

VENTO SOLARE SRL
 VIA DELLA CHIMICA 103 - 85100
 POTENZA
 P.IVA 01981860768
ventosolaresrl@pec.it



CODE
SCS.DES.R.GEO.ITA.W.6411.002.00

PAGE
 1 di/of 52

AVAILABLE LANGUAGE: IT

IMPIANTO EOLICO SERRACAPRIOLA COMUNE DI SERRACAPRIOLA (FG)

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

File name: SCS.DES.R.GEO.ITA.W.6411.002.00_RELAZIONE GEOLOGICA.docx

00	16/11/2023	EMISSIONE	SCS INGEGNERIA W. Miccolis	SCS INGEGNERIA W. Miccolis	SCS INGEGNERIA A.Sergi
REV	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
IMPIANTO / Plant IMPIANTO EOLICO SERRACAPRIOLA		CODE			
GROUP	FUNCION	TYPE	DISCIPLINE	COUNTRY	TEC
SCS	DES	R	G E O I T A W	6 4 1 1	0 0 2 0 0
CLASSIFICATION:			UTILIZATION SCOPE : PROGETTO DEFINITIVO		

INDICE

1	INTRODUZIONE	5
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	7
3	INQUADRAMENTO VINCOLISTICO	11
3.1	CARTA IDROGEOMORFOLOGICA DELLA REGIONE PUGLIA	11
3.2	PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE DELLA REGIONE PUGLIA.....	12
3.3	PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL'UOM SACCIONE - UOM FORTORE.....	14
4	CONTESTO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO	21
4.1	CARATTERI GEOLOGICI LOCALI E SUCCESSIONE STRATIGRAFICA	22
5	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	29
6	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	31
7	INDAGINI GEOFISICHE	32
7.1	TOMOGRAFIA SISMICA IN ONDE P	33
7.1.1	IL METODO SISMICO A RIFRAZIONE.....	34
7.1.2	ANALISI DEI RISULTATI	35
7.2	SISMICA MASW	38
7.2.1	ANALISI DEI RISULTATI	39
7.2.2	CALCOLO DEI PARAMETRI ELASTICI STATICI E DINAMICI DEI TERRENI	40
7.2.3	CALCOLO VS, EQ (D.M. 17/01/2018 NTC2018).....	43
8	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	46
9	MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO DI RIFERIMENTO	49
10	CONCLUSIONI	51

Figura 1 - Localizzazione dell'area di impianto nel contesto nazionale.	7
Figura 2 - Localizzazione dell'impianto a livello regionale.....	7
Figura 3 - Individuazione su ortofoto dell'impianto in progetto.	8
Figura 4 - Individuazione su ortofoto dell'impianto BESS in progetto.	9
Figura 5 - Stralcio carta Idrogeomorfologica regione Puglia – Foglio 395 "Torremaggiore".	12
Figura 6 - Stralcio del Piano di Tutela delle Acque con sovrapposizione del Layout di progetto di progetto (Fonte: WMS – SIT Puglia - strati informativi della proposta di Aggiornamento 2015-2021 del Piano di Tutela delle Acque).	14
Figura 7 - Perimetri PAI vigenti – UoM Saccione e UoM Fortore.	17
Figura 8 - Perimetri PAI vigenti - pericolosità idraulica UoM Fortore – area BESS.	18
Figura 9 – Individuazione delle Fasce di Rispetto Fluviale – Art. 16 NTA del PAI (Area Parco).	19
Figura 10 – Individuazione delle Fasce di Rispetto Fluviale – Art. 16 NTA del PAI (Cavidotto di connessione).	20
Figura 11 - Carta geologica schematica dell'area di interesse progettuale – Area Parco.	22
Figura 12 - Carta geologica schematica dell'area di interesse progettuale. – Area connessione e BESS. ...	23
Figura 13 - Tipico versante impostato sulle Argille di Montesecco, caratterizzato dalle tipiche forme dolci collinari. Vista all'interno dell'area di installazione del parco eolico.	24
Figura 14 - Contatto stratigrafico fra le Argille di Montesecco (ASM) e i depositi di terrazzo del I ordine (b1) - (attraversamento sul Can.le dell'Avena lungo il percorso del cavidotto).	25
Figura 15 - Depositi alluvionali del II Ordine di Terrazzo lungo il percorso del cavidotto AT.	26
Figura 16 - Depositi alluvionali del IV Ordine di Terrazzo- area BESS ed SSE. (ASM: Argille di Montesecco; b4: Depositi alluvionali del IV ordine dei terrazzi).	27
Figura 17 - Depositi alluvionali recenti (a) del fondovalle del Fiume Fortore.	28
Figura 18 - Modello 3D dell'area oggetto di studio.	29
Figura 19 - Fenomeni di dissesto impostati sulla formazione delle Argille di Montesecco.	30
Figura 20 - Ubicazione indagini geofisiche eseguite.	32
Figura 21 - Report fotografico delle fasi di esecuzione delle indagini sismiche.	33
Figura 22 - Tomografia sismica in onde P – SRT 1	36
Figura 23 - Tomografia sismica in onde P – SRT 2	37
Figura 24 - Tomografia sismica in onde P – SRT 3	38
Figura 25 - Distribuzione delle onde di Rayleigh nel sottosuolo.	38
Figura 26 - Definizione della profondità del substrato.	44
Figura 27: 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 soli molto rigidi (Vs30>800 m/s; cat.A). Fonte: http:// esse1-gis.mi.ingv.it/.....	46
Figura 28 - Griglia di riferimento e definizione dei parametri sismici (ag, F0 e Tc*).	48
Figura 29 - Definizione dei coefficienti sismici.	48

VENTO SOLARE SRL
VIA DELLA CHIMICA 103 - 85100
POTENZA
P.IVA 01981860768
ventosolaresrl@pec.it



CODE
SCS.DES.R.GEO.ITA.W.6411.002.00

PAGE
4 di/of 52

ALLEGATI GRAFICI	
TAVOLA 1 - CARTA GEOLOGICA AREA E GEOMORFOLOGICA (n. 4 Tavole)	SCALA 1:10.000
TAVOLA 1 - CARTA IDROGEOLOGICA (n. 4 Tavole)	SCALA 1:10.000

ALLEGATI FUORI TESTO	
SCS.DES.R.GEO.ITA.W.6411.003.00_INDAGINI GEOFISICHE PRELIMINARI	

1 INTRODUZIONE

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

Nello specifico, l'impianto prevede la costruzione di sette aerogeneratori di potenza unitaria pari a 6MW, per una potenza complessiva di 42MW. Il sistema di accumulo invece è caratterizzato da una potenza pari a 12MW.

Il punto di connessione individuato per l'immissione dell'energia prodotta dall'impianto eolico integrato dal BESS, è individuato presso l'ampliamento 380/36 kV della costruenda stazione elettrica di trasformazione RTN 380/150 kV Torremaggiore da inserire in entrata -esce alla linea RTN "San Severo 380 - Rotello 380", ubicata nel comune di Torremaggiore (provincia di Foggia).

In considerazione dell'allocazione dell'impianto BESS integrativo dell'impianto eolico in prossimità del punto di connessione su Rete di Trasmissione Nazionale suddetto, il vettoriamento dell'energia prodotta dalle torri eoliche verso il punto di connessione viene eseguito a mezzo di un cavidotto AT esercito a 36 kV che si sviluppa a partire dalla Collector Cabin di impianto sino alla Collector Cabin dell'impianto BESS attraversando i territori comunali di Serracapriola e Torremaggiore (entrambi appartenenti alla provincia di Foggia). Da quest'ultima, un cavidotto AT esercito a 36 kV s'attesta definitivamente allo stallo AT 36 kV assegnato all'interno della stazione 380/36 kV di Torremaggiore ai fini dello scambio d'energia con la Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale.

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 Serracapriola;
- 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 sono consistite in:

- Esecuzione di n. 3 Indagini Sismiche MASW, al fine di definire la V_s ,eq e di conseguenza la categoria del suolo di fondazione (NTC18).
- Esecuzione di N. 3 stendimenti sismici a rifrazione con restituzione tomografica.

Per la descrizione dettagliata delle indagini eseguite si rimanda all'elaborato - SCS.DES.R.GEO.ITA.W.6411.003.00 - 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 riguardo al volume significativo proprio dell'opera.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La zona interessata dall'impianto si sviluppa in un'area collinare della Puglia sita a circa 16 km dalla costa Adriatica e 50 km a Nord-Est di Foggia, al confine con la Regione Molise.

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

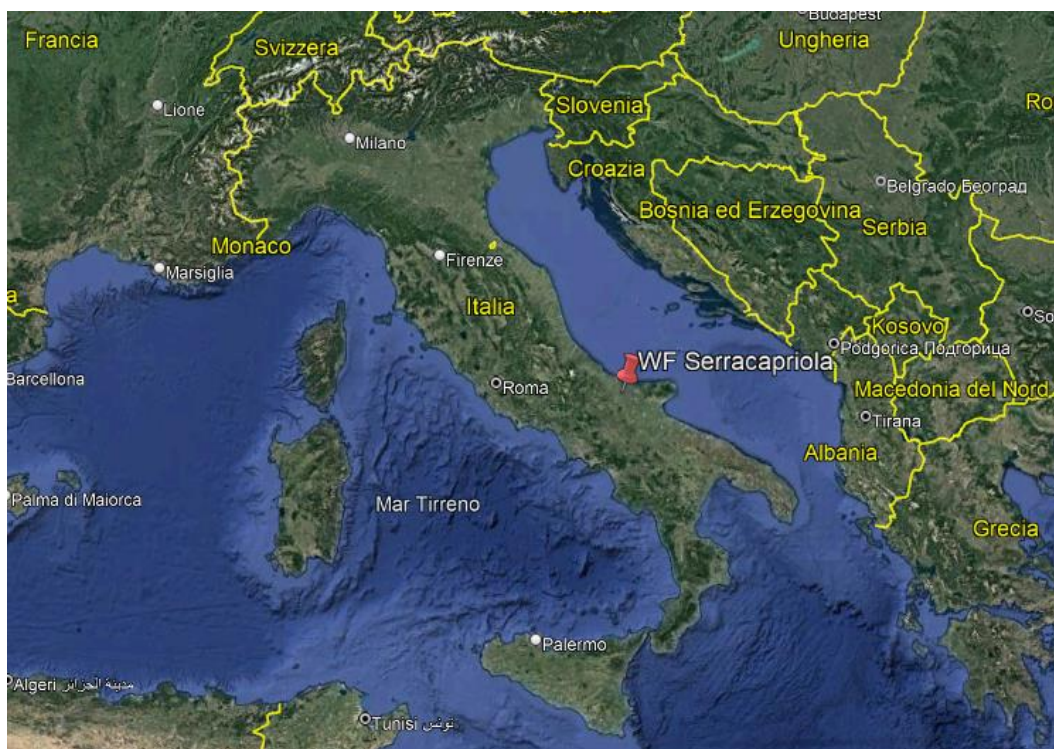


Figura 1 - Localizzazione dell'area di impianto nel contesto nazionale.

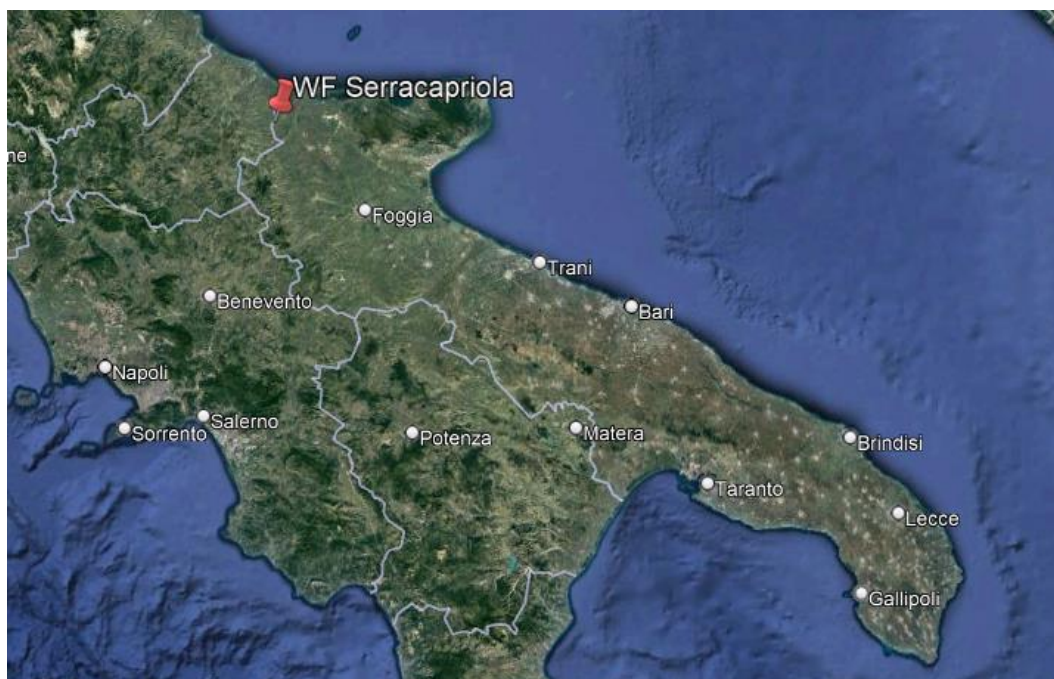


Figura 2 - Localizzazione dell'impianto a livello regionale.

In particolare, le aree proposte per la realizzazione degli aerogeneratori impegnano la zona agricola nell'intorno delle strade provinciali SP480 ed SP376, che consentono, rispettivamente, il raggiungimento delle strade di accesso al gruppo di aerogeneratori WTG 01/02 e WTG 03/04/05/06/07.

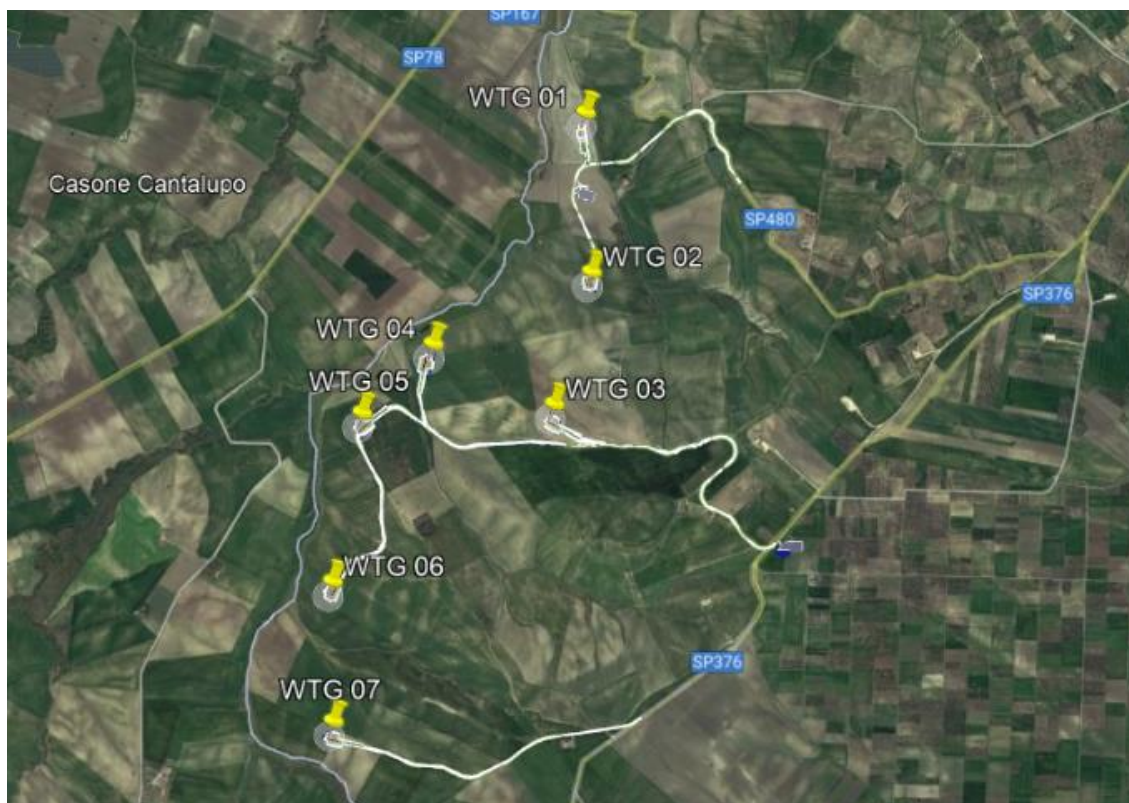


Figura 3 - Individuazione su ortofoto dell'impianto in progetto.

La morfologia è tipicamente collinare, modellata da movimenti di massa favoriti dalla natura dei terreni affioranti, dalla sismicità dell'area e dall'acclività dei luoghi, talora accentuati a seguito dell'intenso disboscamento e dissodamento dei terreni. Dal punto di vista geologico, questo ambito comprende il complesso di terreni più o meno antichi che sono stati interessati dai movimenti orogenetici connessi all'avanzamento del fronte appenninico.

L'impianto è costituito da 7 aerogeneratori, di grossa taglia, opportunamente disposti nell'area di interesse, secondo la direzione prevalente del vento, e installati su torri tubolari di altezza al mozzo pari a 138 m, e dall'impianto elettrico, necessario al funzionamento delle turbine eoliche. Il cavidotto di connessione esterno al parco sarà esercito alla tensione di 36 kV (AT) e si svilupperà a partire dalla Collector Cabin di impianto sino all'area prevista per l'ampliamento 380/36 kV della costruenda stazione elettrica di trasformazione RTN 380/150 kV Torremaggiore da inserire in entra -esce alla linea RTN "San Severo 380 - Rotello 380", ubicata nel comune di Torremaggiore (FG).

Nella tabella che segue 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 33N			RIFERIMENTI CATASTALI		
Posizioni Aerogeneratori					
WTG	EST [m]	NORD [m]	COMUNE	FG	P.LLA
WTG 1	509825,14	4626986,16	SERRACAPRIOLA	31	102
WTG 2	509858,56	4626142,62	SERRACAPRIOLA	42	69
WTG 3	509662,00	4625446,02	SERRACAPRIOLA	42	22
WTG 4	509019,20	4625763,85	SERRACAPRIOLA	42	146
WTG 5	508644,91	4625399,56	SERRACAPRIOLA	42	29
WTG 6	508493,88	4624513,80	SERRACAPRIOLA	52	22
WTG 7	508501,91	4623783,32	SERRACAPRIOLA	52	13

Tabella 1: Coordinate aerogeneratori dell'impianto eolico di Serracapriola.

Come riportato precedentemente, il sistema di accumulo verrà realizzato nei pressi della stazione elettrica RTN di connessione di Torremaggiore RTN 380/150 kV da inserire in entrata -esce alla linea RTN "San Severo 380 - Rotello 380", ubicata nel comune di Torremaggiore (provincia di Foggia).

L'impianto BESS è caratterizzato da una potenza nominale di 12 MW.



Figura 4 - Individuazione su ortofoto dell'impianto BESS in progetto.

Si rappresentano, a seguire, le coordinate geografiche dell'area individuata per la costruzione dell'impianto BESS, nel sistema di riferimento UTM WGS 84 - FUSO 33N.

Si riporta, inoltre, Comune, Foglio e le P.lle catastali su cui insisterà tale area.

SISTEMA DI RIFERIMENTO UTM WGS 84 - FUSO 34N			RIFERIMENTI CATASTALI		
Posizione area BESS					
-	EST [m]	NORD [m]	COMUNE	FG	P.LLA
AREA BESS	514858,60	4618239.12	TORREMAGGIORE	7	91

Tabella 2: Coordinate dell'area individuata per l'installazione dell'Impianto BESS " con indicazioni catastali (Comune, Foglio e P.lle catastale di appartenenza)

3 INQUADRAMENTO VINCOLISTICO

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

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

- Carta Idrogeomorfologica redatta dall'AdB Puglia su commissione della stessa Regione Puglia;
- Piano di Assetto Idrogeologico redatto dall'UoM SACCIONE e Piano di Assetto Idrogeologico redatta dall'UoM Fortore;
- Piano di Tutela delle Acque (PTA) della regione Puglia.

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

3.1 CARTA IDROGEOMORFOLOGICA DELLA REGIONE PUGLIA

La giunta regionale della Regione Puglia, con delibera n. 1792 del 2007, ha affidato all'Autorità di Bacino della Puglia il compito di redigere una nuova Carta Idrogeomorfologica del territorio pugliese, quale parte integrante del quadro conoscitivo del nuovo Piano Paesaggistico Territoriale regionale (PPTR), adeguato al Decreto Legislativo 42/20047.

La nuova Carta Idrogeomorfologica della Puglia, in scala 1: 25.000, ha come principale obiettivo quello di costituire un quadro di conoscenze, coerente e aggiornato, dei diversi elementi fisici che concorrono all'attuale configurazione dell'assetto morfologico e idrografico del territorio, delineandone i caratteri morfografici e morfometrici ed interpretandone l'origine in funzione dei processi geomorfici, naturali ed antropici.

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

Tale cartografia risulta quindi sicuramente più aggiornata e precisa rispetto alla serie n. 10 geomorfologia del PUTT, che lo sostituisce, considerata la scala di elaborazione del piano stesso, redatta sulla base delle carte CTR.

Come si può osservare dagli stralci della Carta Idrogeomorfologica mostrati in Figura 5, nell'area in studio si rileva la presenza di emergenze geomorfologiche riferibili esclusivamente all'assetto idrografico e a forme di versante, localizzate nelle zone di affioramento dei terreni argillosi

Le interferenze fra le opere progettuali e la Carta Idrogeomorfologica sono da imputarsi unicamente a interferenze fra il reticolo idrografico e la viabilità del parco. Le interferenze riguardano quasi esclusivamente strade esistenti da adeguare alle specifiche del trasporto delle turbine, e pertanto si ritiene minimo l'impatto del su tale componente geomorfologica.

Oltre alle viabilità interferisce con il reticolo idrografico anche il cavidotto sia interno al parco che quello di connessione esterno. Tali interferenze verranno risolte o mediante T.O.C. o con staffaggio sulla spalla del ponte.

Per tutti i dettagli in merito a quanto detto sopra si rimanda nel dettaglio alla Relazione Idrologica e alla Relazione Idraulica (cod. elaborati: SCS.DES.R.CIV.ITA.W.6411.005.00_RELAZIONE IDROLOGICA; SCS.DES.R.CIV.ITA.W.6411.006.00_RELAZIONE IDRAULICA) oltre che all'elaborato grafico di progetto SCS.DES.D.ELE.ITA.W.6411.007.00_PARTICOLARI TIPOLOGICI RISOLUZIONE INTERFERENZE CAVIDOTTO IMPIANTO EOLICO.

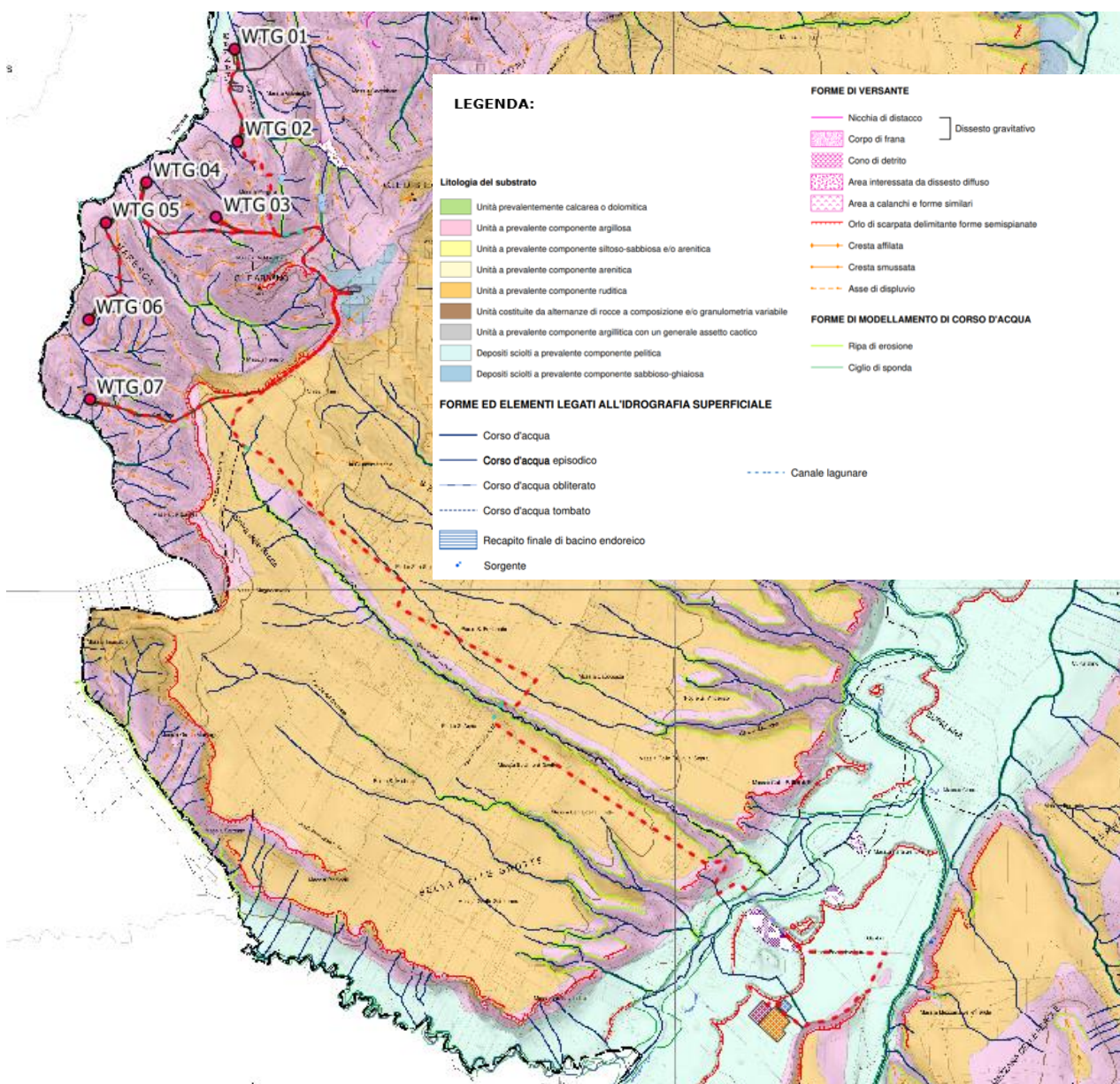


Figura 5 - Stralcio carta Idrogeomorfologica regione Puglia - Foglio 395 "Torremaggiore".

3.2 PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE DELLA REGIONE PUGLIA

Con deliberazione di Consiglio Regionale n. 230 del 20 ottobre 2009 è stato approvato il Piano Regionale di Tutela delle Acque; la proposta di Aggiornamento 2015-2021 del Piano regionale di Tutela delle Acque

(PTA), è stata adottata con D.G.R. n. 1333 del 16/07/2019

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

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

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

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

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

L'intervento in oggetto non ricade in nessuna Zona di Protezione Speciale Idrogeologica (cfr. Figura 6).

- ✚ **Aree interessate da contaminazione salina**: l'intervento in oggetto non ricade in Aree interessate da contaminazione salina.
- ✚ **Aree di tutela quali-quantitativa**: l'intervento in oggetto non ricade in nessuna Area di tutela quali-quantitativa.
- ✚ **Aree di tutela quantitativa**: l'intervento in oggetto non ricade in nessuna Area di tutela quantitativa.

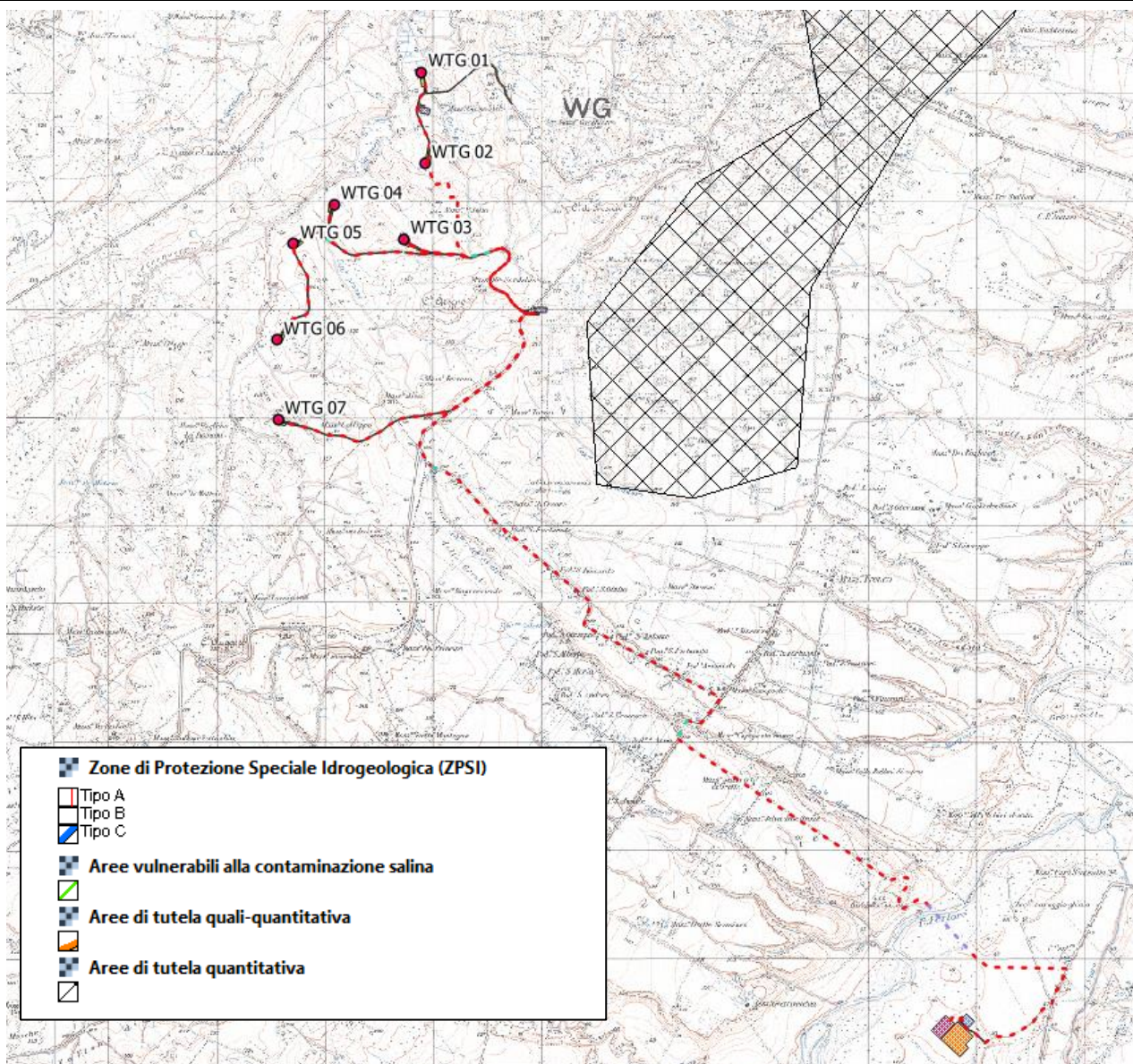


Figura 6 - Stralcio del Piano di Tutela delle Acque con sovrapposizione del Layout di progetto di progetto (Fonte: WMS – SIT Puglia - strati informativi della proposta di Aggiornamento 2015-2021 del Piano di Tutela delle Acque).

Alla luce di quanto detto, si ritiene l'intervento pienamente compatibile con il Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia.

3.3 PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL'UOM SACCIONE – UOM FORTORE

Il Piano di Bacino per l'assetto idrogeologico (di seguito definito PAI) dei Fiume Saccione e del Fiume Fortore, ricadenti all'interno del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale, rappresentano lo strumento conoscitivo, normativo, tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti l'assetto idrogeologico.

Entrambi i PAI si articolano in Piano per l'assetto idraulico e Piano per l'assetto di versante e contengono la individuazione e perimetrazione delle aree a pericolosità e a rischio idrogeologico, le norme di

attuazione, le aree da sottoporre a misure di salvaguardia e le relative misure. Le finalità del piano di assetto idraulico sono:

- a) *la individuazione degli alvei e delle fasce di territorio inondabili per piene con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni dei principali corsi d'acqua del bacino interregionale del fiume Fortore e Saccione;*
- b) *la definizione di una strategia di gestione finalizzata a salvaguardare le dinamiche idrauliche naturali, con particolare riferimento alle esondazioni e alla evoluzione morfologica degli alvei, a favorire il mantenimento e il ripristino di caratteri di naturalità del reticolo idrografico;*
- c) *la definizione di una politica di prevenzione e di mitigazione del rischio idraulico attraverso la formulazione di indirizzi e norme vincolanti relative ad una pianificazione del territorio compatibile con le situazioni di dissesto idrogeologico e la predisposizione di un quadro di interventi specifici, definito nei tipi di intervento, nelle priorità di attuazione e nel fabbisogno economico di massima.*

Le finalità per l'assetto di versante sono:

- a) *la individuazione dei dissesti in atto o potenziali;*
- b) *la definizione delle modalità di gestione del territorio che, nel rispetto delle specificità morfologico-ambientali e paesaggistiche connesse ai naturali processi evolutivi dei versanti, determinino migliori condizioni di equilibrio, in particolare nelle situazioni di interferenza dei dissesti con insediamenti antropici;*
- c) *la definizione di una politica di prevenzione e mitigazione del rischio di dissesto di versante attraverso la formulazione di indirizzi e norme vincolanti relative ad una pianificazione del territorio compatibile con le situazioni di dissesto idraulico e la predisposizione di un quadro di interventi specifici.*

In particolare, il PAI individua le seguenti tre classi di aree a diversa pericolosità idraulica, come riportate negli elaborati di piano (tavole da T. 04 - 01 a T. 04 - 30 per il PAI Fortore e da T. 04 - 01 a T. 04 - 05 per il PAI Saccione) (Art. 11):

- 1) per le aree studiate su base idraulica:
 - a) Aree a pericolosità idraulica alta (**PI3**): aree inondabili per tempo di ritorno minore o uguale a 30 anni;
 - b) Aree a pericolosità idraulica moderata (**PI2**): aree inondabili per tempo di ritorno maggiore di 30 e minore o uguale a 200 anni;
 - c) Aree a pericolosità idraulica bassa (**PI1**): aree inondabili per tempo di ritorno maggiore di 200 e minore o uguale a 500 anni.
- 2) per le aree studiate su base geomorfologica:
 1. Alveo attivo, aree golenali ed alluvioni di fondovalle inserite nella dinamica fluviale di breve periodo;
 2. Alveo attivo, aree golenali ed alluvioni di fondovalle inserite nella dinamica fluviale di medio periodo;
 3. Alveo attivo, aree golenali ed alluvioni di fondovalle inserite nella dinamica fluviale di lungo periodo;

Inoltre, il PAI individua le seguenti classi di aree a diversa pericolosità da frana, come riportate negli elaborati di piano (tavole da T. 02 - 01 a T. 04 - 32 per il PAI Fortore e raccolta T. 02 per il PAI Saccione) (Art. 24):

- 1) Aree a pericolosità da frana estremamente elevata (**PF3**);
- 2) Aree a pericolosità da frana elevata (**PF2**);
- 3) Aree e pericolosità da frana moderata (**PF1**).

In aggiunta, entrambi i PAI individuano e perimetrano la **Fascia di riassetto fluviale**, comprendente l'alveo, le aree di pertinenza fluviale e quelle necessarie per l'adeguamento del corso d'acqua all'assetto definitivo previsto dal piano stesso.

Tale fascia è riportata nella carta della pericolosità idraulica e nei tratti in cui tale fascia non è esplicitamente definita, essa è assimilata alla fascia di pericolosità PI2 (Art. 12).

Infine, per le aree limitrofe a corsi d'acqua, che non sono state oggetto o di verifiche idrauliche o di perimetrazioni su base geomorfologica e storica, per le quali non sono quindi disponibili la zonazione di pericolosità e la individuazione della fascia di riassetto fluviale, è stabilita una fascia di rispetto, misurata dai limiti dell'alveo attuale, sulla quale si applica la disciplina dell'Art. 12 pari a:

- a) 40 metri per il reticolo principale costituito dai corsi d'acqua Fortore e Tappino (UoM Fortore), Saccione (UoM Saccione);
- b) 20 metri per il reticolo minore (affluenti del reticolo principale identificabili sulla cartografia IGM scala 1:25000 con propria denominazione);
- c) 10 metri per il reticolo minuto (restanti corsi d'acqua distinguibili sulla cartografia IGM scala 1:25000 ma privi di una propria denominazione).

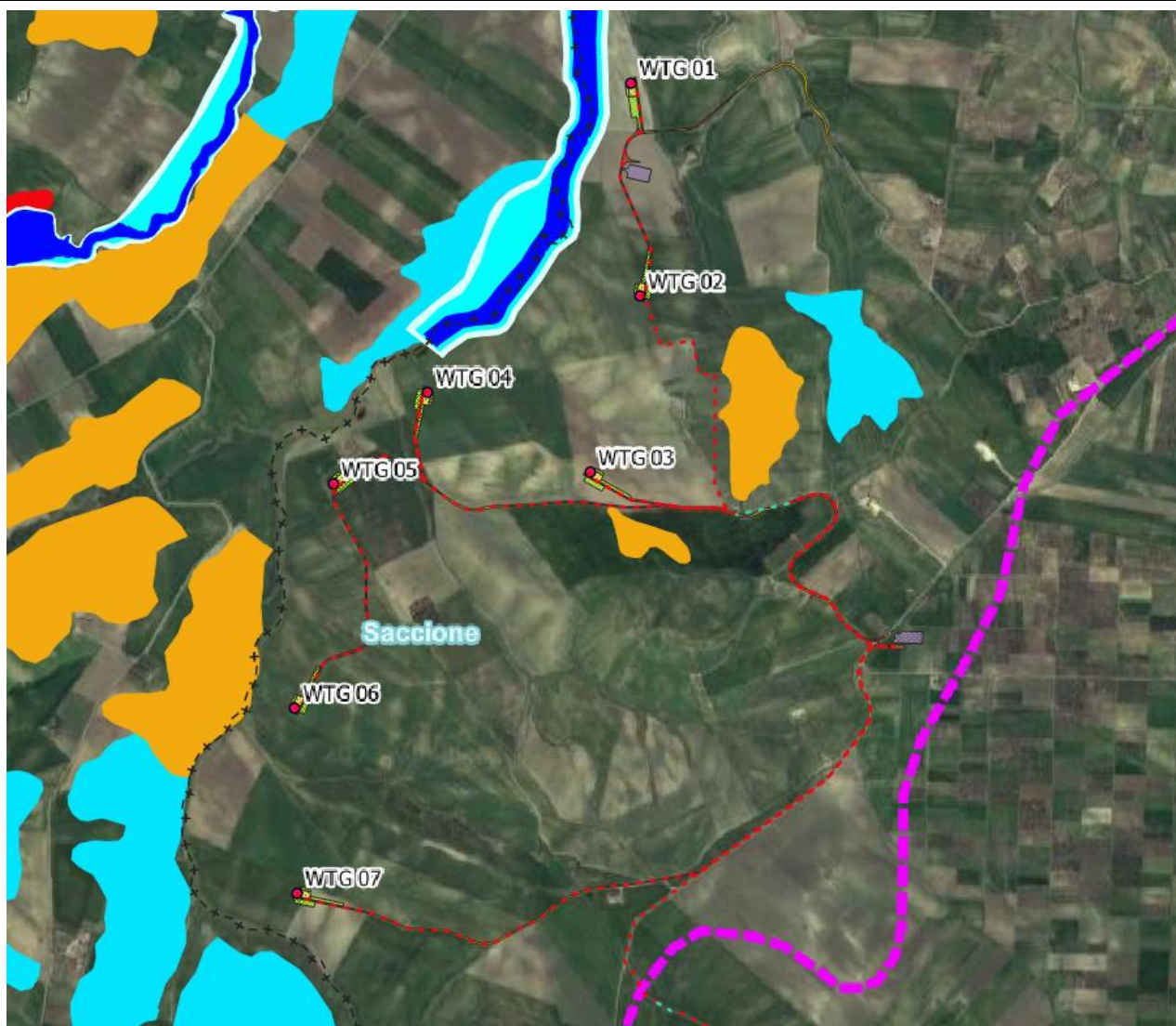
Tuttavia, la fascia di rispetto come sopra definita può essere modificata a seguito di studi che individuino le aree inondabili secondo i criteri riportati nell'allegato 1. Tali studi costituiscono aggiornamento della carta della pericolosità idraulica.

Le porzioni di territorio così individuate e classificate, sono soggette alle norme specifiche di assetto idraulico e urbanistico di cui agli Art.12, Art.13, Art.14, Art.15, Art. 24, Art. 25, Art. 26, Art. 27 delle N.T.A. del PAI.

Dalla consultazione delle perimetrazioni riguardanti la pericolosità da frana non risulta alcuna interferenza con le opere di progetto (Figura 7). In particolare, tutto il progetto ed in particolare le strade, sono state oggetto di un accurato studio al fine di evitare le interferenze con tali aree.

Non si riscontra inoltre alcuna interferenza progettuale con le aree classificate come pericolosità idraulica del PAI del Saccione e del Fortore. In particolare, il tratto di cavidotto esterno, ubicato nei pressi del Fiume Fortore, che attraversa il ponte lungo la SP 46, non interferisce con area a pericolosità idraulica, in quanto la SP 46 risulta esterna alla perimetrazione sia di aree a pericolosità idraulica sia di fasce di riassetto fluviale (Figura 7 e Figura 8).

Per quanto detto si ritiene il progetto pienamente compatibili con gli indirizzi di vincolo e tutela insiti nel PAI del Saccione.



PAI - Saccione

☞ Pericolosità Idraulica

☑ P1

☑ P2

☑ P3

☞ Pericolosità da Frana

☑ Pericolosità estremamente elevata

☑ Pericolosità elevata

☑ Pericolosità moderata

PAI - Fortore

☞ Pericolosità Idraulica

☑ P1

☑ P2

☑ P3

☞ Pericolosità da Frana

☑ Pericolosità estremamente elevata

☑ Pericolosità elevata

☑ Pericolosità moderata

Figura 7 - Perimetri PAI vigenti – UoM Saccione e UoM Fortore.



Figura 8 - Perimetri PAI vigenti - pericolosità idraulica UoM Fortore – area BESS.

Oltre ai perimetri PAI inerenti alla pericolosità ed il rischio idraulico, delle ex Autorità di Bacino interregionale dei fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore, all'art. 16, indicano le misure e norme di salvaguardia per i tratti del reticolo non studiato.

L'art. nel dettaglio stabilisce quanto segue:

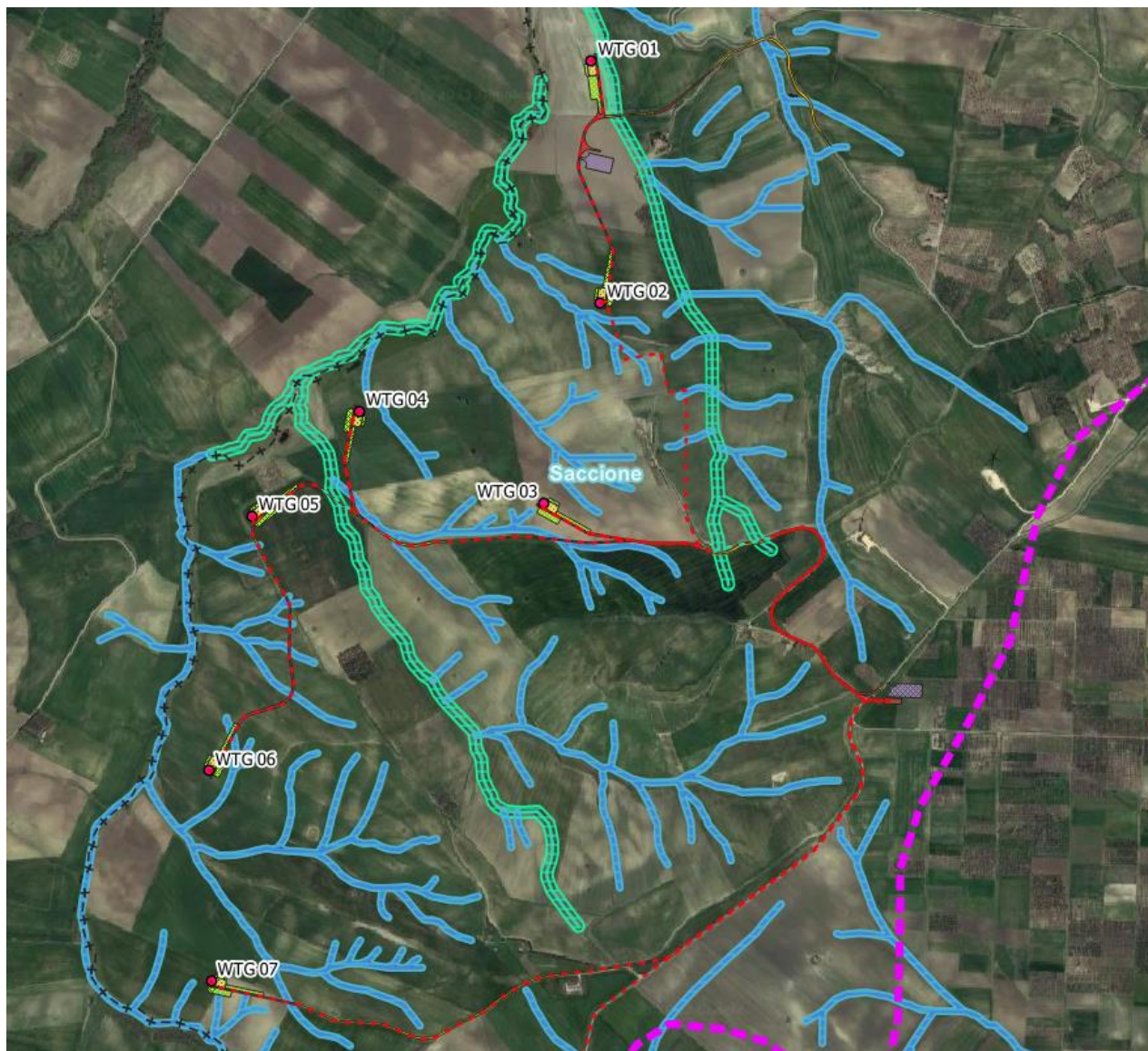
"1. Per le aree limitrofe a corsi d'acqua, che non sono state oggetto o di verifiche idrauliche o di perimetrazioni su base geomorfologica e storica, per le quali non sono quindi disponibili la zonazione di pericolosità e la individuazione della fascia di riassetto fluviale, è stabilita una fascia di rispetto, misurata dai limiti dell'alveo attuale come definito all'art. 7 delle presenti norme, sulla quale si applica la disciplina dell'Art.12 - pari a:

- a) 40 metri per il reticolo principale costituito dai corsi d'acqua Biferno, Cigno, Rio, Callora, Quirino e Sinarca;*
- b) 20 metri per il reticolo minore (corsi d'acqua identificabili sulla cartografia IGM scala 1:25.000 con propria denominazione);*
- c) 10 metri per il reticolo minuto (restanti corsi d'acqua distinguibili sulla cartografia IGM scala 1:25.000 ma privi di una propria denominazione).*

2. La fascia di rispetto come sopra definita può essere modificata a seguito di studi che individuino le aree inondabili secondo i criteri riportati nell'Allegato 1. Tali studi costituiscono aggiornamento della carta della

pericolosità idraulica (tavole da T04.01 a T04. 28).

Per l'area di progetto sono quindi, in ottemperanza a quanto stabilito dall'art. 16 delle NTA del PAI, state definite le fasce fluviali (Cfr. Figura 9)



Fascia Rispetto Fluviale







-  Fascia di Rispetto 10m da Reticolo Minuto
-  Fascia di Rispetto 20m da Reticolo Minore
-  Fascia di Rispetto 40m da Reticolo Principale
-  RETICOLO MINORE
-  RETICOLO MINUTO
-  RETICOLO PRINCIPALE

Figura 9 – Individuazione delle Fasce di Rispetto Fluviale – Art. 16 NTA del PAI (Area Parco).



- Fascia Rispetto Fluviale
- Fascia di Rispetto 10m da Reticolo Minuto
 - Fascia di Rispetto 20m da Reticolo Minore
 - Fascia di Rispetto 40m da Reticolo Principale
 - RETICOLO MINORE
 - RETICOLO MINUTO
 - RETICOLO PRINCIPALE

Figura 10 – Individuazione delle Fasce di Rispetto Fluviale – Art. 16 NTA del PAI (Cavidotto di connessione).

Come si evince dagli stralci cartografici di Figura 9 e 10, sia la viabilità del parco che il cavidotto di connessione interferiscono con le fasce di rispetto fluviale.

Per approfondimenti in merito a tale aspetto si rimanda agli studi specialistici eseguiti volti a dimostrare la compatibilità del progetto in riferimento alle norme ed ai regimi di tutela inerenti la pericolosità ed il rischio idraulico (cod. elaborati: SCS.DES.R.CIV.ITA.W.6411.005.00_RELAZIONE IDROLOGICA; SCS.DES.R.CIV.ITA.W.6411.006.00_RELAZIONE IDRAULICA)

4 CONTESTO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

L'area di interesse progettuale, rientra nel distretto morfologico e geologico dell'estrema porzione settentrionale del 'Tavoliere di Puglia', che corrisponde come unità geologico-strutturale all'Avanfossa Adriatica racchiusa tra la Catena Appenninica (corrispondente ai Monti della Daunia) e l'Avampaese Apulo (rappresentato dal Promontorio del Gargano e l'Altopiano delle Murge).

Come emerso da più studi e pubblicazioni, la successione temporale della paleogeografia regionale può essere così sintetizzata:

- Formazione della Piattaforma Carbonatica Apula mesozoica-paleogenica;
- Successivamente al Miocene, frammentazione della Piattaforma e successiva individuazione dell'Avanfossa;
- Nel Pliocene-Pleistocene: fase di riempimento del bacino subsidente di Avanfossa;
- Nel tardo Pleistocene - Olocene: sollevamento tettonico regionale contemporaneo all'oscillazione glacio-eustatiche del livello marino con conseguente fase di terrazzamento e riempimento ad opera dei corsi d'acqua e/o bacini lacustri.

Il basamento pre-pliocenico del Tavoliere è composto da un potente banco di rocce carbonatiche mesozoiche di facies di piattaforma che localmente possono presentarsi trasgressive coi depositi paleogenici delle 'Calcareni di Peschici'. Dal Miocene, durante l'intensa fase di tetto-genesi appenninica, la piattaforma assume il ruolo di avampaese con la frammentazione delle sue parti estreme in direzione NO-SE: così si è formato l'esteso semigraben del Tavoliere (costituente l'Avanfossa) e l'horst del Gargano (l'Avampaese).

Di seguito, a partire dal Pliocene, si assiste al riempimento dell'Avanfossa con sedimenti prevalentemente pelitici e sabbiosi di facies bacinale o distale di flussi torbidity provenienti dalla catena posta a NO; tale fase è accompagnata da una tettonica prevalentemente compressiva e da una tendenza alla subsidenza dell'Avanfossa, favorita dal peso del crescente pacco sedimentario.

Nel Pliocene superiore si assiste allo smembramento dell'Avanfossa in più bacini di sedimentazione ed il completamento del riempimento sedimentario: in affioramento si rilevano quasi esclusivamente terreni ascrivibili alla fase regressiva marina del Plio-Pleistocene.

Infine, a partire dal Quaternario, si assiste ad un innalzamento tettonico, i cui effetti sono da considerare e combinare con la concomitante variazione glacio-eustatica del livello medio marino: si riconoscono terrazzi marini posti oggi anche a 400 m s.l.m. e si sono registrate successive fasi di regressione marina che hanno comportato sedimentazione continentale di facies fluvio-lacustre, spesso disposta fino a quattro ordini di terrazzi, rispetto al fondovalle attuale dei corsi d'acqua.

4.1 CARATTERI GEOLOGICI LOCALI E SUCCESSIONE STRATIGRAFICA

Nell'area di studio affiorano prevalentemente terreni di età Pliocenica e Pleistocenica che presentano la seguente successione stratigrafica dal basso verso l'alto (quindi dal più antico al più recente):

- **Argille marnose e siltoso-sabbiose**, riccamente fossilifere (Argille di Montesecco), ascrivibili al Pliocene Superiore – Pleistocene Inferiore;
- Coperture Fluvio-Lacustri dei Pianalti e del **I° Ordine di Terrazzi** (Pleistocene Medio)
- Coperture Fluviali del **II° Ordine di Terrazzi** (Pleistocene Medio - Olocene)
- Alluvioni prevalentemente limoso-argillose del **IV° Ordine di Terrazzi** (Pleistocene Medio - Olocene)

Tale sequenza è inquadrabile nel contesto regionale che prevede una fase di progressiva regressione marina accompagnata da innalzamento tettonico; in questo substrato, una volta che è iniziata la facies continentale con la regressione marina, si incomincia a sviluppare la rete idrica superficiale con larghi affioramenti di depositi fluviali e lacustri, non sempre ben distinguibili tra loro. In particolare i sedimenti fluviali si presentano in genere disposti fino a quattro ordini di terrazzi.

Vengono nel seguito dettagliate le caratteristiche delle formazioni rilevate all'interno dell'area di interesse.

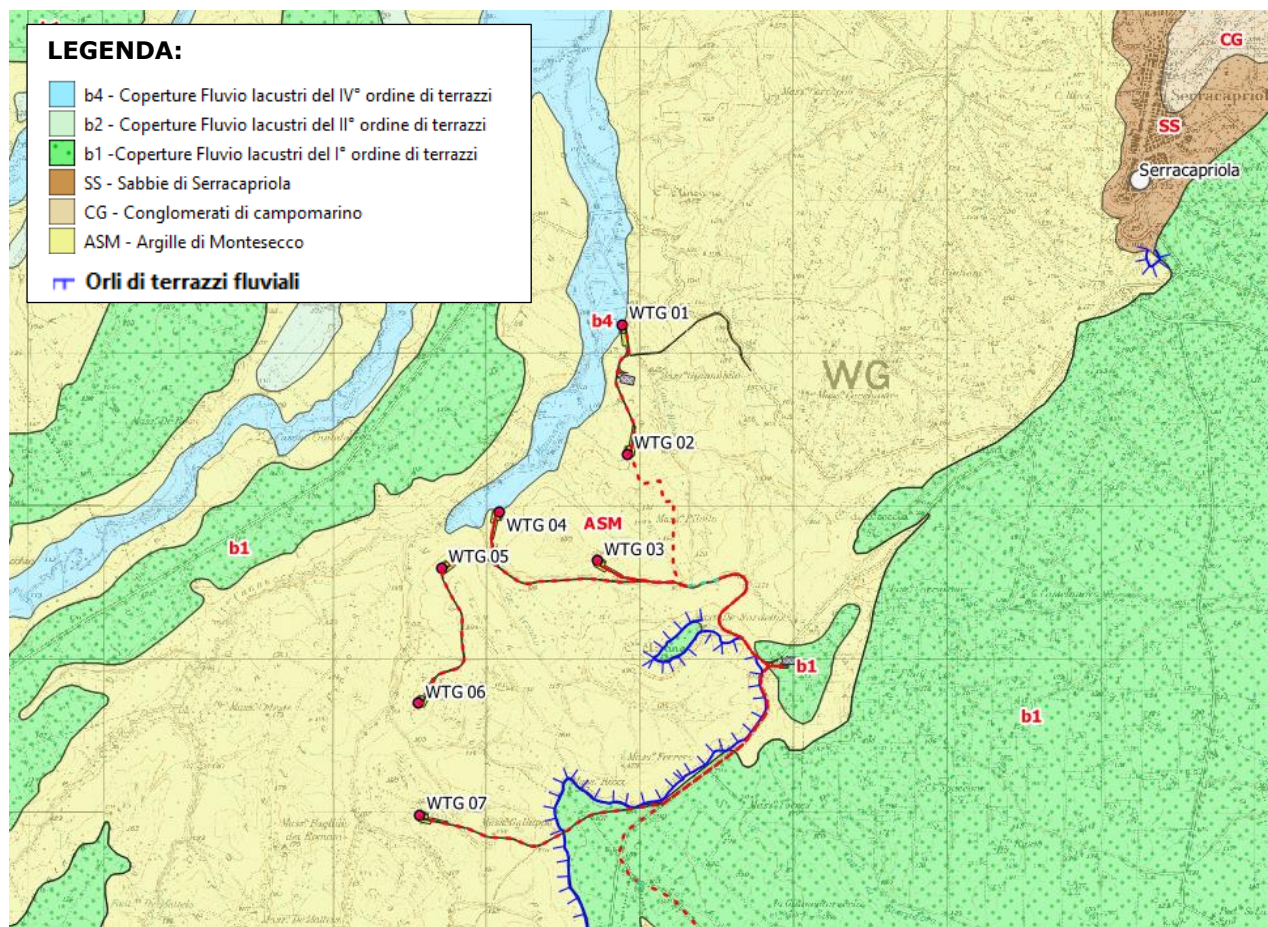


Figura 11 - Carta geologica schematica dell'area di interesse progettuale - Area Parco.

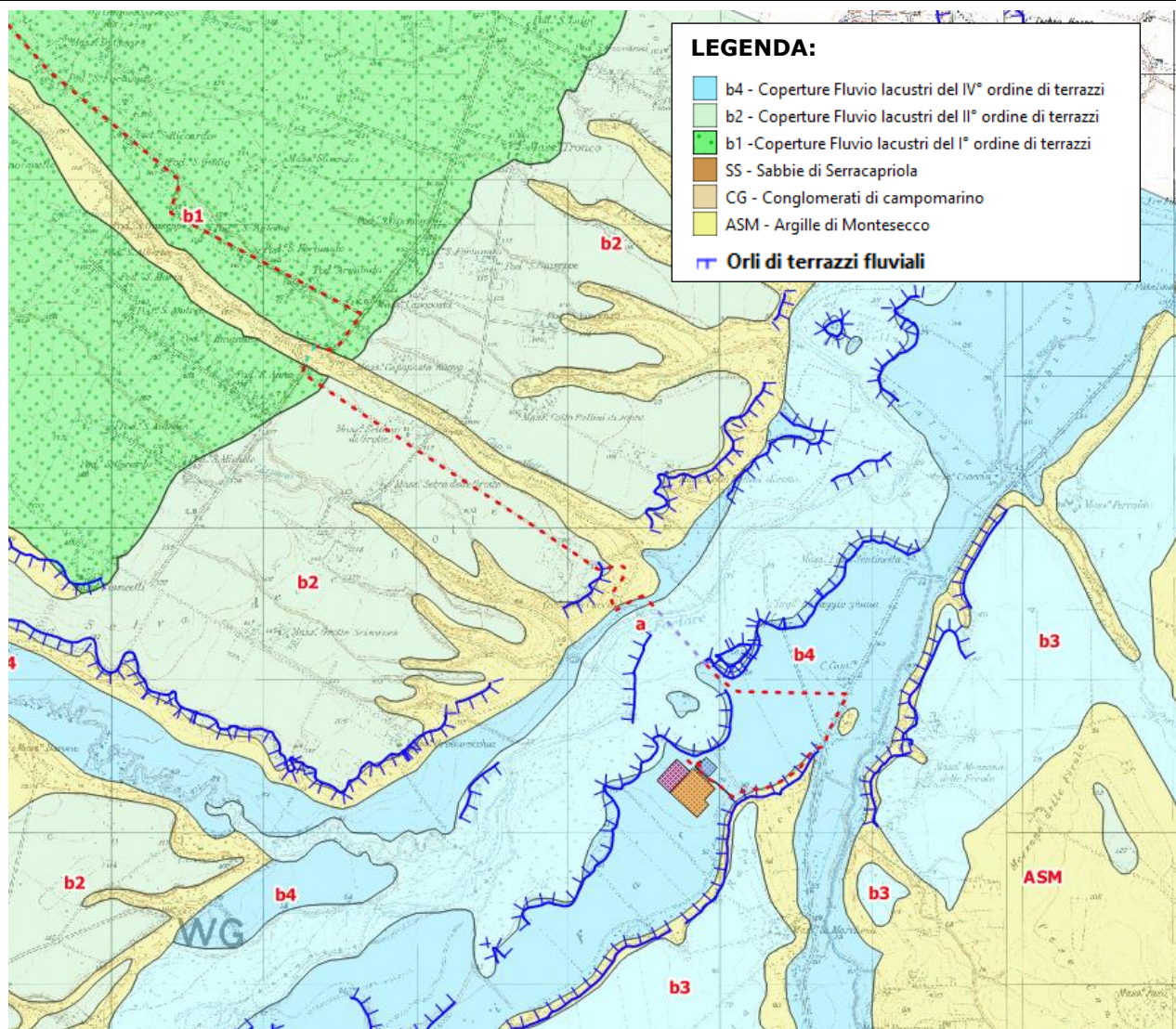


Figura 12 - Carta geologica schematica dell'area di interesse progettuale. - Area connessione e BESS.

SUBSTRATO PLIOCENICO DI GENESI MARINA

Argille di Montesecco (Pliocene Sup.-Pleistocene Inf.)

Alla base della locale successione stratigrafica affiorante, si rileva tale formazione di genesi marina e composta di argille marnose e silto-sabbiose di colore grigio-azzurro, con sottili intercalazioni sabbiose (1-3 cm), più frequenti verso il tetto della formazione. Si presentano generalmente stratificate con strati di spessore variabile tra 10 cm e 30 cm. In alcuni casi si presentano con aspetto massivo; non si riconoscono strutture sedimentarie, ad eccezione di alcuni casi dove è presente laminazione piano parallela. Buon grado di bioturbazione con contenuto fossilifero ricco e rappresentato da molluschi bivalvi e gasteropodi.

Superficialmente possono presentarsi di colore giallastro per alterazione meteorica, con patine siltose e rare intercalazioni sabbiose che diventano più frequenti nel top della formazione, passando gradualmente alle sovrastanti Sabbie di Serracapriola.

Lo spessore complessivo di tale formazione è difficilmente valutabile in quanto il letto non è affiorante e per la rara presenza di un tetto netto: comunque da dati di perforazione profonda è possibile stimare la

potenza complessiva dell'ordine di 500 m nell'area tra Serracapriola e San Paolo di Civitate. Nell'agro di Serracapriola affiora diffusamente nel settore Nord ed Ovest (dove è presente il Monte Secco che dà il nome alla formazione) ed in corrispondenza di alcuni corsi d'acqua affluenti del Fiume Fortore. Tale formazione costituisce il sedime di fondazione dell'intero parco eolico.



Figura 13 - Tipico versante impostato sulle Argille di Montesecco, caratterizzato dalle tipiche forme dolci collinari. Vista all'interno dell'area di installazione del parco eolico.

Coperture Fluvio-Lacustri dei Pianalti e del I° Ordine di Terrazzi (Pleistocene Medio)

Sono i depositi più antichi di genesi prettamente continentale, composti da ghiaie più o meno cementate, livelli lentiformi travertinosi con impronte di piante e gasteropodi, argille sabbiose, sabbie, calcari pulverulenti bianchi ricoperti in genere da 'terre nere' ad alto tenore humico. Tale formazione è composta quindi da depositi di genesi fluviale e/o lacustre formatisi quando la conformazione idrologica locale era ben diversa da quella attuale e molto dinamica, con

alternanza di facies fluviale, deltizia e lacustre. Questo ordine di terrazzi affiora diffusamente nel settore orientale dell'agro di Serracapriola, parallelamente al tracciato del Fiume Fortore e alla quota indicativa di 100 m s.l.m..



Figura 14 - Contatto stratigrafico fra le Argille di Montesecco (ASM) e i depositi di terrazzo del I ordine (b1) - (attraversamento sul Can.le dell'Avena lungo il percorso del cavidotto).

Coperture Fluviali del II° Ordine di Terrazzi (Pleistocene Medio - Olocene)

Sono composti da ghiaie più o meno cementate, sabbie, argille sabbiose spesso ricoperte da 'terre nere', litologicamente molto simili al I° ordine ma posti a quota inferiore, in genere al di sotto di 100 m s.l.m. Affiorano sempre nel settore orientale con fascia allungata parallela al corso del F. Fortore (orientato SO-NE) (Figura 15).

Alluvioni ghiaioso-sabbioso-argillose del III° Ordine di Terrazzi (Pleistocene Medio - Olocene)

Comprendono depositi più fini con prevalenza di sabbie e argille con rari livelli ghiaiosi. Lo spessore di tale formazione è dell'ordine di alcuni metri. Affiorano, sempre nel settore orientale dell'agro comunale, in una fascia allungata parallela al corso del F. Fortore (orientato SO-NE).



Figura 15 - Depositi alluvionali del II Ordine di Terrazzo lungo il percorso del cavidotto AT.

Alluvioni prevalentemente limoso-argillose del IV° Ordine di Terrazzi (Pleistocene Medio - Olocene)

Si tratta prevalentemente di limi, argille e sabbie provenienti dall'erosione dei sedimenti plio-pleistocenici degli ordini inferiori e presenta una potenza di oltre 10 metri e sono posti da una quota di 10 m s.l.m. gradualmente degradante verso la linea di costa. Localmente l'erosione operata da alcuni affluenti del Fiume Fortore ha fatto affiorare i terreni sottostanti ascrivibili alle Sabbie di Serracapriola ed Argille di Montesecco. Affiorano lungo il corso attuale e recente del fondovalle del F. Fortore.



Figura 16 - Depositi alluvionali del IV Ordine di Terrazzo- area BESS ed SSE. (ASM: Argille di Montesecco; b4: Depositi alluvionali del IV ordine dei terrazzi).

Ghiaie, sabbie e argille dei fondivalle attuali (Olocene)

Si tratta prevalentemente ghiaie, sabbie e argille costituenti i sedimenti degli alvei in modellamento attivo e delle aree golenali degli stessi. Affiorano lungo il corso attuale del fondovalle del F. Fortore.



Figura 17 - Depositi alluvionali recenti (a) del fondovalle del Fiume Fortore.

5 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il territorio in studio, dal punto di vista geomorfologico, in un'ampia visione è caratterizzato da una conformazione di bassa collina dolcemente degradante, a partire dall'alto morfologico costituito dal rilievo del Centro Storico di Serracapriola che raggiunge la quota di 269 m s.l.m., verso il Mare Adriatico posto a Nord e verso il fondovalle del F. Fortore e del T. Saccione posti rispettivamente a Est, Sud ed Ovest.

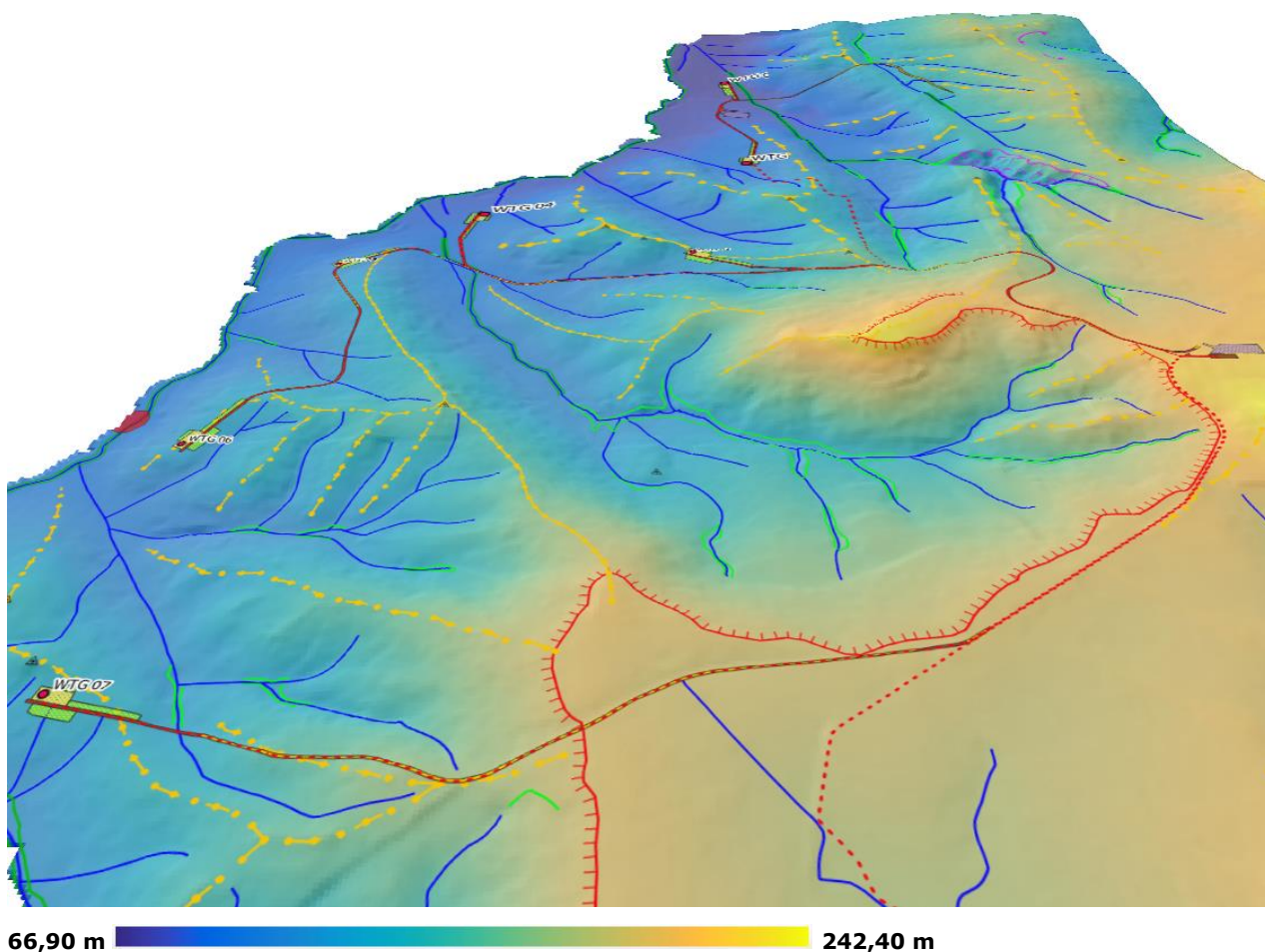


Figura 18 - Modello 3D dell'area oggetto di studio.

Come noto, la conformazione del paesaggio è fortemente influenzato dalla litologia dei terreni affioranti: lì dove il substrato è composto da terreni pelitici-argillosi prevalgono le forme addolcite e basso pendenti, rispetto a terreni sabbio-conglomeratici che possono pure presentare salti di pendenza. Forme eversive di versante sono state rilevate di modesta entità e vastità soprattutto sui versanti occidentali impostati sulle Argille di Montesecco.

Il territorio è inciso, come detto, da due assi fluviali principali ad andamento SW-NE e sub-parallelo tra loco: il Saccione a Ovest ed il Fortore a Est, l'abitato di Serracapriola sorge proprio sullo spartiacque tra questi due bacini imbriferi.

I loro affluenti sono di carattere tipicamente stagionale con portate che si riducono molto nella

stagione secca fino ad annullarsi quasi completamente. Il pattern è di tipo dendritico per i terreni argillosi mentre assume forme di parallelo per i settori sabbio-conglomeratici ed infine una conformazione a meandri nel fondovalle soprattutto del Fortore.

Tra i sedimenti argillosi e le coperture sabbio-conglomeratiche c'è una differenza di erodibilità: ciò spiega le falesie e salti di pendenza che caratterizzano gli affioramenti delle sabbie e conglomerati (come quelli che circondano il nucleo abitato) e pendenze meno ripide per i terreni argillosi che possono affiorare con le tipiche forme calanchive, segni eloquenti di un elevato tasso di erosione, soprattutto lungo le sponde dei fiumi.



Figura 19 - Fenomeni di dissesto impostati sulla formazione delle Argille di Montesecco.

L'assetto idrogeologico del territorio in cui si inserisce l'area di interesse è condizionato in modo determinante dalle diverse caratteristiche litologiche e di permeabilità dei terreni localmente affioranti; la densità di drenaggio è generalmente bassa, a testimonianza della permeabilità d'insieme dei litotipi affioranti, alta in corrispondenza dei litotipi sabbiosi.

Nel territorio sono assenti cavità e grotte sotterranee.

I fenomeni di terrazzamento dei depositi alluvionali sono molto pronunciati ed evidenti per i ripiani più recenti e bassi: i terrazzi dei primi ordini più antichi sono ormai smussati, erosi e raccordati con falde di detrito basso-pendenti con i settori sottostanti ed appaiono asimmetrici rispetto l'asse vallivo attuale.

Nel complesso, il territorio è abbastanza uniforme dal punto di vista geomorfologico e non presenta particolari criticità con pochi salti di pendenza e con movimenti gravitativi limitati agli affioramenti argillosi, che di norma interessano in maniera diffusa le coltri superficiali (Figura 19).

6 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'idrologia e idrogeologia dell'area è influenzata, come da attendersi, dalla locale litologia dei terreni affioranti: in genere si tratta di litotipi dalla media permeabilità per le sabbie-conglomerati e medio-bassa sino ad impermeabile per le argille. Giova ricordare che lì dove prevale la litologia drenante e permeabile è favorito il processo di infiltrazione delle acque nel sottosuolo a discapito del ruscellamento superficiale; inverso per le litologie tendenzialmente impermeabili o poco permeabili.

Ciò influenza la densità di drenaggio: media in corrispondenza degli affioramenti maggiormente permeabili e alta dove affiorano le argille.

A parte i corsi d'acqua principali dei F. Fortore e Saccione, le aste drenanti secondarie affluenti sono tipicamente a portata stagionale: nella stagione secca si possono completamente prosciugare per avere delle portate idriche e solide anche consistenti nella stagione piovosa, soprattutto negli ultimi decenni di cambiamento climatico che vede il riversarsi di copiose precipitazioni concentrate nel tempo e di forte intensità.

Numericamente, è attribuibile speditamente un Coefficiente di Permeabilità 'K' medio compreso tra 10^{-4} cm/s e 1 cm/s per i terreni delle Sabbie di Serracapriola, Conglomerati di Campomarino, Alluvioni Terrazzati, Depositi Costieri; mentre le restanti Argille di Montesecco, sono valutabili come poco permeabili con 10^{-6} cm/s $< K < 10^{-4}$ cm/s.

In ogni caso lo sviluppo della rete idrografica superficiale è strettamente connesso, oltre che ai caratteri di permeabilità dei terreni, anche alla tettonica recente che, essendo quasi del tutto assente, ha poco influenzato l'idrografia superficiale.

Il livello piezometrico si attesta in genere sopra al tetto delle Argille di Montesecco, profondo da pochi metri fino ad anche 20-30 metri e oltre dal piano campagna.

Possibili emergenze idriche, sono possibili allorquando i terreni drenanti sabbio-conglomeratici (roccia serbatoio) sono tamponati inferiormente dalla formazione argillosa impermeabile.

Tipicamente, tali fuoriuscite d'acqua sono esigue e di carattere stagionale non perenne, riducendosi o annullandosi nella stagione secca estiva.

7 INDAGINI GEOFISICHE

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

Nello specifico la campagna di indagini è consistita in:

- ✚ esecuzione di n. 3 indagini sismiche a rifrazione con restituzione tomografica in onde P;
- ✚ Esecuzione di n. 3 Indagini Sismiche MASW, al fine di definire la V_s , eq e di conseguenza la categoria del suolo di fondazione (NTC18).

L'ubicazione, le metodologie di indagine ed i report dettagliati sono riportati nell'elaborato - *SCS.DES.R.GEO.ITA.W.6411.003.00 - INDAGINI GEOFISICHE PRELIMINARI*.

Le indagini sono state commissionate dal soggetto proponente, ed eseguite dalla ENGINEERING GEOLOGY SRL nel mese di ottobre 2023.

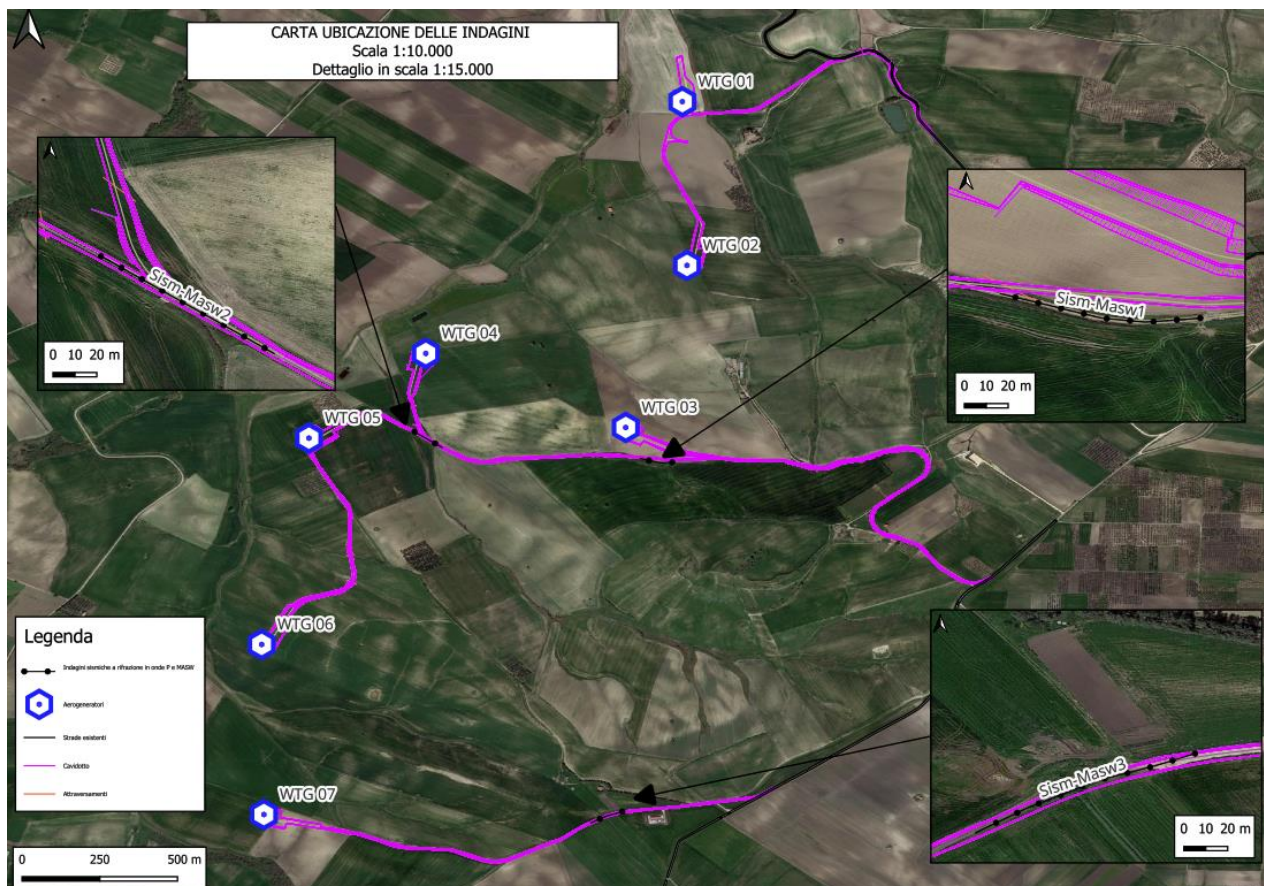


Figura 20 - Ubicazione indagini geofisiche eseguite.



Figura 21 - Report fotografico delle fasi di esecuzione delle indagini sismiche.

7.1 TOMOGRAFIA SISMICA IN ONDE P

La campagna d'indagine geofisica è consistita nell'esecuzione di N. 3 Tomografie sismiche a Rifrazione in Onde P.

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.6411.003.00 - INDAGINI GEOFISICHE PRELIMINARI.

7.1.1 IL METODO SISMICO A RIFRAZIONE

Il metodo sismico 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 differente velocità a seconda dei litotipi attraversati e subiscono lungo le superfici di discontinuità geologica i fenomeni della riflessione, rifrazione e diffrazione.

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

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

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

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

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

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

La velocità con la quale le onde P si propagano in un mezzo dipende dalle proprietà fisiche (cioè rigidità, densità, saturazione) e dal grado di omogeneità del terreno. Dalla sorgente di energizzazione viene emanato un "treno d'onde" i cui segnali saranno rilevati dalle stazioni riceventi ad intervalli di tempo dipendenti dalle caratteristiche elastiche del terreno. La registrazione grafica del treno d'onda in arrivo è chiamata "sismogramma". I fronti d'onda

possono essere superfici sferiche o di forma qualsiasi. La propagazione di onde può quindi essere interpretata come una continua generazione di onde circolari che interferendo fra loro danno luogo a un'onda risultante osservabile macroscopicamente.

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

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

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

7.1.2 ANALISI DEI RISULTATI

Linea SRT 1

L'indagine eseguita, ha permesso di ricostruire una sezione sismo-stratigrafica a 3 strati, raggiungendo una profondità massima di indagine di circa 40 m.

- ✚ **Il primo sismostrato**, quello più superficiale, ha uno spessore medio di 8 m, con velocità delle onde P compresa tra 800 e 1800 m/s, riferibile a terreni superficiali con scarse capacità geotecniche;
- ✚ **Il secondo sismostrato** ha uno spessore medio di circa 20 m, con velocità delle onde P compresa tra 2000 e 3400 m/s che tende ad aumentare gradualmente con la profondità, ad un orizzonte molto consistente e con buone proprietà geotecniche.
- ✚ **Il Terzo sismostrato** è caratterizzato da una velocità VP compresa tra 3600 e 5200 m/s che tende ad aumentare gradualmente con la profondità, corrisponde ad un orizzonte molto consistente e con ottime proprietà geotecniche.

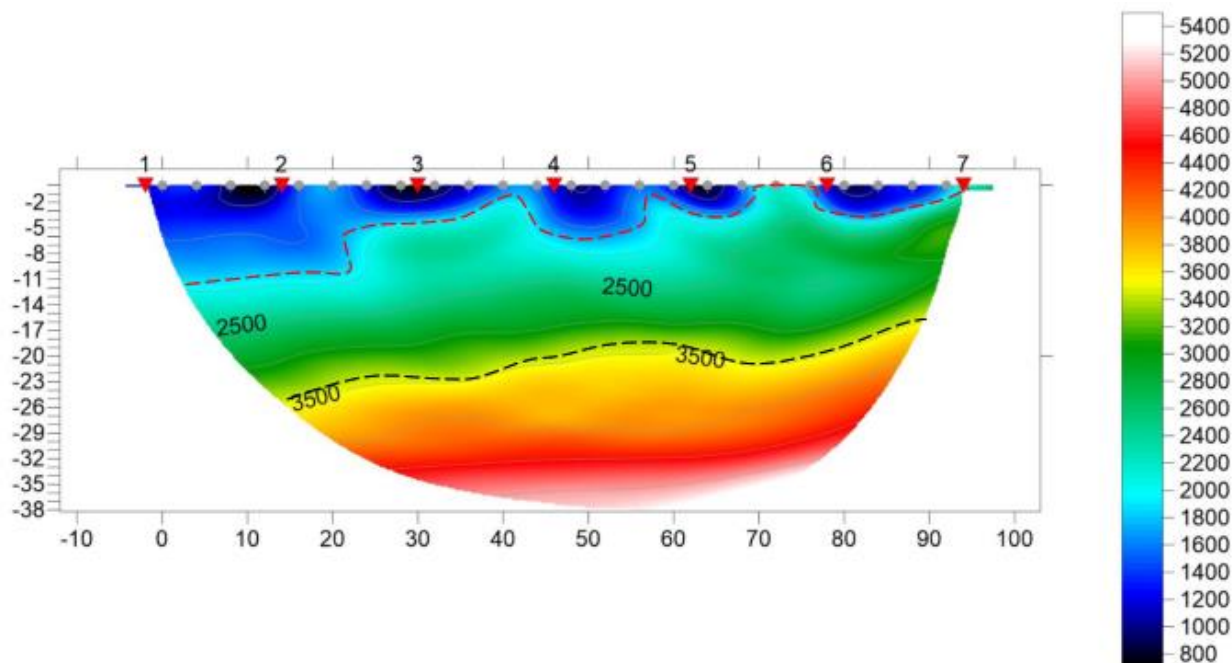


Figura 22 - Tomografia sismica in onde P - SRT 1

Linea SRT 2

L'indagine eseguita, ha permesso di ricostruire una sezione sismo-stratigrafica a 3 strati, raggiungendo una profondità massima di indagine di circa 35 m.

- ✚ **Il primo sismostrato**, quello più superficiale, ha uno spessore medio di 10 m, con velocità delle onde P compresa tra 600 e 1800 m/s, riferibile a terreni superficiali con scarse capacità geotecniche;
- ✚ **Il secondo sismostrato** ha uno spessore medio di circa 11 m, con velocità delle onde P compresa tra 2000 e 3400 m/s che tende ad aumentare gradualmente con la profondità, ad un orizzonte molto consistente e con buone proprietà geotecniche.
- ✚ **Il Terzo sismostrato** è caratterizzato da una velocità VP compresa tra 3600 e 5600 m/s che tende ad aumentare gradualmente con la profondità, corrisponde ad un orizzonte molto consistente e con ottime proprietà geotecniche.

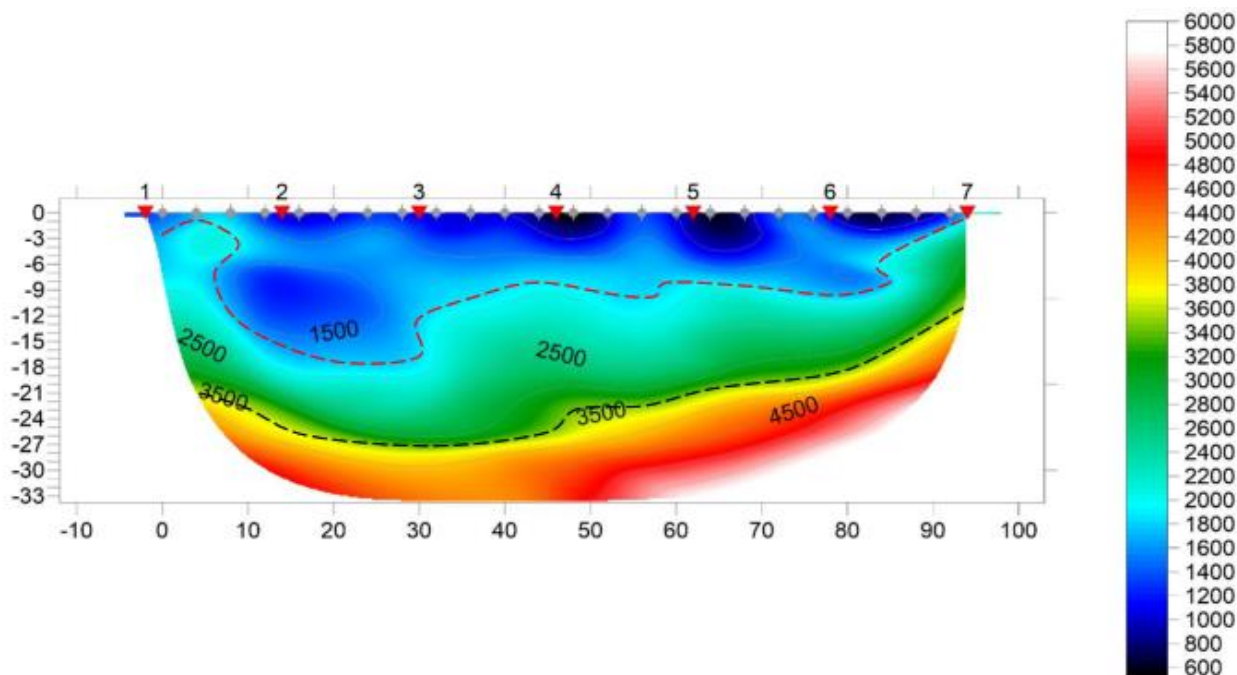


Figura 23 - Tomografia sismica in onde P - SRT 2

Linea SRT 3

L'indagine eseguita, ha permesso di ricostruire una sezione sismo-stratigrafica a 3 strati, raggiungendo una profondità massima di indagine di circa 35 m.

- ✚ **Il primo sismostrato**, quello più superficiale, ha uno spessore medio di 5 m, con velocità delle onde P compresa tra 1000 e 1800 m/s, riferibile a terreni superficiali con scarse capacità geotecniche;
- ✚ **Il secondo sismostrato** ha uno spessore medio di circa 12 m, con velocità delle onde P compresa tra 2000 e 3600 m/s che tende ad aumentare gradualmente con la profondità, ad un orizzonte molto consistente e con buone proprietà geotecniche.
- ✚ **Il Terzo sismostrato** è caratterizzato da una velocità VP compresa tra 3800 e 5600 m/s che tende ad aumentare gradualmente con la profondità, corrisponde ad un orizzonte molto consistente e con ottime proprietà geotecniche.

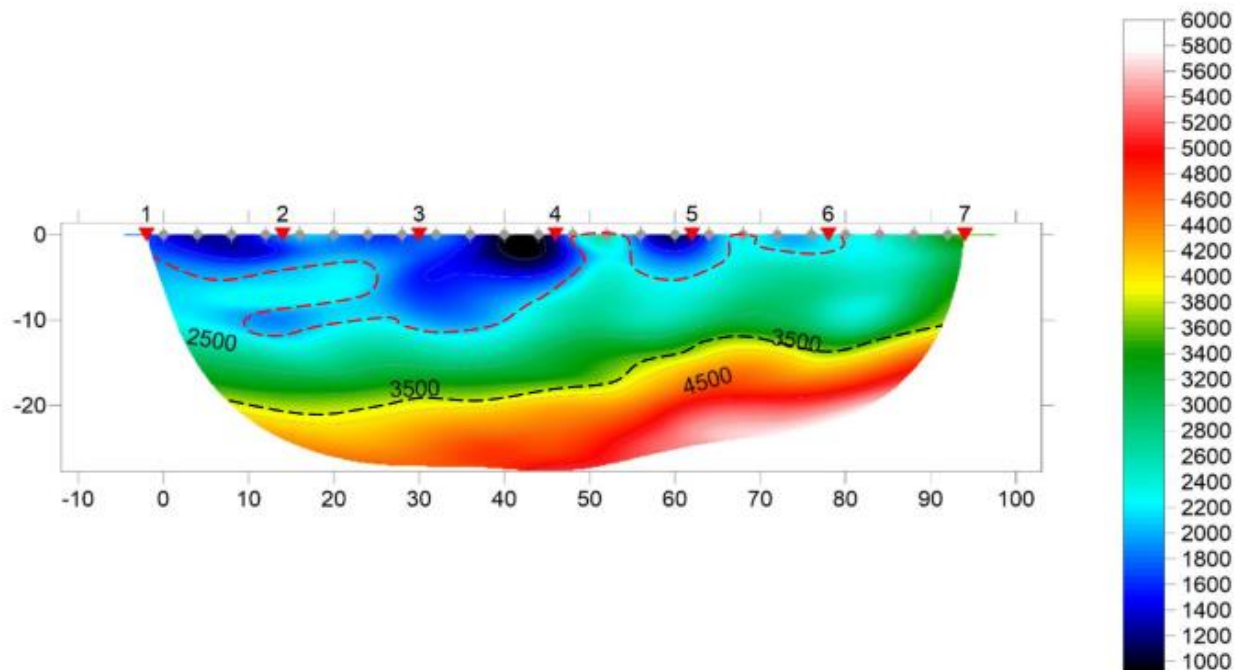


Figura 24 - Tomografia sismica in onde P – SRT 3.

7.2 SISMICA MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva, che individua il profilo di velocità delle onde di taglio V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. La determinazione delle V_s viene ottenuta tramite l'inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh (Figura 25).

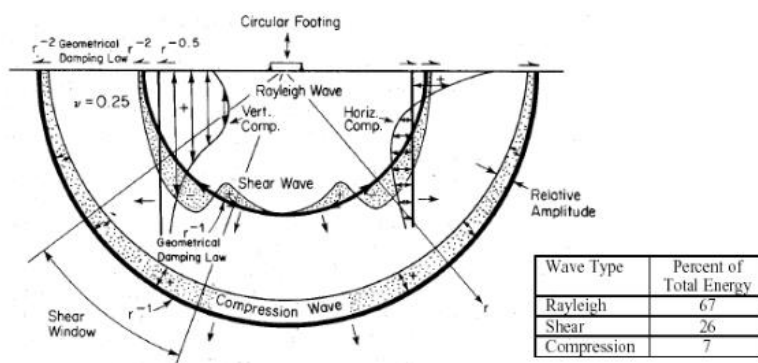


Figura 25 - Distribuzione delle onde di Rayleigh nel sottosuolo.

In particolare, all'interno dell'area in studio sono stati eseguiti N.3 profili MASW.

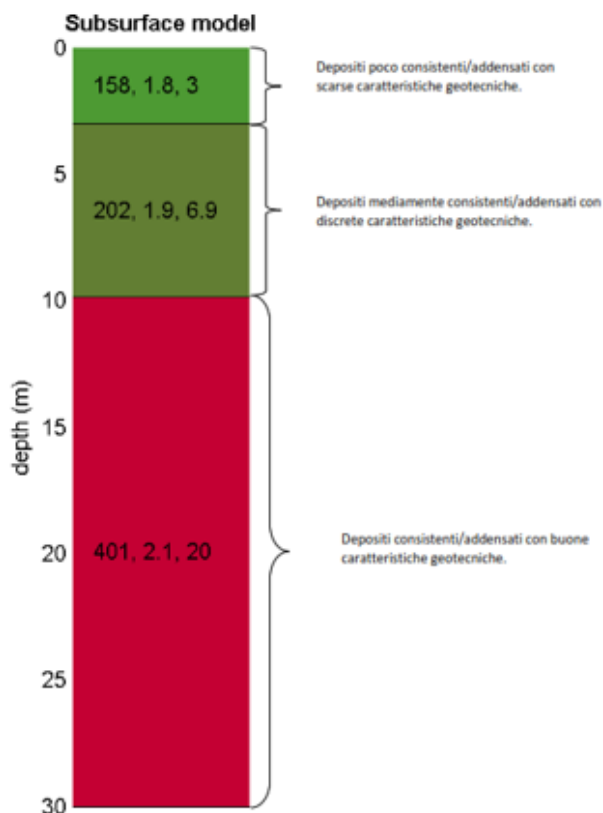
Gli stendimenti sismici sono stati realizzati utilizzando 24 canali d'acquisizione (geofoni) con passo intergeofonico pari a 5 per una lunghezza delle linee sismiche pari a 120 m.

– INDAGINI GEOFISICHE PRELIMINARI..

7.2.1 ANALISI DEI RISULTATI

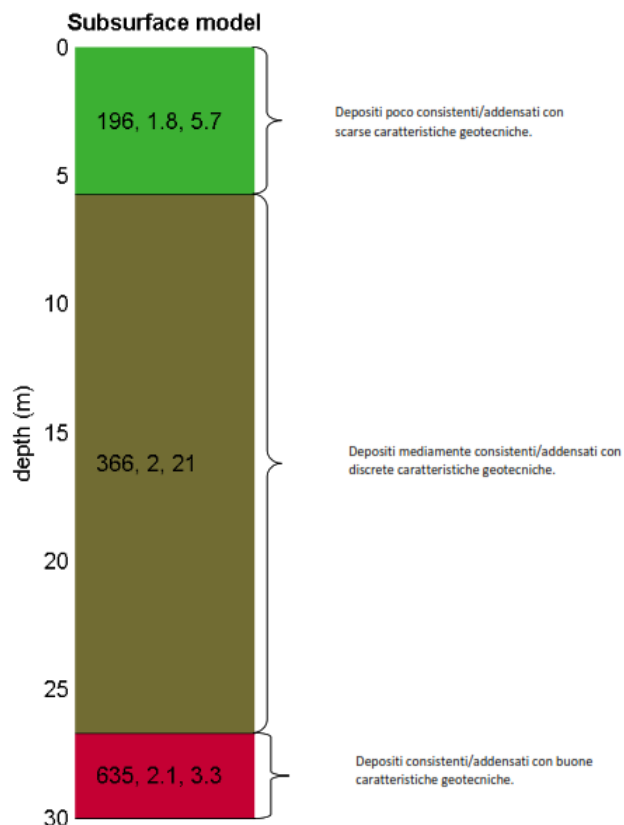
**Strati e modello
 medio individuato
 MASW 1**

Spessore (m)	V _s (m/s) e deviazioni standard
3.0	158± 5
6.9	202± 8
20.0	401± 3



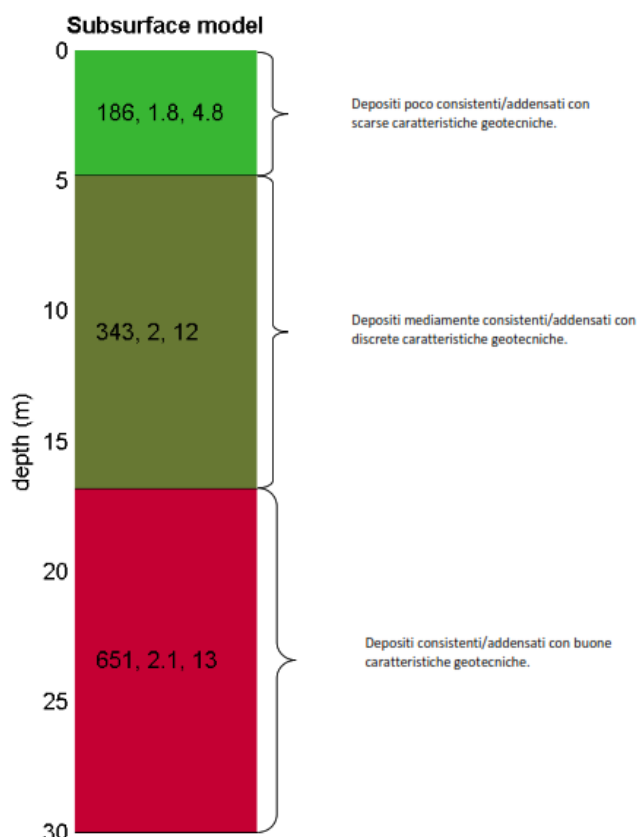
**Strati e modello
 medio individuato
 MASW 2**

Spessore (m)	V _s (m/s) e deviazioni standard
5.7	196± 3
21.0	366± 15
3.3	635± 56



**Strati e modello
 medio individuato
 MASW 3**

Spessore (m)	Vs (m/s) e deviazioni standard
4.8	186± 2
12	343± 16
13	651± 37



7.2.2 CALCOLO DEI PARAMETRI ELASTICI STATICI E DINAMICI DEI TERRENI

A partire dai valori di velocità delle onde sismiche VS (m/s), ed adottando opportuni valori del Peso di volume γ (Kg/m³) e del rapporto di Poisson rappresentativo dei litotipi presenti, è possibile inoltre stimare attraverso relazioni empiriche, la velocità delle onde di compressione VP e i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato.

La velocità delle onde P è stata ricavata empiricamente attraverso la seguente relazione:

$$V_P^2 = V_S^2 * (2-2\lambda) / (1-2\lambda)$$

Sono stati definiti inoltre i seguenti moduli dinamici:

Modulo di taglio dinamico (G)

È definito dalla seguente equazione:

$$G = \gamma \cdot V_S^2$$

dove γ = densità

Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua.

Modulo di Young (Ed)

È definito dalla seguente equazione:

$$E_d = [V_p^2 \cdot \gamma \cdot (1+\lambda) \cdot (1-2\lambda)] / (1-\lambda)$$

con λ = coeff. di Poisson

Rigidità sismica

$$R_s = \gamma V_s$$

Tale modulo dipende dalla porosità e dalla pressione litostatica.

Modulo di incompressibilità dinamica (Bulk Modulus)

È definito dalla seguente equazione:

$$K = \gamma [V_p^2 - 4/3 \cdot V_s^2]$$

Calcolo dei parametri elastici statici dei terreni

I moduli elastici dinamici sono misurati per piccole deformazioni ($<10^{-4}$) e si osserva che i loro valori decrescono con l'aumentare delle deformazioni. I moduli elastici statici misurati in laboratorio sono pertanto più piccoli di quelli misurati in sito e delle correlazioni empiriche permettono di ottenerli partendo da quelli elastici dinamici.

Nelle misure di laboratorio il rapporto E_d/E_s (E_d modulo di Young o elastico dinamico - E_s modulo di Young o elastico statico) è comunemente 2.0 (Cheng and Johnston, 1981), ma per misure in sito questo rapporto varia fra 1.5 e 9.1 (Gudmundsson, 1990; Link, 1968).

Rzhevsky e Novik hanno proposto le seguenti relazioni:

$$E_{din} = 8.3 E_{stat} + 0.97 E_{stat} = (E_{din} - 0.97) / 8.3$$

Massarch (1984) ha proposto la seguente relazione per passare dal modulo di taglio dinamico a quello statico:

$$G_{stat} = R \cdot G$$

Dove R è un parametro che 0.18 per le ghiaie, 0.15 per le sabbie mediamente dense e 0.11 per le argille, dai due parametri si ricavano gli altri parametri elastici.

Modulo di Poisson

$$v = (E - 2G) / (2G)$$

Modulo di compressibilità volumetrico

$$K = G \cdot E / [3(3G - E)]$$

Modulo edometrico

$$E_{ed} = G \cdot (4G - E) / (3G - E)$$

Modulo di carico su piastra

$$M_e = 16G^2 / [n(4G - E)]$$

PARAMETRI FISICI E DINAMICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 01									
STRATO	SPESSORE	Vp	Vs	γ'	λ	MODULO DI YOUNG	R	MODULO DI TAGLIO	Mod.di Incompressibilità
	m	m/s	m/s	g/cm ³	(-)	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	3.0	387	158	1.8	0,4	1258	0,284	449	2097
2	6.9	495	202	1.9	0,4	2171	1,384	775	3618
3	20.0	982	401	2.1	0,4	9455	2,842	3377	15758

PARAMETRI STATICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 01									
STRATO	SPESSORE	Vp	γ'	λ	Modulo di carico su piastra	MODULO DI YOUNG	Modulo Edometrico	MODULO DI TAGLIO	Mod.di Incompressibilità
	m	m/s	g/cm ³	(-)	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	3.0	387	1.8	0,4	211.64	151.45	202	58.37	311
2	6.9	495	1.9	0,4	365.40	261.45	350	100.75	1076
3	20.0	982	2.1	0,4	1227.67	1139.04	1522	439.01	3122

PARAMETRI FISICI E DINAMICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 02									
STRATO	SPESSORE	Vp	Vs	γ'	λ	MODULO DI YOUNG	R	MODULO DI TAGLIO	Mod.di Incompressibilità
	m	m/s	m/s	g/cm ³	(-)	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	5.7	480	196	1.8	0,4	1936	0,353	691	3227
2	21	897	366	2.0	0,4	7502	1,732	2679	12503
3	3.3	1555	635	2,1	0,4	23710	1,334	8468	39516

PARAMETRI STATICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 02									
STRATO	SPESSORE	Vp	γ'	λ	Modulo di carico su piastra	MODULO DI YOUNG	Modulo Edometrico	MODULO DI TAGLIO	Mod.di Incompressibilità
	m	m/s	g/cm ³	(-)	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	5.7	480	1.8	0,4	325.86	233.14	312	89.83	480
2	21	897	2.0	0,4	1263.02	903.74	1208	348.27	3719
3	3.3	1555	2.1	0,4	3079.82	2856.51	3818	1100.84	7834

PARAMETRI FISICI E DINAMICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 03									
STRATO	SPESSORE	Vp	Vs	γ'	λ	MODULO DI YOUNG	R	MODULO DI TAGLIO	Mod.di Incompressibilità
	m	m/s	m/s	g/cm ³	(-)	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	4.8	456	186	1.8	0,4	1744	0,335	623	2906
2	12	840	343	2	0,4	6588	0,686	2353	10981
3	13	1595	651	2,1	0,4	24919	1,367	8900	41532

PARAMETRI STATICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 03									
STRATO	SPESSORE	Vp	γ'	λ	Modulo di carico su piastra	MODULO DI YOUNG	Modulo Edometrico	MODULO DI TAGLIO	Mod.di Incompressibilità
	m	m/s	g/cm ³	(-)	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	4.8	456	1.8	0,4	293.30	210	280	80.99	430
2	12	840	2	0,4	1108.95	793.62	1060	305.89	3262
3	13	1595	2,1	0,4	3236.81	3002.17	4012	1157	8232

7.2.3 CALCOLO VS, EQ (D.M. 17/01/2018 NTC2018)

Con l'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 17.1.2018), per quanto riguarda le categorie di sottosuolo, vengono eliminate le categorie S1 ed S2, mentre con l'utilizzo della 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 Vs, eq compresi tra 100 e 180 m/sec.

La VSeq, è data dai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, VS, eq (in m/s), definita dall'espressione:

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

con

hi = spessore dello stato i-esimo;

Vs,i = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/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 26).

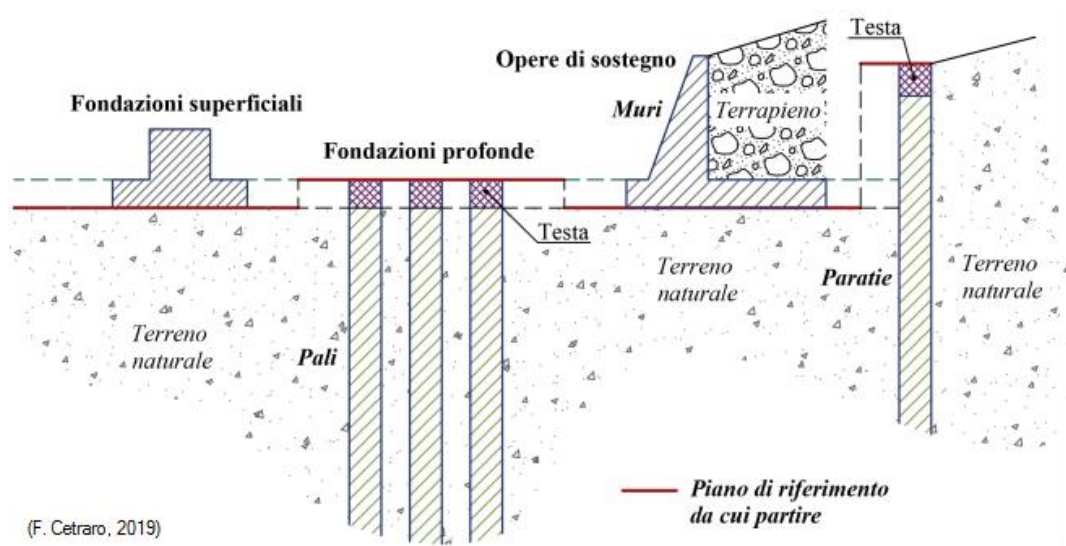


Figura 26 - Definizione della profondità del substrato.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_S , eq è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

I profili di velocità ricavati dalle indagini eseguite, mostrano piccole inversioni di velocità lungo il profilo. Secondo quanto novellato all'interno degli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica - Parti I e II" al par. 2.5.2.1, la presenza di una inversione di velocità nel profilo delle V_S di una successione litostratigrafica si intende realizzata quando un terreno rigido sovrasta stratigraficamente un terreno meno rigido (soffice) con un rapporto $V_{S \text{ rig}}/V_{S \text{ sof}} > 2$, con la V_S dello strato più rigido maggiore di 500 m/s. Dall'analisi dei risultati delle MASW eseguite, si evince che le inversioni riscontrate non possono essere annoverate fra le inversioni di velocità per le quali viene richiesto un livello di approfondimento maggiore tramite specifiche analisi di risposta sismica locale.

Pertanto per lo studio in oggetto è possibile avvalersi dell'approccio semplificato e definire quindi la categoria del suolo di fondazione desunto dall'applicazione della formula 1.

Il valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio (V_S , eq), ottenuto dal Modello Medio dell'elaborazione dei dati acquisiti attraverso le basi sismiche, è risultato essere in riferimento al piano di posa delle fondazioni il seguente:

Linea	Vs eq	Categoria si Sottosuolo (D.M. 17/01/2018)
Profondità del piano di imposta delle fondazioni: - 3,50m		
MASW 1	335,36 m/s	C
MASW 2	378,26 m/s	B
MASW 3	491,75 m/s	B

8 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

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



Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

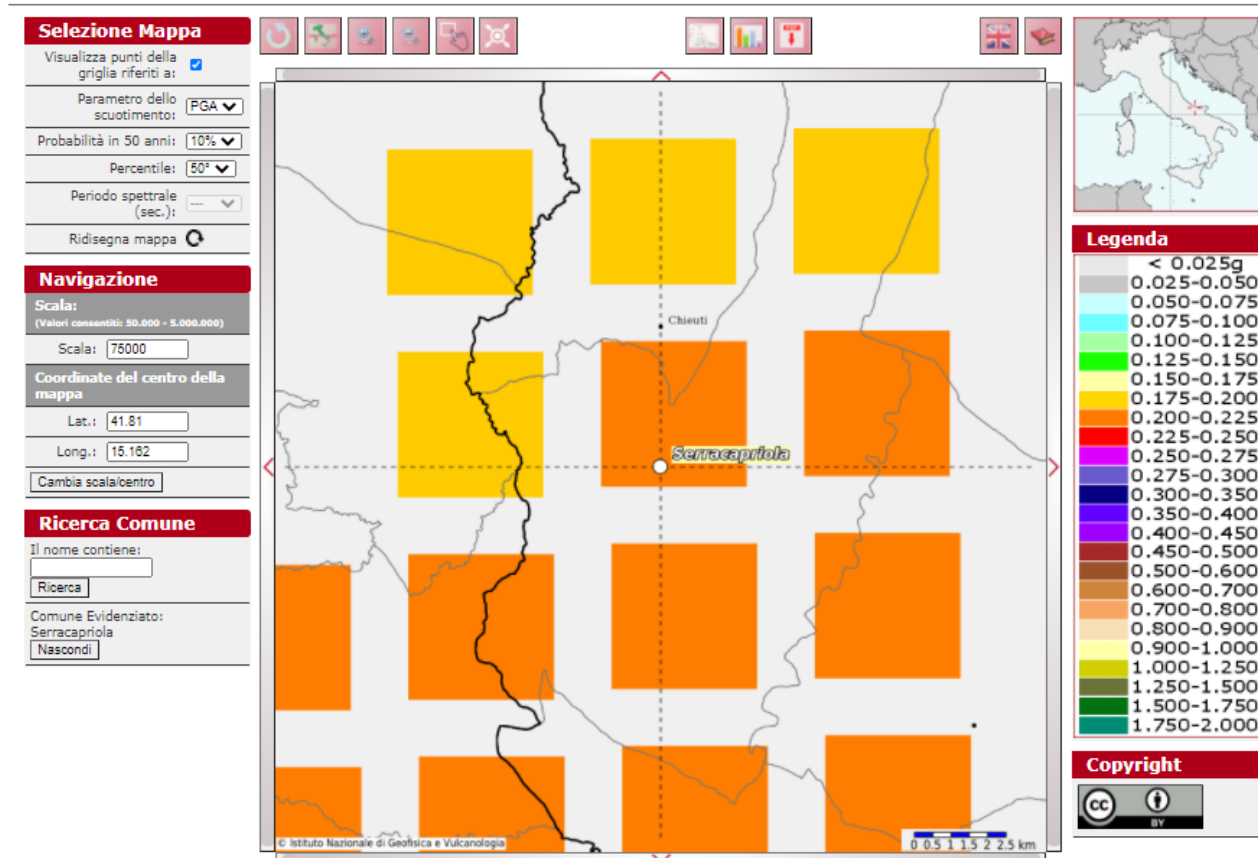


Figura 27: Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima al suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a soli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat.A). Fonte: <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>.

Secondo le NTC18 l'area in questione è caratterizzata da un'accelerazione compresa fra 0.200-0.225 g, come evidenziato dalla figura 27, in cui è riportata la mappa della pericolosità sismica per il sito in questione con una probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni (riferita a suoli rigidi – categoria A).

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

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

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

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

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

essa fornisce i parametri sismici (ag , F_0 e T_c^*) (Figura 50) per gli stati limite SLO, SLD, SLV, SLC, tipici del luogo o della costruzione in esame.

Sono stati inoltre calcolati i coefficienti sismici k_h e k_v , considerando in via cautelativa una Categoria del suolo di Fondazione di tipo C (Cfr. par. 7.2.3) ed una Categoria Topografica T1.

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

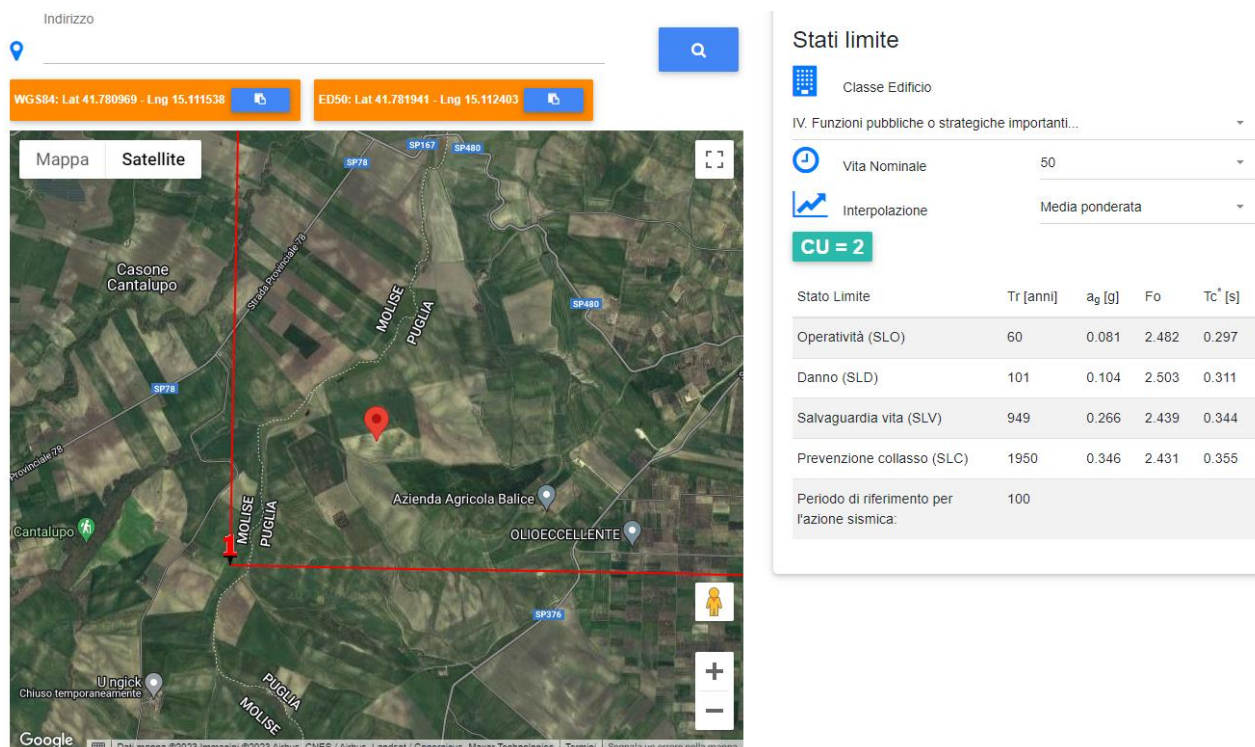


Figura 28 - Griglia di riferimento e definizione dei parametri sismici (a_g , F_0 e T_c^*).

Coefficienti sismici

Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni

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

H (m) us (m)

Cat. Sottosuolo

Cat. Topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,31	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,57	1,54	1,49	1,48
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.024	0.037	0.098	0.116
kv	0.012	0.019	0.049	0.058
Amax [m/s ²]	1.192	1.527	3.422	4.069
Beta	0.200	0.240	0.280	0.280

Figura 29 - Definizione dei coefficienti sismici.

9 MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

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 sintetizzato:

Orizzonte 1 – TERRENO VEGETALE

Terreno vegetale prevalentemente argilloso-limoso

Orizzonte 3 – ORIZZONTE ARGILLOSO

Argille di Montesecco: argille marnose grigio azzurre.

Argille marnose e silto-sabbiose di colore grigio-azzurro, con sottili intercalazioni sabbiose (1-3 cm), più frequenti verso il tetto della formazione. Si presentano generalmente stratificate con strati di spessore variabile tra 10 cm e 30 cm. In alcuni casi si presentano con aspetto massivo; non si riconoscono strutture sedimentarie, ad eccezione di alcuni casi dove è presente laminazione piano parallela. Superficialmente possono presentarsi di colore giallastro per alterazione meteorica, con patine siltose e rare intercalazioni sabbiose

Costituiscono il sedime di fondazione di tutte le turbine eoliche in progetto.

Sulla base del modello geologico di riferimento è possibile inoltre considerare i seguenti aspetti:

Categoria di sottosuolo	C-B
Categoria Topografica	T1
Falda	Assente
Rischio liquefazione dei terreni	Nullo
Rischio instabilità dei terreni	Situazione Globale Stabile
	Possibile Instabilità strato superficiale di copertura

In accordo con il modello geologico, sintetizzando le risultanze delle indagini geognostiche effettuate è stato elaborato il modello geotecnico dell'area in studio, il quale è formato dai seguenti livelli geotecnici:

- ✚ UNITA' GEOTECNICA 0 [U.G.0] – TERRENO VEGETALE
- ✚ UNITA' GEOTECNICA 1 [U.G.1] – ARGILLE

I valori delle principali caratteristiche fisiche e meccaniche sono stati ricavati dall'elaborazione di numerose prove (prove penetrometriche in foro di sondaggio, prove di laboratorio geotecnico) consultate e riguardanti indagini pregresse su terreni simili a quelli in studio e del tutto comparabili in termini geotecnici.

In fase esecutiva dovranno essere comunque svolte specifiche indagini in sito volte alla definizione corretta dei parametri geotecnici sito-specifici.

In particolare è stata parametrizzata l'unità Geotecnica U.G. 1; l'unità geotecnica U.G. 0 costituita da terreno vegetale non è stato in questa fase oggetto di parametrizzazione, e comunque se ne sconsiglia l'utilizzo ai fini fondali, date le caratteristiche geotecniche estremamente scadenti.

UNITA' GEOTECNICA 2 [U.G.2] – ARGILLE [Fondazioni WTG]

ϕ' (°)	c' (kPa)	C_u (kPa)	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
22.00-25.00	4.00-15.00	150-200	19.80-20.70	19.80-27.00

10 CONCLUSIONI

Sulla base delle informazioni acquisite nel corso dell'indagine realizzata sono state verificate le condizioni geologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche dell'area.

La stratificazione risulta essere abbastanza omogenea sia in senso orizzontale sia in senso verticale: nell'intera area del parco eolico si rinviene la presenza del substrato argilloso costituito dalla formazione delle argille di Montesecco, ricoperte da una coltre superficiale di terreno vegetale, il cui spessore è estremamente variabile all'interno dell'area.

Si ritiene che le caratteristiche stratigrafiche del sito siano compatibili con il progetto in essere.

Le principali opere di progetto (fondazioni torre eoliche) andranno ad interessare l'Unità Geotecnica 1, di cui nei precedenti paragrafi ne sono state descritte le caratteristiche stratigrafiche, fisiche e meccaniche, ed i cui litotipi sono costituiti essenzialmente materiali coesivi prevalentemente argillosi.

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 discrete, il cui comportamento è da assimilare a materiali coesivi.

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 scelta della tipologia fondazionale, dovrà essere confermata in fase di calcolo strutturale sulla base delle azioni agenti, e tenendo conto delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche esplicitate nella modellazione di cui ai paragrafi precedenti.

La falda idrica non è stata rilevata data la natura prevalentemente argillosa dei depositi. Fenomeni di saturazione della massa argillosa potrebbero verificarsi in concomitanza di prolungate ed intense precipitazioni meteoriche, in zone morfologicamente depresse.

Secondo le nuove norme in vigore (NTC18), l'area è caratterizzata da un'accelerazione compresa fra 0.200-0.250 g. Dalle indagini eseguite in sito è possibile inserire il suolo di fondazione nella Categoria C.

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 sulla base delle più recenti perimetrazioni riguardanti il Distretto idrografico dell'Appennino Meridionale, UoM Saccione e UoM Fortore entro cui l'area ricade. La risoluzione delle interferenze fra il progetto ed i vincoli PAI (Fasce di rispetto dei reticoli non studiati, art. 16 delle NTA) è dettagliata negli studi specialistici: Relazione Idrologica e Relazione Idraulica, alle quali si rimanda per approfondimenti.

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

Quanto specificato all'interno della presente relazione dovrà essere confermato attraverso opportune indagini geognostiche e geofisiche da eseguirsi su ogni punto di allocazione degli aerogeneratori, al fine di elaborare un modello geologico-geotecnico di dettaglio per ogni WTG. Allo stesso modo, viste le caratteristiche geomorfologiche e geotecniche dell'area, dovranno essere condotte opportune verifiche di stabilità dei versanti per ogni torre eolica, basate sui modelli geologico-geotecnici di dettaglio elaborati in fase di progettazione esecutiva.

Ostuni, Novembre 2023

Geol. Walter MICCOLIS