



CODE

SCS.DES.R.GEO.ITA.W.5631.002.00

PAGE

1 di/of 60

AVAILABLE LANGUAGE: IT

# IMPIANTO EOLICO COPERTINO COMUNI DI COPERTINO-CARMIANO-LEVERANO (LE)

## RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA

File name: SCS.DES.R.GEO.ITA.W.5631.002.00\_Relazione Geologica, geomorfologica e sismica.docx

<b>00</b>	02/05/2023	<b>EMISSIONE</b>	SCS INGEGNERIA	SCS INGEGNERIA	
			SCS Team	W. MICCOLIS	
<b>REV</b>	<b>DATE</b>	<b>DESCRIPTION</b>	<b>PREPARED</b>	<b>VERIFIED</b>	<b>APPROVED</b>
<b>IMPIANTO / Plant</b> <b>IMPIANTO EOLICO</b> <b>COPERTINO</b>		<b>CODE</b>			
<small>GROUP</small>	<small>FUNCTION</small>	<small>TYPE</small>	<small>DISCIPLINE</small>	<small>COUNTRY</small>	<small>TEC</small>
<b>SCS</b>	<b>DES</b>	<b>R</b>	<b>G E O I T A</b>	<b>W</b>	<b>5 6 3 1 0 0 2 0 0</b>
<b>CLASSIFICATION:</b>			<b>UTILIZATION</b> <b>SCOPE</b> : PROGETTO DEFINITIVO		

## INDICE

1	INTRODUZIONE .....	5
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....	7
4	INQUADRAMENTO VINCOLISTICO .....	11
4.1.	CARTA IDROGEOMORFOLOGICA DELLA REGIONE PUGLIA .....	11
4.2.	PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE DELLA REGIONE PUGLIA.....	15
4.3.	PIANO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL'UOM REGIONALE PUGLIA E INTERREGIONALE OFANTO (EX ADB PUGLIA) .....	17
5	CONTESTO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO .....	19
5.1.	CARATTERI GEOLOGICI E STRATIGRAFICI LOCALI .....	20
6	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	24
7	ASSETTO IDROGEOLOGICO.....	25
8	INDAGINI GEOFISICHE IN SITO.....	28
8.1.	TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P.....	30
8.1.1.	il metodo sismico a rifrazione .....	30
8.1.2.	Analisi dei risultati.....	31
8.2.	SISMICA MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES).....	33
8.2.1.	Calcolo $v_s$ , $v_q$ e definizione della categoria del suolo di fondazione (D.M. 17/01/2018 NTC2018) .....	35
8.3.	TOMOGRAFIA ELETTRICHE DI RESISTIVITA' .....	39
8.3.1.	Analisi dei risultati.....	40
9	CARATTERISTICHE SISMOLOGICHE.....	43
9.1	CARATTERI GENERALI E NORMATIVA .....	43
9.2	PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE .....	44
9.3	DEFINIZIONE DEI PARAMETRI E DEI COEFFICIENTI SISMICI E DEGLI SPETTRI DI RISPOSTA ..	50
10	MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO .....	54
11	CONCLUSIONI .....	59

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Localizzazione dell'area di impianto nel contesto nazionale. ....	7
Figura 2: Localizzazione dell'impianto a livello regionale.....	7
Figura 3: Individuazione area di impianto su Ortofoto. ....	8
Figura 4: Individuazione su ortofoto dell'impianto in progetto. ....	8
Figura 5: Inquadramento area parco eolico su stralcio IGM. ....	9
Figura 6: Inquadramento su cartografia geologica – Foglio 214 (Gallipoli) della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000.....	10
Figura 7: Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia – Area Parco eolico (elaborazione GIS con base di dati SIT Puglia).....	12
Figura 8: Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia – Opere di Connessione (elaborazione GIS con base di dati SIT Puglia). ....	13
Figura 9: Legenda Carta Idrogeomorfologica della Regione e legenda layout di progetto. ....	14
Figura 10: Stralcio del Piano di Tutela delle Acque con sovrapposizione del Layout di progetto di progetto (Fonte: WMS – SIT Puglia). ....	16
Figura 11: Particolare layout di progetto con indicazione dei Perimetri PAI vigenti. ....	18
Figura 12: Carta tettonica della Penisola Salentina. ....	19
Figura 13: Estratto della carta geologica di Tavola 2 con indicazione delle litologie affioranti.....	23
Figura 14: Serie idrogeologica dell'area in studio. ....	25
Figura 15: Schema dei due acquiferi che caratterizzano l'area di studio. ....	27
Figura 16: Ubicazione indagini geofisiche area 1. ....	28
Figura 17: Ubicazione indagini geofisiche area 2 (figura sopra); area 3 (figura sotto). ....	29
Figura 18: Interpretazione simo-stratigrafica - SRT 1. ....	31
Figura 19: Interpretazione simo-stratigrafica - SRT 2. ....	32
Figura 20: Interpretazione simo-stratigrafica - SRT 3. ....	32
Figura 21: Profilo verticale Vs – MASW 1.....	34
Figura 22: Profilo verticale Vs – MASW 2.....	34
Figura 23: Profilo verticale Vs – MASW 3.....	35
Figura 24: Categorie suolo di fondazione tabella 3.2.II delle NTC18.....	35
Figura 25: Definizione della profondità del substrato. ....	36
Figura 26: Diagramma per la definizione delle categorie del suolo di fondazione in accordo alle NTC 2018 § 3.2.2. ....	37
Figura 27: Definizione della categoria del suolo di fondazione in accordo a quanto stabilito dalle NTC18 sulla base delle risultanze delle indagini MASW – quota imposta fondazioni pari a 3,0 m dal p.c.....	38
Figura 28: Sezione tomografiche di resistività e relativa interpretazione – ERT1.....	41
Figura 29: Sezione tomografiche di resistività e relativa interpretazione – ERT2.....	41
Figura 30: Sezione tomografiche di resistività e relativa interpretazione – ERT3.....	42
Figura 31: Classificazione sismica della Regione Puglia. ....	43
Figura 32: Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima al suolo (amax) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi (Vs30>800 m/s; cat.A). Fonte: <a href="http://esse1-gis.mi.ingv.it/">http:// esse1-gis.mi.ingv.it/</a> .....	45
Figura 33: Curva di pericolosità. Fonte: <a href="http://esse1-gis.mi.ingv.it/">http:// esse1-gis.mi.ingv.it/</a> .....	46
Figura 34: Spettri a pericolosità uniforme. Fonte: <a href="http://esse1-gis.mi.ingv.it/">http:// esse1-gis.mi.ingv.it/</a> .....	47
Figura 35: Grafico di disaggregazione. Fonte: <a href="http://esse1-gis.mi.ingv.it/">http:// esse1-gis.mi.ingv.it/</a> .....	48
Figura 36: Disaggregazione – valori tabellari. Fonte: <a href="http://esse1-gis.mi.ingv.it/">http:// esse1-gis.mi.ingv.it/</a> .....	49
Figura 37: Modello geologico-geotecnico di riferimento. ....	55

**ELABORATI GRAFICI**

<b>Num.</b>	<b>Oggetto</b>
Tav. 01a	Corografia IGM
Tav. 01b	Corografia IGM
Tav. 01c	Corografia IGM
Tav. 02a	Carta Geologica e Geomorfologica
Tav. 02b	Carta Geologica e Geomorfologica
Tav. 02c	Carta Geologica e Geomorfologica
Tav. 03a	Carta Idrogeologica
Tav. 03b	Carta Idrogeologica
Tav. 03c	Carta Idrogeologica
Tav. 03	Carta Idrogeologica
Tav. 04	Ubicazione delle indagini in sito
Tav. 05	Archivio indagini del sottosuolo
Tav. 05b	Modello Geologico e Geotecnico

**ELENCO ALLEGATI FUORI TESTO**

<b>Num.</b>	<b>Oggetto</b>
	SCS.DES.R.GEO.ITA.W.5631.003.00 - Indagini Geofisiche Preliminari

## 1 INTRODUZIONE

La società proponente è WPD SALENTINA 2 SRL. Il gruppo WPD nasce in Germania, a Brema ed ha un'esperienza decennale nel settore delle energie rinnovabili, in particolare da fonte eolica. WPD è presente, con le sue società controllate in oltre 28 Paesi (Europa, Asia, America del Nord).

Ad oggi il gruppo WPD ha installato oltre 2550 torri eoliche con una capacità totale di circa 5740 MW ed è responsabile del funzionamento e della gestione di 513 parchi eolici, equivalenti a 5,3 GW di potenza installata.

La società WPD SALENTINA 2 SRL è promotrice di un progetto per l'installazione di un impianto eolico le cui opere civili ed elettriche ricadono nei territori comunali di Copertino, Carmiano, Leverano e Nardò, tutti Comuni appartenenti alla Provincia di Lecce.

Il progetto, cui la presente relazione fa riferimento, riguarda la realizzazione di un impianto di produzione di energia rinnovabile a fonte eolica composta da 8 aerogeneratori, con potenza unitaria pari a 4.5MW ed una potenza complessiva di 36 MW.

La potenza generata dal parco eolico sarà distribuita alla sottostazione utente (SSU) di WPD Salentina 2 S.r.l. di nuova realizzazione dove verrà eseguita una elevazione di tensione di sistema (150/33 kV) per il collegamento in antenna AT a 150 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) 380/150 kV da inserire in entra-esce sulla linea RTN a 380 kV "Erchie 380 - Galatina 380". Inoltre, al fine di razionalizzare l'utilizzo delle strutture di rete, il nuovo stallo a 150 kV da realizzare nella nuova SE della RTN 380/150 kV sarà condiviso con altri impianti di produzione.

L'impianto è costituito da 8 aerogeneratori, opportunamente disposti nell'area di interesse e installati su torri tubolari di altezza al mozzo pari a 82 m, e dall'impianto elettrico, necessario al funzionamento delle turbine eoliche. Il cavidotto di connessione collega tutti gli aerogeneratori alla sottostazione di trasformazione utente, tramite la sottostazione utente ci si collega quindi alla rete elettrica nazionale.

Nella tabella che segue ([Tabella 1](#)) sono individuate le coordinate delle turbine eoliche e i riferimenti catastali delle particelle nelle quali ricadono le fondazioni:

SISTEMA DI RIFERIMENTO UTM WGS 84 - FUSO 34N			RIFERIMENTI CATASTALI		
Posizioni Aerogeneratori					
WTG	EST [m]	NORD [m]	COMUNE	FG	P.LLA
A1	246859,65	4467827,49	CARMIANO	27	263
A2	247410,55	4467093,61	COPERTINO	2	73 41
A3	246206,32	4466790,49	LEVERANO	13	45
A4	248068,30	4466378,01	COPERTINO	7	45
A5	247518,72	4465797,47	COPERTINO	6	325 326
A6	248030,58	4465567,96	COPERTINO	6	262 366
A7	248483,97	4465284,86	COPERTINO	7	157
A8	247718,67	4465003,81	COPERTINO	10	12 14

**Tabella 1: Coordinate aerogeneratori dell'impianto eolico di Leverano-Copertino.**

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:

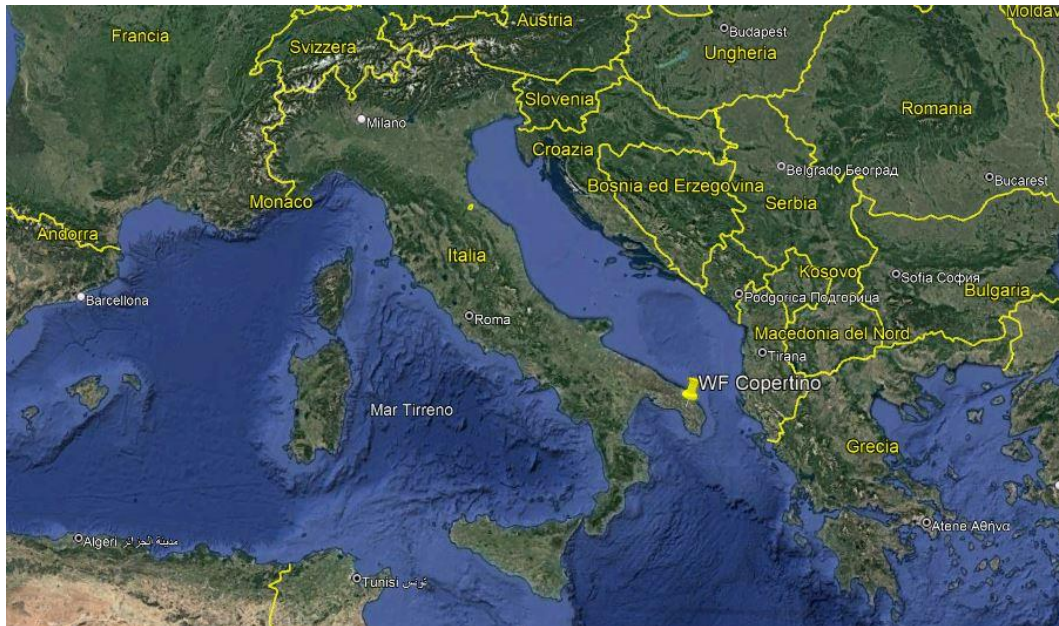
- ✓ Esecuzione di n. 3 Indagini Sismiche MASW, al fine di definire la  $V_s30$  e di conseguenza la categoria del suolo di fondazione (NTC18).
- ✓ Esecuzione di N. 3 stendimenti sismici a rifrazione con restituzione tomografica in onde P.
- ✓ Esecuzione di N. 3 tomografie elettriche di resistività.

Per la descrizione dettagliata delle indagini eseguite si rimanda all'elaborato *SCS.DES.R.GEO.ITA.W.5631.003.00 - Indagini Geofisiche Preliminari*. 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.

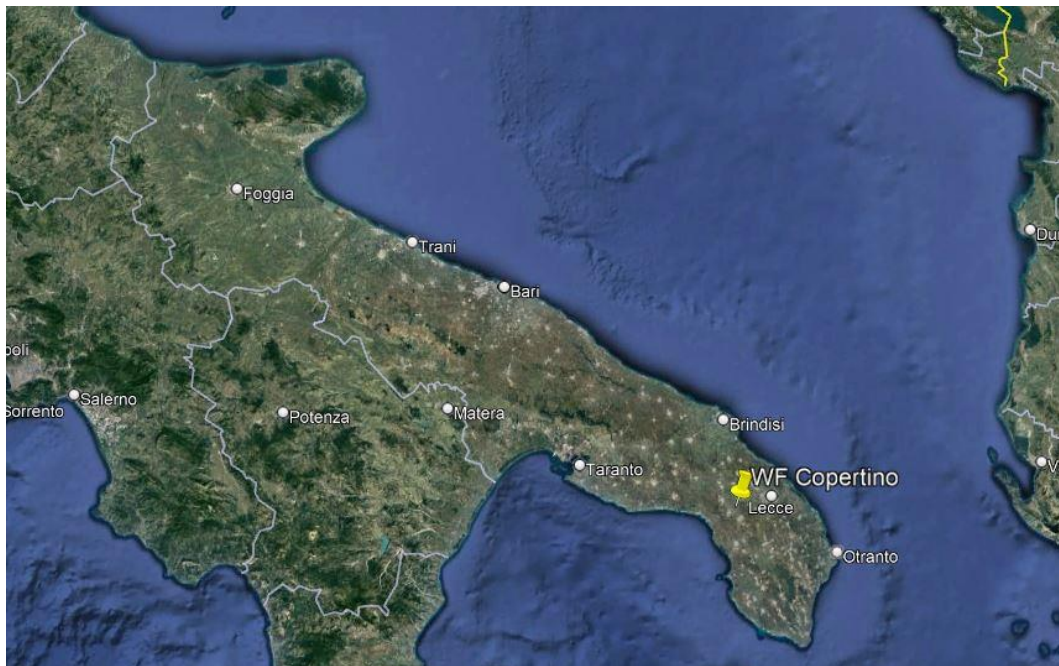
In fase di progettazione esecutiva tali indagini dovranno necessariamente essere integrate: in particolare per ogni aerogeneratore dovranno essere eseguite specifiche indagini di tipo diretto ed indiretto volte alla definizione dettagliata del modello geologico e geotecnico in riferimento al volume significativo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

## 2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

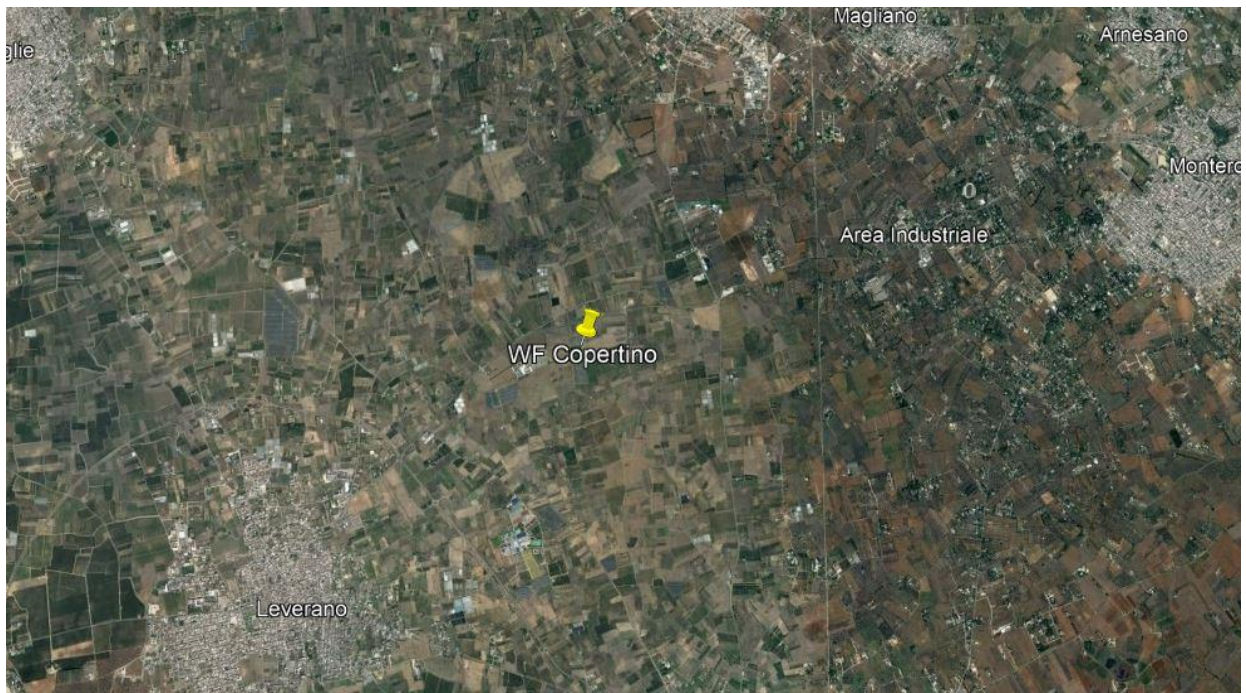
Di seguito è riportato l'inquadramento territoriale dell'area di progetto a livello nazionale, regionale e, di dettaglio su ortofoto.



**Figura 1: Localizzazione dell'area di impianto nel contesto nazionale.**

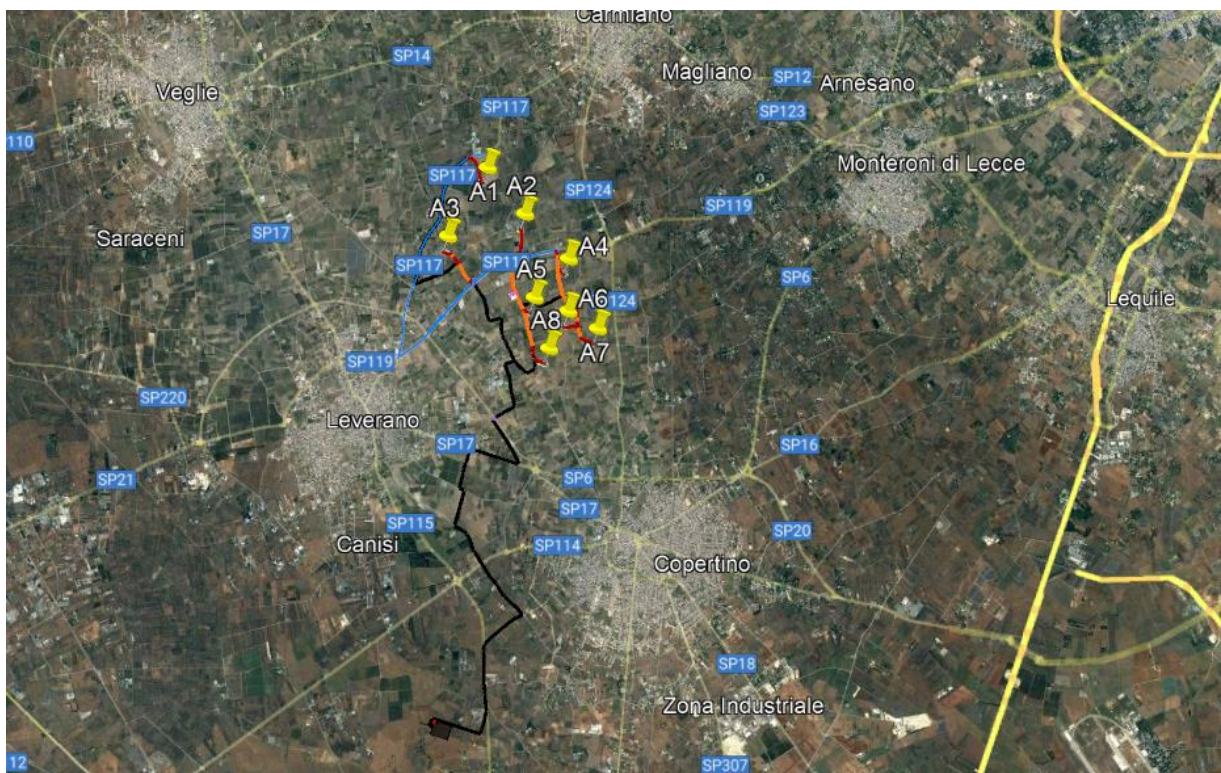


**Figura 2: Localizzazione dell'impianto a livello regionale.**



**Figura 3: Individuazione area di impianto su Ortofoto.**

In particolare, le aree proposte per la realizzazione degli aerogeneratori impegnano la zona agricola nell'intorno delle strade provinciali SP117, SP119 ed SP124, che collegano rispettivamente i comuni di Leverano e Carmiano, Leverano e Arnesano, Carmiano e Copertino.



**Figura 4: Individuazione su ortofoto dell'impianto in progetto.**



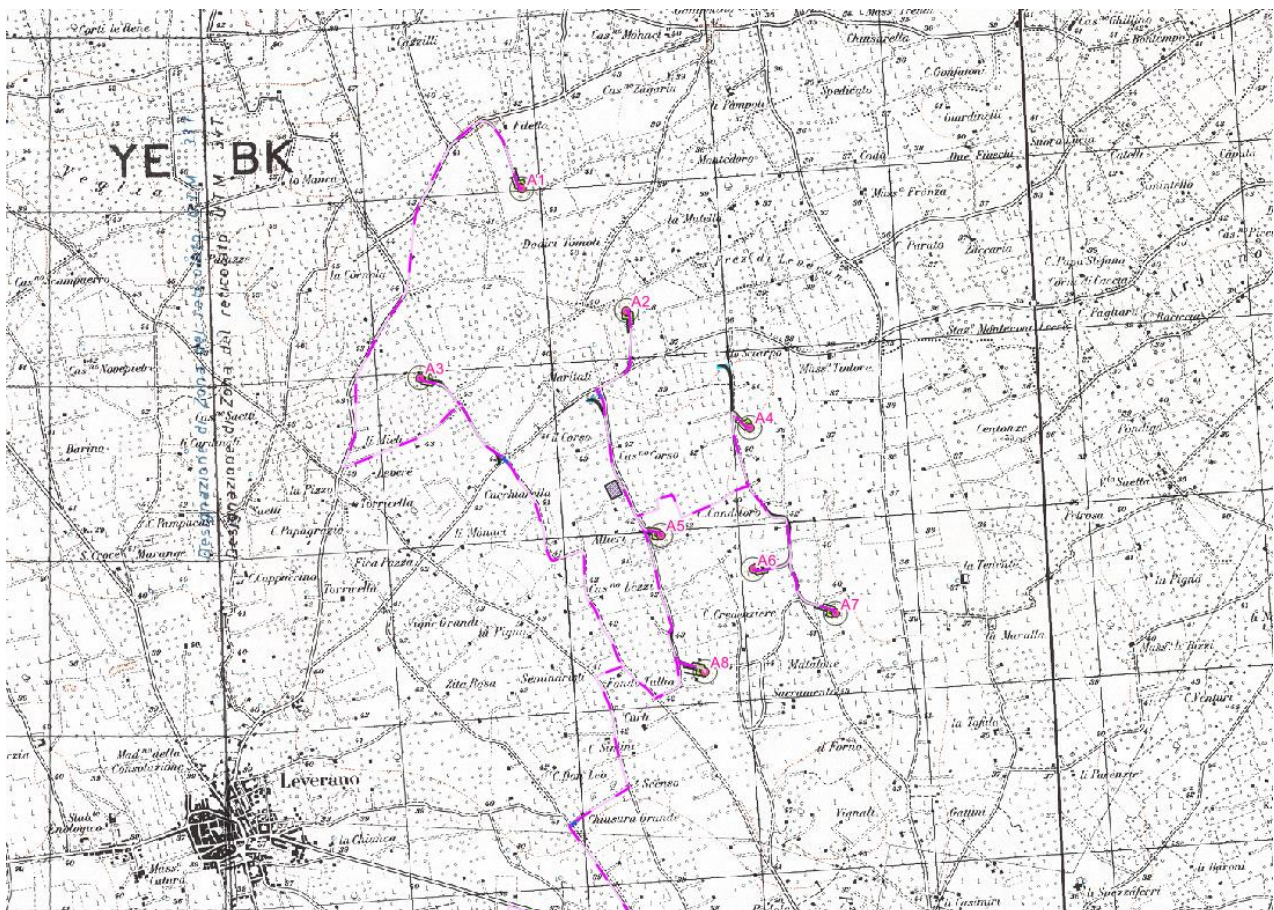
Si riportano di seguito le principali caratteristiche del sito e il layout di impianto:

<b>Tipologia del sito:</b>	Zona agricola produttiva
<b>Altitudine:</b>	30 ÷ 50 m s.l.m.
<b>Temperatura media annua:</b>	18 °C
<b>Precipitazioni medie annue:</b>	55 mm
<b>Umidità relativa:</b>	70 %
<b>Radiazione solare globale</b>	1790 kWh/mq

**Tabella 2: Caratteristiche del sito.**

Cartograficamente l'area ricade all'interno della tavoletta I.G.M. alla scala 1:25.000 il sito di interesse ricade all'interno della Tavolettta "COPERTINO" 214 IV-NO (Figura 5).

Sulla cartografia geologica ufficiale, l'area ricade all'interno del Foglio 214 - "Gallipoli" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (Figura 6).



**Figura 5: Inquadramento area parco eolico su stralcio IGM.**

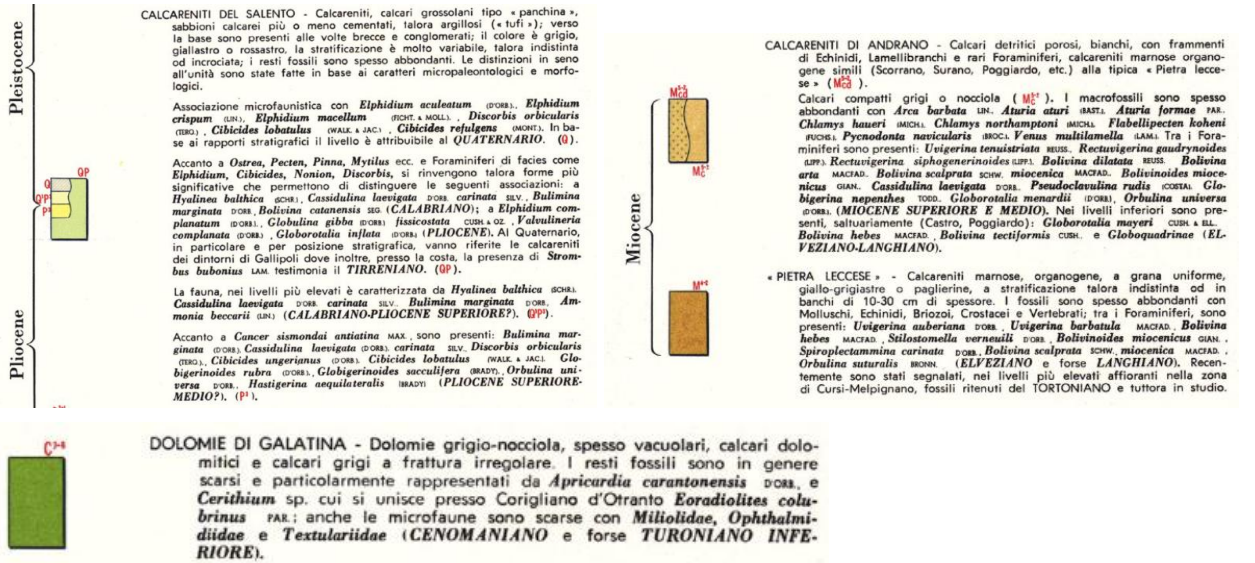
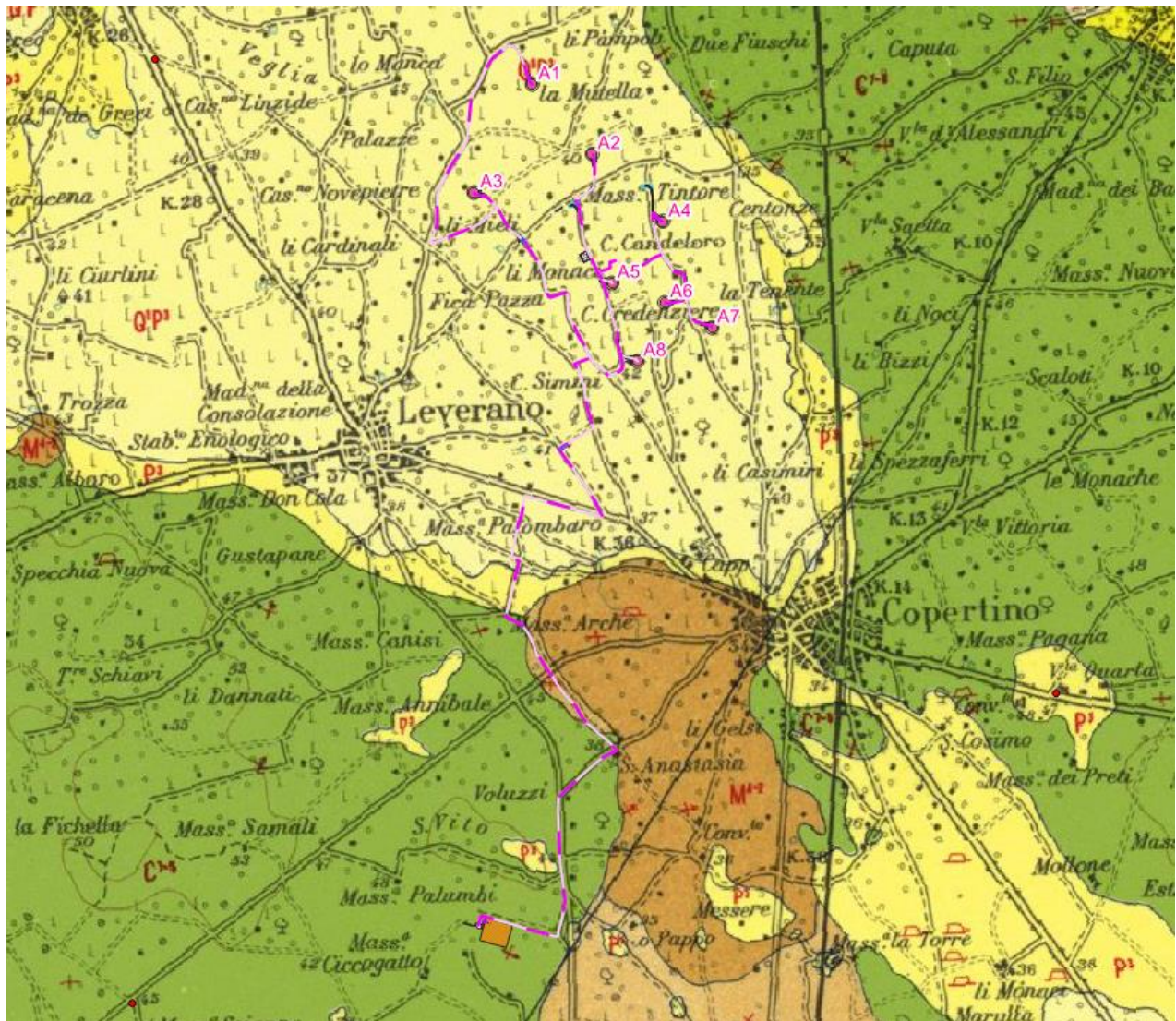


Figura 6: Inquadramento su cartografia geologica – Foglio 214 (Gallipoli) della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000.

#### 4 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.

##### 4.1. CARTA IDROGEOMORFOLOGICA DELLA REGIONE PUGLIA

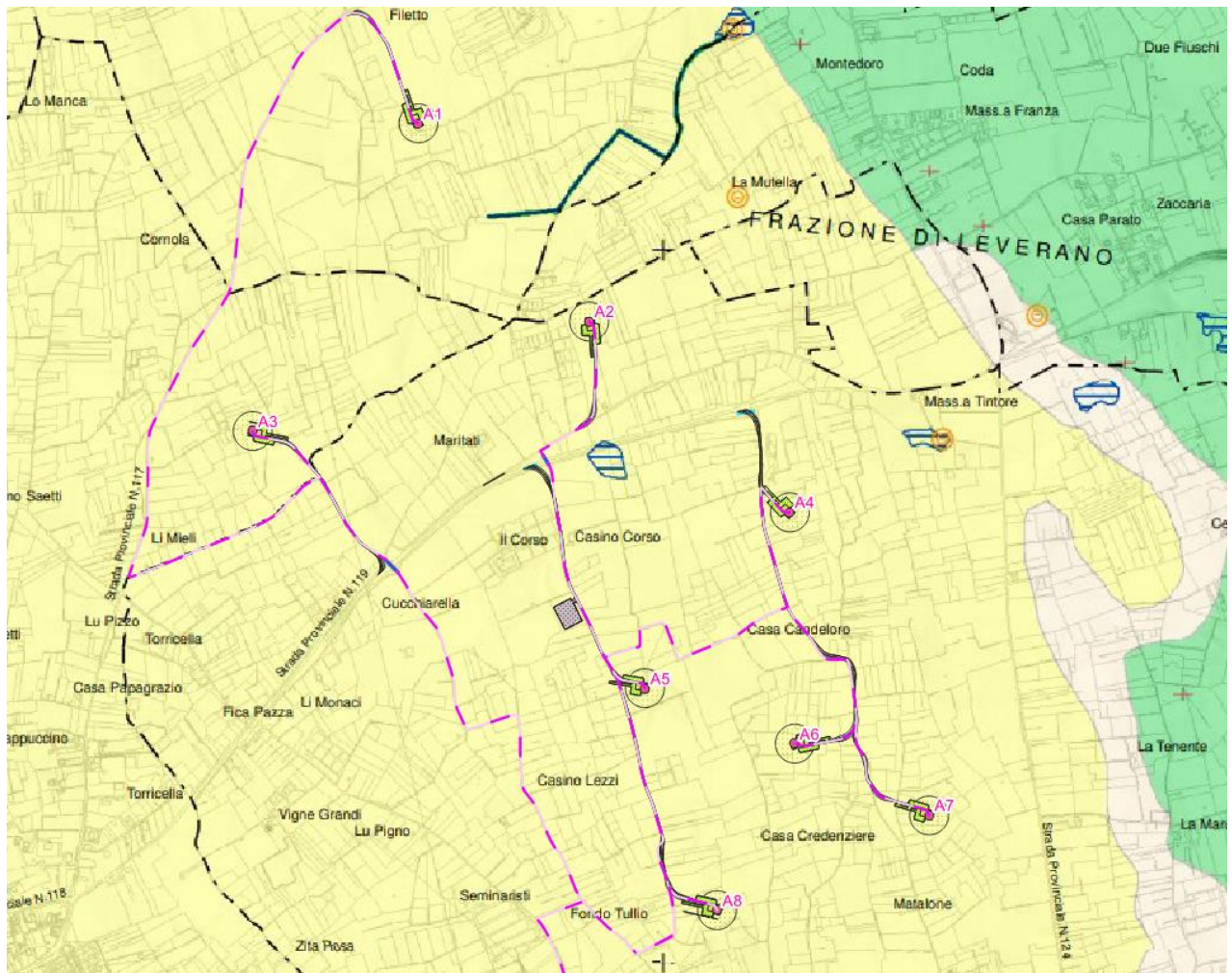
La giunta regionale della Regione Puglia, con delibera n. 1792 del 2007, ha affidato all'Autorità di Bacino della Puglia il compito di redigere una nuova Carta Idrogeomorfologica del territorio pugliese, quale parte integrante del quadro conoscitivo del nuovo Piano Paesaggistico Territoriale regionale (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.

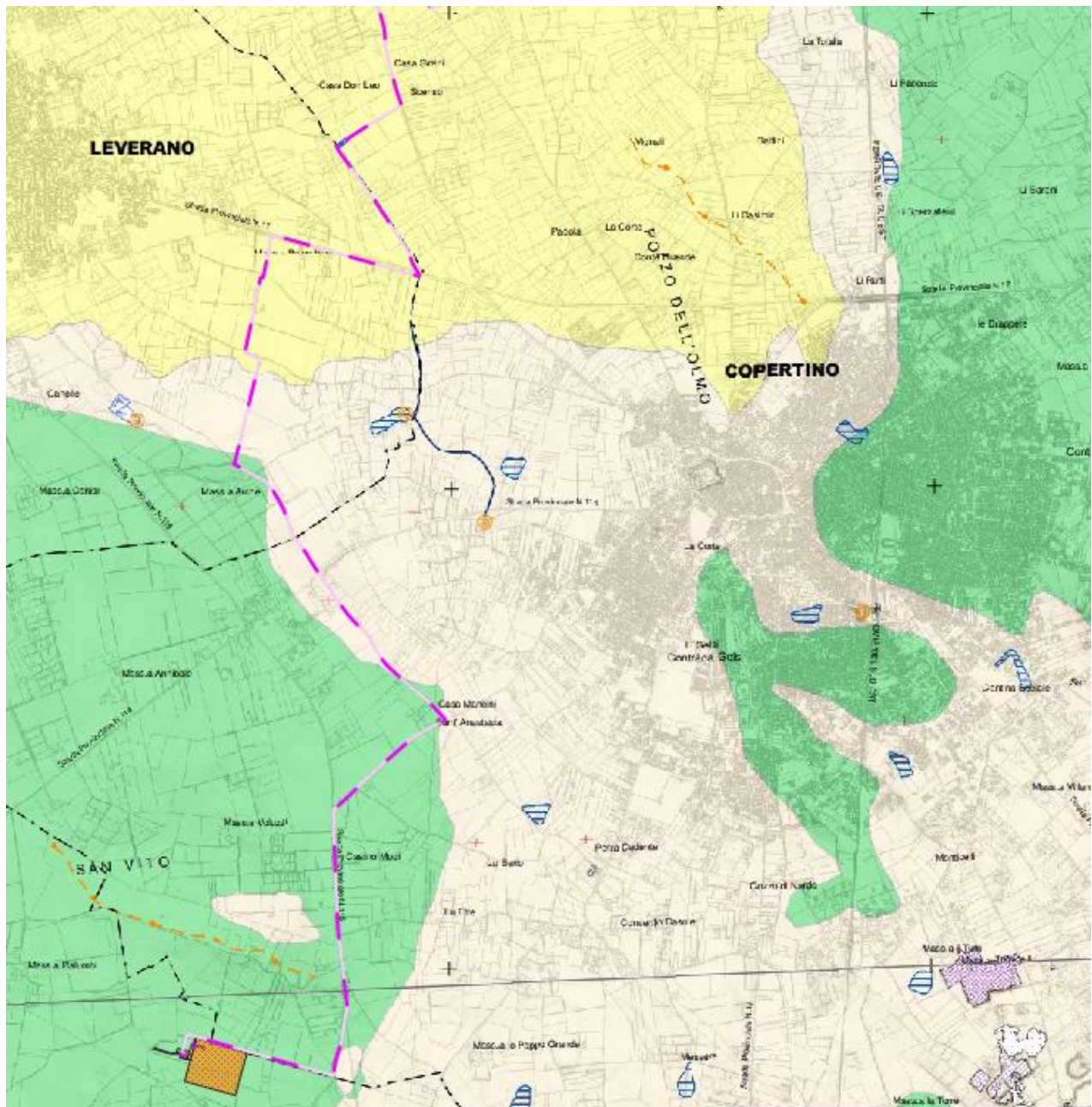
La Carta Idrogeomorfologica della Puglia ha seguito un percorso strettamente definito e cadenzato che ha previsto un approfondimento continuo e costante del quadro conoscitivo fisico del territorio, sulla base anche della nuova cartografia tecnica e delle immagini disponibili e di conseguenti elaborazioni 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 7](#) e in [Figura 8](#), nessuna componente progettuale (area parco e connessione) interferisce con elementi della Carta Idrogeomorfologica.












**Figura 7: Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia – Area Parco eolico (elaborazione GIS con base di dati SIT Puglia).**















**Figura 8: Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia – Opere di Connessione (elaborazione GIS con base di dati SIT Puglia).**

**ELEMENTI GEOLOGICO-STRUTTURALI**










**Litologia del substrato**

-  Unità prevalentemente calcarea o dolomitica
-  Unità a prevalente componente argillosa
-  Unità a prevalente componente siltoso-sabbiosa e/o arenitica
-  Unità a prevalente componente arenitica
-  Unità a prevalente componente ruditica
-  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 pelitica
-  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 (<10°)
-  Strati poco inclinati (10°-45°)
-  Strati molto inclinati (45°-80°)
-  Strati subverticali (>80°)
-  Strati rovesciati
-  Strati contorti



**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







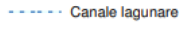
**Layout Impianto**

-  Cavidotto MT
-  Trattati di cavidotto in TOC
-  WTG
-  Fondazioni
-  Piazzola definitiva
-  Piazzola temporanea
-  Area spazzata WTG
-  Area stradale spazzata
-  Occupazione stradale
-  Attraversamenti Stradali
-  Strade esistenti da adeguare
-  Strade di nuova realizzazione
-  Canali di Drenaggio
-  Rimozione guard rail
-  Area di cantiere/stoccaggio
- Opere di Connessione**
-  Cavidotto AT
-  SSU
-  SE RTN380 150 (AU a cura di altro produttore)
-  Stallo AT di connessione
-  Stallo condiviso
-  Fascia di mitigazione vegetazionale
-  Area deposito
-  Strada di accesso SSU e Stallo Condiviso

**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 CARSICHE**

-  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

**Figura 9: Legenda Carta Idrogeomorfologica della Regione e legenda layout di progetto.**

#### 4.2. 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.

**Aree interessate da contaminazione salina**, di cui alla Tavola C06 del Piano di Tutela delle Acque (Aggiornamento 2015-2021). Nelle aree costiere interessate da contaminazione salina è prevista la sospensione del rilascio di nuove concessioni per il prelievo ai fini irrigui o industriali. *In sede di rinnovo delle concessioni è previsto solo a valle di una verifica delle quote di attestazione dei pozzi rispetto al livello del mare nonché di un eventuale ridimensionamento della portata massima emungibile.*

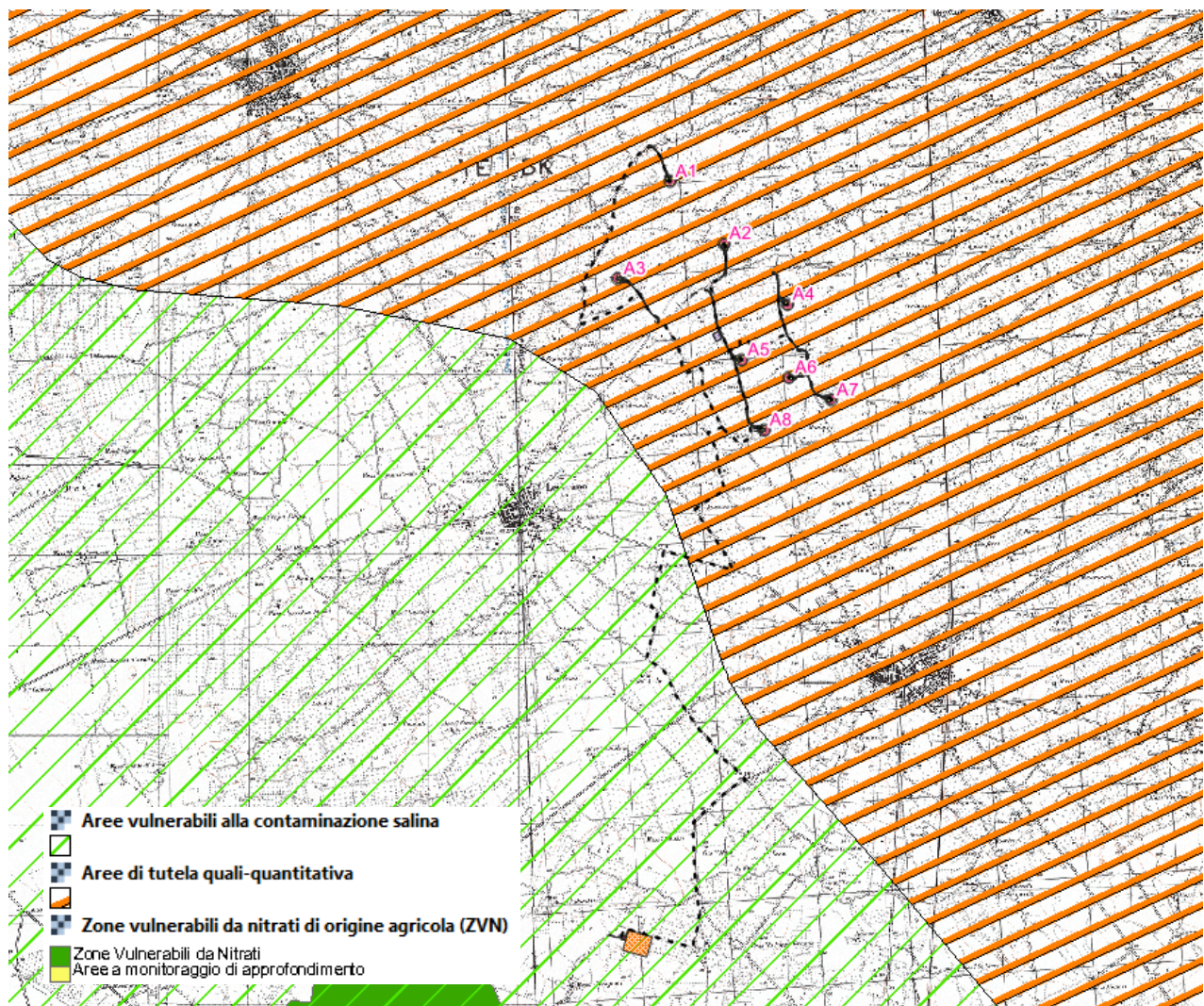
**Aree di tutela quali-quantitativa**, di cui alla Tavola C06 del Piano di Tutela delle Acque (Aggiornamento 2015-2021). Per la tutela quali-quantitativa della risorsa idrica si richiede una pianificazione delle utilizzazioni delle acque volta ad evitare ripercussioni sulla qualità delle stesse e

consentire un consumo idrico sostenibile. A tal fine il piano prevede specifiche verifiche in fase di rilascio o rinnovo delle autorizzazioni, nonché la chiusura dei pozzi non autorizzati.

La fascia di tutela quali-quantitativa trova giustificazione nel limitare la progressione del fenomeno di contaminazione salina dell'acquifero che, rischia di causare un progressivo e diffuso aumento del tenore salino, rendendo inutilizzabile la risorsa.

**In merito al progetto è possibile affermare che (Figura 10):**

- ✚ **L'intervento in oggetto non ricade in nessuna Zona di Protezione Speciale Idrogeologica.**
- ✚ **L'intervento in oggetto ricade in parte in aree interessate da contaminazione salina.**
- ✚ **L'intervento in oggetto ricade in parte in aree di tutela quali-quantitativa.**



**Figura 10: Stralcio del Piano di Tutela delle Acque con sovrapposizione del Layout di progetto di progetto (Fonte: WMS – SIT Puglia).**



**Le aree perimetrare come aree interessate da contaminazione salina e da tutela qualitativa, non pongono, secondo le NTA del Piano di Tutela delle Acque vincoli e prescrizioni di carattere progettuale, ma solo limitazioni alla captazione, all'emungimento ed al rinnovo delle concessioni delle acque sotterranee, e pertanto, si ritiene l'intervento pienamente compatibile con il Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia.**

#### **4.3. PIANO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL'UOM REGIONALE PUGLIA E INTERREGIONALE OFANTO (EX ADB 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.

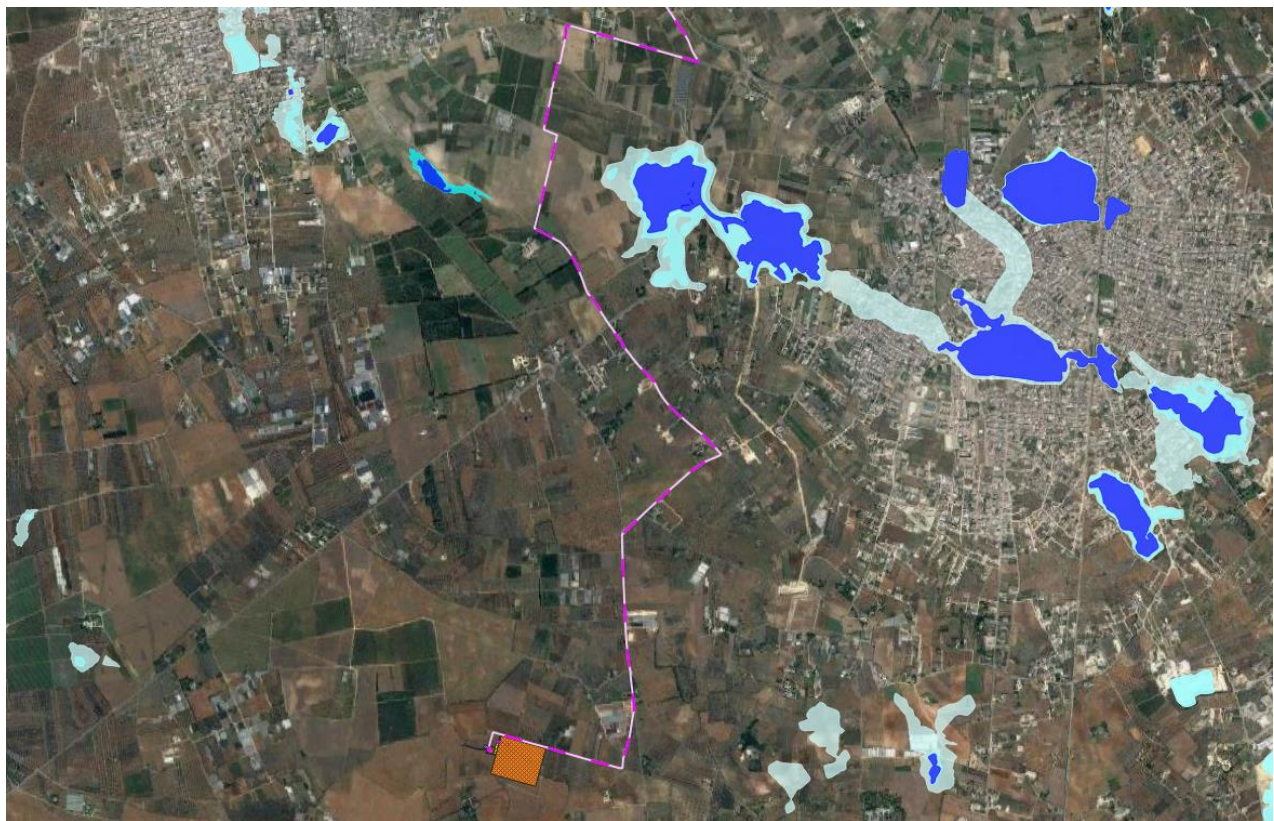
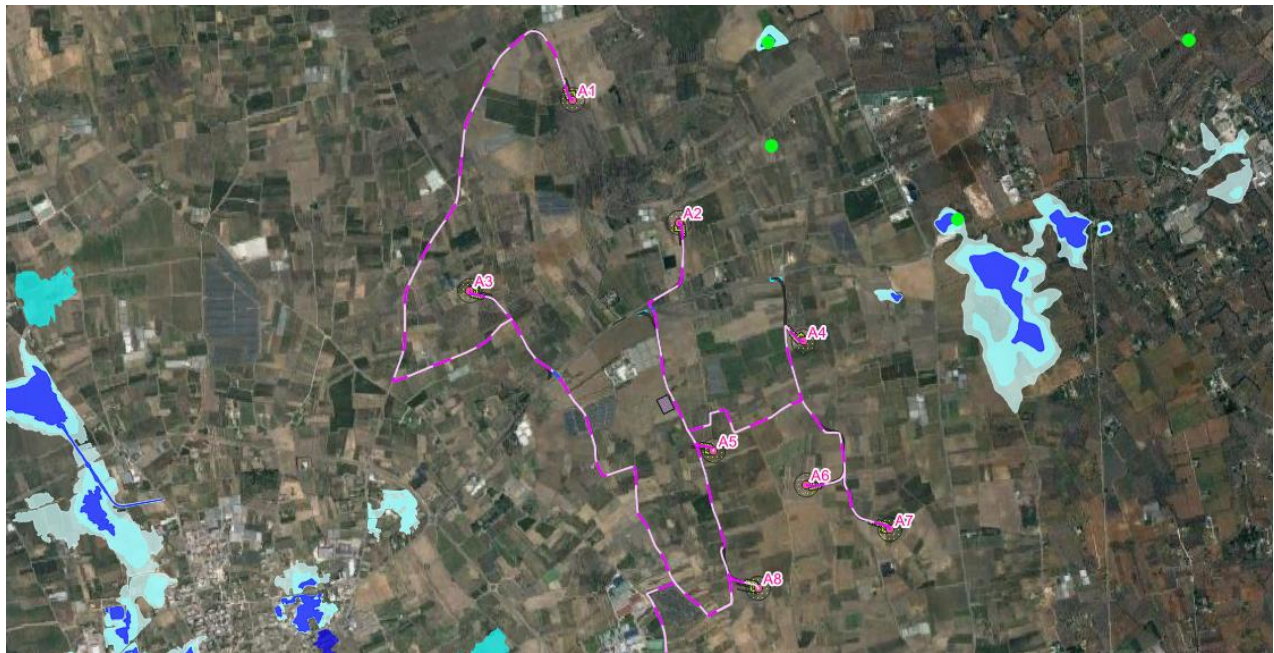
Il PAI in merito alla pericolosità geomorfologica ed idraulica individua le seguenti aree:

- 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 geomorfologica all'instabilità
- 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)

La [Figura 11](#), mostra i perimetri vigenti del PAI in merito alla Pericolosità Idraulica e Geomorfologica di pericolosità idraulica, con indicazione del layout di progetto, **dalla quale si evince che nessuna componente del progetto interferisce con i vigenti perimetri del PAI.**



Pericolosità Idraulica

-  AP - Alta pericolosità idraulica
-  MP - Media pericolosità idraulica
-  BP - Bassa pericolosità idraulica

Pericolosità da Frana




-  PG1 - Aree a pericolosità geomorfologica Media e Moderata
-  PG2 - Aree a pericolosità geomorfologica Elevata
-  PG3 - Aree a pericolosità geomorfologica Molto Elevata

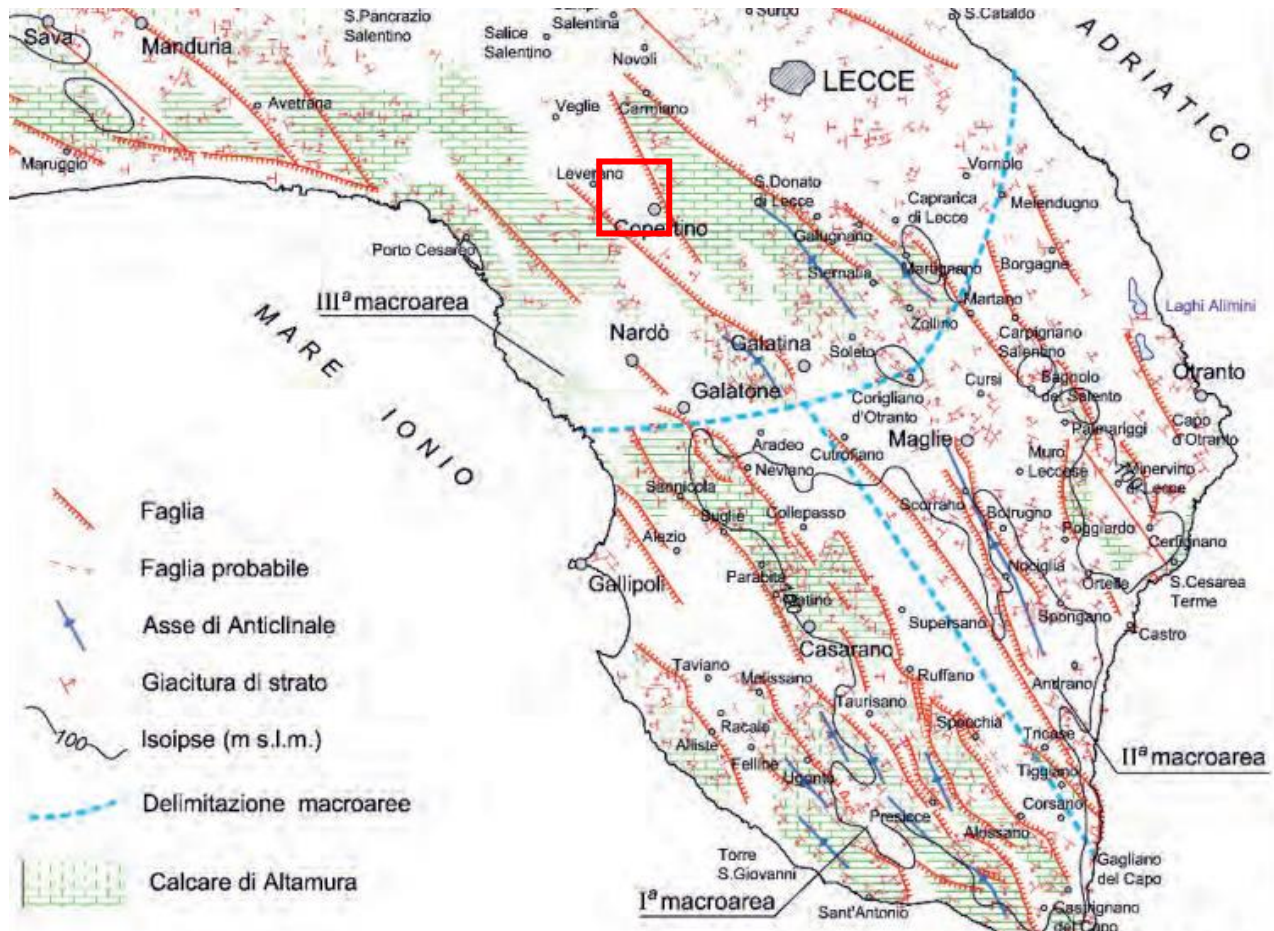
Figura 11: Particolare layout di progetto con indicazione dei Perimetri PAI vigenti.

## 5 CONTESTO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

Il Salento leccese è il settore emerso più meridionale dell'avampopae apulo ed è costituito da un potente substrato carbonatico, rappresentato dalla successione calcareo-dolomitica mesozoica della Piattaforma Apula ricoperta discontinuamente da diverse unità carbonatiche neogeniche. Su questo substrato poggiano estese ma sottili coperture marine prevalentemente terrigene (sabbie, limi ed argille) riferibili al Pleistocene medio - superiore.

Da un punto di vista strutturale la parte leccese della penisola è caratterizzata dalla presenza di basse dorsali, allungate in direzione NW-SE o NNW-SSE, corrispondenti ad "alti" morfostrutturali dove affiorano le rocce più antiche, che delimitano strette depressioni tettoniche e morfologiche dove invece affiorano le unità più recenti.

Il territorio ricade proprio in una di queste depressioni tettoniche; essa ha una scarsa evidenza morfologica ed altimetrica ma è chiaramente riconoscibile sotto l'aspetto tettonico per la presenza di due alti strutturali e di una zona centrale corrispondente ad un basso strutturale, contraddistinta dall'affioramento di unità molto recenti (del Pleistocene inferiore e medio) (Figura 12). In ragione di questo particolare assetto la serie geologica affiorante nei limiti del territorio comunale è rappresentata da distinte unità ascrivibili globalmente ad un intervallo temporale compreso tra il Cretaceo superiore ed il Pleistocene medio durante il qual si sono succedute distinte fasi di sedimentazione e tettoniche.



**Figura 12: Carta tettonica della Penisola Salentina.**

## 5.1. CARATTERI GEOLOGICI E STRATIGRAFICI 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 "Calcere di Altamura") sovrastato, in trasgressione, dai termini miocenici della Pietra leccese e/o 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.

Dalla più antica alla più recente le unità che si rinvengono in affioramento od anche solo nel sottosuolo sono rappresentate da:

### DEPOSITI MARINI

- "Calcere di Altamura" (Cretaceo superiore)
- "Pietra leccese" (Miocene medio - superiore)
- "Calcarenite di Gravina" (Pleistocene inferiore)
- "Argille subappennine" (Pleistocene inf.)
- "Depositi Marini Terrazzati" - DMT (Pleistocene medio - sup.)

### DEPOSITI CONTINENTALI

- "Depositi colluviali ed eluviali" - (Olocene)

Le aree di affioramento di queste unità litostratigrafiche sono state perimetrare in Tav. 2 - Carta geologica e geomorfologica.

### 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.

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 e lungo un breve tratto del cavidotto di connessione.

### **Pietra leccese**

La Pietra leccese è ben nota in letteratura geologica per il suo ricco contenuto paleontologico (molluschi, coralli isolati, denti di Elasmobranchi, ossa di vertebrati) e perché da tempi immemorabili è utilizzata in tutto il Salento leccese come materiale da costruzione. Alla scala dell'affioramento si presenta come una

roccia carbonatica debolmente marnosa, di granulometria in genere fine e di colore prevalentemente avana con tonalità da chiare fino al bruno-tabacco, non stratificata o mal stratificata in banchi, con dispersi rari o rarissimi macrofossili. Da un punto di vista petrografico è costituita da biomicriti e biospariti a foraminiferi planctonici con piccoli granuli apatitici e gusci di foraminiferi fosfatizzati. Verso l'alto le biomicriti divengono con gradualità glauconitiche ed assumono un colore verdastro. All'interno di questo intervallo che è indicato dai cavaatori col nome di "piromafo" è evidente una maggiore concentrazione di noduletti apatitici e di fossili. Tra i fossili più comuni si possono ricordare Pycnodonte, Flabellipecten ed Amusium. Localmente la potenza della Pietra Leccese è di pochi metri.

La Pietra leccese affiora a sud del parco eolico lungo un tratto del cavidotto di connessione.

### **Calcarei di Altamura**

L'intervallo stratigrafico, è costituito da un'alternanza tra calcari e calcari 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.

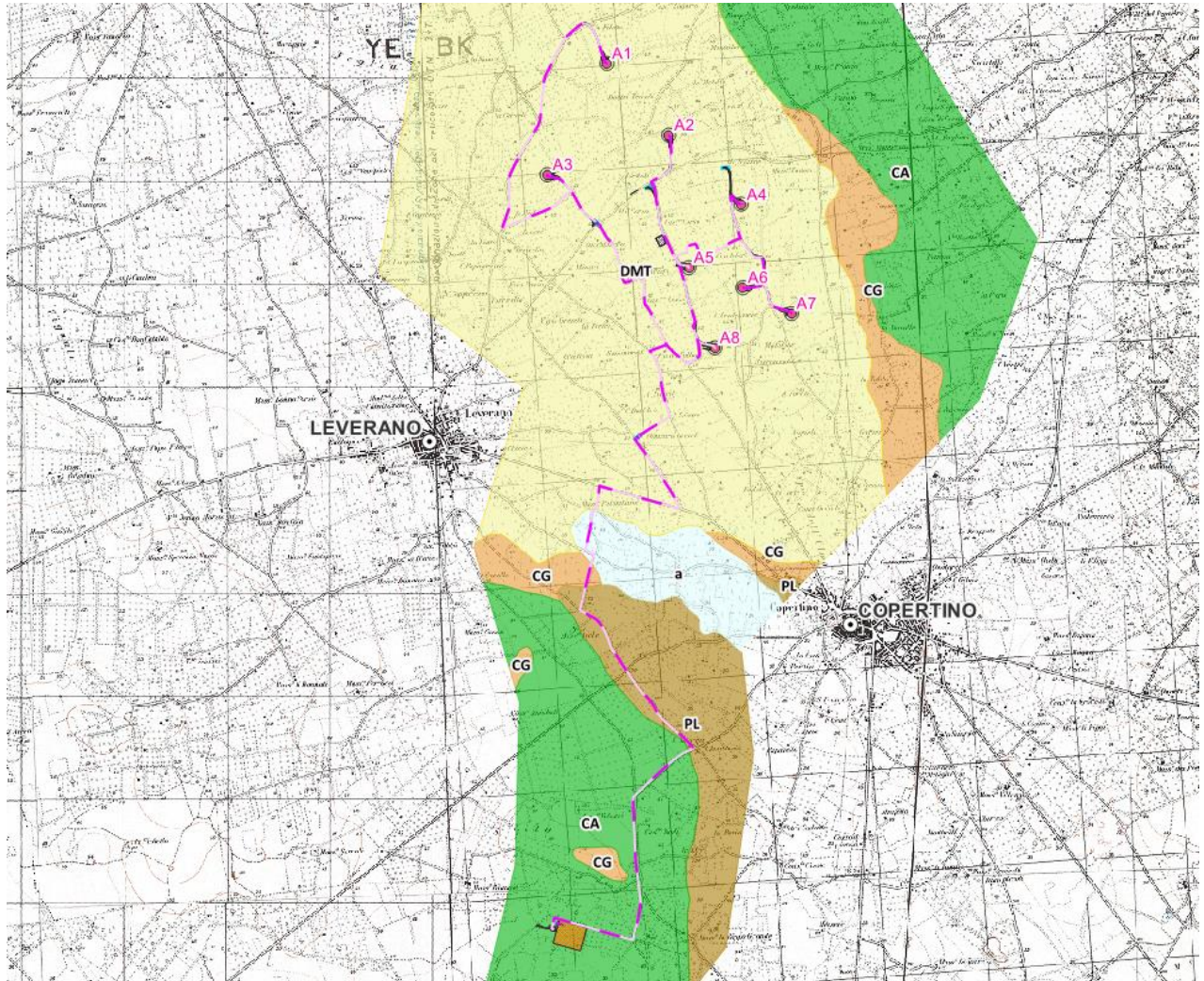
Le breccie sono particolarmente frequenti a nord dell'area in studio, soprattutto in prossimità di S. Vito dei Normanni, dove sembrano rappresentare un livello abbastanza continuo, di qualche metro di potenza, che potrebbe segnare un episodio regressivo.

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 del parco: estesi affioramenti si rilevano a est e a sud nel tratto terminale del cavidotto di connessione.



**a** - coperture eluvio-colluviale (Olocene); **DMT** - Complesso dei depositi marini terrazzati (Pleistocene medio - sup.); **CG** - Calcareniti di Gravina (Pliocene sup. - Pleistocene inf.); **PL** - Pietra Leccese (Miocene medio - superiore); **CA** - Calcari di Altamura (Cretaceo superiore).

**Figura 13: Estratto della carta geologica di Tavola 2 con indicazione delle litologie affioranti.**

## 6 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Le informazioni raccolte relative sia alla conformazione morfologica che ai caratteri idrografici del territorio sono sintetizzate in Tav. 2 - Carta geologica e geomorfologica.

Dall'esame si evince che il paesaggio fisico è sostanzialmente piatto e caratterizzato nella porzione centrale e meridionale da una morfologia carsica poco articolata; in questi settori sono, infatti, presenti diverse blande depressioni chiuse, dal perimetro irregolare ed in genere poco profonde perchè riempite fin quasi alla soglia dai sedimenti colluviali di colore rossastro, dove si raccolgono le acque di pioggia.

Il reticolo idrografico è poco articolato e sviluppato e contraddistinto dalla presenza di forti condizionamenti antropici che si manifestano sia come sbarramenti che impediscono alle acque di pioggia di defluire liberamente che come linee di impluvio non naturali.


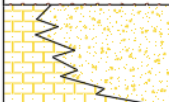

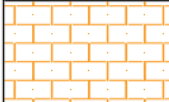


Nei limiti di questo territorio in esame, la dinamica dei processi geomorfologici è controllata dal particolare assetto geomorfologico - stratigrafico e dalle trasformazioni che l'uomo ha prodotto sull'ambiente naturale.

L'assetto geologico, idrogeologico e geomorfologico è quello tipico del cosiddetto carsismo di contatto (Border Karst), contraddistinto dalla presenza di un contatto stratigrafico suborizzontale o verticale tra rocce con differenti caratteri di permeabilità.



## 7 ASSETTO IDROGEOLOGICO

Per quanto riguarda l'aspetto idrogeologico è da presupporre la presenza di una o più falde acquifere principali la cui base è costituita dai livelli impermeabili rappresentati dalle argille plioceniche (Argille Subappenniniche). L'acquifero più profondo appartiene all' "Idrostruttura delle Murge" caratterizzata dalla presenza di una falda carsica che circola nei calcari fratturati e carsificati, di notevole potenzialità e spessore. In [Figura 14](#) si illustrano i rapporti stratigrafici fra le varie unità e il loro ruolo idrostrutturale.

Colonna Stratigrafica	Litotipi prevalenti	Età	Permeabilità		Ruolo Idrostrutturale
			Tipo	Grado	
	Sabbie con ciottoli e limi	Olocene	per porosità di interstizi	Poco Permeabile	Acquifero Superiore
	Calcareniti con interstrati sabbiosi e limosi Sabbie fini giallastre	Plesitocene Medio-Superiore		da Poco a Mediamente Permeabile	
	Limi argillosi e argille limose grigio-azzurre	Pleistocene Inferiore		Impermeabile	
	Calcareniti bioclastiche bianco giallastre	Pleistocene Inf. Pliocene Sup.	per porosità di interstizi e fratturazione	da Poco a Mediamente Permeabile	Acquitardo
	Calcareniti marnose	Miocene Medio-Superiore	per porosità di interstizi e fratturazione	da Poco Permeabile a Impermeabile	Acquicludo Acquitardo
	Calcari micritici a luoghi dolomitici	Cretaceo Superiore	per fratturazione e carsismo	da Poco a Molto Permeabile	Acquifero Profondo

**Figura 14: Serie idrogeologica dell'area in studio.**

Sulla base delle caratteristiche di permeabilità, le rocce localmente affioranti si distinguono in:

- rocce permeabili per porosità interstiziale;
- rocce permeabili per porosità interstiziale e fessurazione;
- rocce porose ma impermeabili;
- rocce permeabili per fessurazione e carsismo;

### Rocce permeabili per porosità interstiziale

La permeabilità per porosità di interstizi, è propria di rocce granulari e si riscontra nei depositi di chiusura del ciclo bradanico (Sabbie e Depositi alluvionali). Tali formazioni presentano un grado di permeabilità medio, a luoghi basso per la presenza di una cospicua frazione limosa. Riguardo il ruolo idrostrutturale, queste unità sono al limite tra "acquifero e "acquitardo", in quanto poggiando sulle Argille, impermeabili sono sede di una falda idrica superficiale. Rocce permeabili per porosità interstiziale e per fratturazione Si tratta di rocce che oltre ad avere una porosità primaria di tipo interstiziale hanno una porosità secondaria dovuta a fratturazione. A seconda delle dimensioni dei granuli e del grado di cementazione, la Calcarenite di Gravina presenta un grado di permeabilità medio basso con valori della conducibilità idraulica compresi tra 10<sup>-3</sup> e 10<sup>-5</sup> cm/s; Poiché poggiano

direttamente sui calcari mesozoici, costituiscono la zona di aerazione dell'acquifero carsico. Riguardo il ruolo idrostrutturale, queste unità sono definite "acquitardo".

### **Rocce porose ma impermeabili**

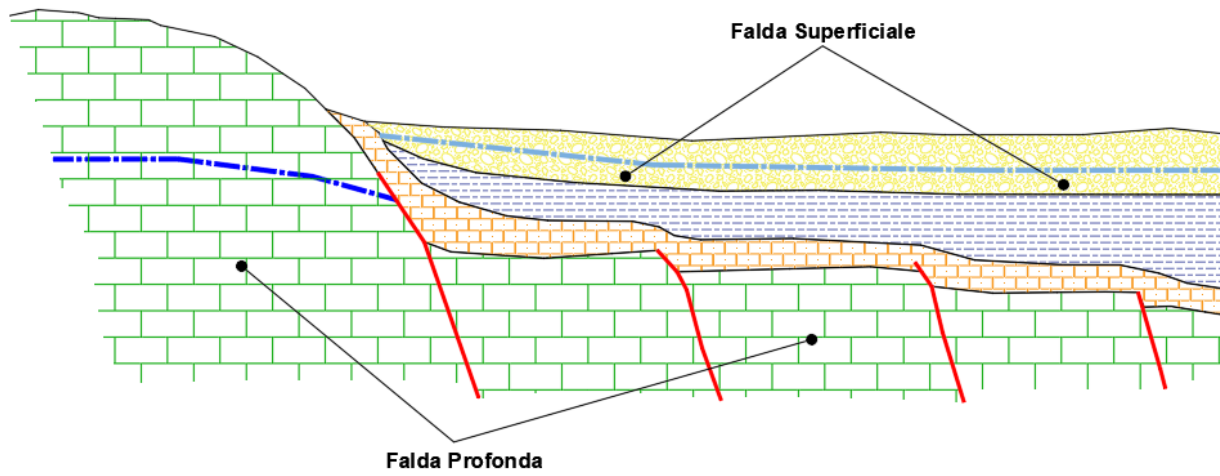
Le rocce porose che presentano pori di dimensioni talmente ridotte che l'acqua viene fissata come acqua di ritenzione e non permettono movimenti percettibili hanno il ruolo idrogeologico di acquicludo. A questa categoria appartengono le Argille Subappennine il valore del coefficiente di permeabilità varia tra  $6,6 \cdot 10^{-5}$  -  $1,6 \cdot 10^{-6}$  cm/sec, per la parte alta della formazione essenzialmente sabbioso limosa; i valori del coefficiente di permeabilità variano tra  $1,3 \cdot 10^{-5}$  -  $9,5 \cdot 10^{-5}$  cm/sec per la parte sottostante.

### **Rocce permeabili per fessurazione e carsismo**

La permeabilità per fessurazione e carsismo, o permeabilità in grande, è propria di rocce praticamente impermeabili alla scala del campione, data la loro elevata compattezza, ma nelle quali l'infiltrazione e il deflusso avviene attraverso i giunti di stratificazione e le fratture. Tali discontinuità possono allargarsi per fenomeni legati alla dissoluzione chimica (Carsismo). Questo tipo di permeabilità caratterizza i Calcari Dolomitici. Laddove il calcare è intensamente fratturato e carsificato, risulta molto permeabile ed è sede di una cospicua ed estesa falda idrica di base (o falda carsica).

La falda idrica profonda, localizzata nei calcari cretacei, rappresenta la più cospicua risorsa idrica del territorio in esame. La circolazione idrica nella unità calcarea si esplica attraverso le numerose discontinuità, fra loro comunicanti, quali i giunti di strato, le fratture e le cavità carsiche. La falda trae alimentazione dalle piogge che insistono sull'area di affioramento dell'unità calcarea mesozoica. L'acquifero, condizionato dall'irregolare distribuzione del grado di fessurazione e carsismo delle rocce carbonatiche, presenta nell'insieme, caratteri di anisotropia che condizionano le quote di rinvenimento della falda profonda. È da precisare che, a causa delle variazioni litologiche e delle conseguenti variazioni di permeabilità, e data l'estensione degli affioramenti delle formazioni, la circolazione delle acque nel sottosuolo si distribuisce in più livelli in comunicazione idraulica più o meno lontana ed indiretta. Tuttavia considerando le eteropie sia in senso verticale che orizzontale dei litotipi caratteristici di queste zone (sostanzialmente limi sabbiosi poggianti su un substrato impermeabile) è opportuno considerare, anche se sporadiche e di estensione molto limitata, piccole falde sospese, ubicate in corrispondenza di livelli permeabili poggianti su livelli meno permeabili dislocati a varie profondità (Figura 15).

Le informazioni raccolte e esplicitate in precedenza sono sintetizzate in Tav. 3 - Carta idrogeologica, nella quale oltre alla definizione dei complessi idrogeologici affioranti nell'area sono indicate le superfici freaticometriche, relative all'acquifero superficiale, che le superfici piezometriche relative all'acquifero di base (acquifero profondo).



**Figura 15: Schema dei due acquiferi che caratterizzano l'area di studio.**

## 8 INDAGINI GEOFISICHE IN SITO

La campagna di indagini geofisiche, 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. 3 indagini sismiche a rifrazione con restituzione tomografica in onde P;
- ✓ Esecuzione di n. 3 Indagini Sismiche MASW, al fine di definire la Vs, eq e di conseguenza la categoria del suolo di fondazione (NTC18).
- ✓ Esecuzione di n. 3 tomografie elettriche di resistività.

L'ubicazione, le metodologie di indagine ed i report dettagliati sono riportati nell'elaborato *SCS.DES.R.GEO.ITA.W.5631.003.00 - Indagini Geofisiche Preliminari*.

Le indagini sono state commissionate dalla SCS Ingegneria, ed eseguite dalla ditta GeoSGRO'.






Indagini in sito

- Sismica a Rifrazione in onde P (SRT)
- Tomografia Elettrica (ERT)
- Sismica MASW

**Figura 16: Ubicazione indagini geofisiche area 1.**



Indagini in sito

-  Sismica a Rifrazione in onde P (SRT)
-  Tomografia Elettrica (ERT)
-  Sismica MASW

**Figura 17: Ubicazione indagini geofisiche area 2 (figura sopra); area 3 (figura sotto).**

## 8.1. TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P

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'elaborato SCS.DES.R.GEO.ITA.W.5631.003.00 - *Indagini Geofisiche Preliminari*.

### 8.1.1. 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.

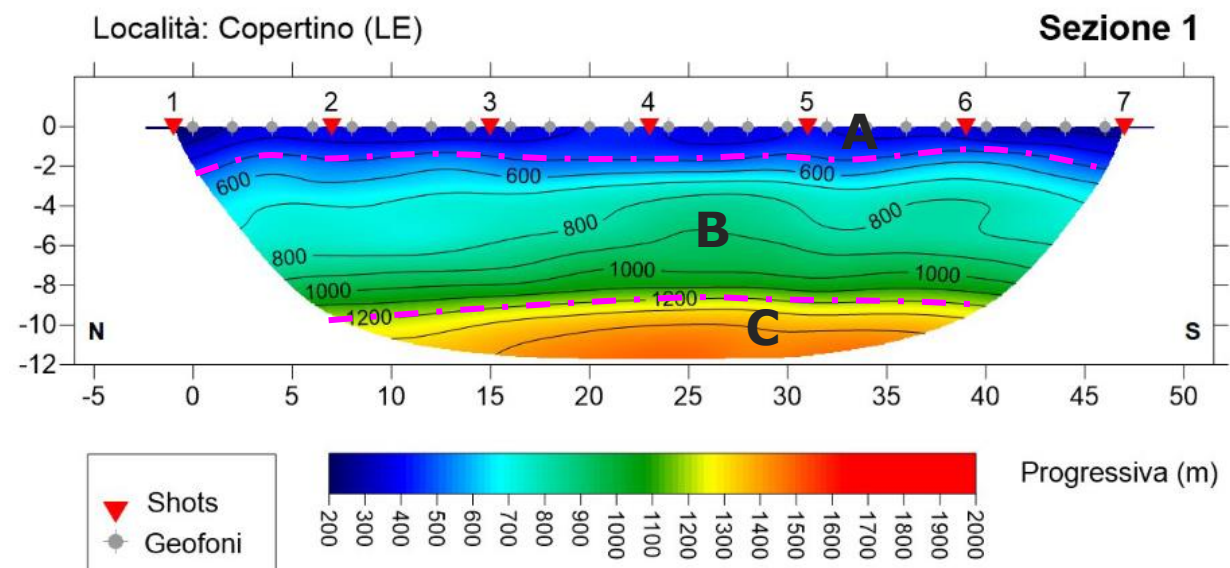
Le semirette normali ai fronti d'onda sono chiamate "raggi sismici" ed indicano la direzione di propagazione dell'onda elastica.

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".

### 8.1.2. Analisi dei risultati

#### SRT 1

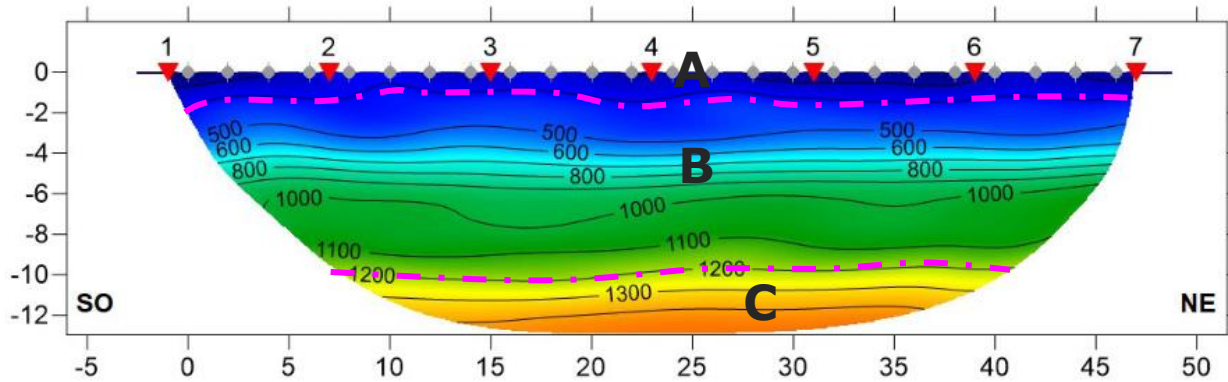


SISMOSTRATI	profondità da p.c. (m)	Velocità (m/s)
<b>A - Depositi di copertura</b>	da 0 a $\approx$ 2	200-500
<b>B - Depositi sabbioso-calcarenitici</b>	da $\approx$ 2 a 10	500-1200
<b>C - Depositi argillosi</b>	da 10 a ...	>1200

Figura 18: Interpretazione simo-stratigrafica - SRT 1.

Località: Copertino (LE)

Sezione 2

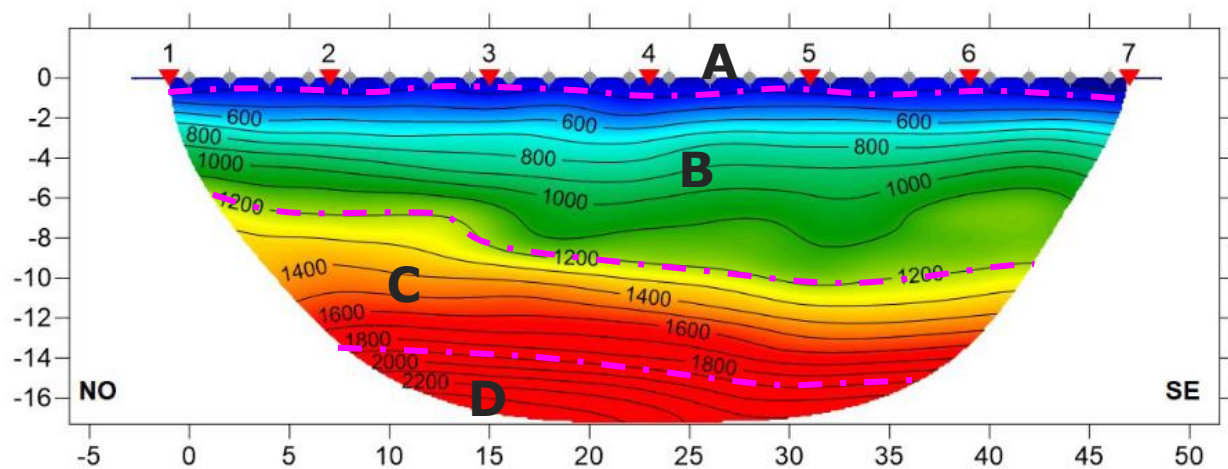


SISMOSTRATI	profondità da p.c. (m)	Velocità (m/s)
<b>A - Depositi di copertura</b>	da 0 a $\approx$ 2	200-400
<b>B - Depositi sabbioso-calcarenitici</b>	da $\approx$ 2 a 10	400-1200
<b>C - Depositi argillosi</b>	da 10 a ...	>1200

Figura 19: Interpretazione simo-stratigrafica - SRT 2.

Località: Copertino (LE)

Sezione 3



SISMOSTRATI	profondità da p.c. (m)	Velocità (m/s)
<b>A - Depositi di copertura</b>	da 0 a $\approx$ 1,5	200-400
<b>B - Depositi sabbioso-calcarenitici</b>	da $\approx$ 1,5 a 6-8	400-1200
<b>C - Depositi argillosi</b>	da 6-8 a 14	1200-1900
<b>D - Depositi calcarenitici</b>	da 14 a ...	>1900

Figura 20: Interpretazione simo-stratigrafica - SRT 3.



## 8.2. SISMICA MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES)

La campagna Geofisica MASW è consistita nell'esecuzione N. 3 profili MASW a 24 canali.

La metodologia utilizzata, i report computerizzati e fotografici delle indagini MASW eseguite sono mostrati nel dettaglio dell'elaborato *SCS.DES.R.GEO.ITA.W.5631.003.00 - Indagini Geofisiche Preliminari*.

Facendo riferimento al modello medio ( $V_s$  e spessore degli strati), ottenuto dal processo di inversione per le indagini eseguite, di seguito si riporta un quadro con la stima della  $V_p$ , della densità e di alcuni Moduli elastici per le prove eseguite (Tabella 3, Tabella 4 e Tabella 5). La Figura 21 la Figura 22 e la Figura 23 mostrano invece i profili verticali  $V_s$  identificati.

N. STRATO	SPESSORE (Thickness) (m)	$V_s$ (m/s)	DENSITA' (gr/cm <sup>3</sup> )	MODULO di TAGLIO (MPa)	$V_p$ (m/s)	POISSON
1	1.8	187	1.87	65	458	0.40
2	5.6	221	1.88	92	487	0.37
3	4.8	328	1.96	211	683	0.35
4	6.2	496	2.06	506	1007	0.34
5	5.7	584	2.08	709	1113	0.31
6	Semi-Spazio	702	2.12	1045	1313	0.30

**Tabella 3: Modello medio delle  $V_s$  con stima della  $V_p$ , della densità ed i alcuni Moduli Elastici - MASW n. 1**

N. STRATO	SPESSORE (Thickness) (m)	$V_s$ (m/s)	DENSITA' (gr/cm <sup>3</sup> )	MODULO di TAGLIO (MPa)	$V_p$ (m/s)	POISSON
1	2.9	163	1.83	49	399	0.40
2	5.5	214	1.88	86	486	0.38
3	5.2	412	2.02	343	881	0.36
4	4.3	496	2.05	504	985	0.33
5	5.2	627	2.10	826	1219	0.32
6	Semi-Spazio	697	2.12	1029	1304	0.30

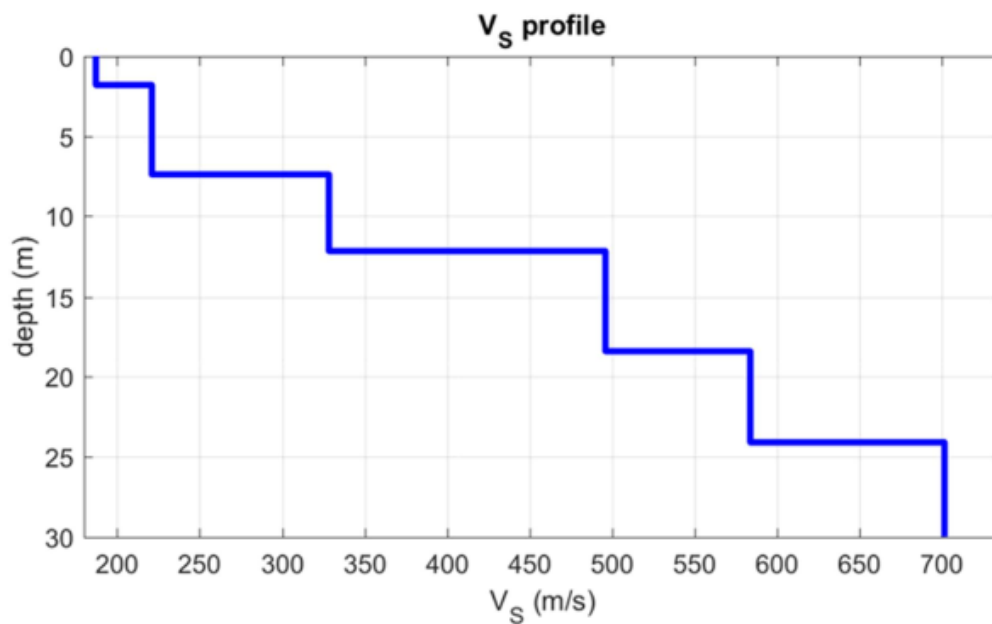
**Tabella 4: Modello medio delle  $V_s$  con stima della  $V_p$ , della densità ed i alcuni Moduli Elastici - MASW n. 2**

N. STRATO	SPESSORE (Thickness) (m)	$V_s$ (m/s)	DENSITA' (gr/cm <sup>3</sup> )	MODULO di TAGLIO (MPa)	$V_p$ (m/s)	POISSON
1	2.3	185	1.86	64	453	0.40
2	6.8	275	1.94	147	625	0.38
3	5.2	412	2.02	343	881	0.36
4	4.3	496	2.05	504	985	0.33
5	5.2	574	2.08	685	1116	0.32
6	Semi-Spazio	697	2.12	1029	1304	0.30

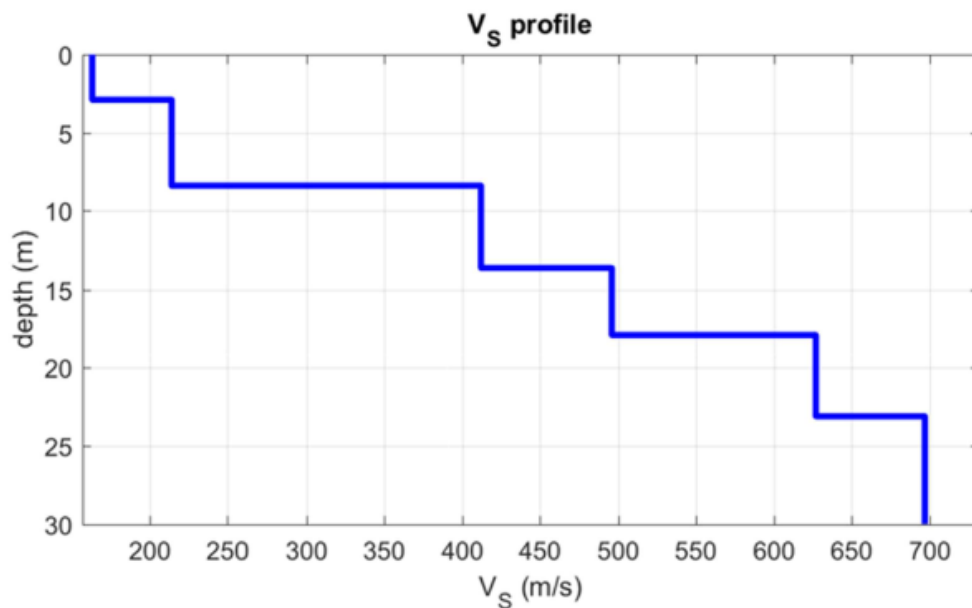
**Tabella 5: Modello medio delle  $V_s$  con stima della  $V_p$ , della densità ed i alcuni Moduli Elastici - MASW n. 3**

Le formule per il calcolo dei moduli elastici in funzione di Vs, Vp e densità, sono:

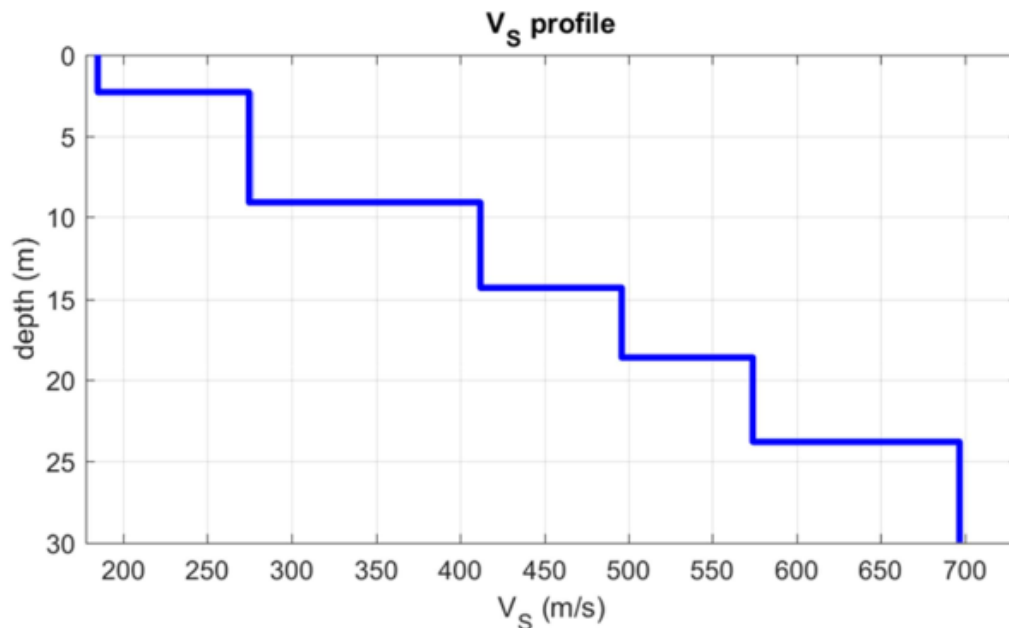
Modulo di Poisson (adimensionale)	$(V_p^2 - 2V_s^2)/2(V_p^2 - V_s^2)$
Modulo di Young (in Pa)	$\rho V_s^2(4 - 3k^2)/(1 - k^2)$
Modulo di Taglio (in Pa)	$\rho V_s^2$
Modulo di Compressione o di Bulk (in Pa)	$\rho V_s^2(k^2 - 4/3)$



**Figura 21: Profilo verticale Vs – MASW 1.**



**Figura 22: Profilo verticale Vs – MASW 2.**



**Figura 23: Profilo verticale Vs – MASW 3.**

**8.2.1. Calcolo vs, eq e definizione della categoria del suolo di fondazione (D.M. 17/01/2018 NTC2018)**

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3.

In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II (Figura 24), si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS.

Categoria	Descrizione	Vs min	Vs max
A	Ammassi 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.	800	-
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.	360	800
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.	180	360
D	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 m/s e 180 m/s.	100	180
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.	-	-

**Figura 24: Categorie suolo di fondazione tabella 3.2.II delle NTC18.**

Nel caso oggetto del presente studio, l'assetto stratigrafico rinvenuto a eseguito delle indagini eseguite, mostra chiaramente che ai fini della definizione dell'azione sismica può essere fatto riferimento all'approccio semplificato in quanto il terreno rientra appieno all'interno delle categorie comprese all'interno della tabella 3.2.II delle NTC18.

Con 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 VSeq, 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 VSeq, 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 stato  $i$ -esimo;

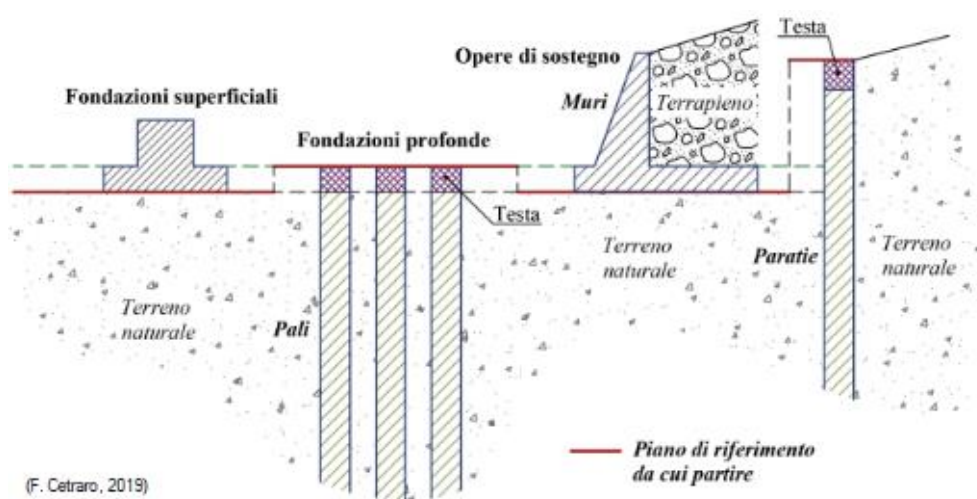
$V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;

$N$  = 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.

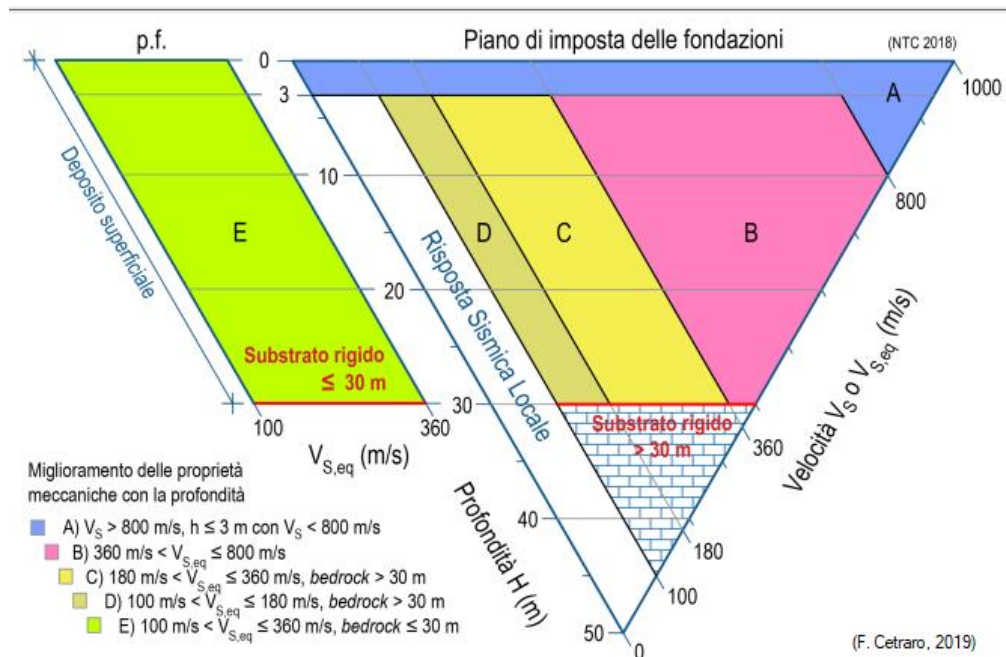
Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato viene riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali alla testa dei pali.

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 25).



(F. Cetraro, 2019)

**Figura 25: Definizione della profondità del substrato.**



**Figura 26: Diagramma per la definizione delle categorie del suolo di fondazione in accordo alle NTC 2018 § 3.2.2.**

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a  $30\text{ m}$ , la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30\text{ m}$  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 base sismiche, è risultato essere in riferimento al piano di posa delle fondazioni, posto a  $2,5\text{ m}$  dal piano campagna pari a:

- |                                     |  |                     |
|-------------------------------------|--|---------------------|
| ➤ per la base sismica <b>MASW 1</b> | <b><math>V_{s,eq} = 414,06\text{ m/s}</math></b> | <b>CAT. SUOLO B</b> |
| ➤ per la base sismica <b>MASW 2</b> | <b><math>V_{s,eq} = 417,20\text{ m/s}</math></b> | <b>CAT. SUOLO B</b> |
| ➤ per la base sismica <b>MASW 3</b> | <b><math>V_{s,eq} = 439,55\text{ m/s}</math></b> | <b>CAT. SUOLO B</b> |

Profondità del piano d'impasto delle fondazioni:  m da p.c. Info

Caratteristiche dei sismostrati:

Nr.	Profondità (m)	Spessori (m)	Vs (m/s)	Hcalc (m)	hi calc (m)	hi/Vs (s)	Retino
1	1,80	1,80	187,00	0,00	0,00	0,000000	
2	7,40	5,60	221,00	4,40	4,40	0,019910	
3	12,20	4,80	328,00	9,20	4,80	0,014634	
4	18,40	6,20	496,00	15,40	6,20	0,012500	
5	24,10	5,70	584,00	21,10	5,70	0,009760	
6	30,00	5,90	702,00	27,00	5,90	0,008405	

Categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.II da NTC 2018):  Vs,eq:  m/s Info

Descrizione per la categoria:

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.

**MASW1**

Profondità del piano d'impasto delle fondazioni:  m da p.c. Info

Caratteristiche dei sismostrati:

Nr.	Profondità (m)	Spessori (m)	Vs (m/s)	Hcalc (m)	hi calc (m)	hi/Vs (s)	Retino
1	2,90	2,90	163,00	0,00	0,00	0,000000	
2	8,40	5,50	214,00	5,40	5,40	0,025234	
3	13,60	5,20	412,00	10,60	5,20	0,012621	
4	17,90	4,30	496,00	14,90	4,30	0,008669	
5	23,10	5,20	627,00	20,10	5,20	0,008293	
6	30,00	6,90	697,00	27,00	6,90	0,009900	

Categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.II da NTC 2018):  Vs,eq:  m/s Info

Descrizione per la categoria:

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.

**MASW2**

Profondità del piano d'impasto delle fondazioni:  m da p.c. Info

Caratteristiche dei sismostrati:

Nr.	Profondità (m)	Spessori (m)	Vs (m/s)	Hcalc (m)	hi calc (m)	hi/Vs (s)	Retino
1	2,30	2,30	185,00	0,00	0,00	0,000000	
2	9,10	6,80	275,00	6,10	6,10	0,022182	
3	14,30	5,20	412,00	11,30	5,20	0,012621	
4	18,60	4,30	496,00	15,60	4,30	0,008669	
5	23,80	5,20	574,00	20,80	5,20	0,009059	
6	30,00	6,20	697,00	27,00	6,20	0,008895	

Categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.II da NTC 2018):  Vs,eq:  m/s Info

Descrizione per la categoria:

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.

**MASW3**

**Figura 27: Definizione della categoria del suolo di fondazione in accordo a quanto stabilito dalle NTC18 sulla base delle risultanze delle indagini MASW – quota imposta fondazioni pari a 3,0 m dal p.c.**

### 8.3. TOMOGRAFIA ELETTRICHE DI RESISTIVITA'

La campagna d'indagine geofisica è consistita nell'esecuzione di N. 3 tomografie elettriche di resistività (ERT - Electrical Resistivity Tomography).

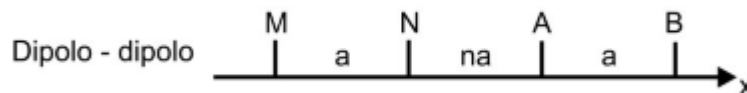
La campagna d'indagine elettrica è stata condotta nel rispetto dello stato dell'arte e delle linee guida dettate dalla letteratura scientifica.

La tabella seguente riporta la geometria delle prospezioni geofisiche in array di tipo geoelettrico:

Id Linea	Lunghezza (m)	spaziatura (m)	Numero elettrodi
ERT 1	48	2	24
ERT 2	48	2	24
ERT 3	48	2	24

**Tabella 6: Geometria delle prospezioni geoelettriche.**

Per la prospezione geofisica in array di tipo geoelettrico, è stata impiegata la seguente configurazione quadripolare:



Configurazione quadripolare Dipolo - dipolo: dove "a" è la distanza tra gli elettrodi di corrente (A B) e tra gli elettrodi di potenziale (M N), mentre la distanza tra la coppia di elettrodi di corrente (A B) e la coppia di elettrodi di potenziale (M N) è "n" volte "a".

Ciò che si ottiene è un grafico nel quale tutti i punti di eguale resistività apparente vengono collegati da una curva detta iso-resistiva. Questo quadro deve essere "interpretato" in modo da poter sostituire alle resistività apparenti la geometria della distribuzione ed i valori della resistività reale.

Terreni diversi danno origine a resistività diverse sia in funzione della loro tessitura (in linea di principio i terreni granulari hanno alte resistività mentre i materiali coesivi hanno basse resistività), sia in funzione dei liquidi che contengono (falde in acqua dolce danno alte resistività, falde in acqua salata o percolato come nelle discariche danno basse resistività).

MATERIALE	INTERVALLO DI RESISTIVITÀ
Arenaria	60 - 10 <sup>4</sup> Ωm
Argilla	1 - 120 Ωm
Sabbia	100 - 1000 Ωm
Limo	10 - 800 Ωm
Ghiaia	100-5000 Ωm
Calcere	100 - 5000 Ωm
Basalto	10 - 10 <sup>5</sup> Ωm
Marmo	100 - 10 <sup>8</sup> Ωm
Granito	100 - 10 <sup>6</sup> Ωm

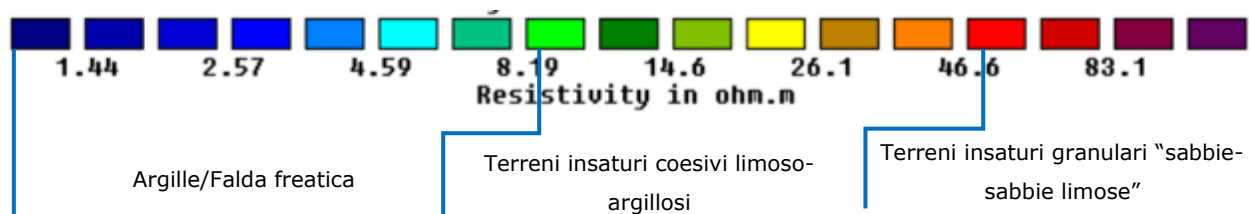
**8.3.1. Analisi dei risultati**

Le sezioni tomografiche della resistività stimate dai dati e relative ai profili di misura summenzionati sono riportate nella [Figura 28](#), [Figura 29](#) e [Figura 30](#).

Per facilitare l'analisi ed il confronto reciproco, la scala cromatica usata è la stessa per tutte e cioè da 0 a 90 Ωm.

Sulla base dell'esperienza accumulata dallo scrivente, si possono stabilire a grandi linee le corrispondenze tra litologie naturali ed intervalli di valori della resistività.

Litotipo	Intervallo di Resistività (Ω*m)
Terreni insaturi granulari "sabbie-sabbie limose"	50-150
Terreni insaturi coesivi limoso-argillosi	10-50
Argille/Falda freatica	0.50 - 10



**Tabella 7: Campi di resistività e terreni associati ai fine dell'interpretazione delle sezioni tomografiche.**

I valori inferiori degli intervalli per il limo e la sabbia implicano maggiore abbondanza della litologia più fine: argilla per il limo, limo ed argilla per la sabbia; i valori superiori implicano maggiore abbondanza della litologia più grossolana: più frazione limosa per l'argilla, più frazione sabbiosa per il limo; i valori superiori per la sabbia indicano sabbia in falda via via più pulita.

Le tomografie elettriche hanno permesso di investigare i terreni sino ad una profondità di circa 10 m. In generale il quadro di valori compatibili è compatibile con litologie "naturali", ascrivibili alla formazione dei Depositi Marini Terrazzati. L'analisi dei valori di resistività ha permesso di ricostruire la natura di tali depositi. In generale prevalgono le frazioni coesive limoso-argillose, con lenti più marcatamente più argillose; si rilevano inoltre lenti granulari sabbiose.



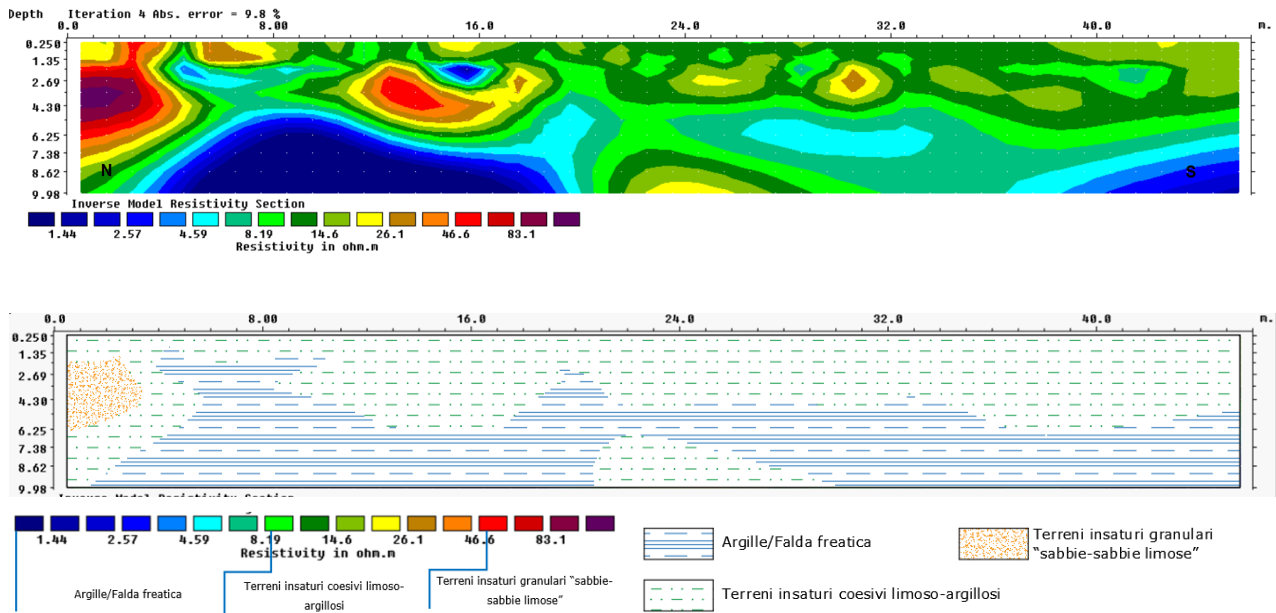


Figura 28: Sezione tomografiche di resistività e relativa interpretazione – ERT1.

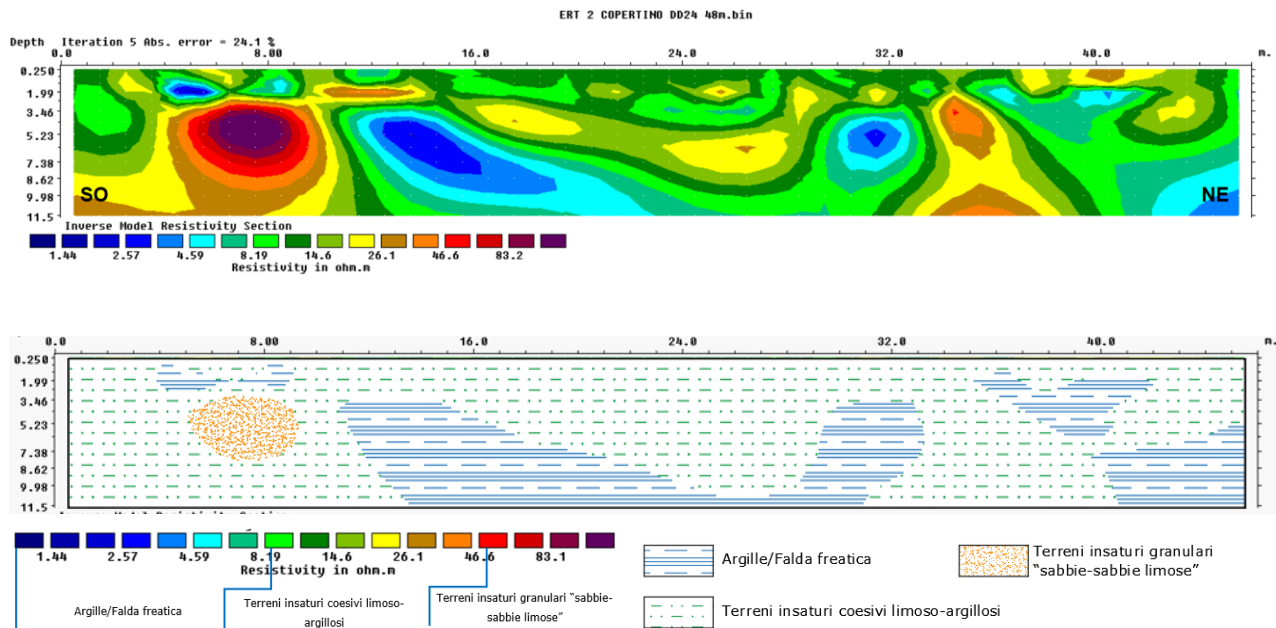


Figura 29: Sezione tomografiche di resistività e relativa interpretazione – ERT2.

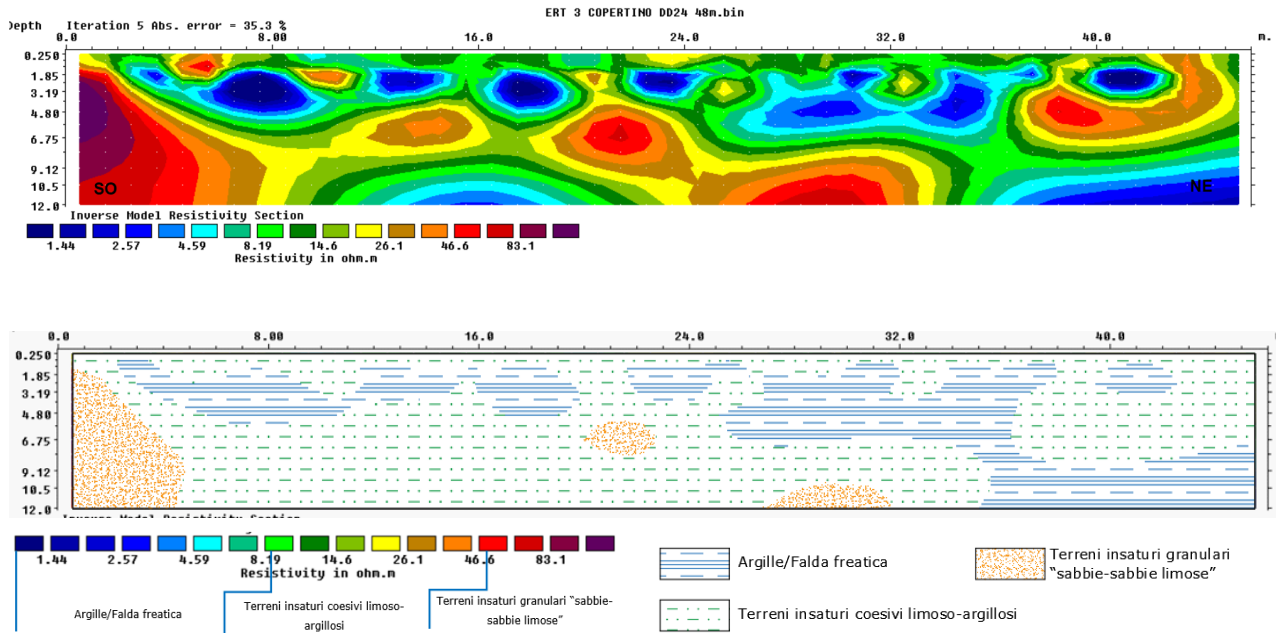


Figura 30: Sezione tomografiche di resistività e relativa interpretazione – ERT3.

## 9 CARATTERISTICHE SISMOLOGICHE

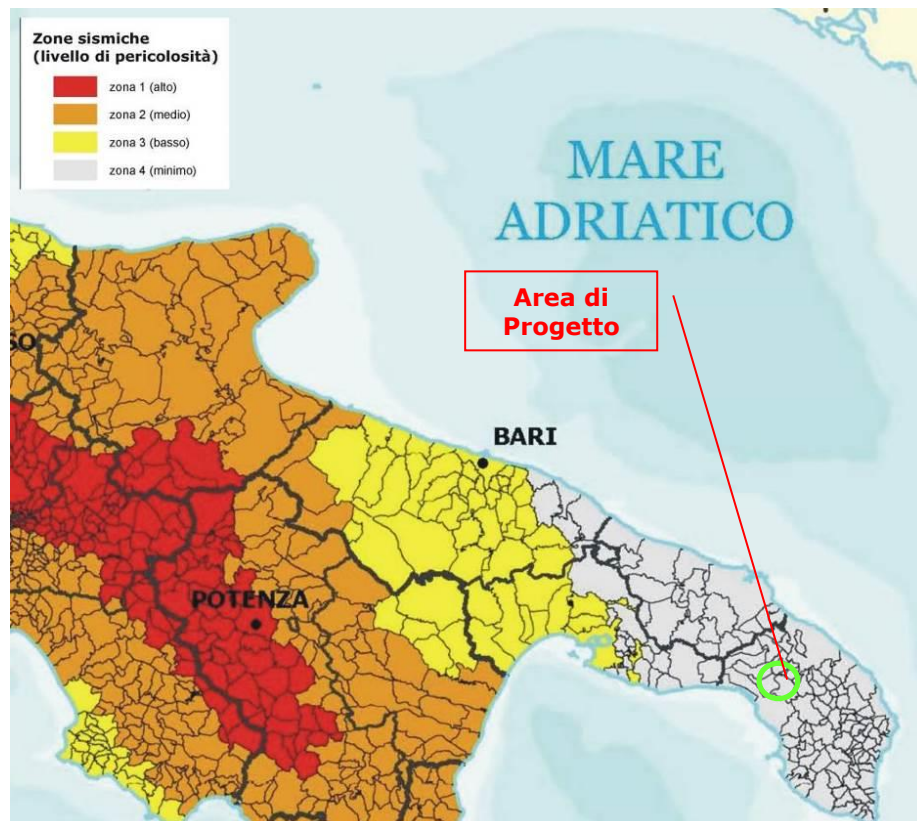
### 9.1 CARATTERI GENERALI E NORMATIVA

In attuazione dell'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 è stata proposta l'adozione di un sistema normativo coerente con l'EC8. L'utilizzo di un sistema normativo coerente con L'EC8 comporta la definizione del "grado di sismicità" delle diverse zone del territorio nazionale, con riferimento ai valori di accelerazione al suolo. L'intero territorio nazionale viene suddiviso in 4 zone sismiche (ex categorie), in relazione ai valori di accelerazione di picco. Ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione massima del suolo, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Tabella 8, Figura 31).

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag/g)	Accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) (ag/g)
1	>0,25	0,35
2	0,15 - 0,25	0,25
3	0,05 - 0,15	0,15
4	<0,05	0,05

**Tabella 8: Valori di accelerazione massima del suolo, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni e relative zone sismiche.**

Secondo l'Ord.P.C.M. 3519/2006 l'Ord.P.C.M. 3519/2006 e la L.R. n. 20/00 per i Comuni di Copertino, Carmiano e Leverano è stata riproposta la classificazione sismica in zona 4 (Figura 31).



**Figura 31: Classificazione sismica della Regione Puglia.**

Con il Testo unico "Norme Tecniche per le costruzioni" D.M. 14/01/2008, e successiva Circolare n. 617 del 2.02.2009, Gazzetta Ufficiale n. 47 del 26 febbraio 2009 – Suppl. Ordinario n. 27: "Istruzioni per l'applicazione delle NTC di cui al D.M. 14 gennaio 2008", nonché gli aggiornamenti delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018), le caratteristiche sismiche per la valutazione della **RLS** (*Risposta Sismica Locale*) ovvero, gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche di progetto, sono calcolabili e riferibili al generico sito del territorio nazionale. Questo procedimento è possibile grazie alla conoscenza della *pericolosità sismica di base*, in termini di accelerazione orizzontale massima, per diverse probabilità di superamento in un dato periodo e/o per diversi periodi di ritorno, in corrispondenza dei punti di un reticolo di riferimento, i cui 10751 nodi distano fra loro non più di 10 Km.

## 9.2 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

La *pericolosità sismica di base* è definibile in linea generale come la previsione probabilistica che si possa verificare un evento sismico in una certa area in un determinato intervallo di tempo.

Come parametro per caratterizzare la pericolosità sismica è proposto, un valore d'accelerazione di picco del suolo (Peak Ground Acceleration – PGA) prodotto dai terremoti attesi in un sito in condizioni standard (superficie piana su roccia o suolo molto rigido): il fattore di scala del terremoto di progetto è quindi definito in base a un particolare valore di PGA, cui corrisponde una definita probabilità di essere superato in un definito arco di tempo (50 anni per le verifiche di resistenza al collasso e 10 anni per quelle di limitazione). Tale valore di PGA è denominato "accelerazione del suolo di progetto" (design ground acceleration - DGA). La scelta del valore di probabilità che individua il valore della DGA è demandata alle autorità nazionali, anche se si raccomanda l'adozione di una probabilità del 10% (che, rapportato a 50 e 10 anni, corrisponde a un tempo medio di ritorno di 475 e di 95 anni, rispettivamente per gli eventi su cui verificare i requisiti di resistenza al collasso e di limitazione del danno).

La mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, riportata nella [Figura 32](#) ed elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, approvata con Ordinanza n.3519 del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28 Aprile 2006, è diventata la mappa di riferimento prevista dall'Ordinanza n.3274 del 2003, All.1.

In tale cartografia l'area di progetto ricade in una zona con 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) tra 0.50 - 0.075 g ([Figura 32](#)).

La pericolosità sismica viene quindi definita in termini di:

- Accelerazione orizzontale massima attesa **ag** in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (Categoria suolo **A**), con superficie orizzontale (Categoria topografica **T1**);
- Ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione, a questa corrispondente, **Se (T)**, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$ .

Le forme spettrali sono definite per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito orizzontale rigido:

- Accelerazione orizzontale massima al sito (**ag**);

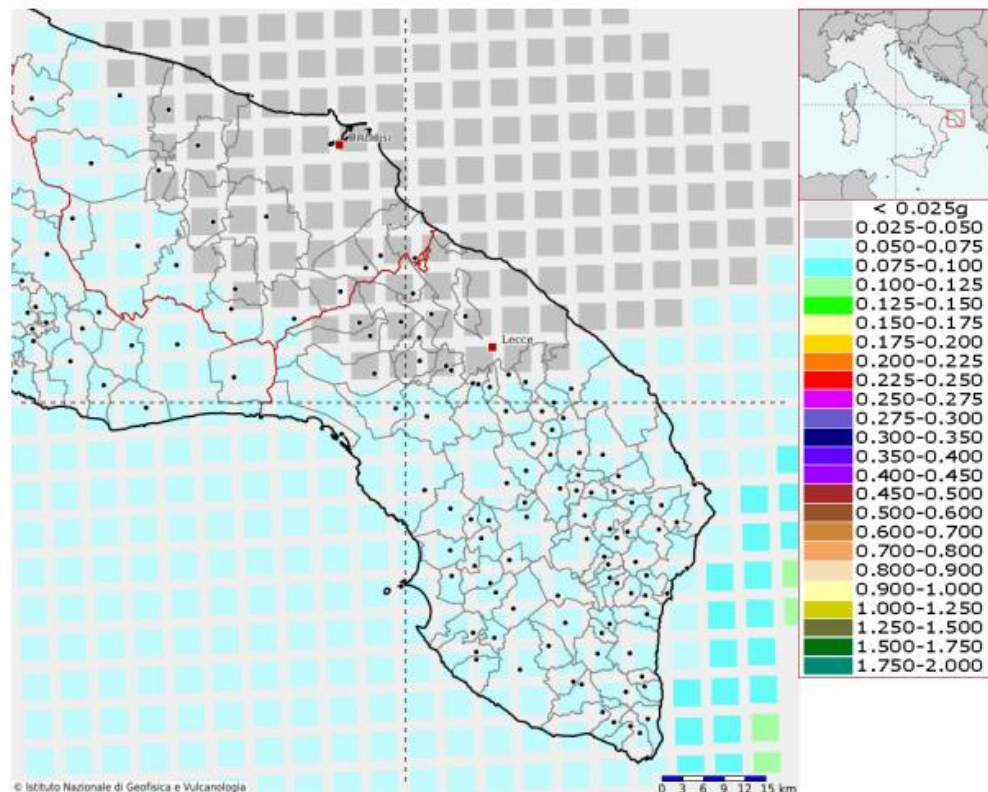
- Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale ( $F_0$ );
- Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale ( $T_c^*$ ).



## ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

### Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004)

Informazioni sul nodo con ID: 35256 - Latitudine: 40.294 - Longitudine: 18.013



La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l'Italia e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A,  $V_{s30} > 800$  m/s) e pianeggiante.

Le coordinate selezionate individuano un nodo della griglia di calcolo identificato con l'ID **35256** (posto al centro della mappa). Per ogni nodo della griglia sono disponibili numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali.

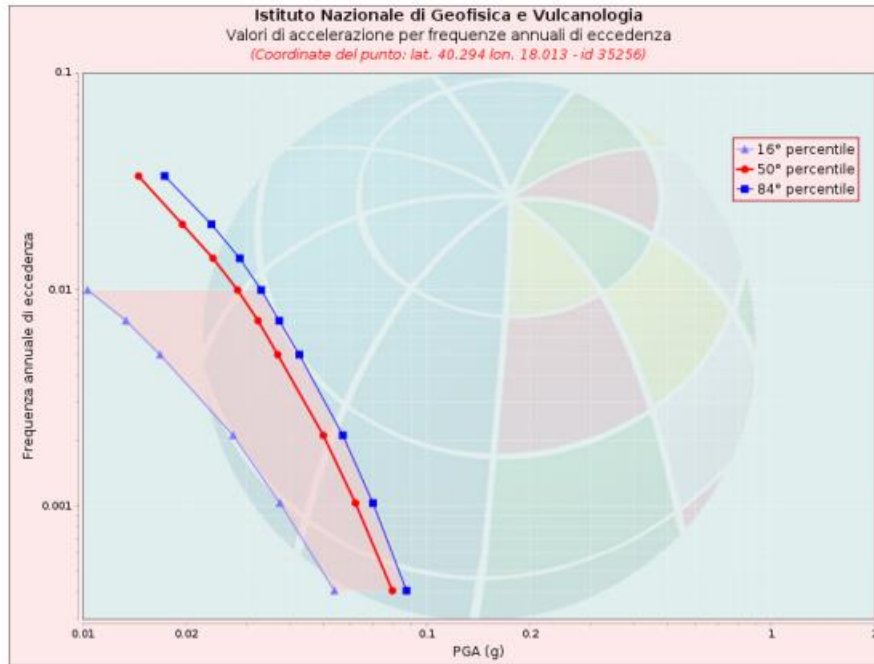
**Figura 32: Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima al suolo ( $a_{max}$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat.A). Fonte: [http:// esse1-gis.mi.ingv.it/](http://esse1-gis.mi.ingv.it/).**



## ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

### Curva di pericolosità

La pericolosità è l'insieme dei valori di scuotimento (in questo caso per la PGA) per diverse frequenze annuali di eccedenza (valore inverso del periodo di ritorno). La tabella riporta i valori mostrati nel grafico, relativi al valore mediano (50mo percentile) ed incertezza, espressa attraverso il 16° e l'84° percentile.



Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza			
Frequenza annuale di ecc.	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.054	0.080	0.087
0.0010	0.037	0.062	0.070
0.0021	0.027	0.050	0.057
0.0050	0.017	0.037	0.043
0.0071	0.013	0.032	0.037
0.0099	0.010	0.028	0.033
0.0139	0.000	0.024	0.029
0.0199	0.000	0.020	0.024
0.0332	0.000	0.015	0.017

Figura 33: Curva di pericolosità. Fonte: [http:// esse1-gis.mi.ingv.it/](http://esse1-gis.mi.ingv.it/).

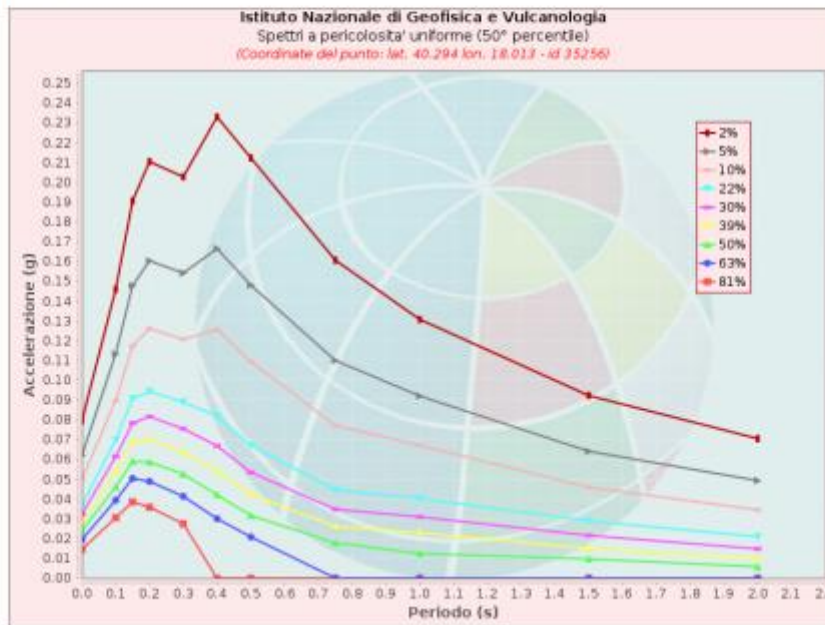


ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

**Spettri a pericolosità uniforme**

Gli spettri indicano i valori di scuotimento calcolati per 11 periodi spettrali, compresi tra 0 e 2 secondi. La PGA corrisponde al periodo pari a 0 secondi. Il grafico è relativo alle stime mediane (50mo percentile) proposte dal modello di pericolosità.

I diversi spettri nel grafico sono relativi a diverse probabilità di eccedenza (PoE) in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico.



Spettri a pericolosità uniforme (50° percentile)											
PoE in 50 anni	Accelerazione (g)										
	Periodo (s)										
	0.0	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
2%	0.080	0.146	0.191	0.210	0.203	0.233	0.212	0.161	0.131	0.092	0.071
5%	0.062	0.113	0.148	0.160	0.154	0.166	0.148	0.110	0.092	0.064	0.049
10%	0.050	0.090	0.117	0.126	0.121	0.125	0.109	0.077	0.067	0.046	0.035
22%	0.037	0.070	0.091	0.094	0.089	0.082	0.067	0.045	0.040	0.029	0.021
30%	0.032	0.061	0.078	0.082	0.076	0.067	0.053	0.035	0.031	0.022	0.015
39%	0.028	0.054	0.069	0.070	0.064	0.054	0.042	0.026	0.023	0.015	0.010
50%	0.024	0.046	0.059	0.059	0.053	0.042	0.032	0.018	0.012	0.010	0.006
63%	0.020	0.039	0.050	0.049	0.041	0.030	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000
81%	0.015	0.031	0.039	0.036	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Figura 34: Spettri a pericolosità uniforme. Fonte: [http:// esse1-gis.mi.ingv.it/](http://esse1-gis.mi.ingv.it/).



## ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

### Grafico di disaggregazione

Il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata in questo caso dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

La tabella riporta i valori mostrati nel grafico ed i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon.

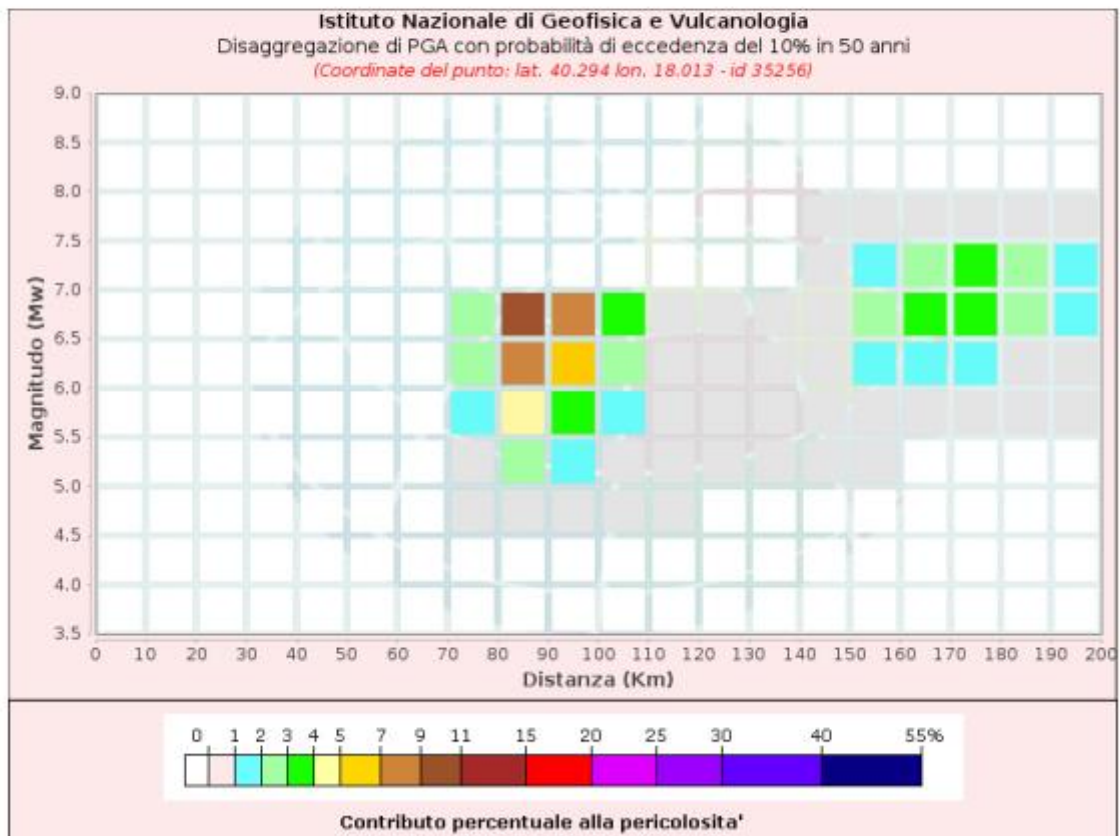


Figura 35: Grafico di disaggregazione. Fonte: [http:// esse1-gis.mi.ingv.it/](http://esse1-gis.mi.ingv.it/).





**ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA**

-----  
Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni  
-----

Distanza in Km	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.2150	0.8260	1.5900	2.3300	2.8900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.3870	2.2300	4.7200	7.3700	9.6800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0916	1.3700	3.5100	6.0900	8.6300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0052	0.4510	1.3100	2.2700	3.1200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0003	0.2030	0.6190	0.9110	0.4940	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.1290	0.5740	0.9200	0.2220	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0665	0.5150	0.9580	0.2410	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0221	0.4160	0.9530	0.4380	0.2180	0.0460	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	0.3580	1.4100	2.0300	1.8500	0.2310	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2600	1.6400	3.0400	2.9200	0.2970	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1270	1.4200	3.0900	3.2100	0.3320	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0391	0.9720	2.4800	2.7600	0.3070	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0076	0.5350	1.6200	1.8100	0.2140	0.0000	0.0000

-----  
Valori Medi: magnitudo = 6.47 ; distanza = 120.0 ; epsilon = 1.57  
-----

Figura 36: Disaggregazione – valori tabellari. Fonte: [http:// esse1-gis.mi.ingv.it/](http://esse1-gis.mi.ingv.it/).

### 9.3 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI E DEI COEFFICIENTI SISMICI E DEGLI SPETTRI DI RISPOSTA

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 Parametri Sismici PRO*.

Essa fornisce i **parametri sismici (ag, F0 e Tc\*)** per gli stati limite SLO, SLD, SLV, SLC, tipici del luogo o della costruzione in esame. Sono stati inoltre calcolati i **coefficienti sismici kh e kv**, considerando una Categoria del **Suolo di Fondazione di tipo B** (Cfr. par. 8.2.1) ed una **Categoria Topografica T1**.

Dalla definizione dei coefficienti sismici si è giunti alla definizione degli **spettri di risposta elastici nelle componenti di accelerazione orizzontale e verticale**.

Di seguito si riportano le risultanze dell'elaborazione seguita.

#### Parametri sismici

determinati con GeoStru PS PRO

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Fondazioni

#### Sito in esame.

latitudine: 40,304332 [°]

longitudine: 18,035280 [°]

Classe d'uso: IV

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

#### Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	35256	40,293680	18,013070	2225,0
Sito 2	35257	40,291020	18,078480	3951,4
Sito 3	35035	40,340950	18,082000	5680,4
Sito 4	35034	40,343610	18,016560	4646,9

**Parametri sismici.**

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 100 anni

Coefficiente cu: 2

	Prob. Superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	60	0,021	2,327	0,246
Danno (SLD)	63	101	0,028	2,296	0,324
Salvaguardia della vita (SLV)	10	949	0,062	2,524	0,558
Prevenzione al collasso (SLC)	5	1950	0,075	2,640	0,584

**Coefficienti sismici – Fondazioni.**

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,200	1,460	1,000	0,005	0,003	0,249	0,200
SLD	1,200	1,380	1,000	0,007	0,003	0,327	0,200
SLV	1,200	1,240	1,000	0,015	0,007	0,725	0,200
SLC	1,200	1,220	1,000	0,018	0,009	0,883	0,200

### Spettri di risposta

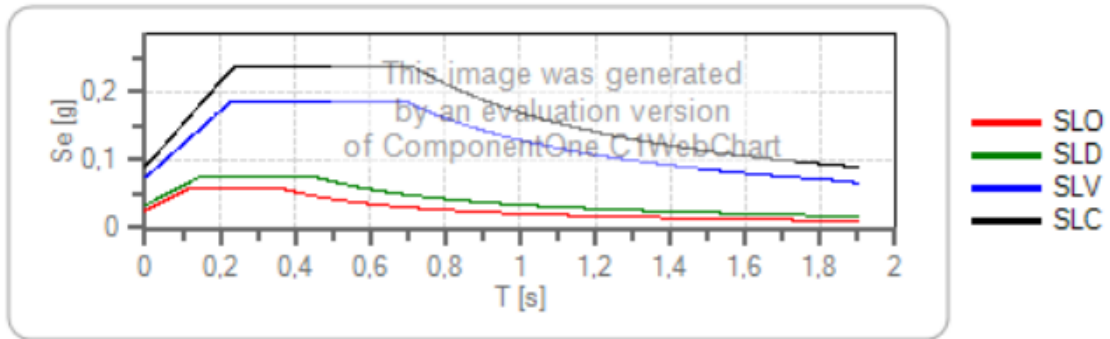
determinati con GeoStru PS

#### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %

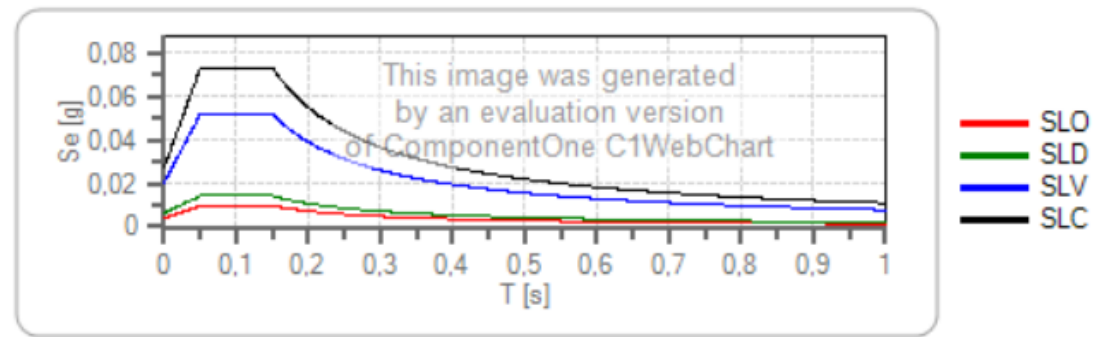
Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000

#### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,021	2,327	0,246	1,200	1,460	1,000	1,200	1,000	0,120	0,359	1,685
SLD	2	0,028	2,296	0,324	1,200	1,380	1,000	1,200	1,000	0,149	0,447	1,711
SLV	2	0,062	2,524	0,558	1,200	1,240	1,000	1,200	1,000	0,231	0,692	1,846
SLC	2	0,075	2,640	0,584	1,200	1,220	1,000	1,200	1,000	0,238	0,713	1,900

#### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,021	2,327	0,246	1,000	1,460	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	2	0,028	2,296	0,324	1,000	1,380	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	2	0,062	2,524	0,558	1,000	1,240	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	2	0,075	2,640	0,584	1,000	1,220	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

**Spettro di progetto**

Coefficiente di struttura q per lo spettro orizzontale = 1.5

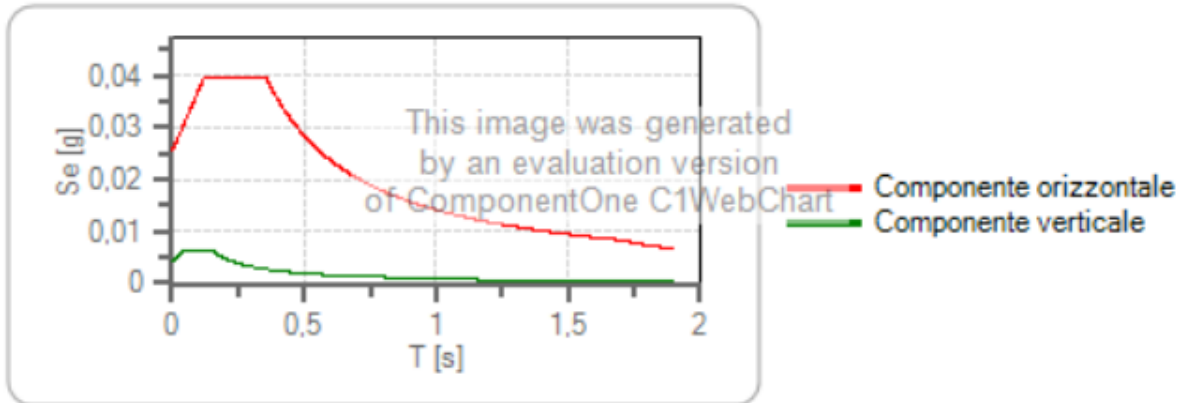
per lo spettro orizzontale = 0,667

Coefficiente di struttura q per lo spettro verticale = 1.5

per lo spettro verticale = 0,667

Stato limite: SLO

**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	0,021	2,327	0,246	1,200	1,460	1,000	1,200	1,500	0,120	0,359	1,685
SLO verticale	2	0,021	2,327	0,246	1,200	1,460	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

## 10 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 37). 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 4,0-5,0 dal p.c.; tale falda si presenta non continua e di limitata estensione. La falda profonda, che circola all'interno della massa carbonatica è localizzata a quote di circa ai 35-40 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.]:

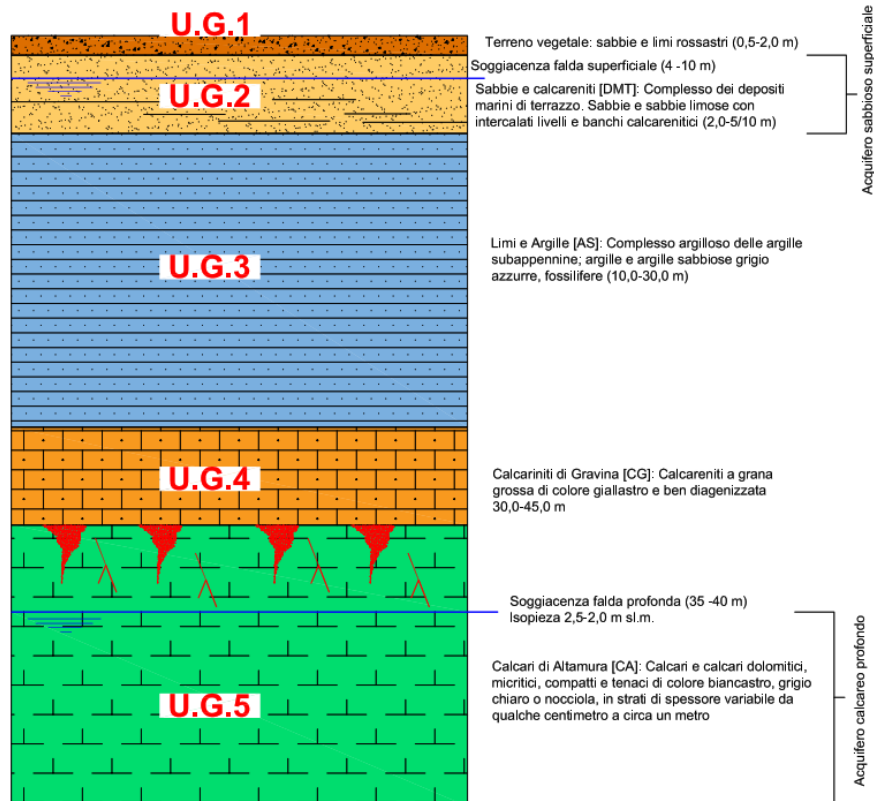
- Unità Litologica 1: Unità dei depositi eluvio colluviali
- Unità Litologica 2: Unità dei depositi di terrazzo
  - Unità 2a: Facies limoso-sabbiosa
  - Unità 2b: Facies sabbioso calcarenitica
- Unità Litologica 3: Unità delle argille grigio-azzurre.
- Unità Litologica 4: Unità delle calcareniti bioclastiche.
- 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	B
Categoria Topografica	T1
Rischio liquefazione dei terreni	Nulla
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



**Figura 37: Modello geologico-geotecnico di riferimento.**

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.**

## UNITA' GEOTECNICA 2: Complesso sabbioso-limoso-arenitico dei Depositi di Terrazzo

### 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
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) Peso per unità di volume naturale	14,7	19,5	18,7
$\gamma_{sec}$ (kN/m <sup>3</sup> ) Peso per unità di volume secco	---	---	16,3
$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> ) Peso per unità di volume saturo	---	---	19,0
$\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> ) Peso specifico	---	---	25,1
$\phi$ (°) Angolo di attrito di picco	25,9	33,5	27,0
$\phi'$ (°) Angolo di attrito efficace	24,7	27,9	26,0
$c'$ (kPa) Coesione efficace	---	---	9,0
$E_y$ (Mpa) Modulo Elastico	10	30	20
$C_u$ (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
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) Peso per unità di volume naturale	17,5	21,0	20,0
$\gamma_{sec}$ (kN/m <sup>3</sup> ) Peso per unità di volume secco	16,8	18,0	17,5
$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> ) Peso per unità di volume saturo	19,5	21,8	20,5
$\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> ) Peso specifico	---	---	24,0
$\phi$ (°) Angolo di attrito di picco	28,0	32,0	30,0
$\phi'$ (°) Angolo di attrito efficace	26,0	31,0	29,0
$c'$ (kPa) Coesione efficace	0,0	9,0	4,0
$E_y$ (Mpa) Modulo Elastico	30	60	45



### 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
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) Peso per unità di volume naturale	---	---	19.3
$\gamma_{sec}$ (kN/m <sup>3</sup> ) Peso per unità di volume secco	---	---	15.4
$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> ) Peso per unità di volume saturo	---	---	19.4
$\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> ) Peso specifico	---	---	26.1
$\phi'$ (°) Angolo di attrito di picco	---	---	25.6
$\phi'$ (°) Angolo di efficace	---	---	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
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) Peso per unità di volume naturale	19,5	22,0	21,0
$\gamma_{sec}$ (kN/m <sup>3</sup> ) Peso per unità di volume secco	18,0	19,5	18,5
$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> ) Peso per unità di volume saturo	20,0	22,0	21,0
$\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> ) Peso specifico	---	---	22,0
$\phi'$ (°) 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
$\eta$ Coefficiente di Poisson	--	--	0,40
<b>R.Q.D.</b> (%)	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
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) Peso per unità di volume naturale	21,5	24,0	22,5
$\gamma_{sec}$ (kN/m <sup>3</sup> ) Peso per unità di volume secco	20,0	21,5	20,5
$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> ) Peso per unità di volume saturo	23,0	24,5	24,0
$\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> ) Peso specifico	---	---	24,0
$\phi'$ (°) 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
$\eta$ Coefficiente di Poisson	--	--	0,32
<b>R.Q.D.</b> (%)	80	100	90

## 11 CONCLUSIONI

Sulla base delle informazioni acquisite nel corso del presente studio, 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 4,0 m dal p.c.; la sua estensione non è continua in tutta l'area, e ad ogni modo la stessa riveste scarsa importanza dal punto di vista idrogeologico data la sua discontinuità e la sua scarsa produttività. La falda profonda che circola all'interno del basamento calcareo si rinviene ad una profondità di circa 35-40 m dal p.c..

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 i comuni di Copertino, Leverano e Carmiano 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 B, 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 e geomorfologico, l'area di indagine non risulta inclusa all'interno di aree classificate a rischio idraulico e/o frana secondo i vigenti perimetri PAI dell'UoM Regionale Puglia e Interregionale Ofanto: nessuna componente progettuale interferisce con le suddette perimetrazioni.**

**L'area non è 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.

**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**