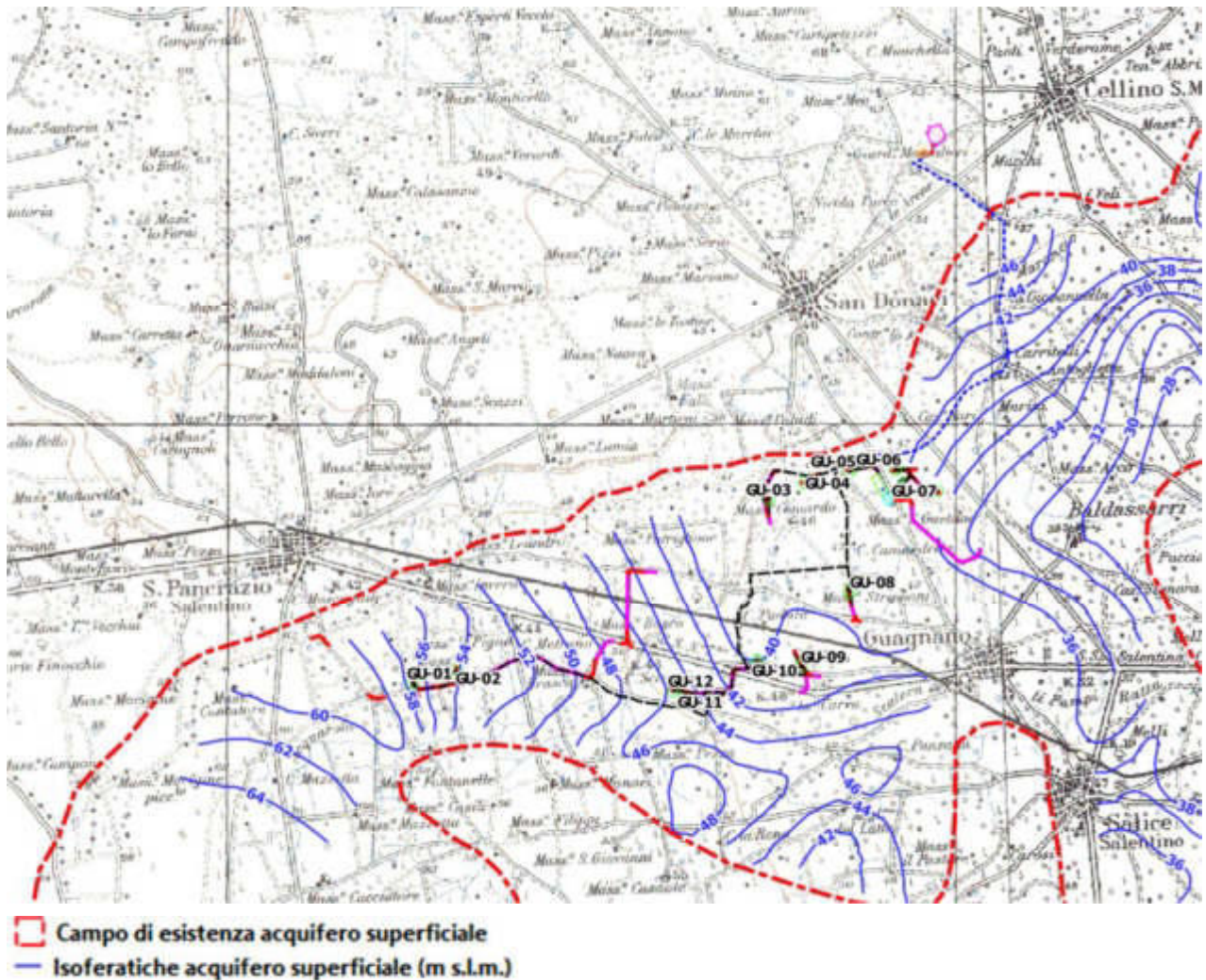


Figura 23: Isofreatiche dell'acquifero superficiale.

6.1.2. Caratteristiche dell'acquifero profondo

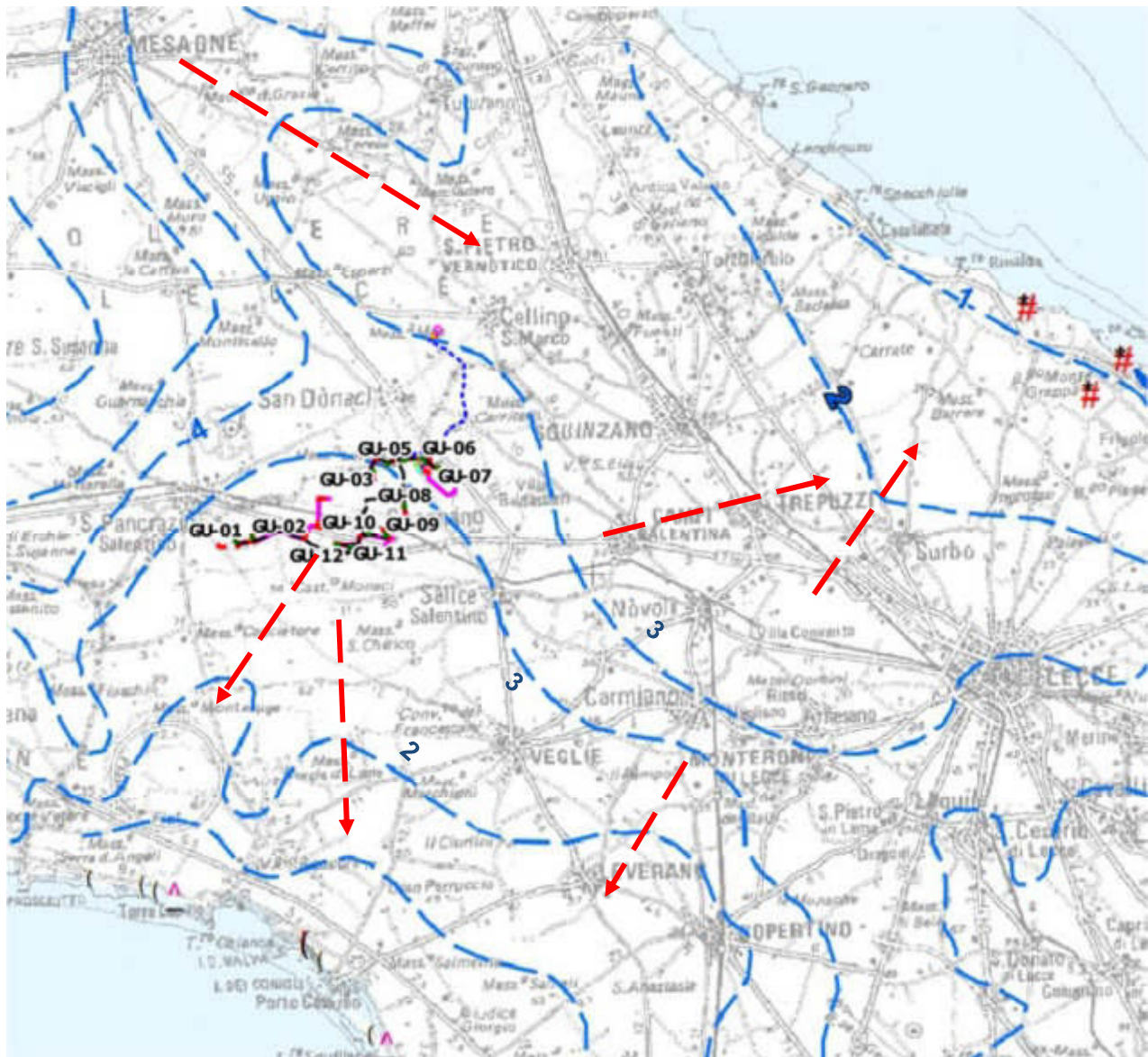
Nell'area in studio, di rinviene il complesso acquifero del salento, la cui falda profonda percola, in pressione, a qualche metro sopra il livello medio marino fra i 50-55 m dal p.c.

La permeabilità media dei terreni affioranti è molto buona ed è variabile a seconda del grado di alterazione dei calcari; in ogni caso non inferiore a $K = 1 \times 10^{-4}$ m/sec.

L'andamento della superficie piezometrica, mostrato in Figura 24, evidenzia un deflusso idrico sotterraneo nella zona piuttosto omogeneo, caratterizzato da ampi fronti di drenaggio con direzione principale di deflusso orientata verso la costa ionica.

L'acquifero risulta quindi caratterizzato da un discreto grado di permeabilità d'insieme, visualizzato dal sensibile distanziamento delle curve isopiezometriche rappresentative dei parametri idrogeologici ben definiti, all'interno dell'altopiano murgiano, per poi aumentare il gradiente in corrispondenza della scarpata che raccorda la piana costiera all'altopiano murgiano. In generale la cadente piezometrica è ovunque relativamente bassa ed il deflusso è prevalentemente a pelo libero, con bassi carichi rispetto al livello medio marino.



L'andamento medio delle isofreatiche (Figura 31), riferito al tetto della falda acquifera profonda salentina, evidenzia un andamento complesso, non riconducibile a modelli schematici semplificati.



LEGENDA

— isofreatica (m s.l.m.)

EMERGENZE CENSITE DA S.I.M. DI BARI

-  Portata < 10 l/s
-  Portata > 10 l/s

N.B.: le frecce indicano la direzione di deflusso delle acque della falda profonda.

Figura 24: Isofreatiche dell'acquifero carsico calcareo (Fonte: Piano Regionale di Tutela delle Acque, SOGESID S.p.a., 2005).

La circolazione e l'alimentazione avvengono, probabilmente, per sistemi idrici indipendenti, con meccanismi di alimentazione, drenaggio e di deflusso determinati dai relativi sistemi idrogeologici.

Il livello marino a cui tende la superficie piezometrica della falda profonda è denominato "interfaccia", cioè zona di graduale passaggio tra acqua di falda dolce e acqua salata sottostante, passaggio che si sviluppa con spessori dell'ordine delle decine di metri.

Il contatto avviene per galleggiamento, seguendo la legge di gravità dei liquidi a diversa densità, pertanto la determinazione dello spessore dell'interfaccia risulta sempre molto azzardato.

Al fine di rendere di più facile comprensione l'assetto idrogeologico locale, è stata prodotta apposita

cartografia in cui sono ubicati tutti i pozzi idrici presenti nell'area di progetto, censiti dall'ISPRA nell'ambito del progetto "Archivio indagini nel sottosuolo (Legge 464/84)". Per ogni pozzo censito è indicato il livello statico della falda, così come indicato all'interno della scheda interrogabile per ogni pozzo censito.

Dalla consultazione dei livelli statici dei pozzi idrici censiti, è stata elaborata la carta della isogiaccenza della falda (se ne mostra uno stralcio in figura 25, per il dettaglio si rimanda alla Tavola 3), espressa in metri dal piano campagna (sia in forma cromatica che con l'indicazione delle isocurve di soggiaccenza).

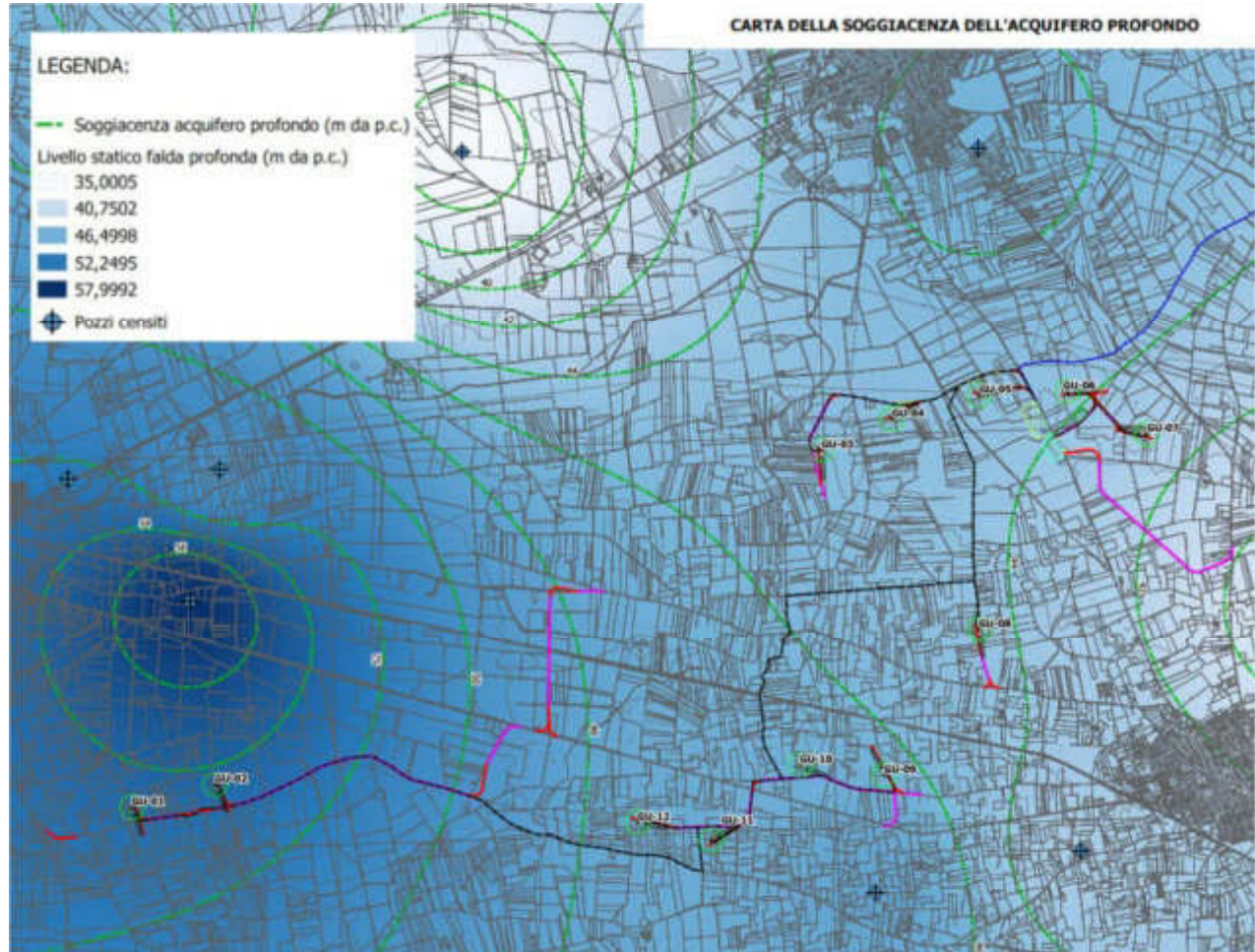


Figura 25: Livello statico falda profonda all'interno dei pozzi censiti.

7. INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

La campagna di indagini geognostiche, pianificata per il presente progetto ha indagato aree in cui l'accesso era consentito, cercando di investigare le litologie caratteristiche del sedime di fondazione degli aerogeneratori. Le indagini eseguite, rappresentano una prima caratterizzazione di massima dei litotipi affioranti all'interno dell'area di progetto, che dovranno necessariamente essere integrate in fase di progettazione esecutiva, andando ad investigare puntualmente ogni postazione in cui è prevista l'ubicazione degli aerogeneratori, nonché di ogni struttura interagente con il sottosuolo.

Nello specifico la campagna di indagini è consistita in:

- ✓ esecuzione di n. 6 indagini sismiche a rifrazione con restituzione tomografica in onde P ed S;
- ✓ Esecuzione di n. 6 Indagini Sismiche MASW, al fine di definire la V_s , eq e di conseguenza la categoria del suolo di fondazione (NTC18).
- ✓ Esecuzione di n. 6 misure HVSR con impiego di sismografo monocanale tridimensionale.

L'ubicazione, le metodologie di indagine ed i report dettagliati sono riportati nell'Allegato 1 – REPORT SULLE INDAGINI IN SITO.

Le indagini sono state commissionate dal soggetto proponente, Enel Green Power SRL ed eseguite dalla ditta CoStag.



Figura 26: Ubicazione indagini geofisiche.

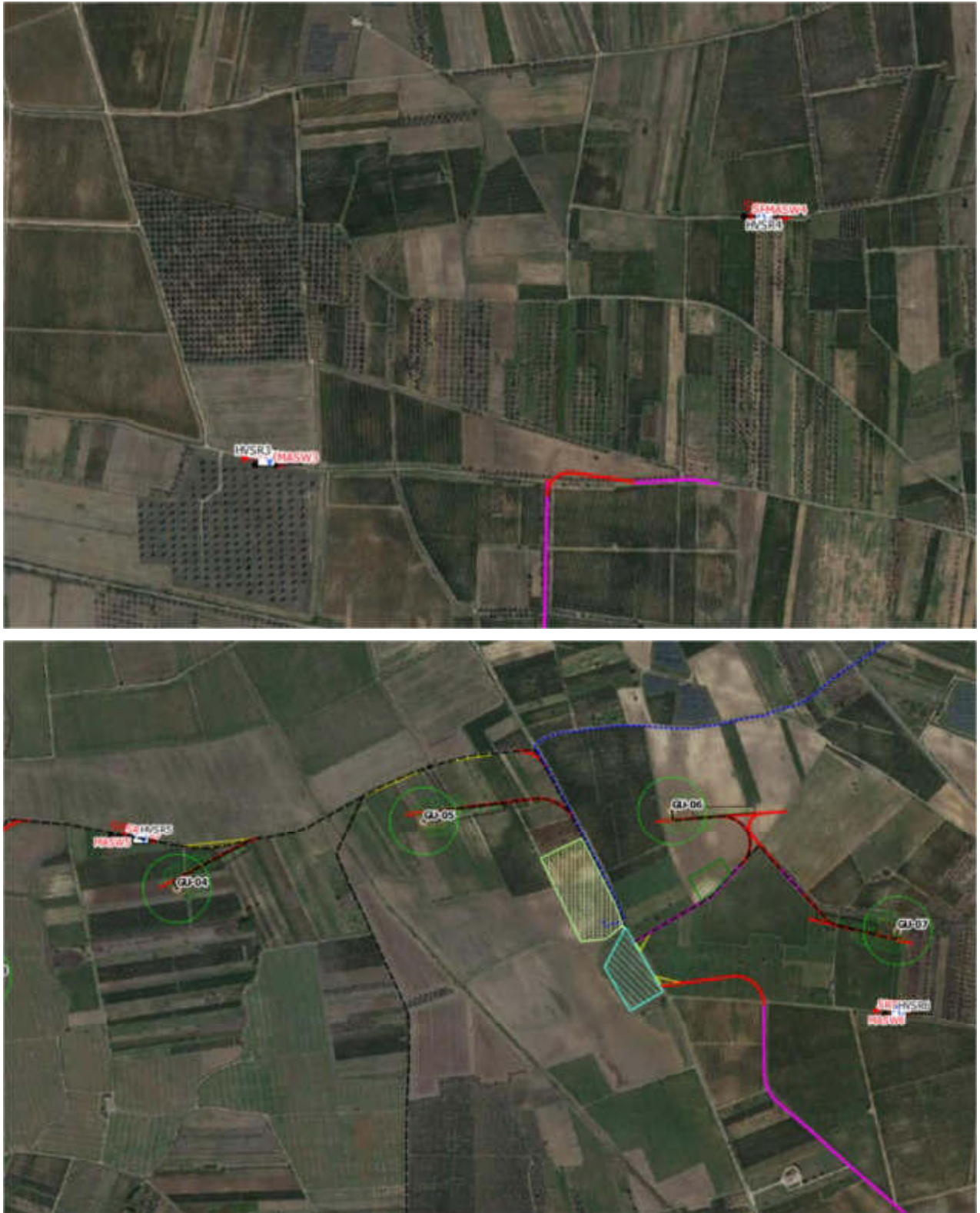


Figura 27: Ubicazione indagini geofisiche.



Figura 28: Ubicazione indagini geofisiche.

7.1. TOMOGRAFIA SISMICA IN ONDE P ED SH

La campagna d'indagine geofisica è consistita nell'esecuzione di N. 5 Tomografie sismiche a Rifrazione in Onde P ed in onde S.

La campagna d'indagine geofisica, condotta nel rispetto dello stato dell'arte e delle linee guida dettate dalla letteratura scientifica, è conforme alla vigente normativa sismica e in particolare ai contenuti dell'O.P.C.M. n. 3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e s.m.i. e al D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC 2018) pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n° 42 del 20.2.2018.

Per quanto concerne l'ubicazione, la metodologia operativa ed i dati di campo si rimanda all'ALLEGATO 1 – REPORT SULLE INDAGINI IN SITO.

7.1.1. Il metodo sismico a rifrazione

Il metodo sismico a rifrazione, si presenta di estrema utilità nel campo della tecnica delle fondazioni su roccia in quanto fornisce al progettista utili indicazioni sulla qualità dell'ammasso roccioso.

La sismica a rifrazione utilizza le onde acustiche nei corpi solidi. La generazione delle onde acustiche avviene utilizzando come energizzazione un martello percussore, una massa battente oppure una piccola carica esplosiva. Le onde sismiche (sonore) viaggiano nel sottosuolo a diverse velocità a seconda dei litotipi attraversati e subiscono lungo le superfici di discontinuità geologica i fenomeni della riflessione, rifrazione e diffrazione.

Le superfici di confine degli strati geologici, caratterizzati da una differenza di velocità tra lo strato superiore (V_1) e lo strato ad esso sottostante (V_2), producono dei raggi rifratti che viaggeranno parallelamente alla superficie di discontinuità (con la stessa velocità dello strato "più veloce") rifrangendo

continuamente verso l'alto (quindi verso lo strato "più lento") energia elastica.

Una delle condizioni principali per l'applicazione del metodo della sismica a rifrazione è che la velocità di propagazione delle onde sismiche aumenti con la profondità ($V_1 < V_2$). Un altro requisito indispensabile per il buon funzionamento di questa metodologia è che gli strati posseggano uno spessore sufficiente per essere rilevati; in caso contrario occorre aumentare il numero di geofoni e diminuirne la spaziatura.

L'energia rifratta che ritorna alla superficie viene misurata utilizzando dei geofoni.

Attraverso lo studio dei tempi di percorso e quindi delle velocità si può risalire alla disposizione geometrica ed alle caratteristiche meccanico-elastiche dei litotipi presenti nella zona di indagine.

È buona norma commisurare l'intensità dell'energizzazione alla lunghezza dello stendimento e, quando possibile utilizzare le opzioni di controllo automatico del guadagno. Diversamente i primi arrivi potrebbero essere difficili da riconoscere sia per l'eccessiva debolezza del segnale (geofoni lontani dal punto di scoppio) sia per la possibile saturazione dei geofoni più vicini.

Le onde P sono anche chiamate Onde Primarie in quanto si propagano nel mezzo attraversato con maggiore velocità rispetto alle altre onde. Nelle onde P, le particelle che costituiscono il mezzo attraversato vengono spostate nello stesso senso di propagazione dell'onda, in questo caso, in senso radiale. Quindi, il materiale si estende e si comprime con il propagarsi dell'onda. Le onde P viaggiano attraverso il terreno in modo analogo a quello delle onde sonore attraverso l'aria.

La velocità con la quale le onde P si propagano in un mezzo dipende dalle proprietà fisiche (cioè rigidità, densità, saturazione) e dal grado di omogeneità del terreno. Dalla sorgente di energizzazione viene emanato un "treno d'onde" i cui segnali saranno rilevati dalle stazioni riceventi ad intervalli di tempo dipendenti dalle caratteristiche elastiche del terreno. La registrazione grafica del treno d'onda in arrivo è chiamata "sismogramma". I fronti d'onda possono essere superfici sferiche o di forma qualsiasi. La propagazione di onde può quindi essere interpretata come una continua generazione di onde circolari che interferendo fra loro danno luogo a un'onda risultante osservabile macroscopicamente.

Le semirette normali ai fronti d'onda sono chiamate "raggi sismici" ed indicano la direzione di propagazione dell'onda elastica.

Per l'analisi dei dati ottenuti tramite la sismica a rifrazione, è usuale considerare sia le immagini delle onde sismiche sia i percorsi dei raggi sismici. Questi ultimi possono sostituire i fronti d'onda con buona approssimazione, permettendo di trattare soltanto i tempi di percorso delle onde elastiche e non tutte le altre grandezze tipiche di un fenomeno ondulatorio quali ampiezza, frequenza e fase.

Quando un raggio incontra un'eterogeneità sul percorso, per esempio un contatto litologico con un altro materiale, il raggio incidente si trasforma in diversi nuovi raggi. Gli angoli che il raggio incidente, i raggi riflessi ed i raggi rifratti formano con la normale alla superficie di contatto tra i due materiali sono legati fra loro ed alle velocità di propagazione da alcune relazioni note come "leggi di SNELL".

7.1.2. Analisi dei risultati

Nel report sulle indagini allegato alla presente vengono riportate le dromocrone, le registrazioni relative ai diversi punti di scoppio, nonché le sezioni tomografiche.

SRT_01 – Onde P

L'indagine eseguita con onde P a 48 canali STR 1, ha permesso di ricostruire una sezione sismo stratigrafica a 2 strati, raggiungendo una profondità massima di indagine di poco più di 30 m.

Nel dettaglio i dati indicano la presenza di una superficie rifrangente a una profondità variabile tra circa 9 metri rispetto al p.c., nel tratto occidentale del profilo, che tende a risalire fino a circa 5 metri dal p.c. nel tratto terminale.

Le velocità delle onde P nel primo sismo strato sono più alte nella parte occidentale del profilo (fino a 785 m/s) e tendono a scendere nella parte centrale ed orientale del profilo stesso (velocità comprese tra 550 e 580 m/s); nello strato sottostante le velocità variano da circa 1700 m/s fino ad oltre 2000 m/s.

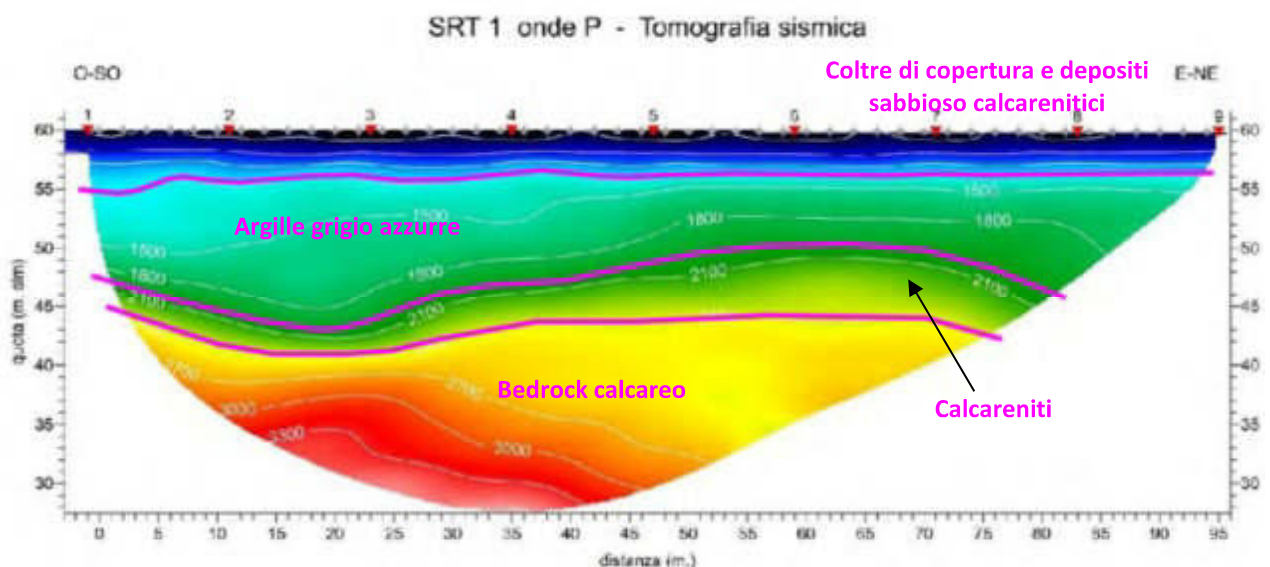
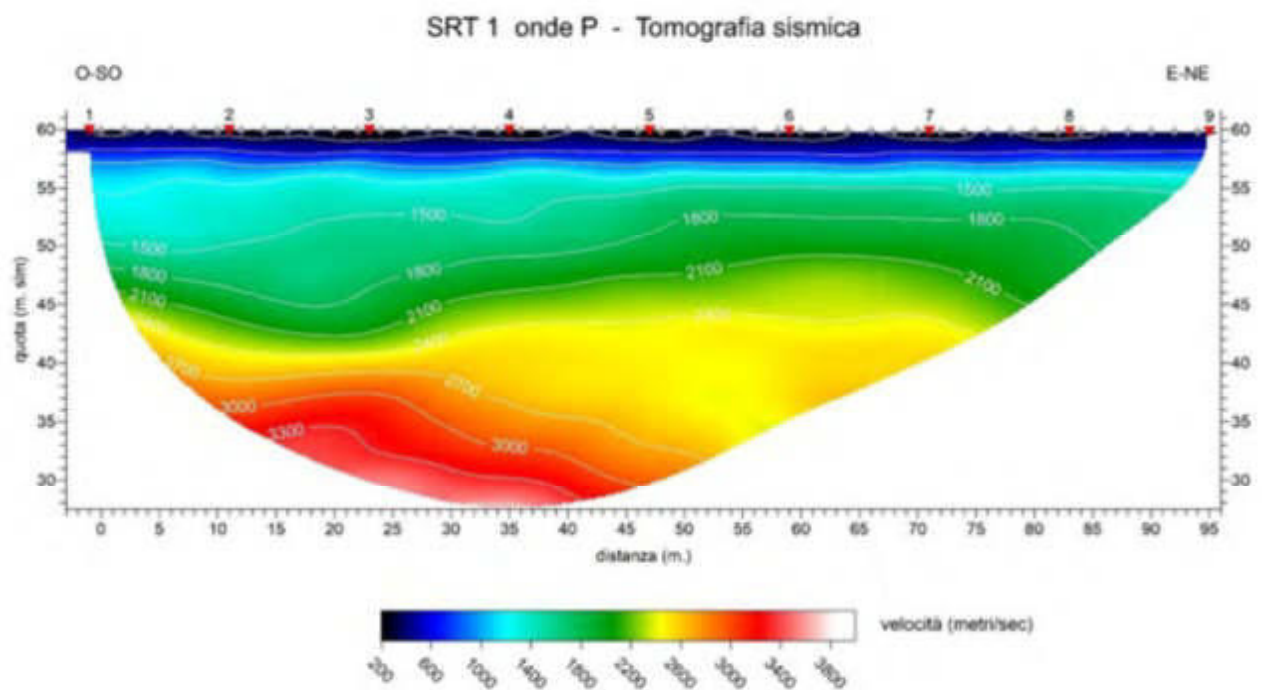


Figura 29: Tomografia sismica in onde P (Figura sopra) e relativa sezione sismostratigrafica (figura sotto) – Sezione SRT_1.

SRT_01 – Onde SH

L'indagine eseguita con onde SH a 48 canali STR 1, ha permesso di ricostruire una sezione sismo stratigrafica a 2 strati, raggiungendo una profondità massima di indagine di poco più di 50 m.

Nel dettaglio, i dati indicano la presenza di una superficie di discontinuità a una profondità variabile tra circa 15 metri e 20 rispetto al p.c., procedendo da ovest verso est.

Le velocità delle onde SH nel primo sismo strato sono abbastanza omogenee lungo tutto il profilo, con valori di circa 250 m/s. Nello strato più profondo variano da circa 500 m/s fino ad oltre 800 m/s

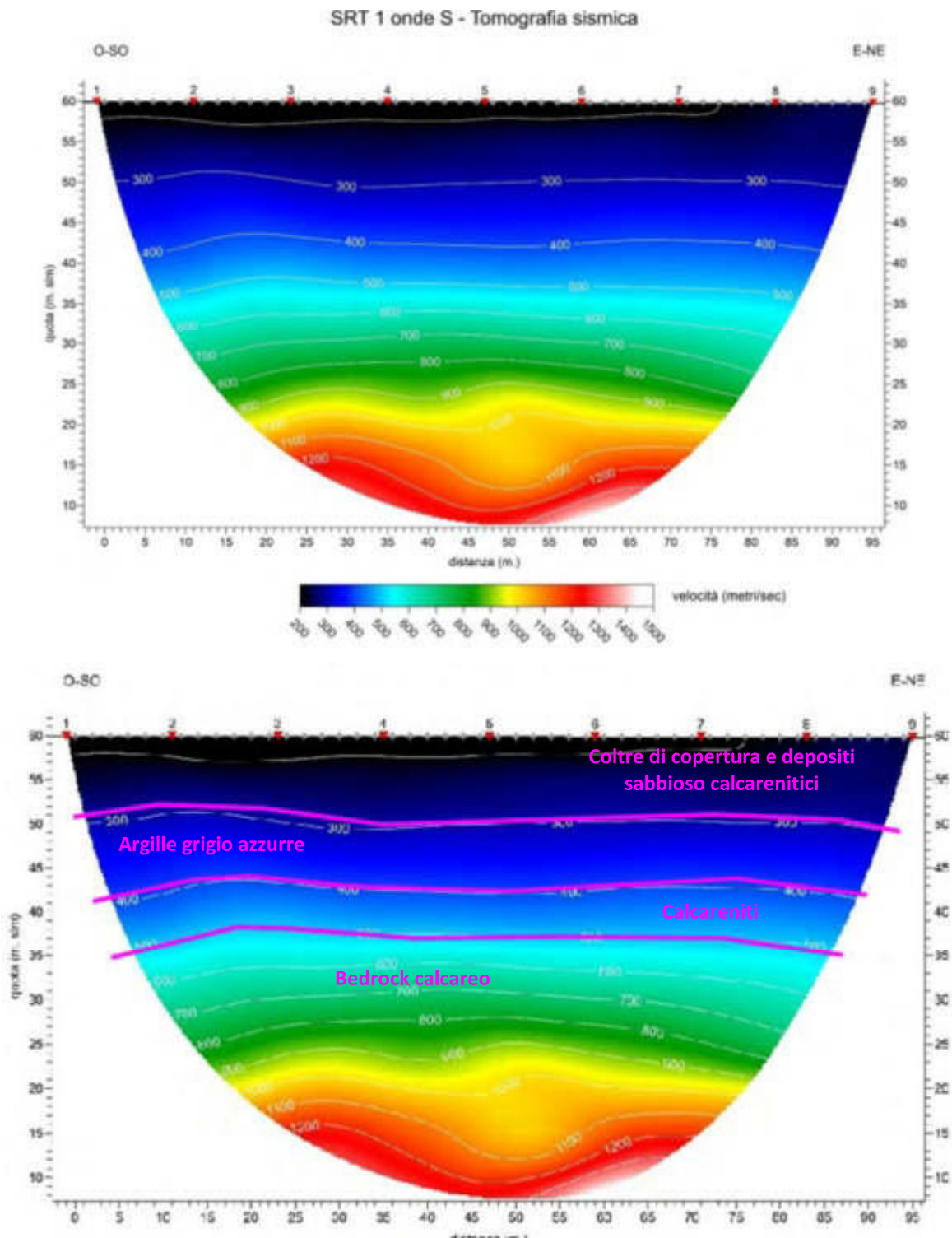


Figura 30: Tomografia sismica in onde SH (Figura sopra) e relativa sezione sismostratigrafica (figura sotto) – Sezione SRT_1.

SRT_02 – Onde P

L'indagine eseguita con onde P a 48 canali STR 2, ha permesso di ricostruire una sezione sismo stratigrafica a 2 strati, raggiungendo una profondità massima di indagine di poco più di 45 m.

Nel dettaglio i dati indicano la presenza di una superficie rifrangente a una profondità variabile tra circa 4 metri a circa 6 metri rispetto al p.c., che tende ad approfondirsi procedendo da ovest verso est.

Le velocità delle onde P nel primo sismo strato sono comprese tra 565 e 745 m/s, mentre nel secondo strato variano tra 940 ed oltre 1200 m/s.

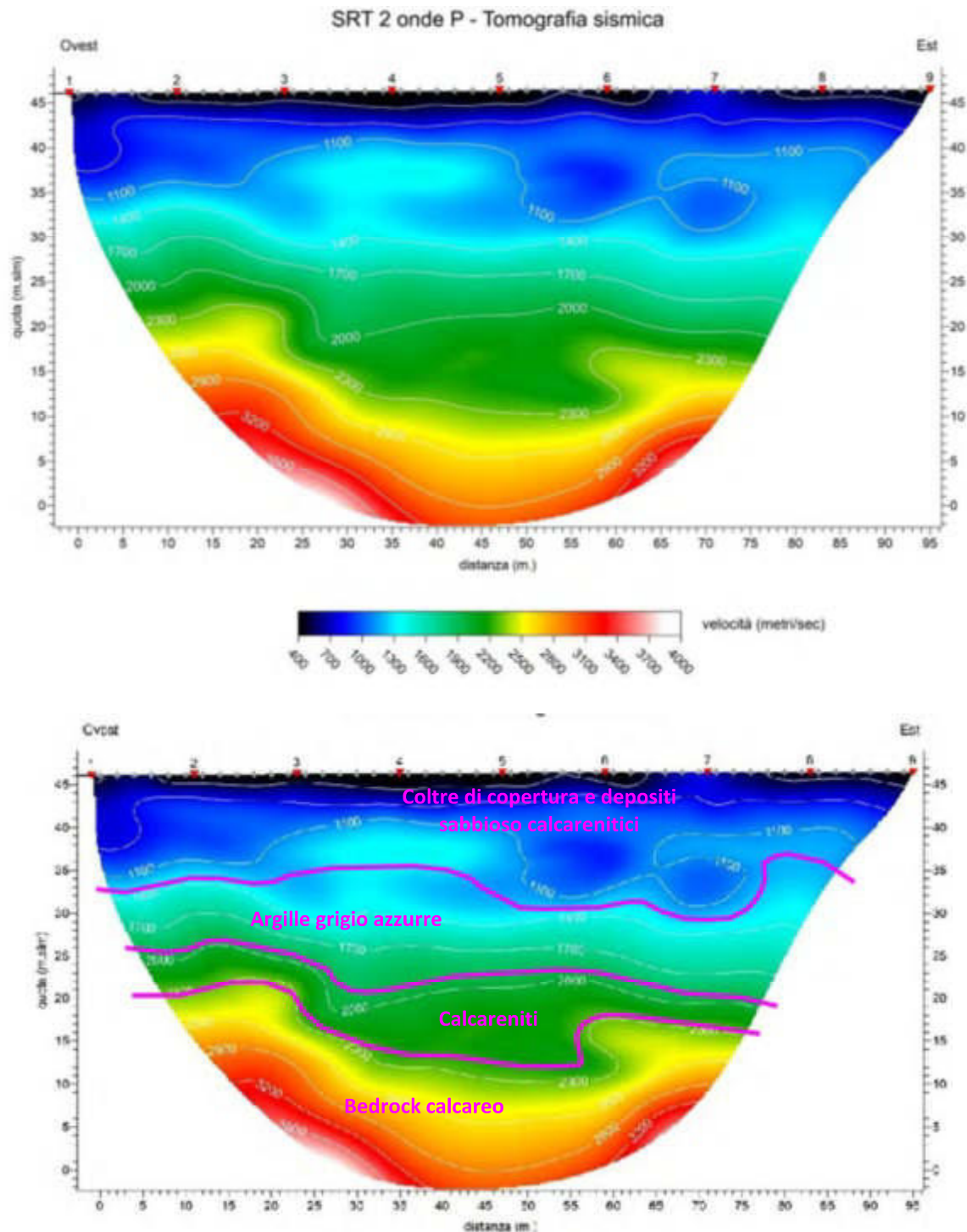


Figura 31: Tomografia sismica in onde P (Figura sopra) e relativa sezione sismostratigrafica (figura sotto) – Sezione SRT_2.

SRT_02 – Onde SH

L'indagine eseguita con onde SH a 48 canali STR 2, ha permesso di ricostruire una sezione sismo stratigrafica a 2 strati, raggiungendo una profondità massima di indagine di circa 50 m.

Nel dettaglio, i dati indicano la presenza di una superficie di discontinuità, più profonda nella parte occidentale del profilo (circa 14 metri da p.c.), che tende a risalire nel tratto orientale fino a circa 8 metri da p.c.

Le velocità delle onde SH nel primo sismo strato sono abbastanza omogenee lungo tutto il profilo, con valori di circa 330 m/s. Nello strato più profondo variano da circa 400 m/s fino ad oltre 600 m/s.

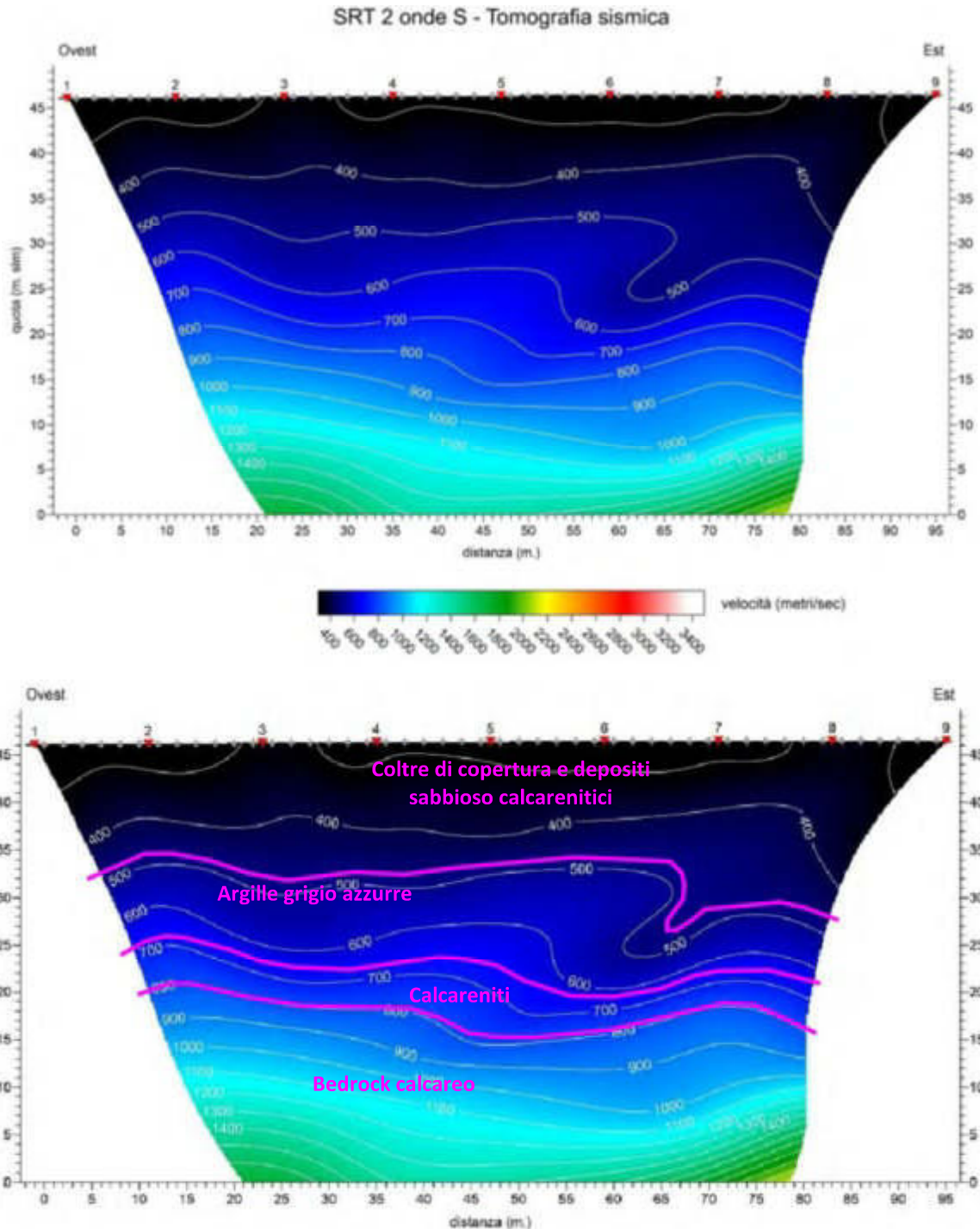


Figura 32: Tomografia sismica in onde SH (Figura sopra) e relativa sezione sismostratigrafica (figura sotto) – Sezione SRT_2.

SRT_03 – Onde P

L'indagine eseguita con onde P a 48 canali STR 3, ha permesso di ricostruire una sezione sismo stratigrafica a 2 strati, raggiungendo una profondità massima di indagine di poco meno di 14 m.

Nel dettaglio i dati indicano la presenza di una superficie rifrangente a una profondità di circa 5 metri da p.c., con andamento topografico abbastanza regolare e subparallelo alla superficie, con una lieve risalita poco oltre la parte centrale.

Il rifrattore mette a contatto la copertura, che presenta velocità delle onde sismiche di compressione abbastanza uniforme, tra 505 e 575 m/s, con un orizzonte costituito dal substrato che presenta velocità delle onde P che vanno da 1100 ad oltre 1300 m/s.

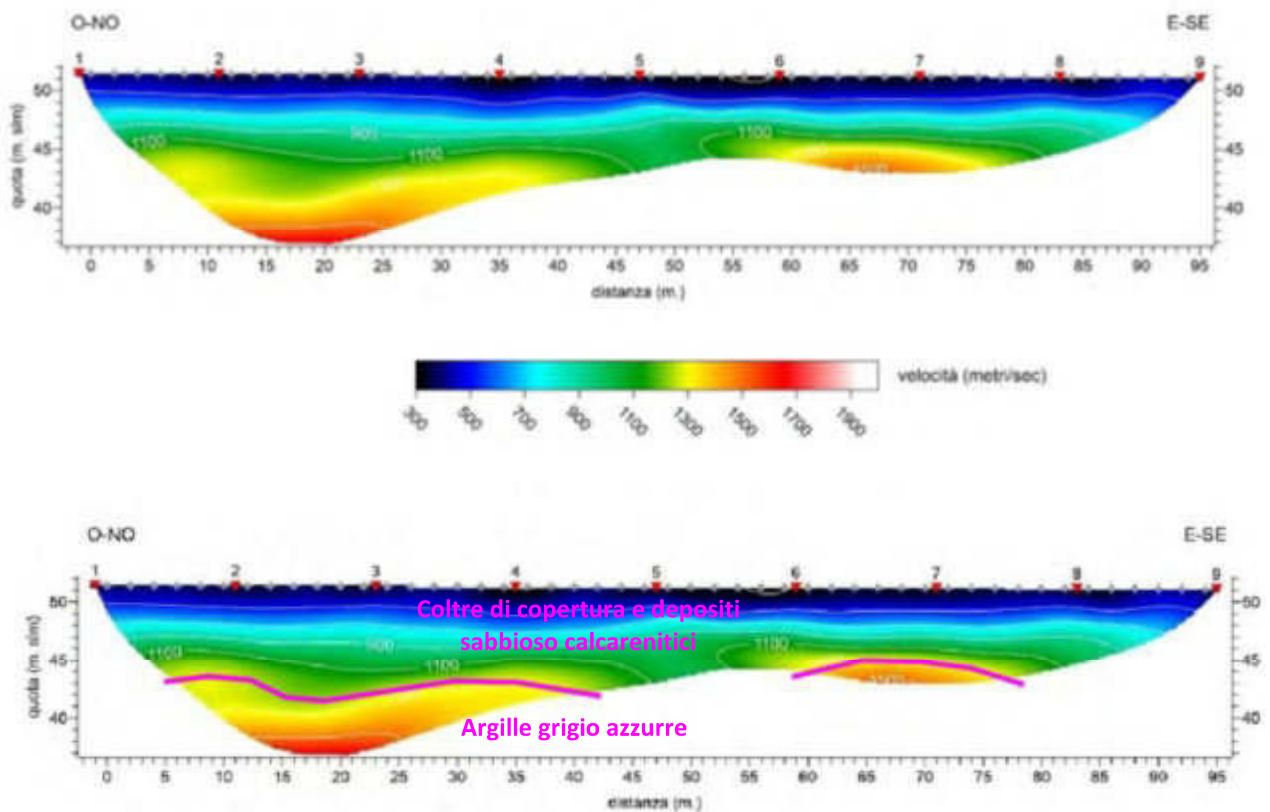


Figura 33: Tomografia sismica in onde P (Figura sopra) e relativa sezione sismostratigrafica (figura sotto) – Sezione SRT_3.

SRT_03 – Onde SH

L'indagine eseguita con onde SH a 48 canali STR 3, ha permesso di ricostruire una sezione sismo stratigrafica a 2 strati, raggiungendo una profondità massima di indagine di oltre 40 m.

Nel dettaglio, i dati indicano la presenza di una superficie di discontinuità, con andamento abbastanza regolare e parallelo alla superficie topografica, ad una profondità di circa 25 metri da p.c.

Le velocità delle onde SH nel primo sismo strato sono abbastanza omogenee lungo tutto il profilo, con valori di circa 285 m/s. Nello strato più profondo variano da un minimo di 860 m/s fino ad oltre 1200 m/s.

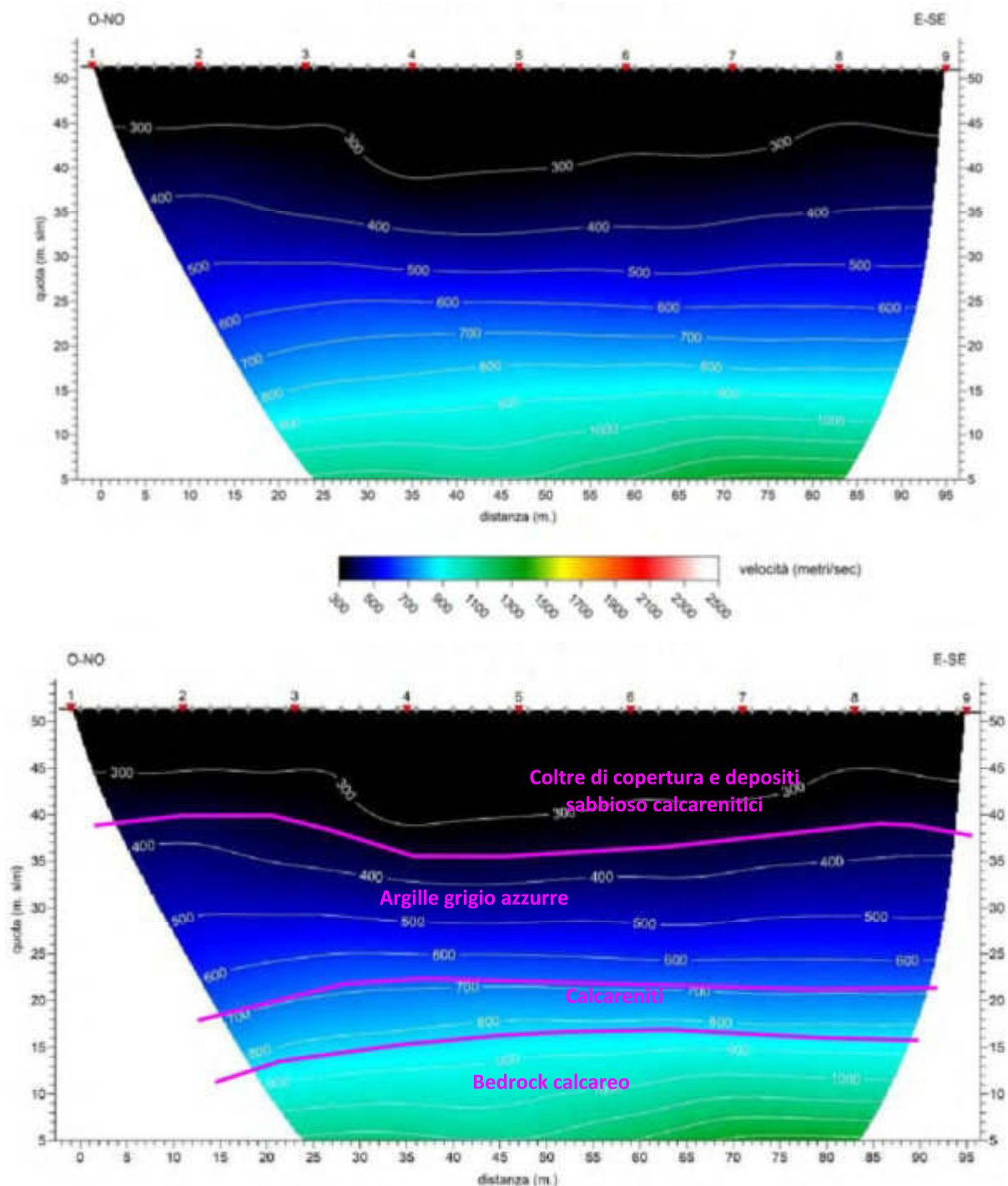


Figura 34: Tomografia sismica in onde SH (Figura sopra) e relativa sezione sismostratigrafica (figura sotto) – Sezione SRT_3.

SRT_04 – Onde P

L'indagine eseguita con onde P a 48 canali STR 4, ha permesso di ricostruire una sezione sismo stratigrafica a 2 strati, raggiungendo una profondità massima di indagine di poco meno di 25 m.

Nel dettaglio i dati indicano la presenza di una superficie rifrangente a una profondità di circa 3 metri da p.c., con andamento topografico abbastanza regolare e parallelo alla superficie.

Il rifratore mette a contatto lo strato superficiale di copertura, che presenta velocità delle onde sismiche di compressione abbastanza uniforme, tra 440 e 480 m/s, con un substrato più compatto che presenta velocità delle onde P che vanno da 1100 ad oltre 1200 m/s.

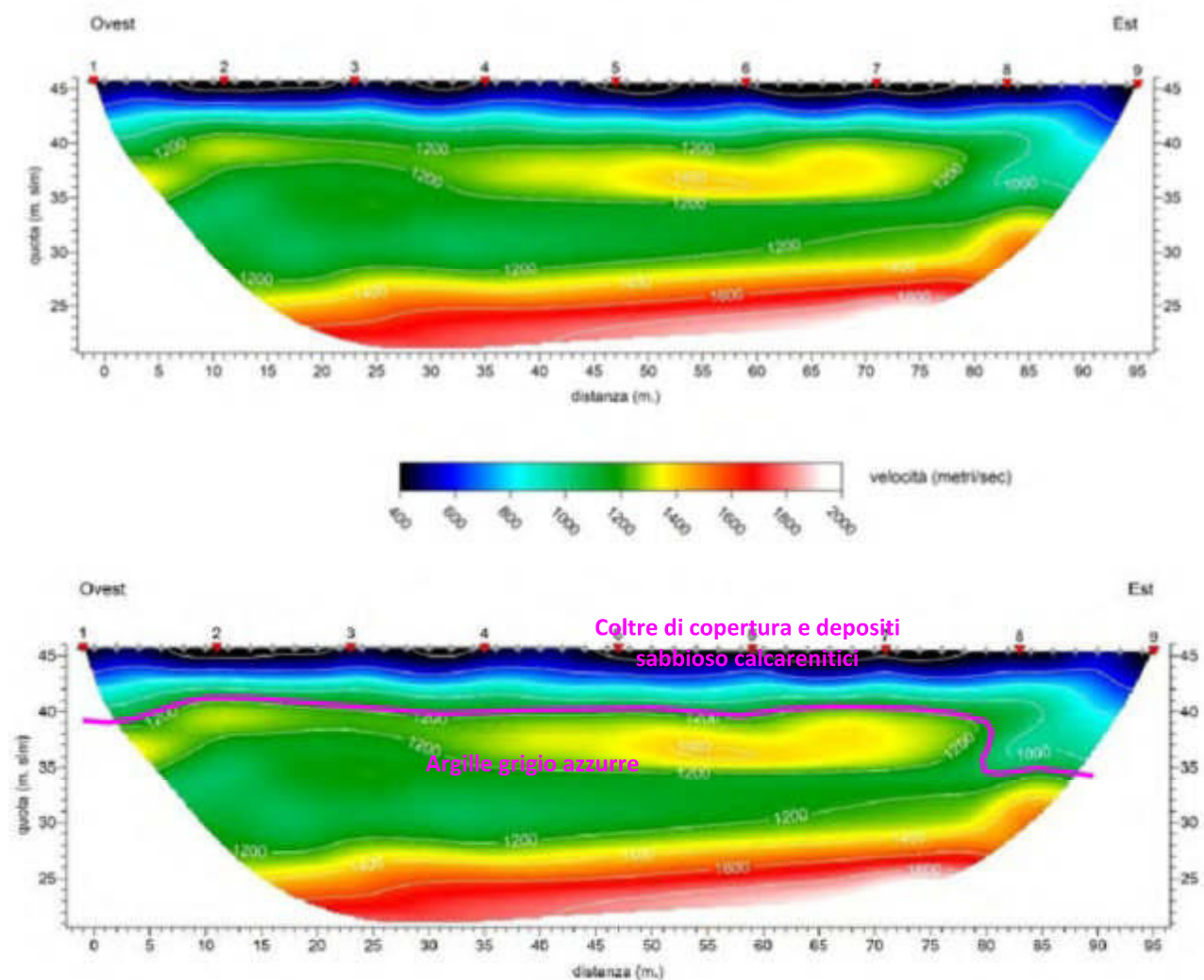


Figura 35: Tomografia sismica in onde P (Figura sopra) e relativa sezione sismostratigrafica (figura sotto) – Sezione SRT_4.

SRT_04 – Onde SH

L'indagine eseguita con onde SH a 48 canali STR 4, ha permesso di ricostruire una sezione sismo stratigrafica a 2 strati, raggiungendo una profondità massima di indagine di circa 50 m.

Nel dettaglio, i dati indicano la presenza di una superficie di discontinuità con profondità variabile da circa 8 metri da p.c., nella parte occidentale del profilo, fino a 10 metri da p.c., nella parte orientale, con un live flessio nella parte centrale.

Le velocità delle onde SH nel primo sismo strato sono abbastanza omogenee lungo tutto il profilo, con valori di circa 255 m/s. Anche nello strato più profondo rimangono piuttosto basse, con valori medi di circa 300 m/s.

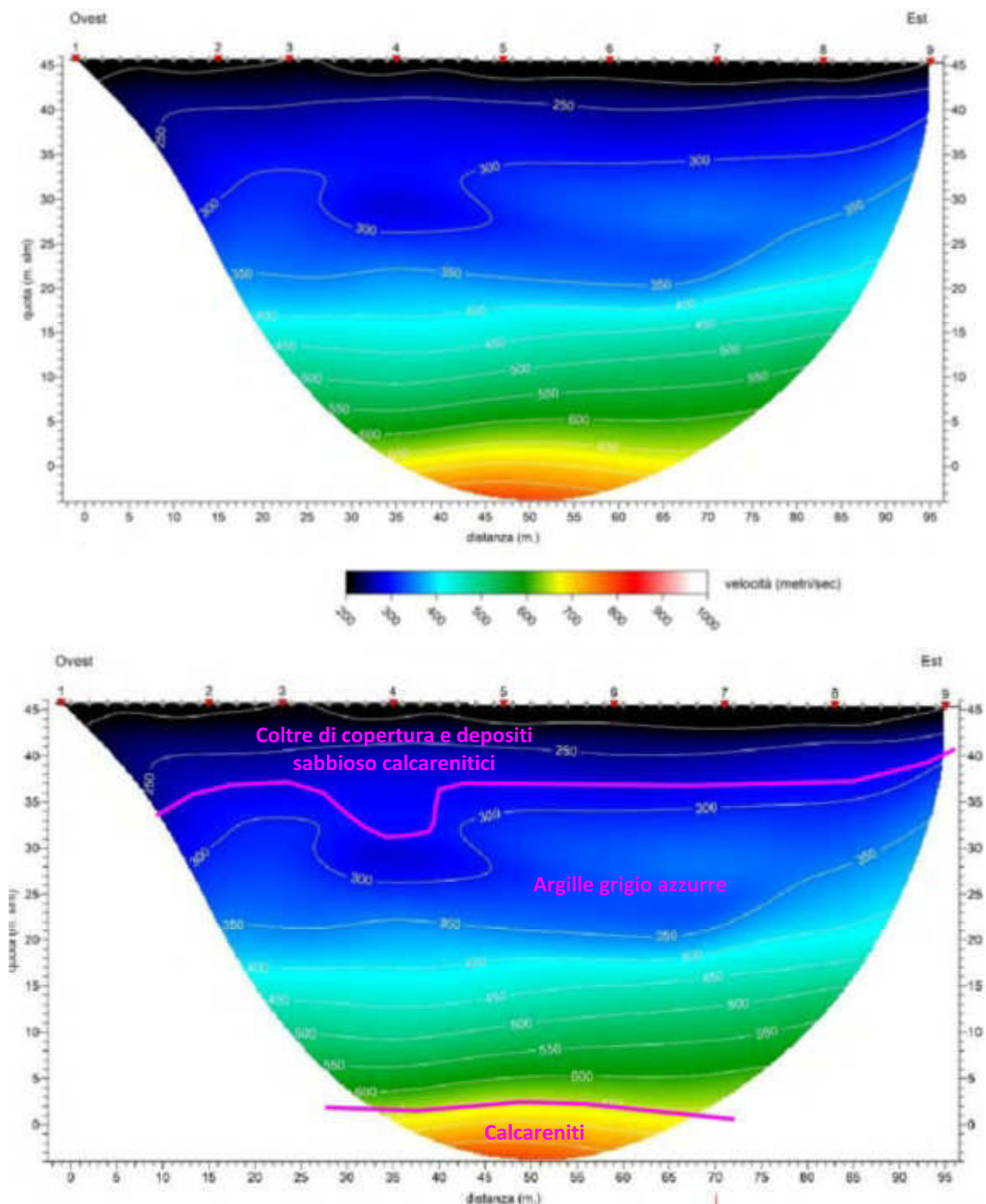


Figura 36: Tomografia sismica in onde SH (Figura sopra) e relativa sezione sismostratigrafica (figura sotto) – Sezione SRT_4.

SRT_05 – Onde P

L'indagine eseguita con onde P a 48 canali STR 5, ha permesso di ricostruire una sezione sismo stratigrafica a 2 strati, raggiungendo una profondità massima di indagine di poco più di 15 m.

Nel dettaglio i dati indicano la presenza di una superficie rifrangente a una profondità variabile tra 4 m e 6 m che tende ad approfondirsi verso est, mentre le velocità delle onde di compressione del primo sismo strato rimangono abbastanza omogenee, con un valore medio di circa 530 m/s. Nello strato sottostante le velocità tendono ad aumentare procedendo da ovest verso est, da valori di circa 1300 a valori di oltre 1600 m/s.

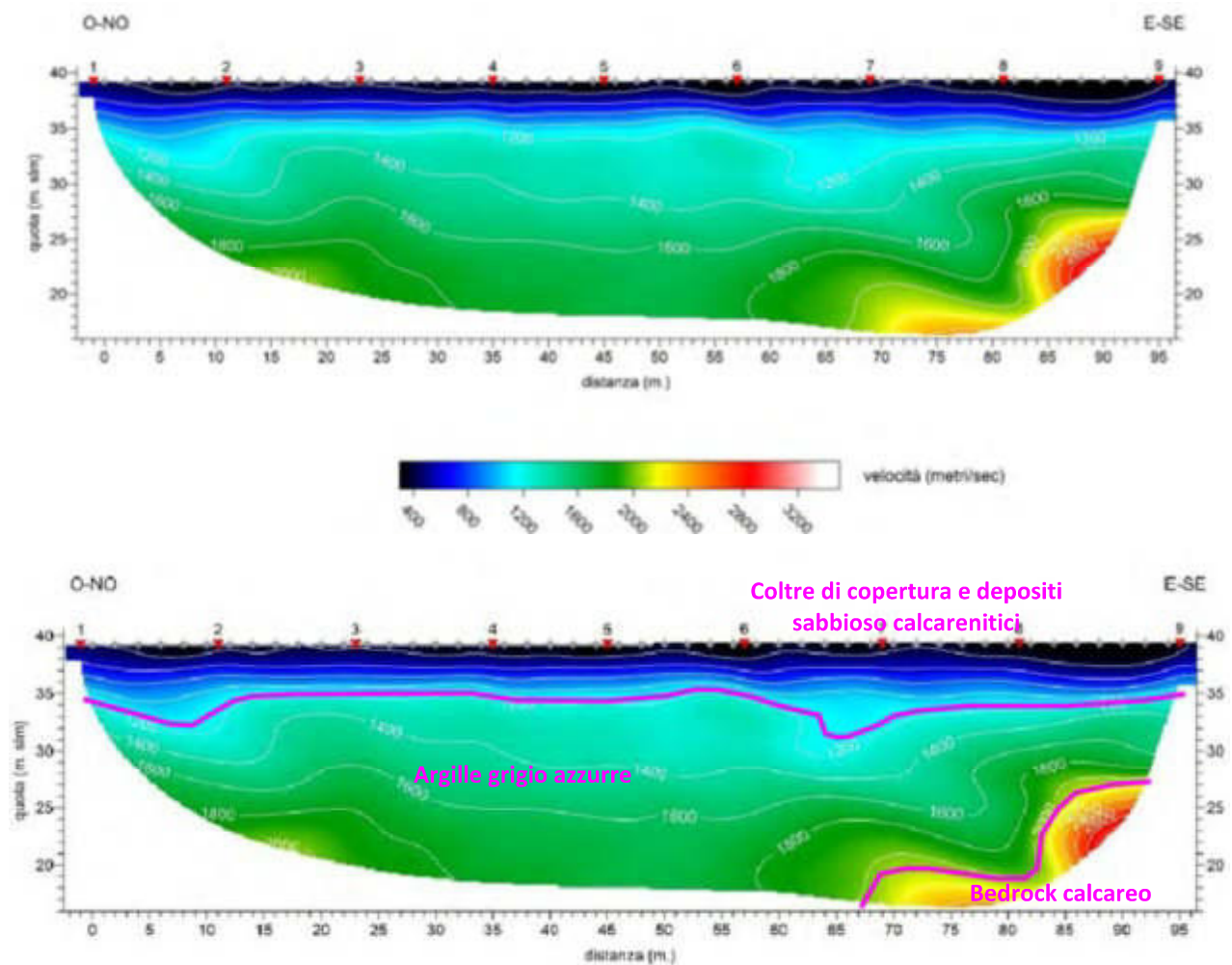


Figura 37: Tomografia sismica in onde P (Figura sopra) e relativa sezione sismostratigrafica (figura sotto) – Sezione SRT_5.

SRT_05 – Onde SH

L'indagine eseguita con onde SH a 48 canali STR 5, ha permesso di ricostruire una sezione sismo stratigrafica a 2 strati, raggiungendo una profondità massima di indagine di circa 50 m.

Nel dettaglio, i dati indicano la presenza di una superficie di discontinuità con profondità variabile da circa 8 metri da p.c., nella parte occidentale del profilo, fino a 10 metri da p.c., nella parte orientale, con un live flessio nella parte centrale.

Le velocità delle onde SH nel primo sismo strato sono abbastanza omogenee lungo tutto il profilo, con valori di circa 255 m/s. Anche nello strato più profondo rimangono piuttosto basse, con valori medi di circa 300 m/s.

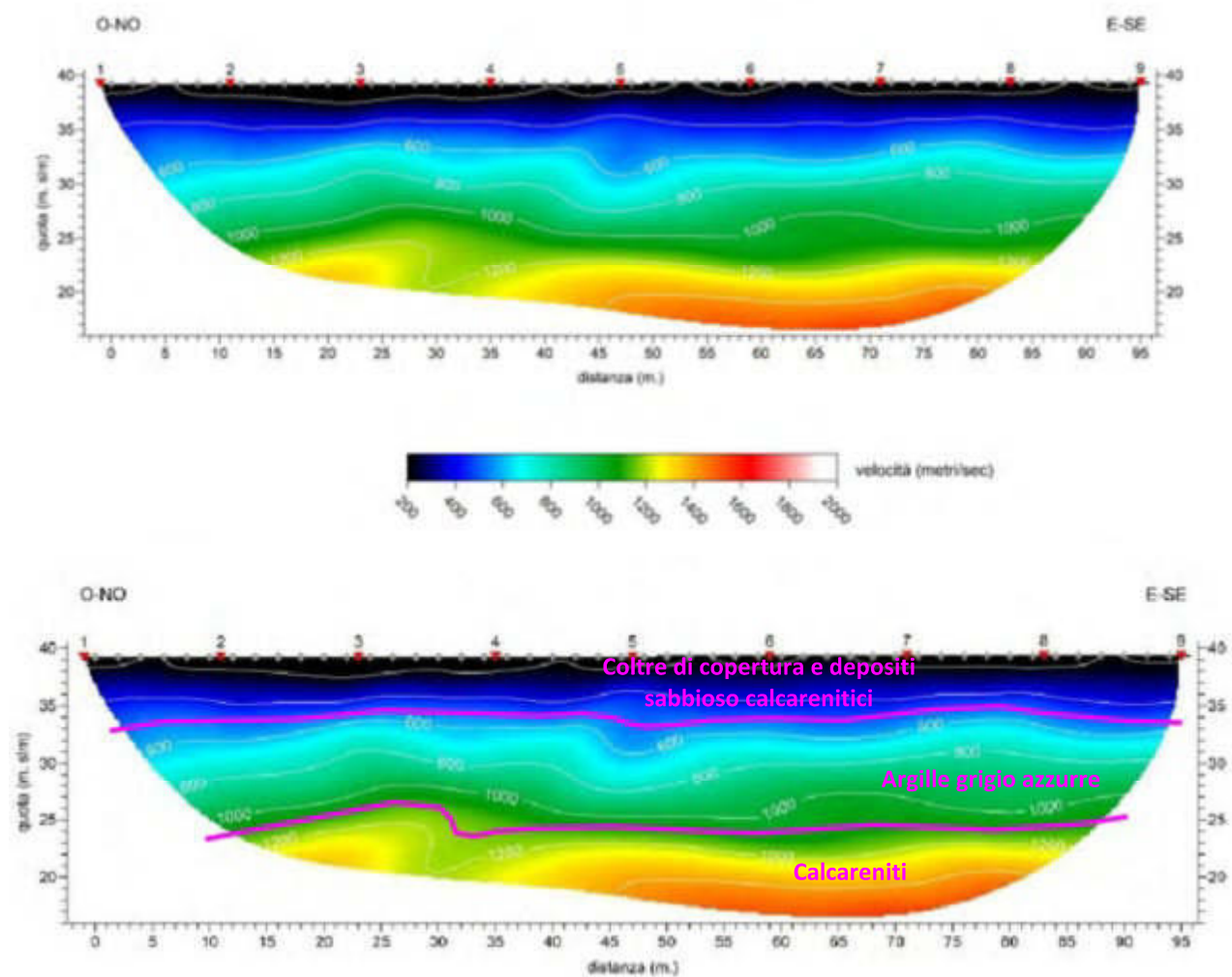


Figura 38: Tomografia sismica in onde SH (Figura sopra) e relativa sezione sismostratigrafica (figura sotto) – Sezione SRT_5.

SRT_06 – Onde P

L'indagine eseguita con onde P a 48 canali STR 6, ha permesso di ricostruire una sezione sismo stratigrafica a 2 strati, raggiungendo una profondità massima di indagine di oltre 45 m.

Nel dettaglio i dati indicano la presenza di una superficie rifrangente a una profondità di circa 7 metri, nella parte occidentale, che tende ad approfondirsi fino a circa 15 metri nella parte centrale, per poi risalire a circa 5 metri di profondità dal p.c., nella parte terminale del profilo. Anche le velocità delle onde di compressione del primo sismo strato tendono a variare procedendo da ovest verso est, diminuendo da valori di 955 m/s, nella parte occidentale, fino ad arrivare a valori di 655 m/s, nella parte terminale del profilo. Nello strato sottostante le velocità risultano estremamente variabili, da valori di circa 1000 m/s fino a valori superiori ai 2000 m/s.

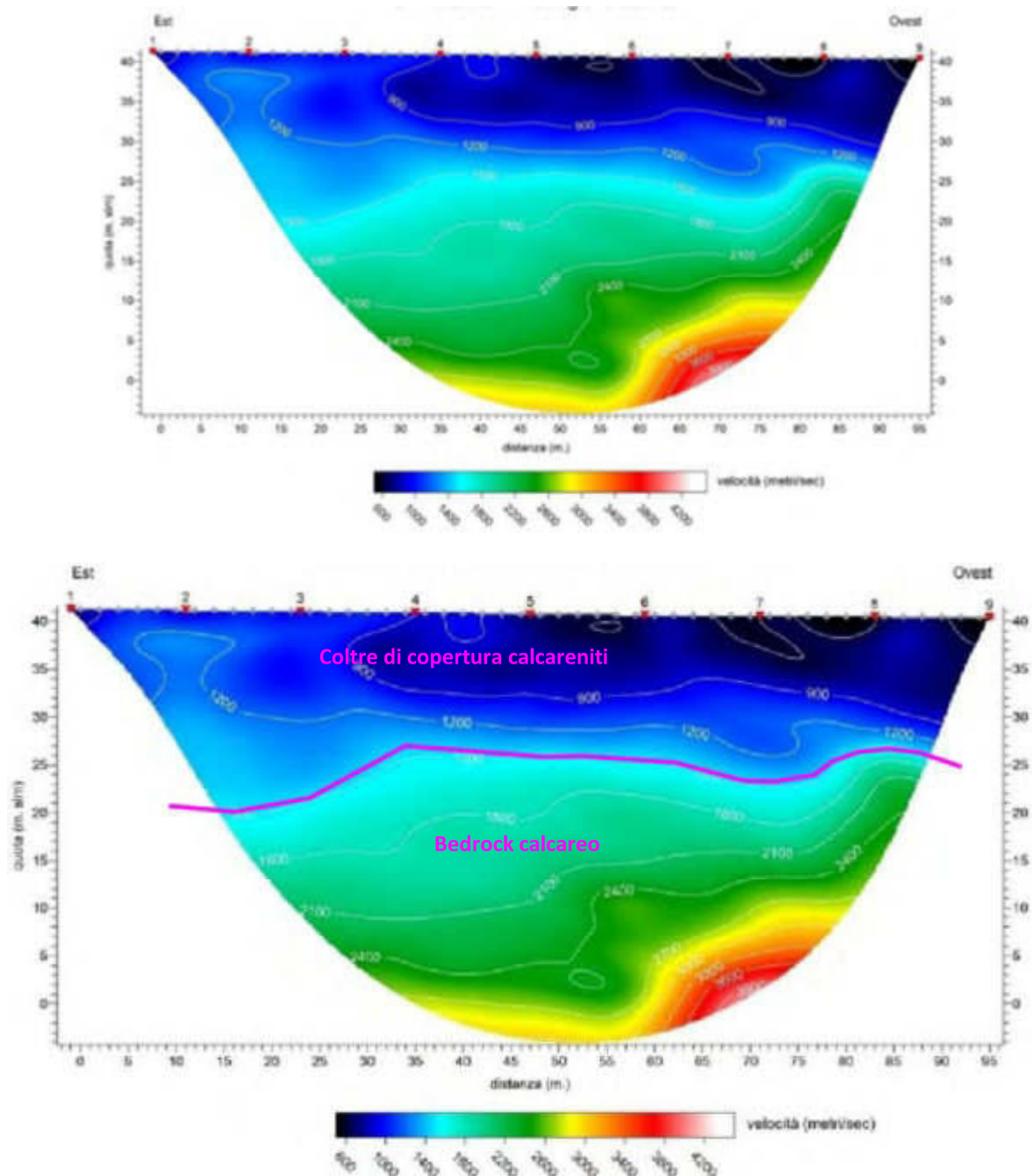


Figura 39: Tomografia sismica in onde P (Figura sopra) e relativa sezione sismostratigrafica (figura sotto) – Sezione SRT_6.

SRT_06 – Onde SH

L'indagine eseguita con onde SH a 48 canali STR 6, ha permesso di ricostruire una sezione sismo stratigrafica a 2 strati, raggiungendo una profondità massima di indagine di oltre 40 m.

Nel dettaglio, i dati indicano la presenza di una superficie di discontinuità sub-superficiale, alla profondità di circa 3-4 metri dal p.c.

Le velocità delle onde SH nel primo sismo strato sono abbastanza omogenee lungo tutto il profilo, con valori variabili da 230 a 270 m/s. Nello strato più profondo variano da circa 650 fino a circa 800 m/s, almeno per profondità fino a circa 15-20 metri dal p.c.

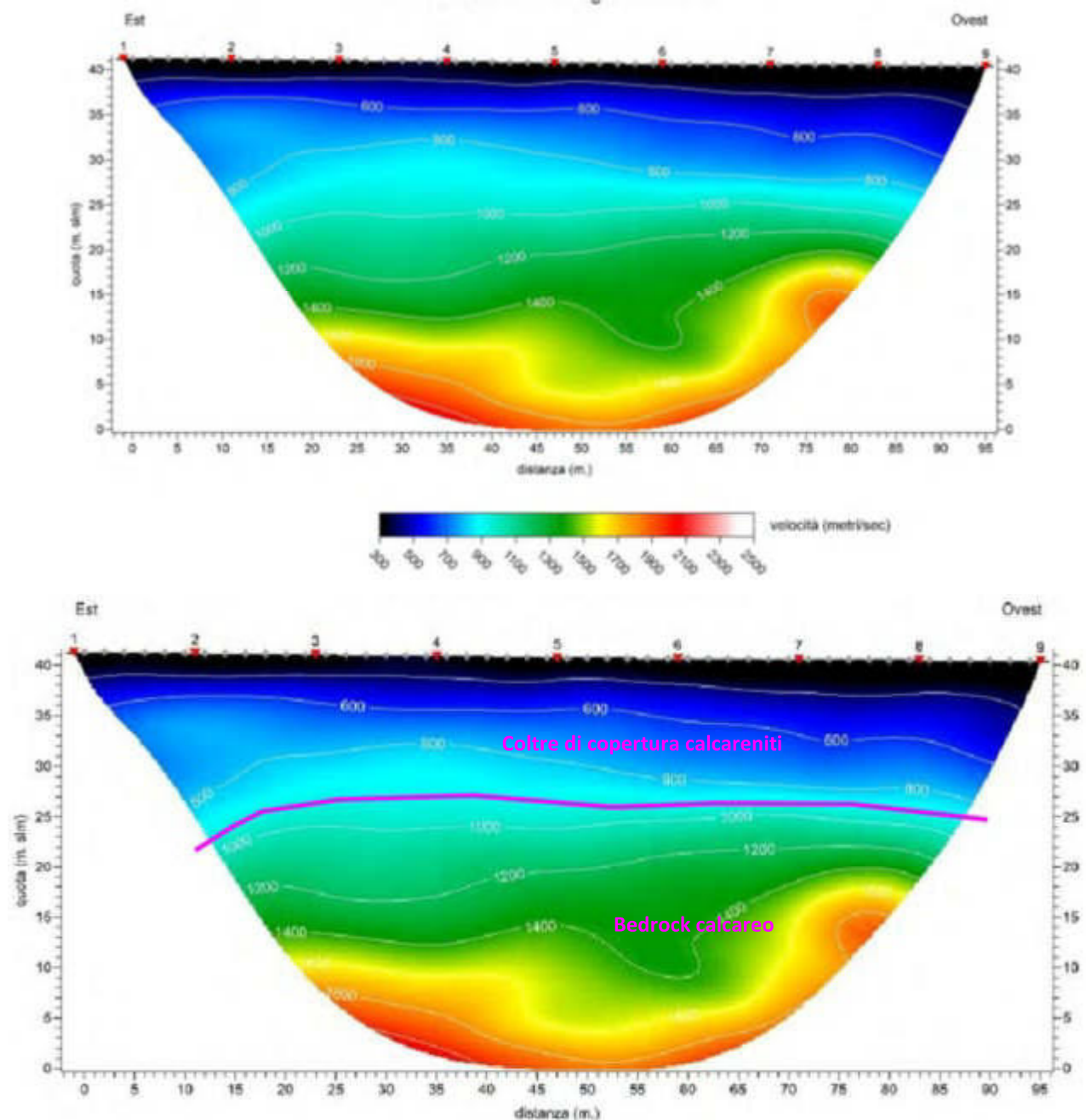


Figura 40: Tomografia sismica in onde SH (Figura sopra) e relativa sezione sismostratigrafica (figura sotto) – Sezione SRT_5.

7.2. SISMICA MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva, che individua il profilo di velocità delle onde di taglio V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. La determinazione delle V_s viene ottenuta tramite l'inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh (Figura 41).

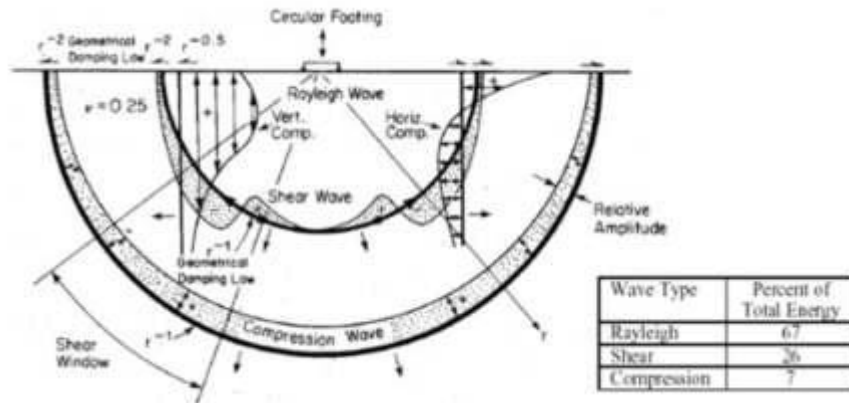


Figura 41: Distribuzione delle onde di Rayleigh nel sottosuolo.

In particolare, all'interno dell'area in studio sono stati eseguiti N.5 profili MASW.

Gli stendimenti sismici sono stati realizzati utilizzando 24 canali d'acquisizione (geofoni) (Figura 42).

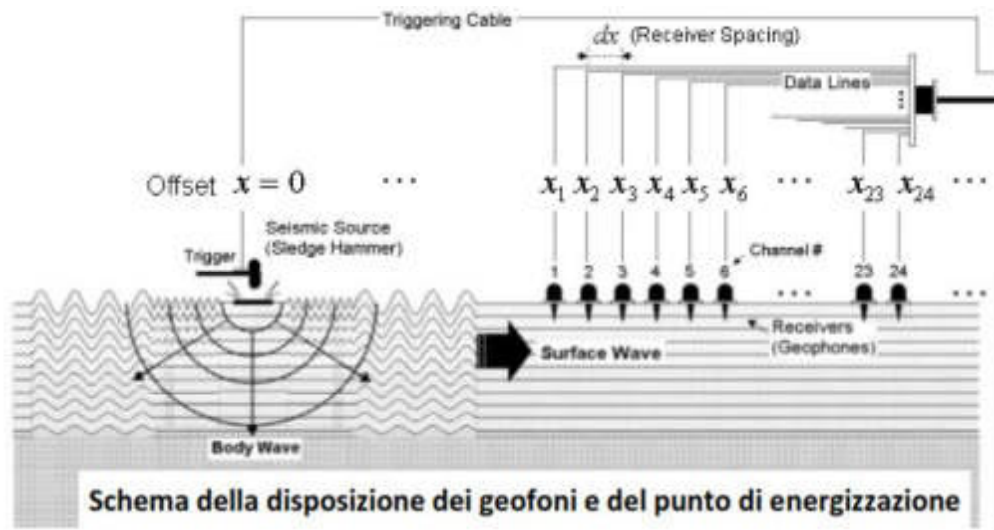


Figura 42: Distribuzione delle onde di Rayleigh nel sottosuolo.

L'acquisizione dei dati sismici è stata condotta secondo la seguente configurazione spazio temporale:

- n° geofoni: 24;
- n° 10/15 shot posizionati in linea con lo stendimento ad una distanza dal geofono 1 pari a -10 m da sottoporre al processo di stacking in fase di processing per ottimizzare il rapporto signal/noise;
- tempo di acquisizione: 1 s;
- intervallo di campionamento 0.125 μ s;

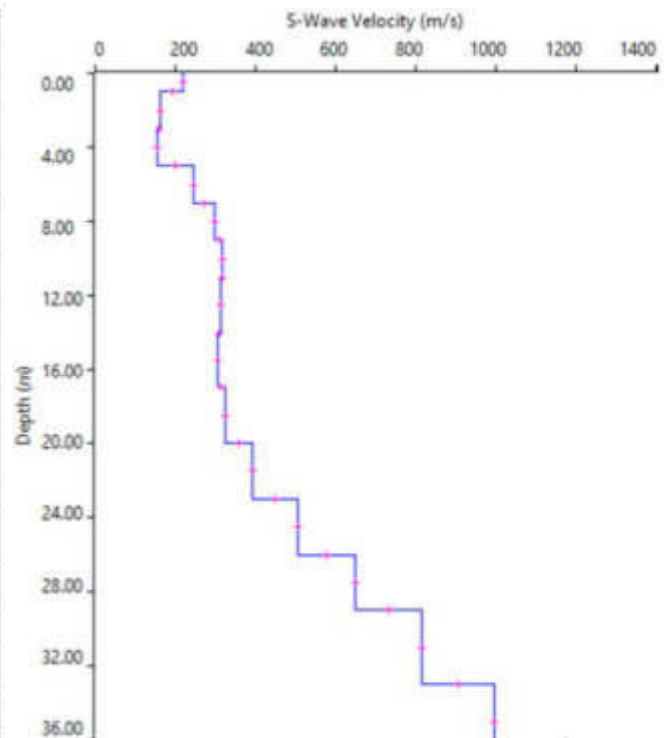
Per il dettaglio della metodologia utilizzata, i report computerizzati e fotografici delle indagini MASW eseguite sono mostrati nel dettaglio all'interno dell'Allegato 1 – REPORT SULLE INDAGINI IN SITO.

7.2.1. Analisi dei risultati

Nel seguito vengono riportati i risultati dell'elaborazione dei dati acquisiti per ogni MASW eseguita, in termini di modello sismico monodimensionale e relativo profilo delle onde di taglio VS.

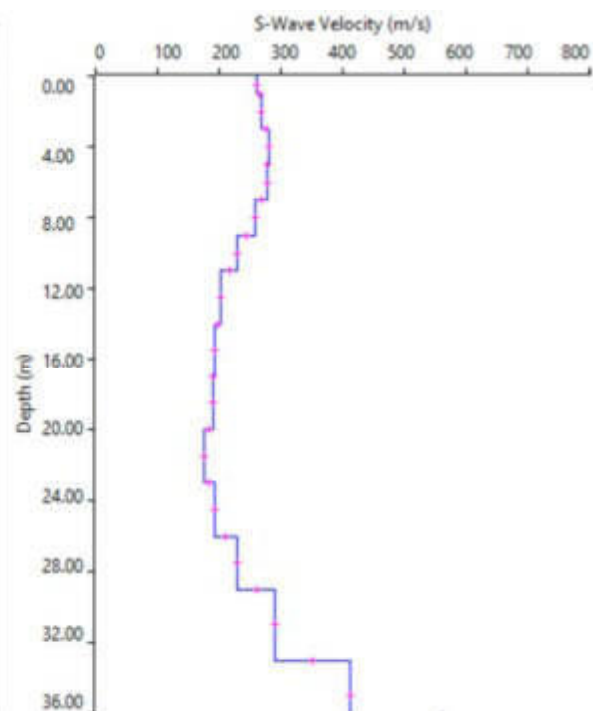
MASW_01

Depth		Thickness (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Poisson	Density (g/cm ³)
from	to					
0	1	1	220	440	0,333	1,8
1	3	2	162	324	0,333	1,8
3	5	2	156	311	0,333	1,8
5	7	2	246	492	0,333	1,8
7	9	2	299	597	0,333	1,8
9	11	2	318	635	0,333	1,8
11	14	3	315	630	0,333	1,8
14	17	3	305	609	0,333	1,8
17	20	3	325	649	0,333	1,8
20	23	3	393	786	0,333	1,8
23	26	3	505	1010	0,333	1,8
26	29	3	650	1299	0,333	1,8
29	33	4	816	1631	0,333	1,8
33	37	4	995	1988	0,333	1,8
37	-		1172	2342	0,333	1,8



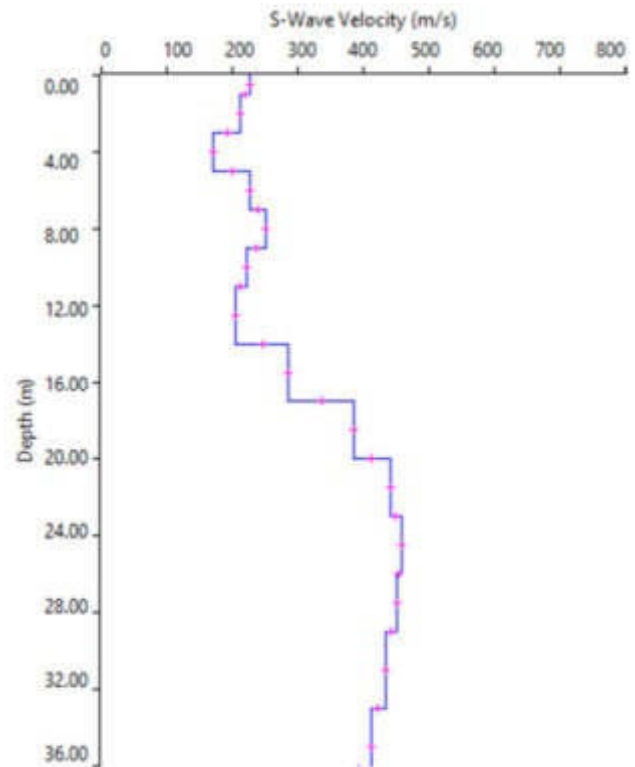
MASW_02

Depth		Thickness (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Poisson	Density (g/cm ³)
from	to					
0	1	1	261	522	0,333	1,8
1	3	2	269	537	0,333	1,8
3	5	2	280	559	0,333	1,8
5	7	2	277	553	0,333	1,8
7	9	2	258	516	0,333	1,8
9	11	2	230	460	0,333	1,8
11	14	3	205	407	0,333	1,8
14	17	3	192	383	0,333	1,8
17	20	3	190	380	0,333	1,8
20	23	3	175	350	0,333	1,8
23	26	3	192	383	0,333	1,8
26	29	3	229	458	0,333	1,8
29	33	4	291	581	0,333	1,8
33	37	4	413	825	0,333	1,8
37	-		561	1121	0,333	1,8



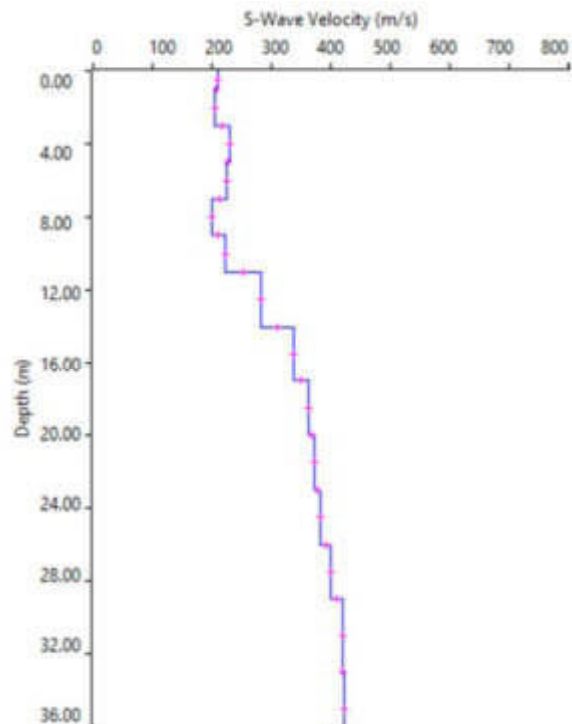
MASW_03

Depth		Thickness (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Poisson	Density (g/cm ³)
from	to					
0	1	1	227	454	0,333	1,8
1	3	2	213	426	0,333	1,8
3	5	2	171	342	0,333	1,8
5	7	2	227	454	0,333	1,8
7	9	2	250	500	0,333	1,8
9	11	2	221	442	0,333	1,8
11	14	3	205	410	0,333	1,8
14	17	3	286	572	0,333	1,8
17	20	3	385	769	0,333	1,8
20	23	3	441	881	0,333	1,8
23	26	3	458	915	0,333	1,8
26	29	3	451	901	0,333	1,8
29	33	4	434	867	0,333	1,8
33	37	4	412	823	0,333	1,8
37	-		393	785	0,333	1,8



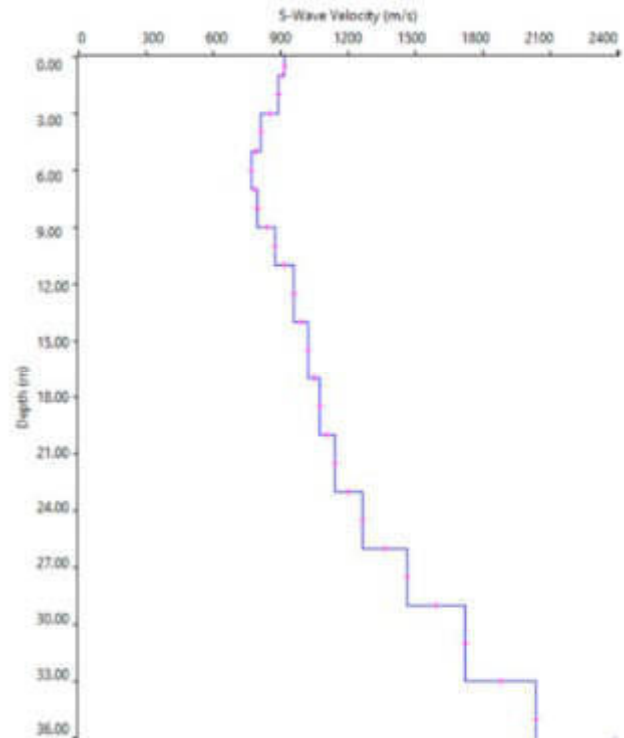
MASW_04

Depth		Thickness (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Poisson	Density (g/cm ³)
from	to					
0	1	1	209	418	0,333	1,8
1	3	2	204	408	0,333	1,8
3	5	2	229	458	0,333	1,8
5	7	2	225	450	0,333	1,8
7	9	2	200	400	0,333	1,8
9	11	2	222	444	0,333	1,8
11	14	3	283	566	0,333	1,8
14	17	3	337	673	0,333	1,8
17	20	3	362	723	0,333	1,8
20	23	3	372	743	0,333	1,8
23	26	3	383	765	0,333	1,8
26	29	3	401	801	0,333	1,8
29	33	4	419	837	0,333	1,8
33	37	4	422	843	0,333	1,8
37	-		400	799	0,333	1,8



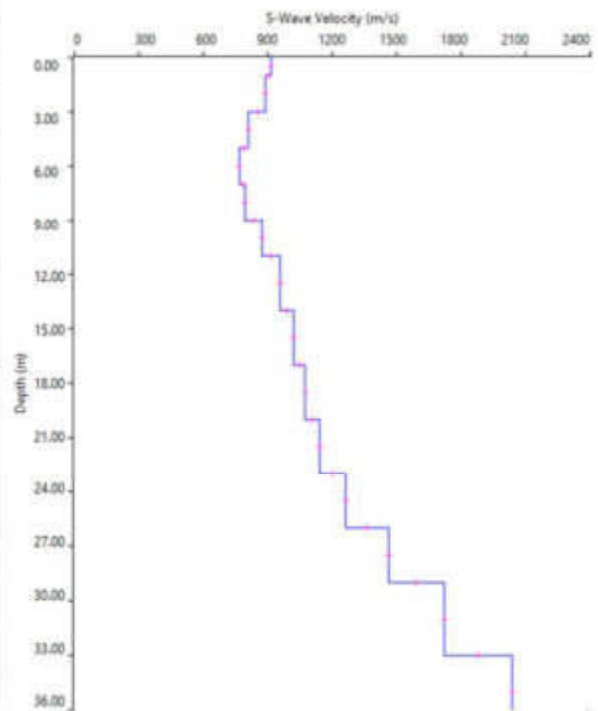
MASW_05

Depth	Thickness	Vs	Vp	Poisson	Density	
from	to	(m)	(m/s)	(m/s)	(g/cm ³)	
0	1	1	918	1835	0,333	1,8
1	3	2	889	1777	0,333	1,8
3	5	2	812	1623	0,333	1,8
5	7	2	768	1535	0,333	1,8
7	9	2	796	1591	0,333	1,8
9	11	2	873	1745	0,333	1,8
11	14	3	959	1917	0,333	1,8
14	17	3	1023	2044	0,333	1,8
17	20	3	1072	2142	0,333	1,8
20	23	3	1140	2278	0,333	1,8
23	26	3	1265	2528	0,333	1,8
26	29	3	1462	2922	0,333	1,8
29	33	4	1722	3441	0,333	1,8
33	37	4	2039	4075	0,333	1,8
37	-		2387	4770	0,333	1,8



MASW_06

Depth	Thickness	Vs	Vp	Poisson	Density	
from	to	(m)	(m/s)	(m/s)	(g/cm ³)	
0	1	1	485	970	0,333	1,8
1	3	2	455	910	0,333	1,8
3	5	2	411	822	0,333	1,8
5	7	2	399	797	0,333	1,8
7	9	2	417	833	0,333	1,8
9	11	2	442	884	0,333	1,8
11	14	3	468	935	0,333	1,8
14	17	3	533	1065	0,333	1,8
17	20	3	667	1332	0,333	1,8
20	23	3	844	1687	0,333	1,8
23	26	3	1035	2068	0,333	1,8
26	29	3	1219	2436	0,333	1,8
29	33	4	1386	2769	0,333	1,8
33	37	4	1523	3044	0,333	1,8
37	-		1630	3259	0,333	1,8



7.2.2. Calcolo $V_{s,eq}$ (D.M. 17/01/2018 NTC2018)

Con l'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 17.1.2018), per quanto riguarda le categorie di sottosuolo, vengono eliminate le categorie S1 ed S2, mentre con l'utilizzo della V_{Seq} , le categorie di sottosuolo B, C e D vengono ampliate inglobando alcune configurazioni che rientravano in S2, quando il bedrock sismico si posizionava tra i 3 ed i 25 metri dal piano di riferimento. Inoltre la Categoria di sottosuolo D (che nelle NTC08 erano definite con $V_{s,30} < 180$ m/sec) viene classificata con valori di $V_{s,eq}$ compresi tra 100 e 180 m/sec.

La V_{Seq} , è data dai 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 dello strato i -esimo;

$V_{s,i}$ = 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/sec.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato viene riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali 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 viene riferita al piano di imposta della fondazione (Figura 43).

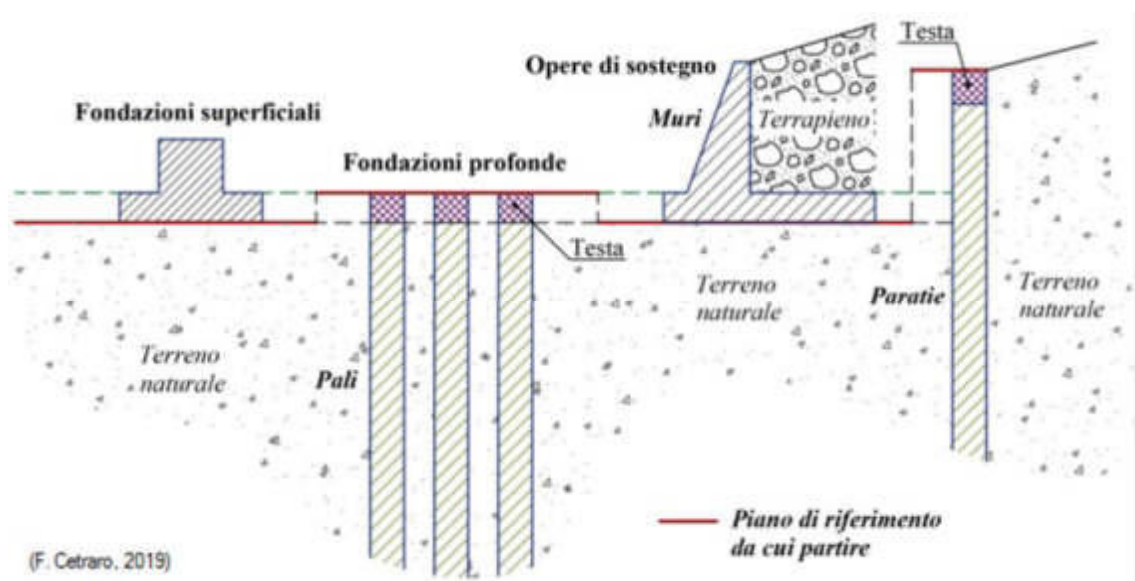


Figura 43: Definizione della profondità del substrato.

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.

Il valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio ($V_{s,eq}$), ottenuto dal Modello Medio dell'elaborazione dei dati acquisiti attraverso le basi sismiche, è stato calcolato in riferimento al piano piano di posa delle fondazioni, supposte superficiali ad una profondità di 4,0 m dal p.c..

Come si evince dai profili di velocità mostrati in precedenza, in alcuni casi si nota una inversione delle velocità V_s . La norma definisce che nel caso vi sia una inversione di velocità, si deve fare riferimento, come del resto prescritto in generale dalle NTC2018, alla RSL mediante analisi numerica.

Perché si verifichi una inversione di velocità, devono venirsi a creare situazioni litostratigrafiche dove si verificano contemporaneamente 4 condizioni: un terreno rigido che in profondità sovrasta un terreno soffice con un rapporto $V_s \text{ rig} / V_s \text{ sof}$ superiore a 1.5; la differenza tra le V_s dei due terreni è maggiore di 200 m/s; lo spessore dello strato a velocità minore è maggiore di 5 m; la V_s dello strato più rigido è maggiore o uguale a 500 m/s.

Nel nostro caso tali condizioni non si verificano mai contemporaneamente e pertanto è possibile fare riferimento all'utilizzo dell'approccio semplificato, le cui categorie sono definite in Tab. 3.2.II del D.M. 17.01.2018.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Annessi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi 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.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>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.</i>
D	<i>Depositi 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.</i>
E	<i>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.</i>

Figura 44: Tab. 3.2.II del D.M. 17.01.2018 – Categorie Suolo di Fondazione.

Linea	$V_{s,eq}$	Categoria di Sottosuolo (D.M. 17.01.2018)
MASW 1	297	E
MASW 2	218	C
MASW 3	281	C
MASW 4	286	C
MASW 5	1010	A
MASW 6	474	B

7.3. MISURA DEL RUMORE AMBIENTALE HVSR

Accanto alle tecniche basate sull'impiego di array sismico esistono altre tecniche basate sull'uso di una singola stazione di misura. In questo caso vengono misurate le vibrazioni ambientali nelle tre direzioni dello spazio attraverso un unico sensore tridirezionale posto sulla superficie del terreno.

In particolare, viene valutato il rapporto di ampiezza fra le componenti orizzontali e verticali del moto (metodo HVSR ovvero "Horizontal to Vertical Spectral Ratios") [Bard., 1998].

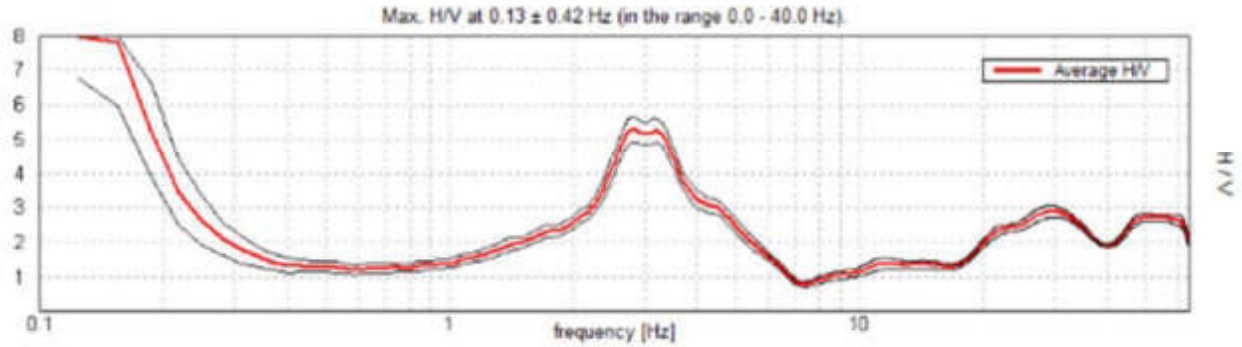
Analizzando misure di questo tipo è possibile identificare le modalità di vibrazione del terreno. In particolare, è possibile individuare la frequenza f di questa vibrazione definita di "Risonanza".

Sapendo che in generale esiste una relazione semplice fra f , lo spessore della parte più soffice del terreno e la velocità media delle onde sismiche nel sottosuolo (ricavata per esempio dai metodi passivi ad antenna, o attivi come Masw e Rifrazione), attraverso le misure HVSR è possibile risalire allo spessore di questo strato.

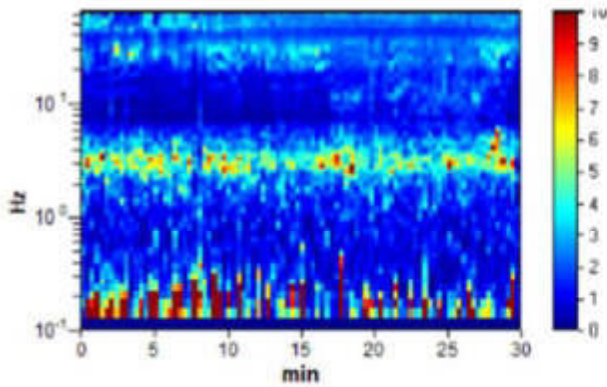
Nel proseguo si mostrano sinteticamente i risultati ottenuti.

HVSR1

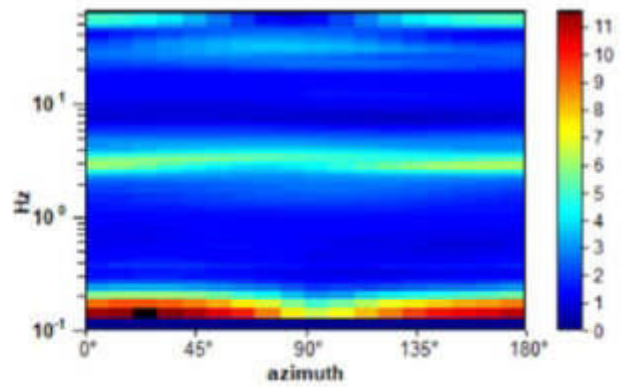
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



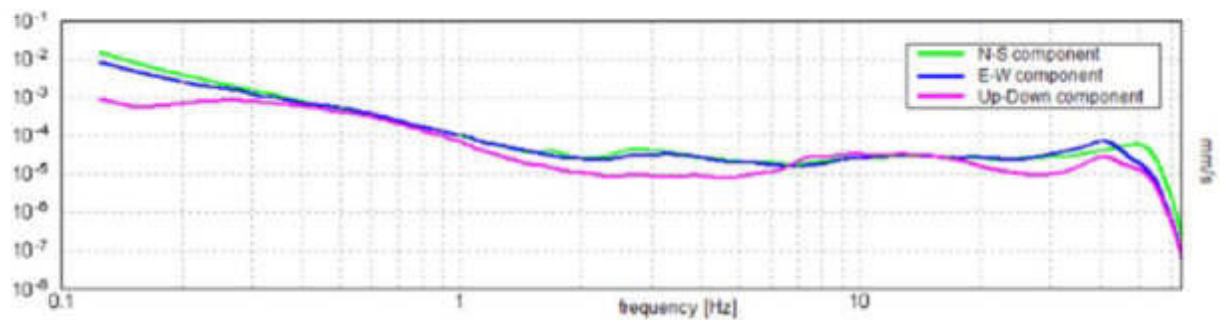
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



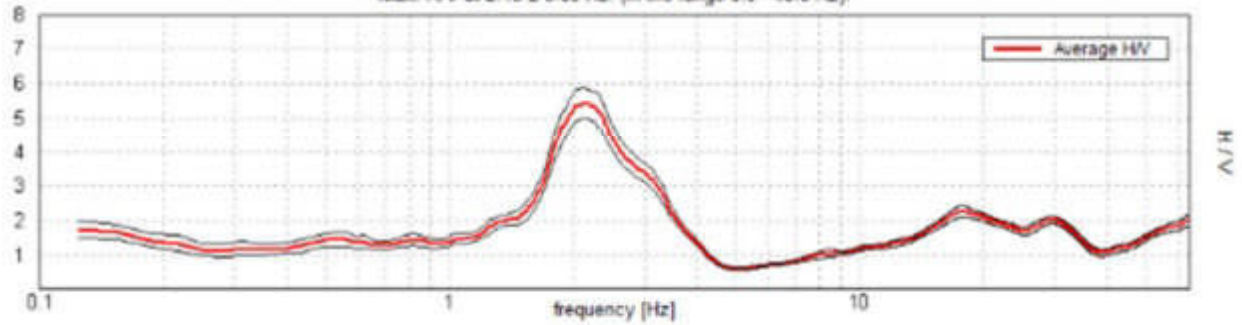
Max. H/V at 0.13 ± 0.42 Hz (in the range 0.0 - 40.0 Hz).

Per la misura **HVSR 1** la curva mette in evidenza un picco alla frequenza di circa **0,13 hz** con ampiezza pari a **9,16**.

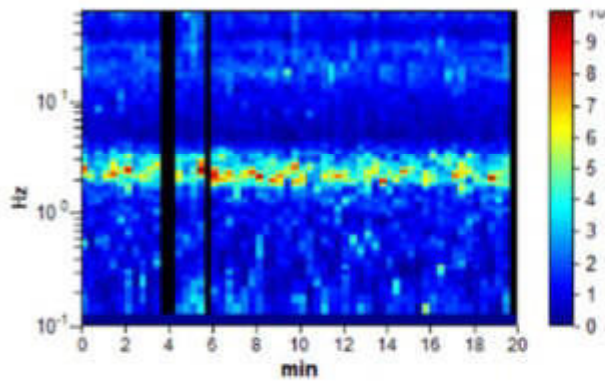
HVSR2

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

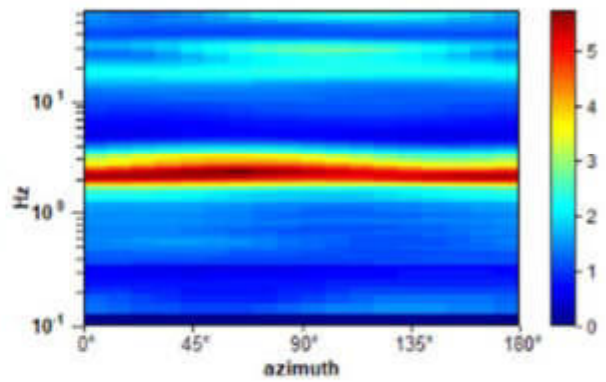
Max. H/V at 2.13 ± 0.09 Hz. (in the range 0.0 - 40.0 Hz).



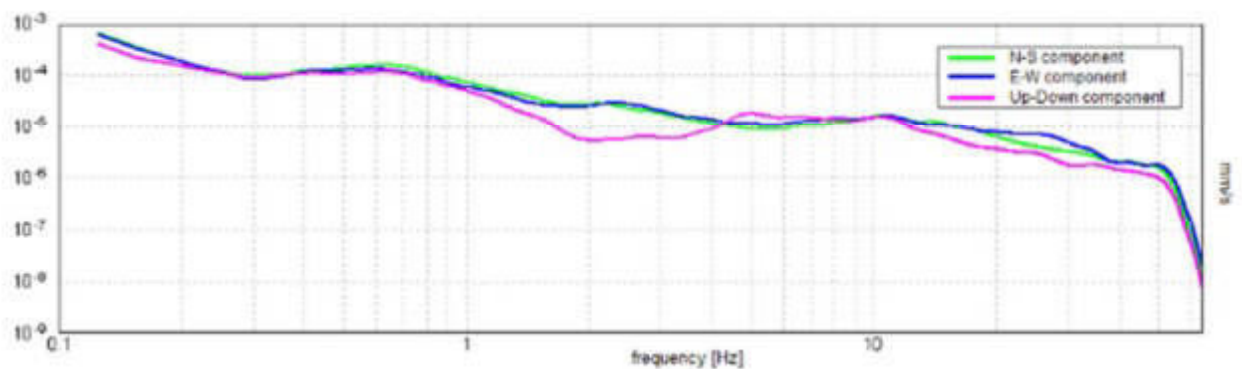
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

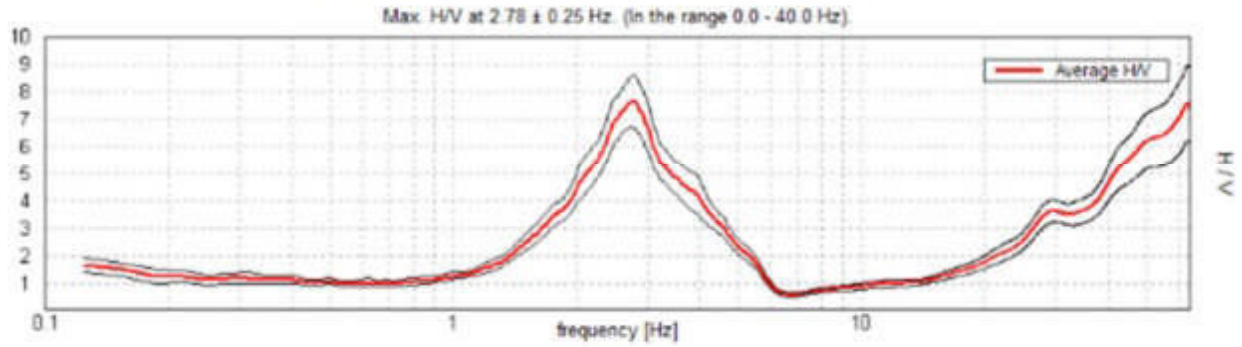


Max. H/V at 2.13 ± 0.09 Hz (in the range 0.0 - 40.0 Hz).

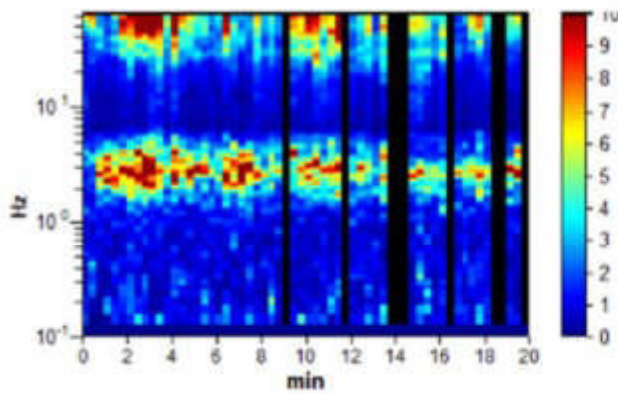
Per la misura **HVSR 2** la curva mette in evidenza un picco alla frequenza di circa **2,13 hz** con ampiezza pari a **5,43**.

HVSR3

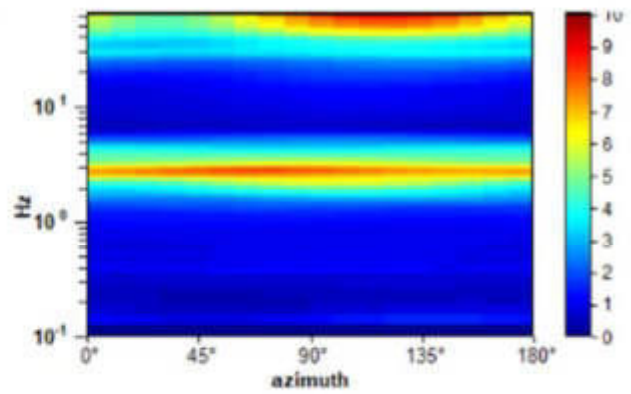
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



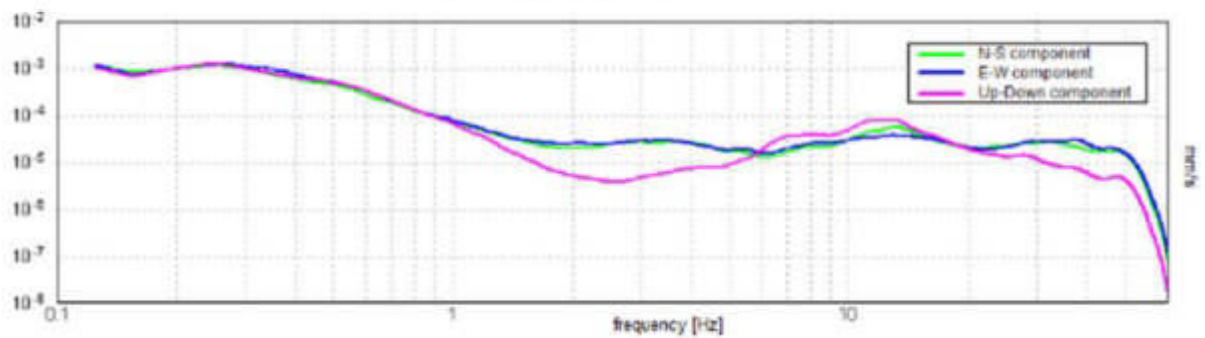
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

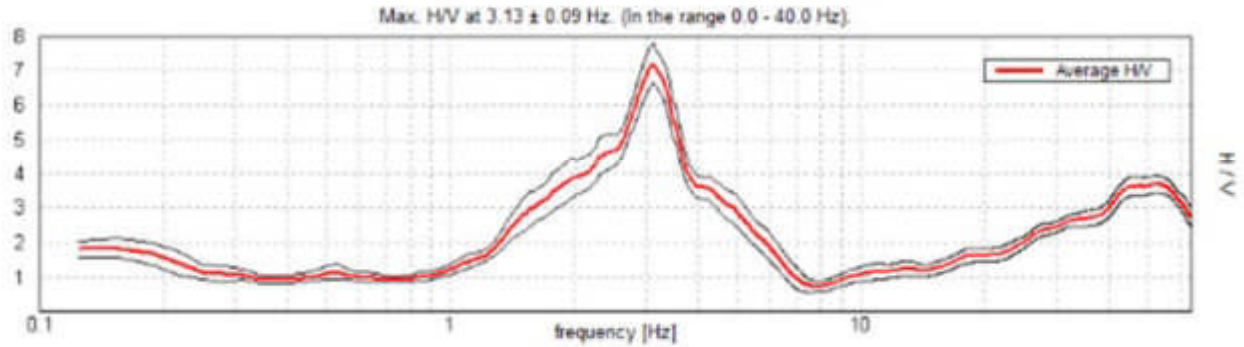


Max. H/V at 2.78 ± 0.25 Hz (in the range 0.0 - 40.0 Hz).

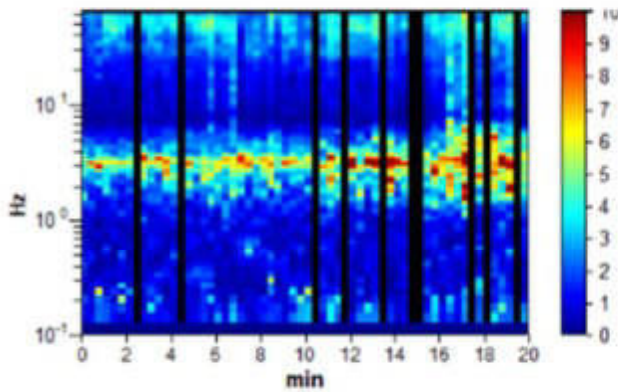
Per la misura **HVSR 3** la curva mette in evidenza un picco alla frequenza di circa **2,68 hz** con ampiezza pari a **7,64**.

HVSR4

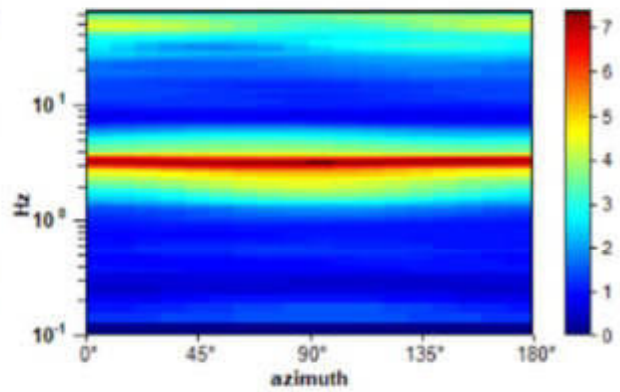
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



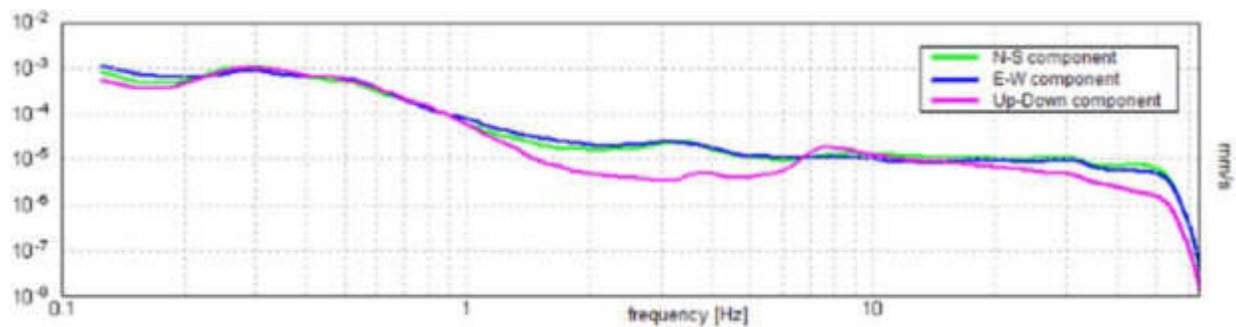
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



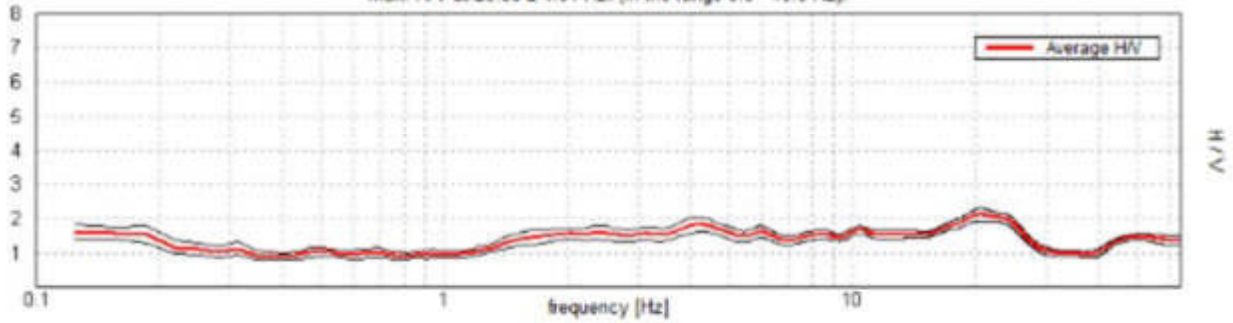
Max. H/V at 3.13 ± 0.09 Hz (in the range 0.0 - 40.0 Hz).

Per la misura **HVSR 4** la curva mette in evidenza un picco alla frequenza di circa **3,13 hz** con ampiezza pari a **7,20**.

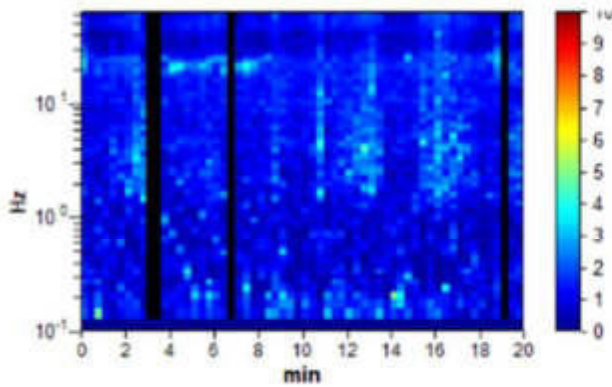
HVSR5

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

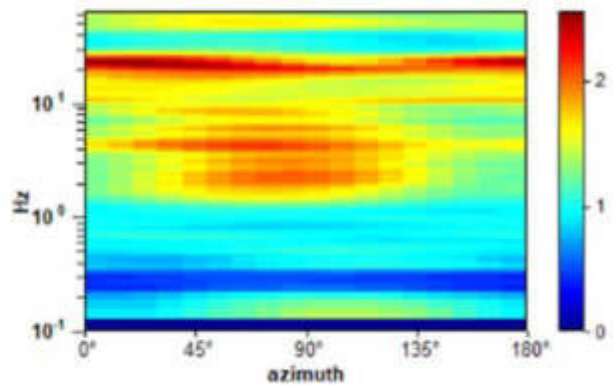
Max. HV at 20.56 ± 4.01 Hz. (in the range 0.0 - 40.0 Hz).



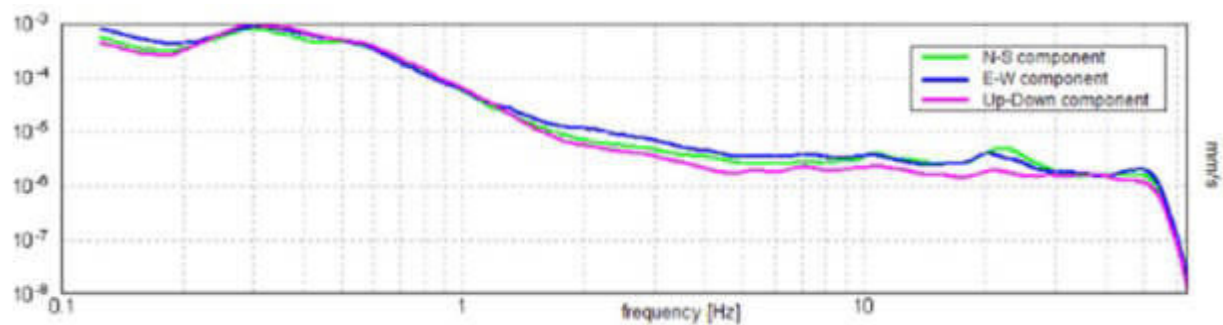
HV TIME HISTORY



DIRECTIONAL HV



SINGLE COMPONENT SPECTRA



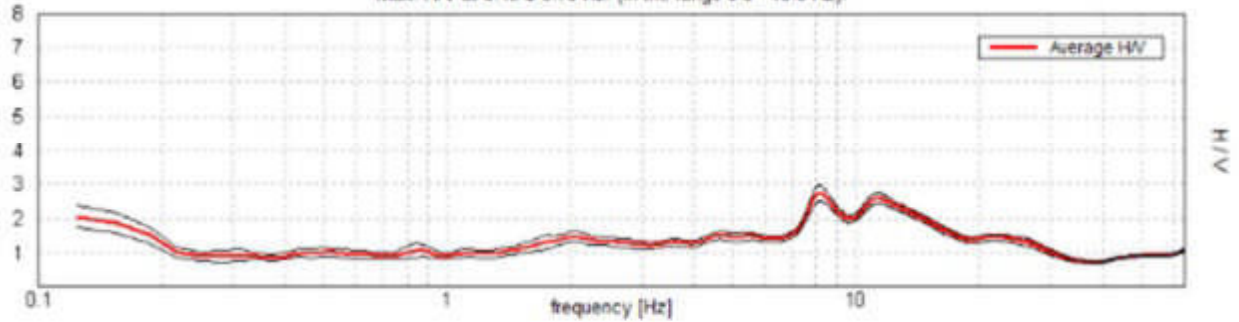
Max. H/V at 20.56 ± 4.01 Hz (in the range 0.0 - 40.0 Hz).

Per la misura **HVSR 5** la curva mette in evidenza un picco significativo, comunque, molto poco accentuato, alla frequenza di circa **20,56 hz** con ampiezza pari a **2,11**.

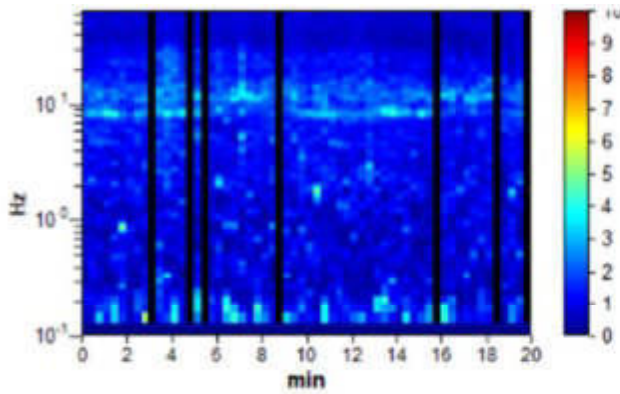
HVSR6

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

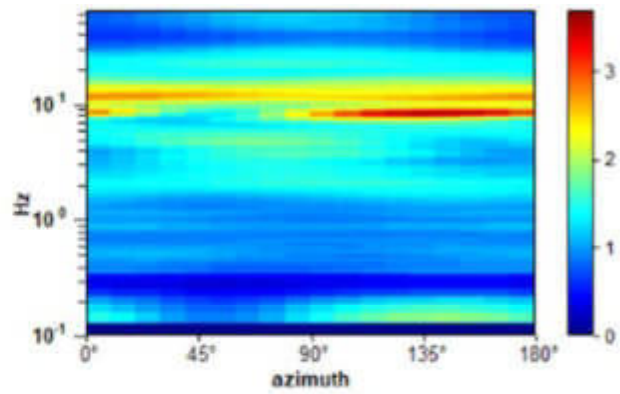
Max. H/V at 8.13 ± 0.79 Hz. (in the range 0.0 - 40.0 Hz).



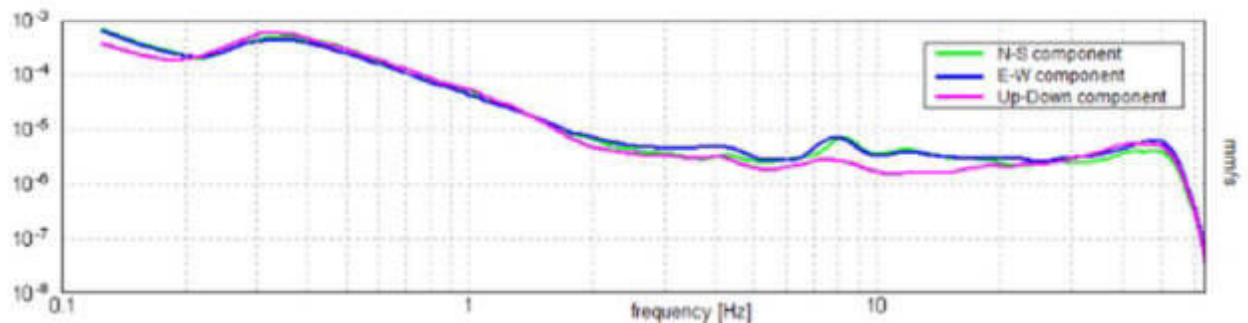
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



Max. H/V at 8.13 ± 0.79 Hz (in the range 0.0 - 40.0 Hz).

Per la misura **HVSR 6** la curva mette in evidenza un picco significativo, comunque, molto poco accentuato, alla frequenza di circa **8,13 hz** con ampiezza pari a **2,75**.

8. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Le recenti Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 e l'OPCM del 20 marzo 2003 n. 3274, superando il concetto della classificazione sismica del territorio in zone, imponendo nuovi e precisi criteri di verifica dell'azione sismica nella progettazione di nuove opere ed in quelle esistenti, valutata mediante un'analisi della risposta sismica locale. In assenza di tali analisi, per condizioni stratigrafiche e proprietà dei terreni chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II delle NTC18, la stima dell'azione sismica può essere effettuata sulla scorta delle "categorie di sottosuolo" e della definizione di una "pericolosità di base" fondata su un reticolo di punti di riferimento, costruito per l'intero territorio nazionale. Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di a_g e dei principali "parametri spettrali" riferiti all'accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di amplificazione F_0 e periodo di inizio del tratto a velocità costante T^*C). il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica vengono forniti dall'INGV e pubblicati sul sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>.

Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

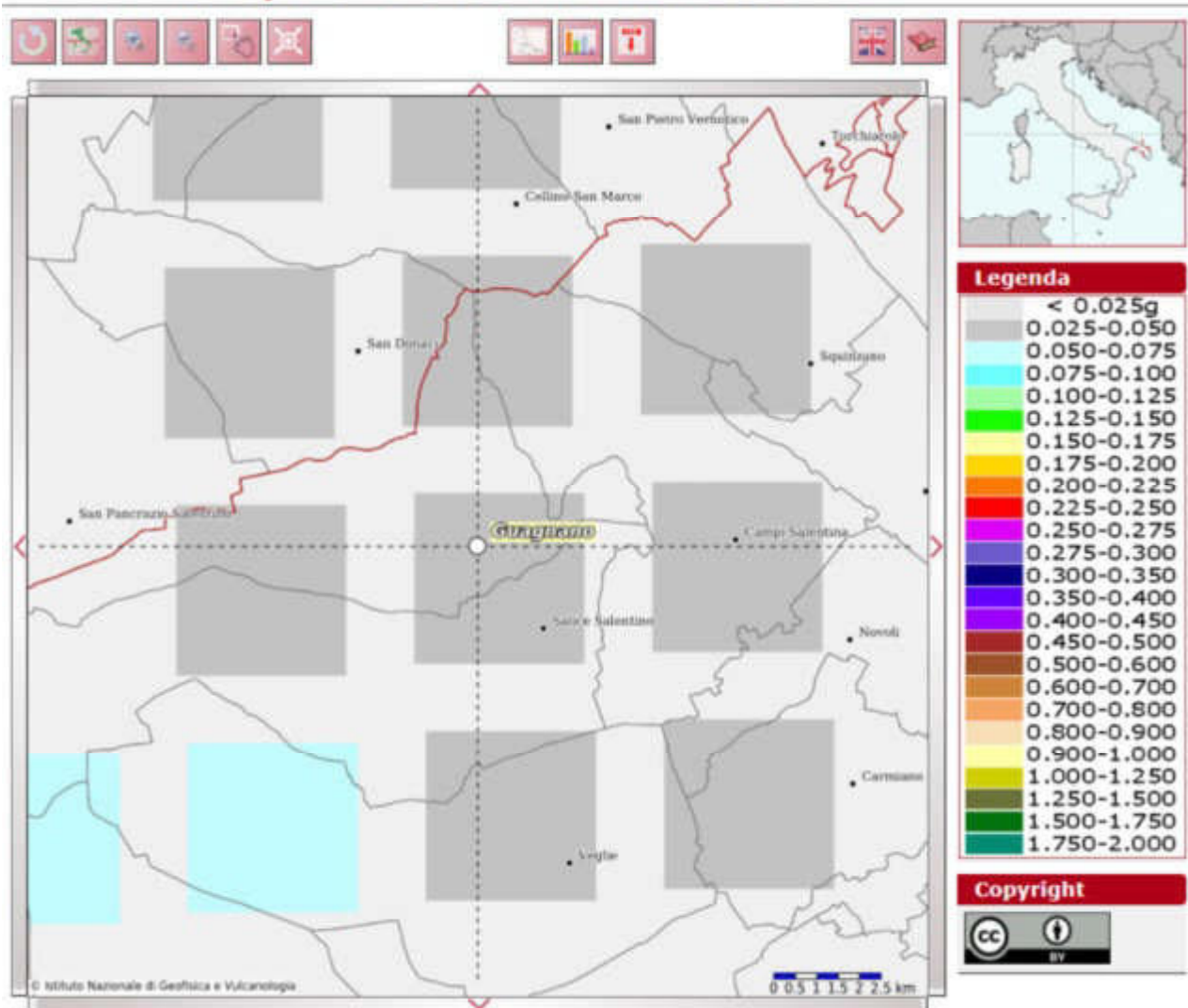


Figura 45: Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima al suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a soli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat.A). Fonte: <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>.

Secondo le NTC18 l'area in questione è caratterizzata da un'accelerazione compresa fra 0.025-0.050 g, come evidenziato dalla figura 45, in cui è riportata la mappa della pericolosità sismica per il sito in questione con una probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni (riferita a suoli rigidi – categoria A).

Tale mappa di pericolosità sismica è riferita ad un periodo di ritorno $TR=975$, corrispondente ad una vita nominale dell'opera $V_N= 50$ anni e ad un coefficiente d'usi $C_U=1.5$ (strutture importanti), parametri legati tra loro dalla seguente formula:

$$TR = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) \text{ dove } V_R = V_N \cdot C_U$$

Valori dei parametri per la definizione del periodo di ritorno		
P_{VL} (Stato Limite)	C_U	V_N [anni]
81% Operatività (SLO)	0.7 (I. Strutture secondarie)	≤ 10 (Opere provvisorie)
63% Danno (SLD)	1.0 (II. Strutture ordinarie)	≥ 50 (Opere ordinarie)
10% Salvaguardia della vita (SLV)	1.5 (III. Strutture importanti)	≥ 100 (Grandi opere)
5% Prevenzione del Collasso (SLC)	2.0 (IV. Strutture strategiche)	

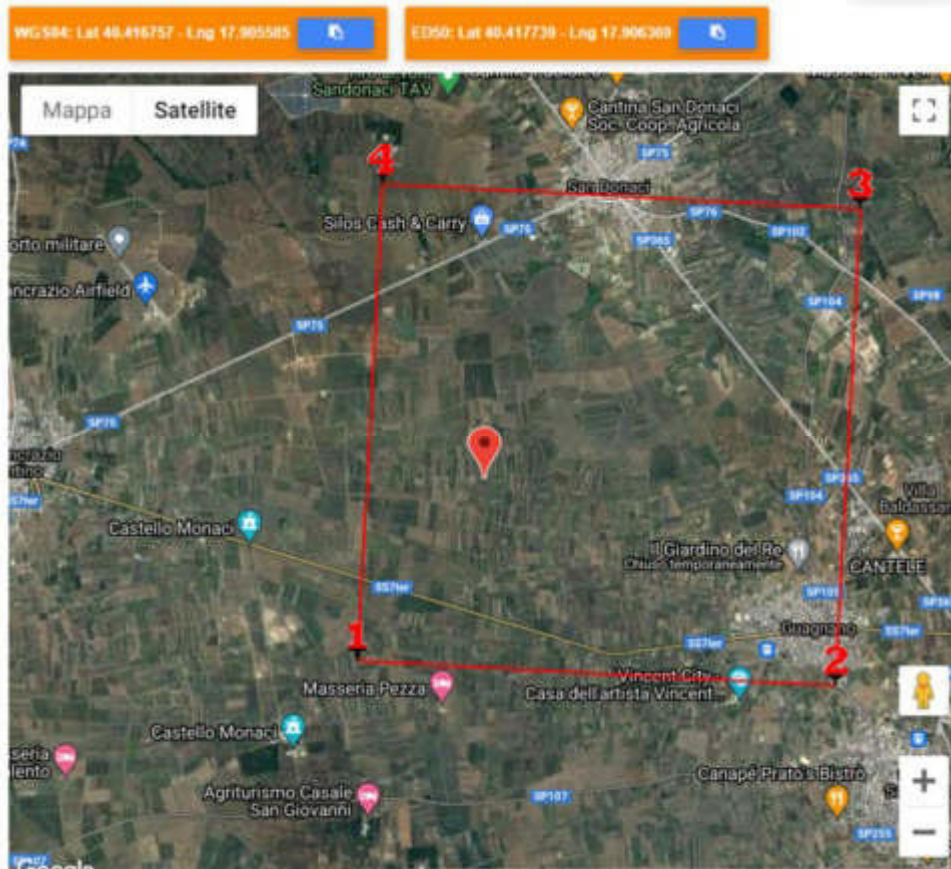
I nuovi criteri di caratterizzazione sismica locale, come accennato in precedenza, sono menzionati nelle "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni 2018", entrate in vigore in data 22/03/2018, per le quali è necessario, inoltre, caratterizzare il sito in funzione degli spettri di risposta sismica delle componenti orizzontali e verticali del suolo. Gli spettri di risposta sismica vanno stimati in relazione ai differenti Stati Limite a cui il manufatto è potenzialmente sottoposto; tale stima è stata effettuata mediante l'applicazione della GEOSTRU, eseguibile al seguente link:

<https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>

essa fornisce i coefficienti sismici (ag , F_0 e T_c^*) (Figura 46) per gli stati limite SLO, SLD, SLV, SLC, tipici del luogo o della costruzione in esame.

Sono stati inoltre calcolati i coefficienti sismici, considerando una Categoria del suolo di Fondazione di tipo A (Figura 47), di Tipo B (Figura 49), di Tipo C (Figura 51) e di Tipo E (Figura 53) (Cfr. par. 7.2.2) ed una Categoria Topografica T1, e i relativi spettri di progetto allo SLO (Figure 48, 50, 52 e 54).

Di seguito vengono riportati i risultati ottenuti per la maglia sismica in cui ricade il sito.



Stati limite

Classe Edificio

IV. Funzioni pubbliche o strategiche importanti...

Vita Nominale 50

Interpolazione Media ponderata

CU = 2

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	60	0.022	2.312	0.256
Danno (SLD)	101	0.028	2.333	0.331
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.060	2.587	0.524
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.072	2.710	0.549
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	100			

Figura 46: Griglia di riferimento e definizione dei parametri sismici (a_g , F_0 e T_c^*).

Coefficienti sismici

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

H (m): 1 vs (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: A

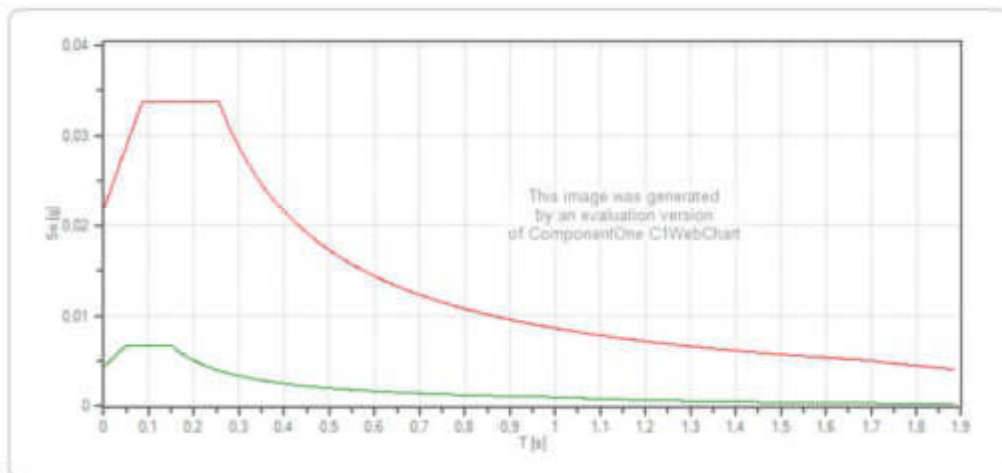
Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,00	1,00	1,00	1,00
CC Coeff. funz. categoria	1,00	1,00	1,00	1,00
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.004	0.006	0.012	0.014
kv	0.002	0.003	0.006	0.007
Amax [m/s ²]	0.215	0.276	0.584	0.701
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

Figura 47: Definizione dei coefficienti sismici categoria suolo di fondazione A.

Spettri di progetto per lo stato limite: SLO



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO orizzontale	2	0,022	2,312	0,256	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	0,085	0,256	1,688
SLO verticale	2	0,022	2,312	0,256	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

Figura 48: Definizione dei coefficienti sismici categoria suolo di fondazione A.

Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1 us (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: B

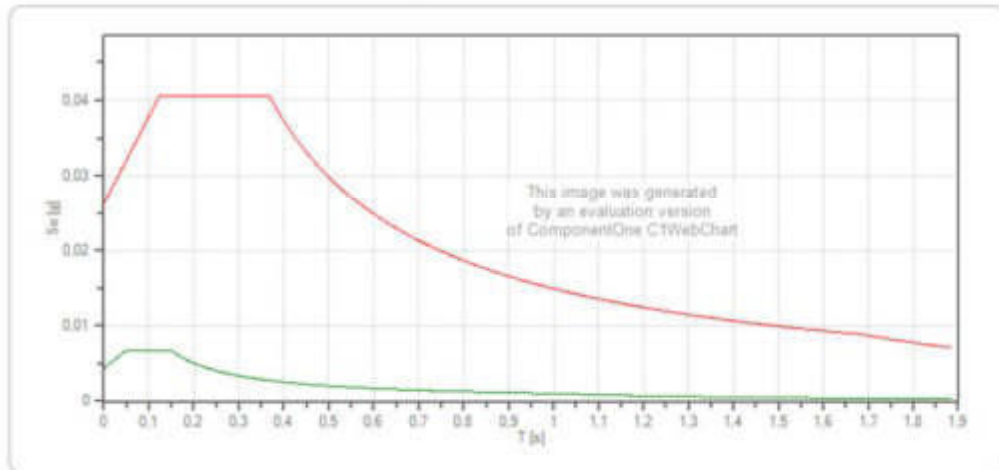
Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,44	1,37	1,25	1,24
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.005	0.007	0.014	0.017
kv	0.003	0.003	0.007	0.009
Amax [m/s ²]	0.258	0.331	0.701	0.842
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

Figura 49: Definizione dei coefficienti sismici categoria suolo di fondazione B.

Spettri di progetto per lo stato limite: SLO



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO orizzontale	2	0,022	2,312	0,256	1,200	1,440	1,000	1,200	1,500	0,123	0,369	1,688
SLO verticale	2	0,022	2,312	0,256	1,200	1,440	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

Figura 50: Definizione dei coefficienti sismici categoria suolo di fondazione B.

Coefficienti sismici

Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni
 Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

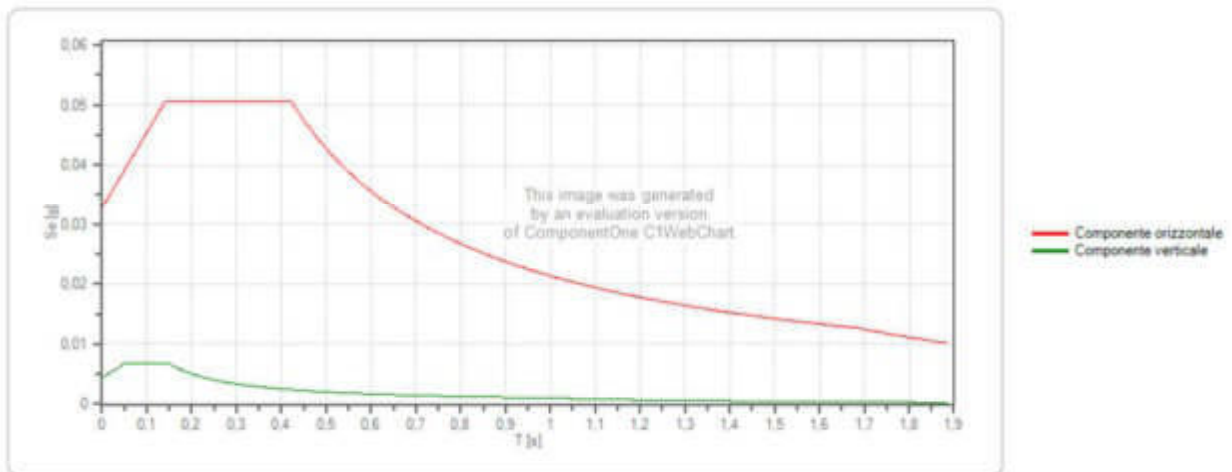
H (m) us (m)

Cat. Sottosuolo
 Cat. Topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC	Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50	kh	0,007	0,008	0,018	0,021
CC Coeff. funz categoria	1,65	1,51	1,30	1,28	kv	0,003	0,004	0,009	0,011
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00	Amax [m/s ²]	0,322	0,414	0,876	1,052
					Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

Figura 51: Definizione dei coefficienti sismici categoria suolo di fondazione C.

Spettri di progetto per lo stato limite: SLO



	cu	ag [g]	F ₀	T _c * [s]	S _s	C _c	S _t	S	q	TB [%]	TC [%]	TD [%]
SLO orizzontale	2	0,022	2,312	0,256	1,500	1,650	1,000	1,500	1,500	0,141	0,422	1,688
SLO verticale	2	0,022	2,312	0,256	1,500	1,650	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

Figura 52: Definizione dei coefficienti sismici categoria suolo di fondazione C.

Coefficienti sismici

Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) us (m)

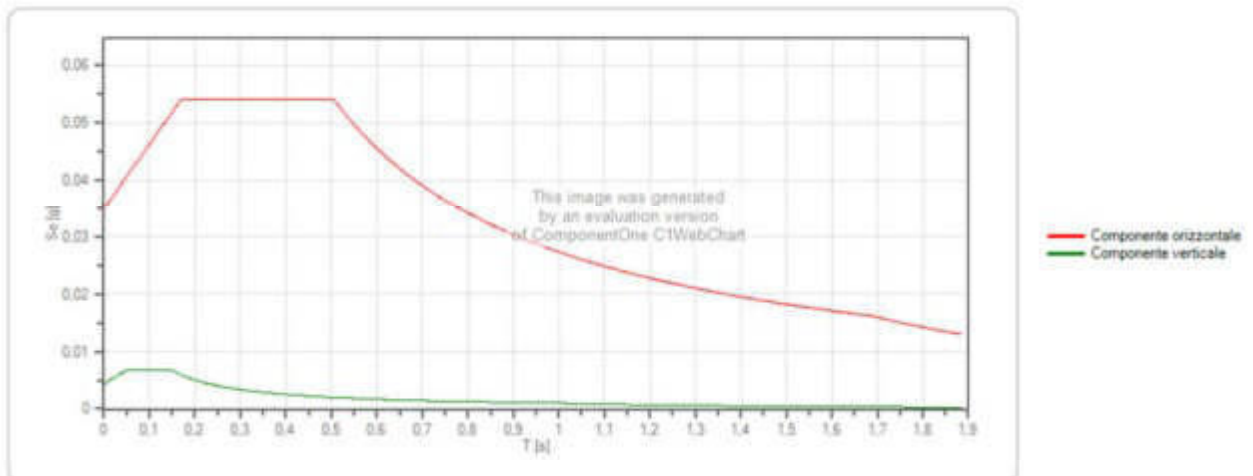
Cat. Sottosuolo

Cat. Topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC	Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,60	1,60	1,60	1,60	kh	0,007	0,009	0,019	0,023
CC Coeff. funz. categoria	1,98	1,79	1,49	1,46	kv	0,004	0,005	0,010	0,011
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00	Amax [m/s ²]	0,343	0,442	0,934	1,122
					Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

Figura 53: Definizione dei coefficienti sismici categoria suolo di fondazione E.

Spettri di progetto per lo stato limite: SLO



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO orizzontale	2	0,022	2,312	0,256	1,600	1,980	1,000	1,600	1,500	0,169	0,507	1,688
SLO verticale	2	0,022	2,312	0,256	1,600	1,980	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

Figura 54: Definizione dei coefficienti sismici categoria suolo di fondazione E.

9. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO

Sulla scorta degli studi delle risultanze delle indagini geognostiche effettuate è stato possibile elaborare per l'area di progetto un modello geologico di riferimento, il quale tiene conto di tutte le informazioni acquisite durante il presente studio, che viene nel seguito esplicitato.

All'interno dell'area è possibile definire un modello geologico-geotecnico uniforme per l'intera area (Figura 62). In particolare l'assetto stratigrafico è definito come segue: il potente basamento carbonatico cretaceo (riferibile al "Calcarea di Altamura") è sovrastato, in trasgressione, dai termini basali della sequenza sedimentaria marina plio-pleistocenica della "Fossa Bradanica" (Calcarenite di Gravina e Argille subappennine) su cui, si rilevano, ai vari livelli, i depositi terrazzati marini e/o, depositi continentali.

La falda idrica superficiale si rileva ad una quota media di circa 1,5-2,0 dal p.c., mentre quella profonda, che circola all'interno della massa carbonatica è localizzata a quote di circa ai 50-55 m dal p.c.. La presenza della falda idrica superficiale fa sì che vi sia interazione diretta fra le opere di fondazione e la stessa.

Alla luce di quanto detto è possibile distinguere all'interno dell'area interessata dal parco eolico tre differenti unità litologiche [U.L.]:

- Unità Litologica 1: Unità dei depositi eluvio colluviali
- Unità Litologica 2: Unità dei depositi di terrazzo
 - Unità 2a: Facies limoso-sabbiosa
 - Unità 2b: Facies sabbioso calcarenitica
- Unità Litologica 3: Unità delle argille grigio-azzurre.
- Unità Litologica 4: Unità delle calcareniti bioclastiche.
- Unità Litologica 5: Unità dei calcari cretacei.

Sulla base dei modelli geologico di riferimento è possibile inoltre considerare i seguenti aspetti, valevoli per tutta l'area progettuale:

Categoria di sottosuolo	Variabile (A-B-C-E)
Categoria Topografica	T1
Rischio liquefazione dei terreni	Nullo
Rischio instabilità dei terreni	Situazione Stabile
Pericolosità geo-sismica del sito	Molto Bassa

In accordo con il modello geologico, sintetizzando le risultanze delle indagini geognostiche effettuate unitamente ai dati bibliografici in possesso dello scrivente, è stato elaborato il modello geotecnico dell'area in studio, il quale è formato dalle seguenti unità geotecniche (graficamente i modelli geotecnici sono mostrati in dettaglio all'interno della Tavola 6):

Unità Geotecnica	Descrizione
U.G. 1)	TERRENO VEGETALE
U.G. 2a)	LIMI SABBIOSI
U.G. 2b)	SABBIE CALCARENITICHE GHIAIOSE A LUOGHI BEN CEMENTATE
U.G. 3)	SABBIE FINI LIMOSE E ARGILLE
U.G. 4)	CALCARENITI BIOCLASTICHE
U.G. 5)	CALCARI MICRITICI

I valori delle principali caratteristiche fisiche e meccaniche sono stati ricavati dall'elaborazione di tutte le prove eseguite oltre che da dati bibliografici in possesso dello scrivente riguardanti indagini pregresse su terreni similari a quelli in studio.

In particolare sono state parametrizzate le Unità geotecniche 2 (2a e 2b), 3, 4 e 5; l'Unità 1, costituita da terreno vegetale, date le scadenti caratteristiche meccaniche non viene prese in considerazione, e dovrà necessariamente essere asportato.

Di seguito, viene esplicitata la parametrizzazione geotecnica di massima delle singole Unità precedentemente individuate.

Si precisa che in fase di progettazione esecutiva dovranno essere svolte specifiche indagini geognostiche e geofisiche su ogni WTG, al fine di definire con esattezza il modello litologico e geotecnico di dettaglio caratteristico.

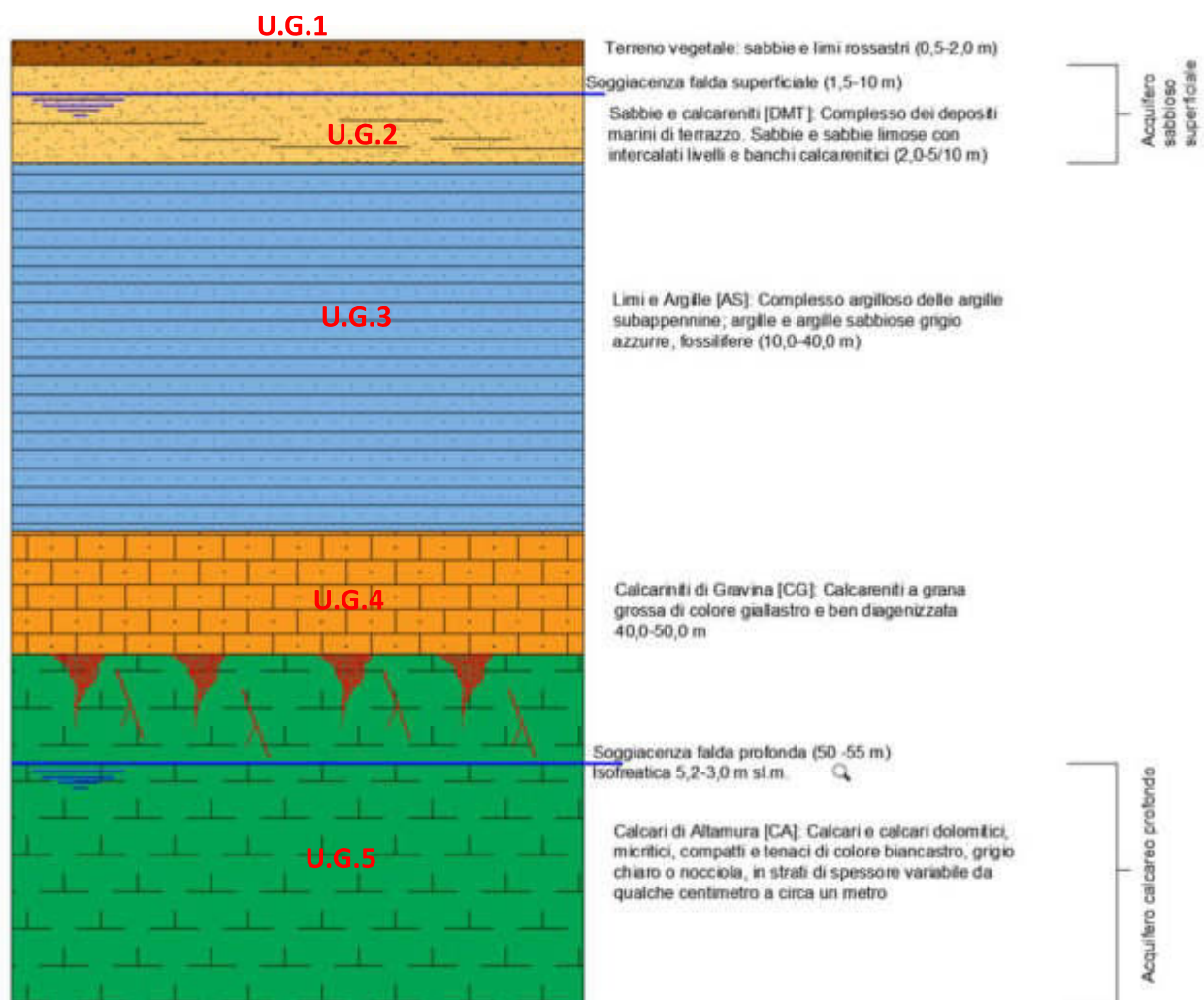


Figura 55: Modello geologico-geotecnico di riferimento.

UNITA' GEOTECNICA 2:

U.G. 2a - Facies limoso-sabbiosa

Formazione geologica: Depositi Marini Terrazzati

Descrizione litologica: alternanza di sabbie, limi sabbiosi e sabbie con limo.

Caratteristiche geotecniche generali: terreni a comportamento geotecnico da discreto a mediocre, prevalentemente incoerente, a consistenza generalmente medio-bassa.

Comportamento Strato: Granulare sciolto

Stato di addensamento: da poco a mediamente addensato.

Parametri geotecnici caratteristici:

	MIN	MAX	BEST FIT
γ (kN/m ³) Peso per unità di volume naturale	14,7	19,5	18,7
γ_{sec} (kN/m ³) Peso per unità di volume secco	---	---	16,3
γ_{sat} (kN/m ³) Peso per unità di volume saturo	---	---	19,0
γ_s (kN/m ³) Peso specifico	---	---	25,1
ϕ' (°) Angolo di attrito di picco	25,9	33,5	27,0
ϕ'_{vc} (°) Angolo di attrito a volume costante	24,7	27,9	26,0
c' (kPa) Coesione efficace	---	---	9,0
E_y (Mpa) Modulo Elastico	1,7	10,2	5,4
C_u (kPa) Coesione non drenata	20,3	82,9	40,0

U.G. 2b - Facies sabbioso-ghiaiosa-arenitica

Formazione geologica: Depositi Marini Terrazzati

Descrizione litologica: alternanza di sabbie e strati arenitici da mediamente a ben cementati.

Caratteristiche geotecniche generali: terreni a comportamento geotecnico da discreto a buono, prevalentemente incoerente, a consistenza generalmente elevata.

Comportamento Strato: Granulare sciolto

Stato di addensamento: da addensato a semicoerente.

Parametri geotecnici caratteristici:

	MIN	MAX	BEST FIT
γ (kN/m ³) Peso per unità di volume naturale	17,5	21,0	20,0
γ_{sec} (kN/m ³) Peso per unità di volume secco	16,8	18,0	17,5
γ_{sat} (kN/m ³) Peso per unità di volume saturo	19,5	21,8	20,5
γ_s (kN/m ³) Peso specifico	---	---	24,0
ϕ' (°) Angolo di attrito di picco	28,0	32,0	30,0
ϕ'_{vc} (°) Angolo di attrito a volume costante	26,0	31,0	29,0
c' (kPa) Coesione efficace	0,0	9,0	4,0
E_y (Mpa) Modulo Elastico	5	40	30

UNITA' GEOTECNICA 3: Depositi sabbioso-limo-argillosi e argillosi

Formazione geologica: Argille Subappennine

Descrizione litologica: Sabbie fini con limo e argilla passanti ad argille propriamente dette

Caratteristiche geotecniche generali: terreni a comportamento geotecnico da discreto a buono, a comportamento coesivo.

Comportamento Strato: Coesivo

Stato di Consistenza: da mediamente consistente a duro.

Parametri geotecnici caratteristici:

	MIN	MAX	BEST FIT
γ (kN/m ³) Peso per unità di volume naturale	---	---	19.3
γ_{sec} (kN/m ³) Peso per unità di volume secco	---	---	15.4
γ_{sat} (kN/m ³) Peso per unità di volume saturo	---	---	19.4
γ_s (kN/m ³) Peso specifico	---	---	26.1
ϕ' (°) Angolo di attrito di picco	---	---	25.6
ϕ'_{vc} (°) Angolo di attrito a volume costante	---	---	25.0
c' (kPa) Coesione efficace	---	---	8.0
C_u (kPa)	70.0	100.0	90.0

UNITA' GEOTECNICA 4: Depositi calcarenitici

Formazione geologica: Calcareniti di Gravina

Descrizione litologica: Calcareniti bioclastiche a grana grossolana di colore bianco giallastro da mediamente a scarsamente cementate

Caratteristiche geotecniche generali: terreni a comportamento geotecnico da discreto a buono, con comportamento assibilabile ad un ammasso roccioso dalle discrete qualità.

Comportamento Strato: Roccioso

Stato di addensamento: Da mediamente a ben cementato

Parametri geotecnici caratteristici:

	MIN	MAX	BEST FIT
γ (kN/m ³) Peso per unità di volume naturale	19,5	22,0	21,0
γ_{sec} (kN/m ³) Peso per unità di volume secco	18,0	19,5	18,5
γ_{sat} (kN/m ³) Peso per unità di volume saturo	20,0	22,0	21,0
γ_s (kN/m ³) Peso specifico	---	---	22,0
ϕ' (°) Angolo di attrito	30,0	34,0	32,0
c' (kPa) Coesione efficace	0,0	10,0	5,0
E (Mpa) Modulo Elastico Statico	50	80	70
η Coefficiente di Poisson	--	--	0,40
R.Q.D. (%)	30	60	50

UNITA' GEOTECNICA 5: Depositi calcarei

Formazione geologica: Calcari di Altamura

Descrizione litologica: Calcari micritici biancastri da fratturati ed alterati a compatti.

Caratteristiche geotecniche generali: terreni a comportamento geotecnico in genere buono, con comportamento assibilabile ad un ammasso roccioso dalle buone qualità. La qualità dell'ammasso e le caratteristiche geotecniche tendono ad aumentare al diminuire del grado di alterazione e fratturazione dell'ammasso. Per tale motivo l'unità geotecnica viene distinta in due sottounità: quella più superficiale, costituita dai calcari alterati e fratturati e quella più profonda costituita dai calcari da poco fratturati a compatti.

Parametri geotecnici caratteristici

	MIN	MAX	BEST FIT
γ (kN/m ³) Peso per unità di volume naturale	21,5	24,0	22,5
γ_{sec} (kN/m ³) Peso per unità di volume secco	20,0	21,5	20,5
γ_{sat} (kN/m ³) Peso per unità di volume saturo	23,0	24,5	24,0
γ_s (kN/m ³) Peso specifico	---	---	24,0
ϕ' (°) Angolo di attrito	37,0	40,0	38,0
c' (kPa) Coesione efficace	150,0	180,0	160,0
E (Mpa) Modulo Elastico Statico	200	500	300
η Coefficiente di Poisson	--	--	0,32
R.Q.D. (%)	80	100	90

10. CONCLUSIONI

Sulla base delle informazioni acquisite nel corso dell'indagine realizzata sono state verificate le condizioni geologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche dell'area: gli studi sono stati estesi, dove l'accessibilità era consentita.

Le opere di fondazione andranno ad interessare essenzialmente l'Unità Geotecnica 2), i cui litotipi sono costituiti essenzialmente da un'alternanza di sabbie, sabbie con limo, e strati arenitici da mediamente a ben cementati. Tale sedime di fondazione interessa tutti gli aerogeneratori in progetto.

Dal punto di vista geotecnico i terreni in giacitura naturale che costituiscono il sedime di fondazione delle opere di futura progettazione, **sono dotati di caratteristiche geotecniche da discrete a buone**, il cui comportamento è da assimilare a materiali misti granulari.

La profondità del piano di posa della fondazione e la tipologia deve essere scelta e giustificata in relazione alle caratteristiche e alle prestazioni della struttura in elevazione, alle caratteristiche del sottosuolo e alle condizioni ambientali.

La falda idrica superficiale si rileva a profondità di circa 1,5-2,0 m dal p.c.; quella profonda che circola all'interno del basamento calcareo si rinviene ad una profondità di circa 50-55 m dal p.c.; **data la profondità a cui la falda superficiale si rinviene, la stessa interagisce in modo diretto con le opere di progetto e pertanto se ne dovrà necessariamente tenere conto.**

Dal punto di vista sismico è noto come l'area in esame sia inseribile in un'area sismicamente poco attiva. La nuova legge in vigore (Ordinanza n. 3274 del 20/03/2003) inserisce il Guagnano tra le zone di sismicità 4 per cui dovranno essere adottate particolari tecniche per la progettazione e la costruzione seguendo le indicazioni riportate nell'ordinanza stessa. **Dal rilevamento e dalle conoscenze geologiche sui luoghi si evince che la localizzazione del sito esaminato non presenta particolari attinenze all'incremento sismico.** Le indagini eseguite hanno permesso di inserire il suolo di fondazione nella Categoria A-B-C ed E, e quindi di restituire alcuni fattori da utilizzare nella progettazione e riportati all'interno della relazione.

Dall'analisi condotta, si ritiene irrilevante il rischio di liquefazione dei terreni a seguito di sollecitazioni sismiche.

Dal punto di vista del rischio idraulico, l'area di indagine non risulta inclusa all'interno di aree classificate a rischio idraulico e/o frana dagli elaborati del PAI dell'UoM Regionale Puglia e Interregionale Ofanto: nessun aerogeneratore ricade all'interno di aree perimetrate dal PAI.

Il progetto risulta inoltre compatibile con le norme e le prescrizioni dettate dalle misure di salvaguardia delle mappe vigenti del PAI dell'Unit of Management Puglia-Ofanto del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale.

L'area non è peraltro interessata da alcun processo geomorfologico in atto e non vi è alcun segno che possa indicare l'instaurarsi di fenomeni di instabilità, pertanto si ritiene stabile e sicuro da un punto di vista geomorfologico.



GRE CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.16117.00.010.00

PAGE

78 di/of 80

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

dott. Walter MICCOLIS geologo

Ordine dei Geologi della Regione Puglia n. 676



GRE CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.16117.00.010.00

PAGE

79 di/of 80

ALLEGATI CARTOGRAFICI

- **TAVOLA 1 – COROGRAFIA IGM**
- **TAVOLA 2 – CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA**
- **TAVOLA 3 – CARTA IDROGEOLOGICA**
- **TAVOLA 4 – CARTA UBICAZIONE INDAGINI IN SITO**
- **TAVOLA 5 – MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO**