

# PARCO EOLICO SV06 - BRIC DEI MORI

Il Committente:

**Duferco**  
**Sviluppo**

Sede Legale DUFERCO Sviluppo S.p.A. :  
via Armando Diaz n. 248  
25010, San Zeno Naviglio (BS)  
P.IVA e C.F. 03594850178

Oggetto:

RELAZIONE GEOLOGICA E DI  
PERICOLOSITA' SISMICA

Titolo:

RELAZIONE GEOLOGICA GENERALE



Data	Emis.	Aggiornamento	Data	Contr.	Data	Autor.
06/2024	AC/SS	Emissione	06/2024	AC/SS	06/2024	AC/SS

SCALA: N.A.

FORMATO: A4

GIUGNO 2024

Commessa	Tip. impianto	Fase Progetto	Disciplina	Tip. Doc	Titolo	N. Elab	REV
23016	EO	DE	GE	R	09	0003	A

RICERCA, SVILUPPO E COORDINAMENTO IMPIANTI EOLICI E FOTOVOLTAICI A CURA DI:



Sede Amministrativa e Operativa  
via Benessia, 14 12100 Cuneo (CU)  
tel 335.6012098  
e-mail: emmecsrsls@gmail.com

Geom. Domenico Bresciano

ANALISI GEOLOGICA A CURA DI:

Studio Associato  
di Geologia Tecnica



Sede Legale: Piazza Diaz n. 11/5 - 17100 SAVONA (SV)  
TEL. 331.2334884/393.5172231, email geolab@studiogeolab.it  
Website: geolab@studiogeolab.it

I Tecnici:

Dott.ssa Geologo Sabrina Santini  
Dott. Geologo Alessandro Canavero

File: testalino relazione geologo 2010.dwg

TUTTI I DIRITTI SONO RISERVATI - Questo documento è di proprietà esclusiva del progettista ivi indicato sul quale si riserva ogni diritto. Pertanto questo documento non può essere copiato, riprodotto, comunicato o divulgato ad altri o usato in qualsiasi maniera, nemmeno per fini sperimentali, senza autorizzazione scritta dallo stesso progettista.

---

**INDICE**

<b>0. SOMMARIO .....</b>	<b>3</b>
<b>1. OGGETTO DELL'INCARICO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. PREMESSE E RIFERIMENTI ALLE N.T.C.: .....</b>	<b>4</b>
<b>3. INTERVENTO IN PROGETTO .....</b>	<b>5</b>
<b>4. PROGRAMMA DI REALIZZAZIONE DEI LAVORI .....</b>	<b>16</b>
<b>5. CAMPAGNA DI INDAGINI IN SITO .....</b>	<b>17</b>
<b>5.1 RILEVAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO DI DETTAGLIO</b>	<b>17</b>
<b>5.2 INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE CON INTERPRETAZIONE TOMOGRAFICA, MASW E HVSR.</b>	
.....	18
<b>6. QUADRO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO REGIONALE .....</b>	<b>19</b>
<b>7. MODELLO GEOLOGICO DEL SITO .....</b>	<b>32</b>
<b>8. MODELLO IDROGEOLOGICO DEL SITO .....</b>	<b>33</b>
<b>9. MODELLAZIONE SISMICA ED EFFETTI DI SITO .....</b>	<b>33</b>
<b>9.1 ZONAZIONE SISMOGENETICA.....</b>	<b>33</b>
<b>9.2 CLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA REGIONE LIGURIA. ....</b>	<b>38</b>
<b>10. SINTESI DEI DATI PER L'INQUADRAMENTO DEI PROBLEMI GEOTECNICI E PRESCRIZIONI .....</b>	<b>42</b>

## **0. SOMMARIO**

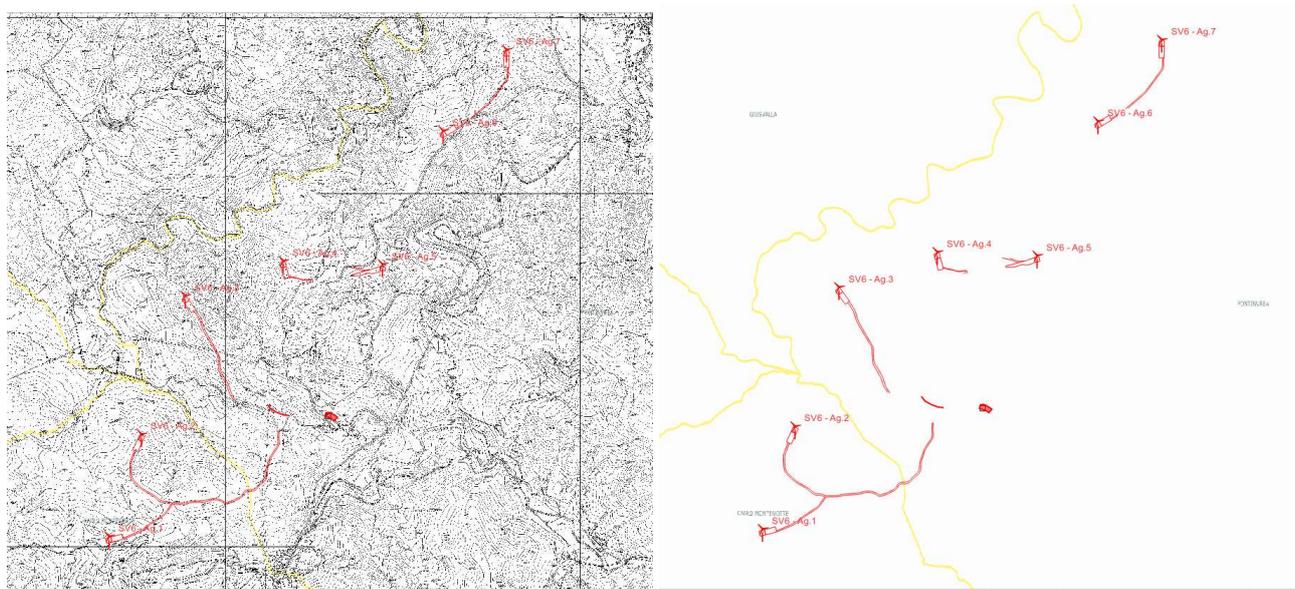
Gli Scriventi, Dott.<sup>ssa</sup> Geologo Sabrina Santini e Dott. Geologo Alessandro Canavero, domiciliati presso lo Studio Associato di Geologia Tecnica GEO.LAB, con sede a Savona in Piazza Diaz 11/5, ed iscritti all'Ordine Regionale dei Geologi della Liguria rispettivamente con i numeri 338 e 268, hanno realizzato la presente relazione geologica secondo il dettato del D.M. 17/01/2018 e della circolare n° 7 C.S.LL.PP. del 2019, su incarico Loro conferito dalla Duferco Sviluppo S.p.A.: questo relativamente al progetto di realizzazione di un parco eolico composto da 7 aerogeneratori di potenza ciascuno pari a 6,2 MW, per una potenza globale di 43.4 MW, da collocare sotto i crinali montani che dal Bric dei Mori raggiungono Bric Bombarda passando per Bric Ciassa, Fossa Lavagnin, Pian dei Buschi e Bric Bossarina nel territorio dei comuni di Cairo Montenotte e Pontinvrea.

## **1. OGGETTO DELL'INCARICO**

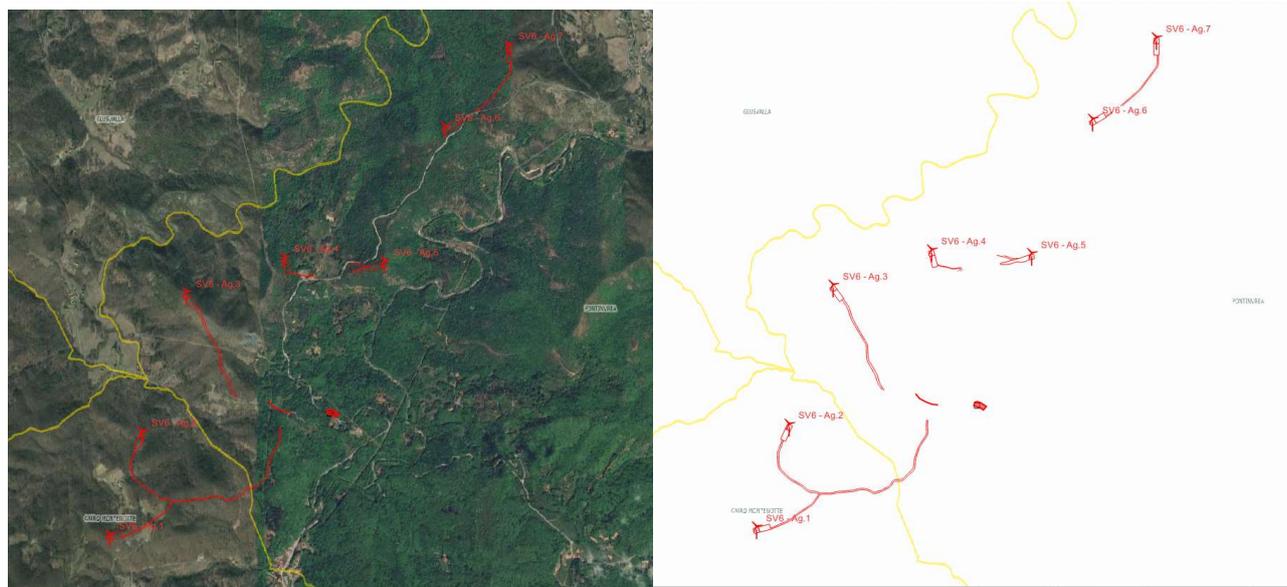
Su incarico conferito dalla Duferco Sviluppo S.p.A., è stata condotta una campagna di rilevamento allo scopo di caratterizzare dal punto di vista geologico e sismico il sedime dell'intervento di edificazione del Parco Eolico Bric dei Mori e di tutte le opere accessorie e connesse.

Lo studio è stato preceduto da una prima fase di raccolta bibliografica effettuata presso gli Uffici Regionali, Provinciali, Comunali, e tramite varie fonti ufficiali: IFFI, PAI, repertorio cartografico della Regione Liguria, ARPAL, ISPRA, ecc., al fine di reperire il maggior numero di informazioni possibili sull'areale d'interesse e programmare il piano delle attività previste.

In sintesi, nell'ambito della stesura di questo elaborato, per quanto riguarda gli aspetti geologici, sono state eseguite le attività di rilevamento geomorfologico, geologico e sismico da cui sono emerse le principali caratteristiche del sito. Il presente lavoro è atto a definire le caratteristiche geologiche del sedime interessato dal nuovo progetto di costruzione del Parco Eolico Bric dei Mori., l'incarico consta nella stesura della relazione geologica e sismica propedeutica alla progettazione globale delle opere.



**Figura 1.1: Inquadramento dell'area di intervento su base CTR Regione Liguria (aerogeneratori, strada di collegamento tra aerogeneratori, strada di connessione tra parco eolico e sottostazione elettrica, nuove parti di strada di accesso al sito) e successivo inquadramento nell'ambito amministrativo/territoriale.**



**Figura 1.2: Inquadramento dell'area di intervento su base satellite Google Maps (aerogeneratori, strada di collegamento tra aerogeneratori, strada di connessione tra parco eolico e sottostazione elettrica, nuove parti di strada di accesso al sito), e successivo inquadramento nell'ambito amministrativo/territoriale.**

## **2. PREMESSE E RIFERIMENTI ALLE N.T.C.:**

La presente indagine geologica è stata redatta in conformità al dettato del D.M. 17/01/2018 e della circolare n° 7 C.S.LL.PP. del 2019: di seguito, in particolare, si pone in evidenza quanto indicato dalla normativa in merito alle finalità e ai contenuti della relazione geologica.

<b>D.M. 17/01/2018</b>	<b>Circolare C.S. LL.PP n° 7/2019</b>
<p><b>Paragrafo 3.2.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE</b> <b>Categorie di sottosuolo</b> 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, 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, <math>V_s</math>. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità <math>V_S</math> per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.</p>	<p><b>Paragrafo C3.2.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE</b> Gli effetti della risposta sismica locale possono essere valutati con metodi semplificati oppure eseguendo specifiche analisi. I metodi semplificati possono essere adoperati solo se l'azione sismica in superficie è descritta dall'accelerazione massima o dallo spettro elastico di risposta; non possono, cioè, essere adoperati se l'azione sismica in superficie è descritta mediante storie temporali del moto del terreno. Nei metodi semplificati è possibile valutare gli effetti stratigrafici e topografici. In tali metodi si attribuisce il sito ad una delle categorie di sottosuolo definite nella Tabella 3.2.II delle NTC (A, B, C, D, E) e ad una delle categorie topografiche definite nella Tabella 3.2.IV delle NTC (T1, T2, T3, T4). <i>(omissis)</i> ...</p>
	<p><b>Paragrafo C6: PROGETTAZIONE GEOTECNICA.</b> ... <i>(omissis)</i> <b>La caratterizzazione e modellazione geologica del sito, è propedeutica all'impostazione della progettazione geotecnica ... (omissis)</b></p>
<p><b>Paragrafo 6.1.2: PRESCRIZIONI GENERALI.</b> Le scelte progettuali devono tener conto delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali. I risultati dello studio rivolto alla caratterizzazione e modellazione geologica, dedotti da specifiche indagini, <b>devono essere esposti in una specifica relazione geologica</b> di cui al § 6.2.1.</p>	
<p><b>Paragrafo 6.2: ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO.</b> Il progetto delle opere e degli interventi si articola nelle seguenti fasi</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. caratterizzazione e modellazione geologica del sito;</li> <li>2. scelta del tipo di opera o d'intervento e programmazione delle indagini geotecniche;</li> <li>3. caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce presenti nel volume significativo e definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo (cfr. § 3.2.2);</li> <li>4. definizione delle fasi e delle modalità costruttive;</li> </ol>	

<p>5. verifiche della sicurezza e delle prestazioni; 6. programmazione delle attività di controllo e monitoraggio.</p>	
<p><b>Paragrafo 6.2.1: CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO</b> Il modello geologico di riferimento è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi terreni presenti, delle dinamiche dei diversi termini litologici, dei rapporti di giustapposizione reciproca, delle vicende tettoniche subite e dell'azione dei diversi agenti morfogenetici. La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve comprendere la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento. In funzione del tipo di opera, di intervento e della complessità del contesto geologico nel quale si inserisce l'opera, specifiche indagini saranno finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico. Il modello geologico deve essere sviluppato in modo da costituire elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche <b>La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito devono essere esaurientemente esposte e commentate in una relazione geologica, che è parte integrante del progetto.</b> Tale relazione comprende, sulla base di specifici rilievi ed indagini, la identificazione delle formazioni presenti nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura del sottosuolo e dei caratteri fisici degli ammassi, definisce il modello geologico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, nonché i conseguenti livelli delle pericolosità geologiche.</p>	<p><b>Paragrafo C6.2.1: CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO</b> La relazione geologica, estesa ad un ambito significativo e modulata in relazione al livello progettuale, alle caratteristiche dell'opera e del contesto in cui questa si inserisce, descrive il modello geologico, definito sulla base di specifiche indagini e prove. Tale relazione, che comprende quanto previsto al § 6.2.1 delle NTC, tiene conto dei seguenti aspetti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- caratteristiche geologiche e successione stratigrafica locale (assetto litostrutturale e stratigrafico, stato di alterazione e fessurazione, distribuzione spaziale e rapporti tra vari corpi geologici);</li> <li>- caratteristiche geo-strutturali dell'area di studio e principali elementi tettonici presenti;</li> <li>- processi morfo evolutivi e principali fenomeni geomorfologici presenti, con particolare riferimento a quelli di frana individuandone stato e tipo di attività, di erosione e di alluvionamento;</li> <li>- caratteristiche idrogeologiche del sito e schema di circolazione idrica superficiale e sotterranea;</li> <li>- risultati dello studio sismotettonico;</li> <li>- assetti geologici finalizzati alla valutazione degli effetti di sito sismoindotti.</li> </ul> <p>La relazione geologica sarà corredata dai relativi elaborati grafici quali: carte geologiche, idrogeologiche (con eventuale schema di circolazione idrica sotterranea) e geomorfologiche, sezioni geologiche, planimetrie e profili utili a rappresentare in dettaglio aspetti significativi, schema geologico di dettaglio alla scala dell'opera, carte dei vincoli geologico-ambientali e rapporto tecnico sulle indagini pregresse ed eseguite corredate da una planimetria con la loro ubicazione. Il piano delle indagini nell'area di interesse deve essere definito ed attuato sulla base dell'inquadramento geologico della zona e dei dati che è necessario acquisire per pervenire ad una ricostruzione geologica adeguata ed utile per la caratterizzazione e la modellazione geotecnica del sottosuolo. Gli studi svolti devono condurre ad una valutazione delle pericolosità geologiche presenti e devono essere finalizzati alla definizione della compatibilità geologica con le peculiarità dell'opera da realizzare.</p>

I contenuti del presente elaborato sono volti all'approfondimento del modello del sottosuolo al fine di fornire indicazioni per la progettazione dell'intervento.

Alla luce degli elementi emersi dalle indagini e dai rilievi svolti, si ritiene di poter esporre quanto segue.

### **3. INTERVENTO IN PROGETTO**

#### **PARCO EOLICO BRIC DEI MORI**

Al fine di semplificarne la trattazione il sito non è stato suddiviso in diverse zone unite dalla strada di collegamento, ma è stato trattato come un unico sito ubicato nei Comuni di Cairo Montenotte e Pontinvrea che dipartendosi dal Bric dei Mori (metri 675 s.l.m.) raggiungono Bric Bombarda (metri 600 s.l.m.) passando per Bric Poggiobello (metri 650 s.l.m.) e Bric Bossarina (metri 600 s.l.m.).

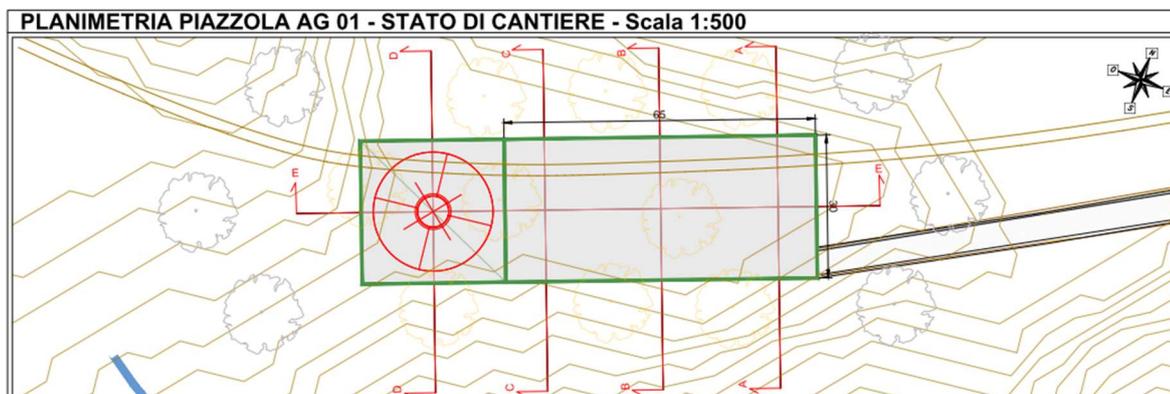
L'ubicazione di tali aerogeneratori in coordinate piane: WGS 84 / UTM 32N, è di seguito riportata:

Coordinate piane: WGS 84 / UTM 32N			
AEROGENERATORE	COORD. X	COORD. Y	COORD. Z
<b>AG01</b>	452320.02	4918017.98	690
<b>AG02</b>	452501.97	4918599.50	637
<b>AG03</b>	452750.39	4919382.93	665
<b>AG04</b>	453300.99	4919582.13	575
<b>AG05</b>	453859.48	4919561.27	587
<b>AG06</b>	454202.80.	4920321.31	575
<b>AG07</b>	454559.23	4920781.58	580

I principali elementi in progetto sono i seguenti.

### PIAZZOLA DI MONTAGGIO

Al fine di consentire il montaggio, e la futura manutenzione, di ogni singola turbina eolica sarà necessario realizzare degli spazi a pendenza quasi nulla denominati piazzole di montaggio; dette aree, inoltre, in fase di cantiere, andranno a costituire lo spazio di montaggio e successivamente manovra delle gru che permetteranno il montaggio dei vari componenti degli aerogeneratori. Per ogni aerogeneratore si prevede la realizzazione di una piazzola, dalla forma variabile ma rettangolare, e avente una superficie totale media di circa 2000 mq.



Osservando le tavole di progetto è possibile notare come le piazzole non seguano tutte lo stesso orientamento, ma sono state posizionate affinché l'accessibilità alle stesse fosse quanto più agevole possibile, cercando di limitare le situazioni di riporto o sbancamento materiale.

Considerando la complessità orografica del territorio in esame, le piazzole sono state studiate e posizionate sul territorio cercando di contenere al massimo gli impatti sul suolo e sull'ambiente circostante, avendo attenzione a limitare il disboscamento di grosse aree e limitando, quanto più possibile, le opere di sbancamento di terreno.

Ai fini della sicurezza pubblica, ad opera compiuta, non sarà necessario recintare le piazzole in quanto l'accesso alla turbina eolica sarà garantito da porte chiuse e i componenti elettrici, o quanto meno sensibili, saranno collocati all'interno della turbina stessa.

Le piazzole progettate non seguono tutte lo stesso orientamento, ma sono state posizionate affinché l'accessibilità alle stesse fosse quanto più agevole possibile, cercando di limitare le situazioni di riporto materiale; inoltre, la loro posizione è dettata anche dalla presenza di puntuali aree franose e boschive che hanno impedito l'applicazione di soluzioni talvolta apparentemente più semplici.

Per quanto concerne, invece, le opere di scavo necessarie alla loro realizzazione, in fase di cantiere, i fronti verranno modellati affinché non si vadano a creare situazioni di pericolo per i lavoratori e verranno realizzate, dove necessario, opere di sostegno delle scarpate mediante ingegneria naturalistica.

In generale nella realizzazione di una piazzola gli interventi previsti sono i seguenti:

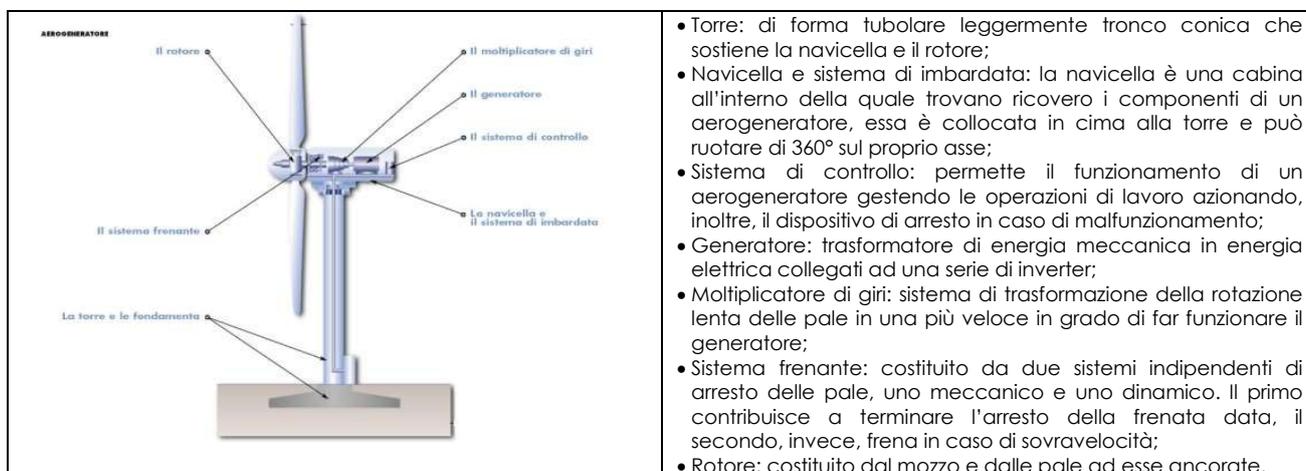
- Asportazione di terreno vegetale fino al piano di posa della massicciata stradale;
- Compattazione del piano di posa della massicciata;
- Realizzazione di uno strato di fondazione in misto granulare di circa 40 cm a costipamento avvenuto.

A montaggio ultimato ogni piazzola verrà mantenuta piana e sgombera da vegetazione arbustiva prevedendo solamente riporto di terreno vegetale per la ricreazione del manto erboso.

## AEROGENERATORI

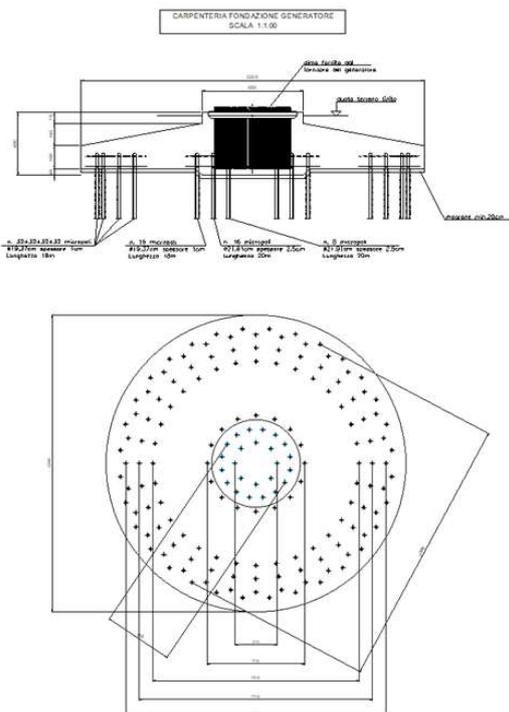
Gli aerogeneratori, tipo Vestas V162 che verranno utilizzati saranno di potenza nominale di 6,20 MW, altezza al mozzo del rotore pari a 162 m per una altezza complessiva di 206 metri. Il montaggio di dette strutture avverrà secondo schemi prestabiliti e collaudati da imprese specializzate. I mezzi principali utilizzati saranno le gru collocate nella piazzola riservata all'assemblaggio; nello specifico due saranno le gru necessarie, la prima, di dimensioni contenute, utilizzata principalmente per la fase di scarico dei componenti dai mezzi di trasporto mentre la seconda verrà utilizzata per il loro sollevamento e montaggio. Questa seconda gru ha come vincolo operativo la necessità di essere collocata alla minore distanza possibile rispetto al centro del posizionamento del pilone principale.

La struttura degli aerogeneratori e i loro componenti principali sono di seguito descritti.



## STRUTTURE DI FONDAZIONE

Le torri degli aerogeneratori verranno fissate al terreno attraverso un sistema fondale costituito da un plinto di fondazione le cui dimensioni saranno pari a 31 metri di diametro per una altezza variabile di circa 3.00 metri a cui verranno collegati dei micropali di fondazione con diametro 22 cm e lunghezza di almeno 24 metri l'uno. In ogni caso la profondità di immersione sarà verificata puntualmente a valle di sondaggi a carotaggio continuo e prove geotecniche, prima della fase esecutiva del cantiere ma a valle dei permessi di realizzazione del parco eolico, in modo tale da avere l'esatta lunghezza dei pali di fondazione turbina per turbina in modo tale che siano opportunamente immorsati nelle porzioni più sane ed inalterate del substrato roccioso.



Sebbene per tutti gli aerogeneratori sia stata effettuata una campagna geofisica preliminare e/o rilievi geomeccanici in sito, la necessità d'uso e l'esatta lunghezza di tali fondazioni indirette dovrà essere calcolata turbina per turbina a seguito di indagini a carotaggio con recupero di campione, indagini geotecniche e geomeccaniche di laboratorio ed indagini geofisiche specifiche quali downhole e crosshole. Tali strutture di fondazione saranno opportunamente strumentate al fine di monitorarle in corso di edificazione e di funzionamento. La parte superiore delle fondazioni sarà di circa 20 cm sopra al piano campagna mentre il resto della fondazione verrà interrato ed il terreno sovrastante la stessa, rinverdito per una

migliore mitigazione. Al pari dell'interramento della fondazione anche le scarpate generate dai fronti scavo per la loro realizzazione verranno adeguatamente stabilizzate per mezzo di opere di ingegneria naturalistica e inerbite allo scopo di ridurre l'effetto erosivo delle acque meteoriche che verranno comunque raccolte in canalette posate a terra e convogliate in impluvi naturali.

## STRADA DI ACCESSO

Con il termine "strada di accesso" all'impianto si intendono tutte quelle vie che collegano il parco eolico (in quota) con la, semplificando il termine, valle.

Come si evince dagli elaborati redatti dall'Ing. Silvio Bauducco, il progetto prevede n. 4 diramazioni dalla strada SP41 che raggiungono direttamente le turbine n. 7,6,5 e 4, mentre la turbina n. 3 viene raggiunta da una diramazione sulla strada comunale. Le turbine n. 1 e 2 si prevede invece di raggiungerle tramite una carrareccia bianca che si dirama su terreni boscati.

A seguito di una analisi del contesto viario esistente e non esistente, effettuata mediante rilievi con scansione lidar e sopralluoghi specifici, si è ritenuto necessario provvedere alla progettazione ex novo degli stacchi dalla provinciale alle turbine, anche se in 2 casi si utilizzano strade esistenti che necessitano di opportuni allargamenti.

Il raggiungimento della posizione delle altre turbine è garantito sempre da sentieri esistenti che si prevede di allargare opportunamente.

Gli interventi di realizzazione della strada si rendono necessari in quanto, con le caratteristiche geometriche dei tratti viari visionati, non corrispondono assolutamente agli standard necessari al transito dei mezzi previsti in quanto sono sentieri pedonali o per biker o mezzi agricoli.

### NUOVO TRACCIATO STRADALE

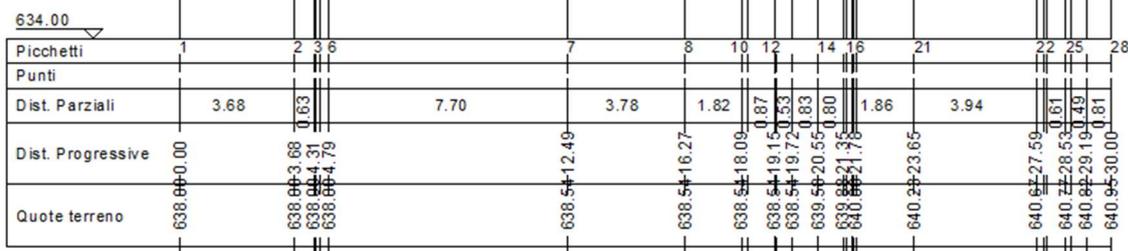
La realizzazione del nuovo tracciato stradale, che dalla Strada Provinciale 41 dirama nella strada che conduce alla località Pratipoia e da cui si stacca la diramazione per la strada che porta alla turbina 3 e, tramite una strada bianca esistente alle turbine 1 e 2, avrà caratteristiche geometriche tali da garantire il normale transito dei mezzi speciali che saranno impiegati nel cantiere e nel futuro mantenimento dell'impianto, mantenendosi comunque coerente con l'orografia del contesto in cui va a ricadere e dunque ottimizzando le situazioni di alterazione dei versanti, comunque necessarie per permettere opere di sbancamento e realizzazione del sedime stradale.

Il tratto in allargamento, di seguito rappresentato prevede, essendo la strada già asfaltata, che anche l'allargamento venga asfaltato.

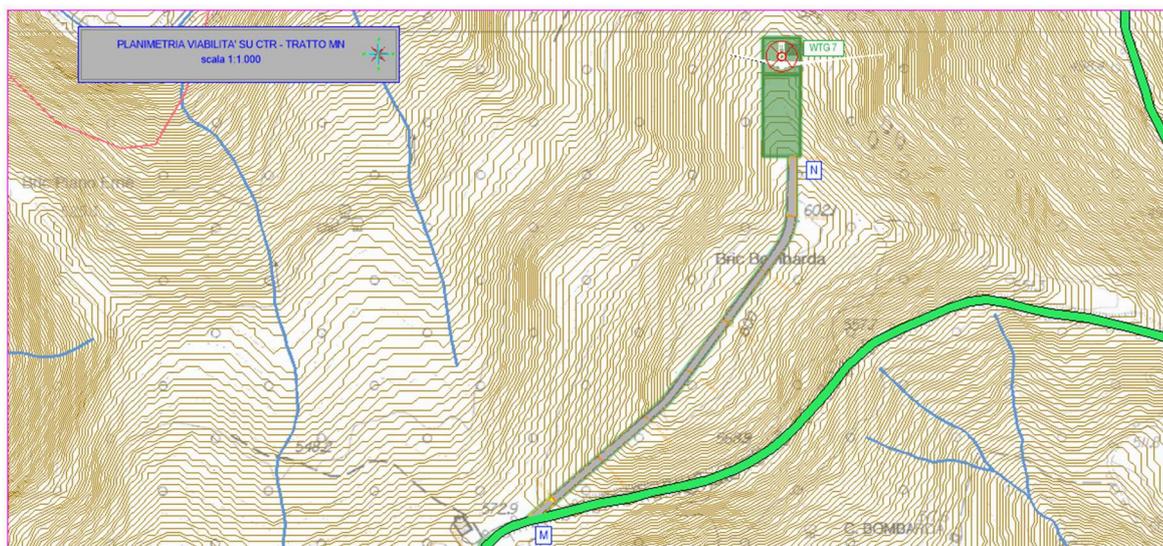


### SEZIONE 5

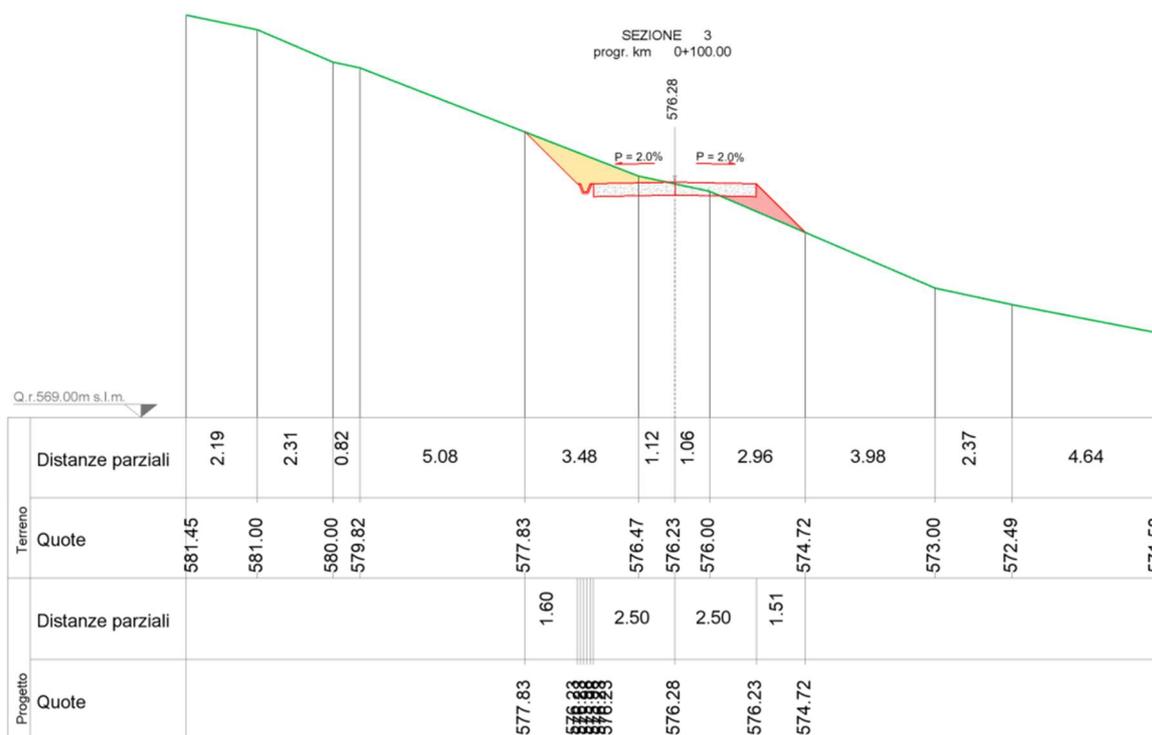
Altezze: 1:50  
Lunghezze: 1:50



Gli accessi alle turbine invece avvengono con degli stacchi dalla provinciale come già indicato.



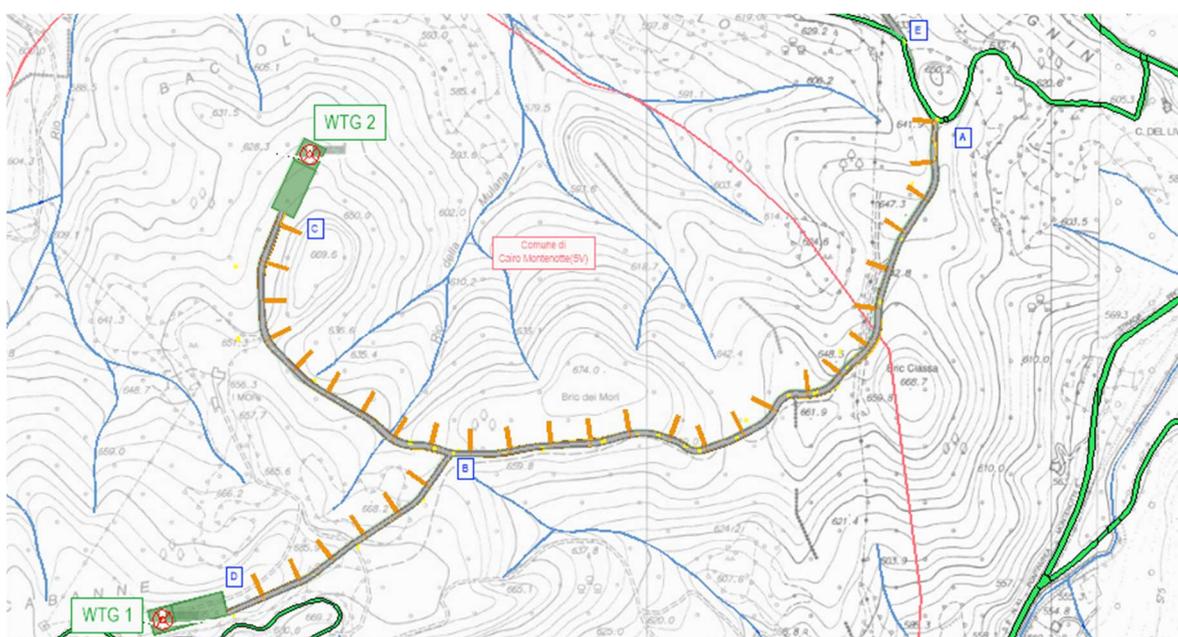
La nuova carreggiata avrà una larghezza adeguata e, poiché non presenta strade alternative per raggiungere i versanti su cui insisteranno gli aerogeneratori, sarà di carattere permanente e realizzata con sottofondo in misto naturale.



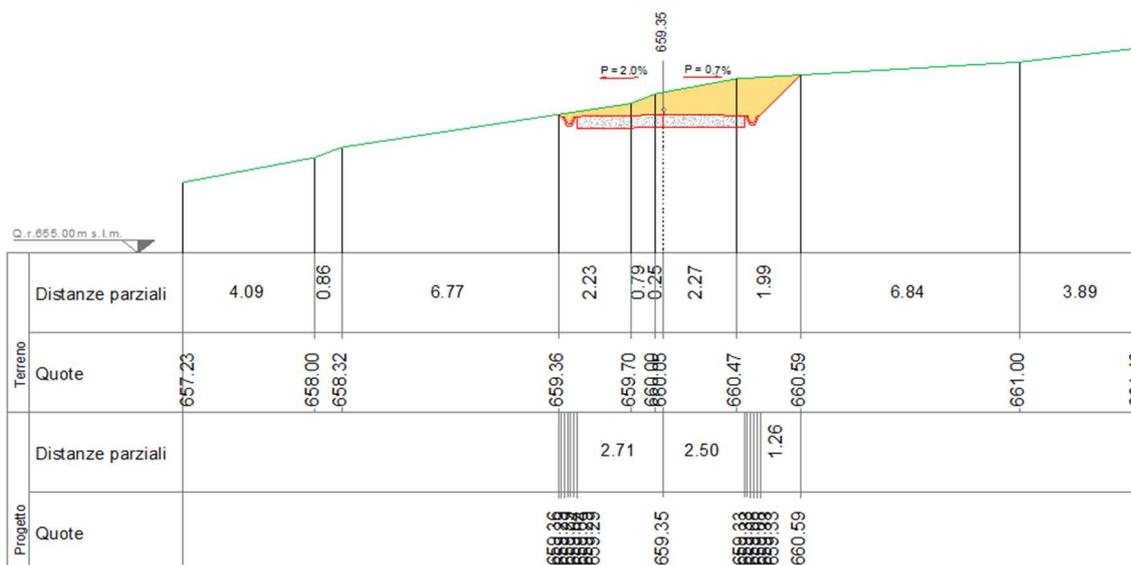
Vista la natura degli interventi e la necessità di mettere in sicurezza le scarpate oggetto di sterro, si prevedono inoltre, ove necessarie, opere di consolidamento con reti chiodate alla scarpata o terre armate.

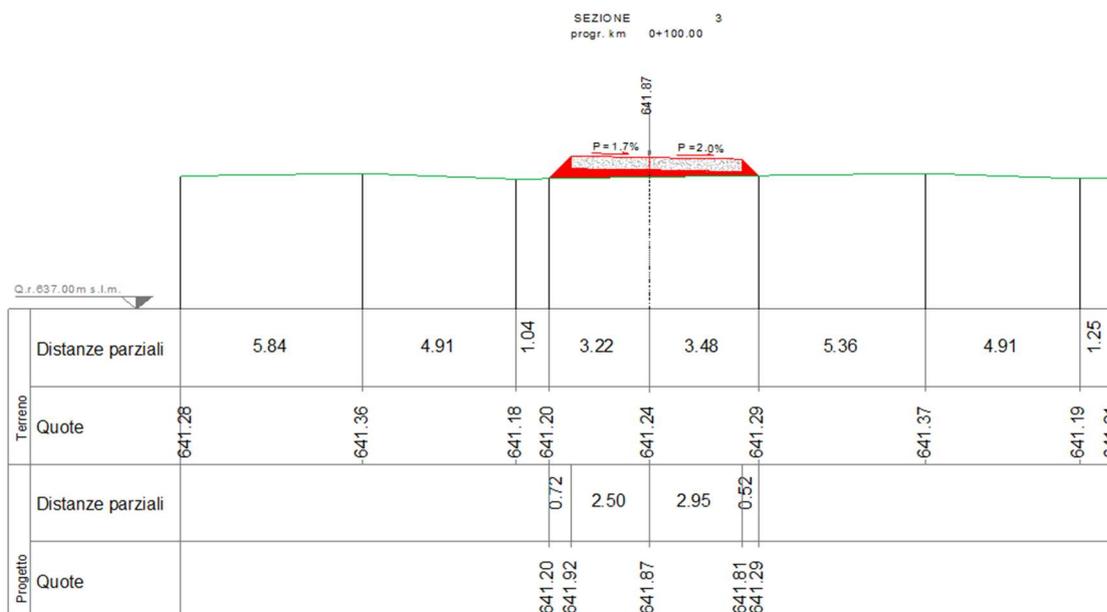
### STRADA DI COLLEGAMENTO

Con il termine di "strada di collegamento" si intendono invece tutte le vie che collegano le singole turbine eoliche tra di loro fino al collegamento con la relativa cabina elettrica. Nello specifico dell'impianto Bric dei Mori, per 5 turbine si ha solo lo stacco dalla strada asfaltata, mentre per 2 turbine è necessario allargare una carrareccia forestale che si innesta su una strada comunale che deve essere opportunamente allargata come già evidenziato in precedenza. Si evidenzia che non è possibile utilizzare la strada asfaltata esistente per raggiungere la turbina n. 1 perché in prossimità del cimitero di Montenotte Inferiore la sezione stradale è insufficiente e non può essere allargata causa della presenza di un rio attaccato alla strada. Vi è, inoltre, una oggettiva impossibilità ad imboccare tale strada in corrispondenza della frazione, sarà, pertanto, sviluppata una strada di collegamento tra le turbine 1 e 2 con la via per la località Pratipoia la cui larghezza media sarà pari a circa 5 metri, salvo alcuni tratti stradali dove potrà arrivare anche a 10 metri per permettere di ottenere idonei raggi di curvatura.



SEZIONE 13  
progr. km 0+800.00





Così come per le piazzole, anche la viabilità di collegamento tra piazzole e strada principale verrà realizzata con sottofondo in misto naturale ed ulteriore strato di misto stabilizzato nei tratti di maggiore pendenza, mentre la formazione dei rilevati avverrà anche mediante l'impiego di materiale proveniente dagli scavi (se a seguito di analisi verrà classificato come idoneo).

Durante la fase di cantiere verranno utilizzate delle macchine operatrici a norma, che contengano dunque sia le emissioni in atmosfera che i livelli di rumorosità; periodicamente sarà previsto il carico, il trasporto e lo smaltimento in appositi centri autorizzati, dei materiali e delle attrezzature di rifiuto così da garantire al termine dei lavori un adeguato ripristino dei luoghi.

Per quanto concerne l'approvvigionamento della materia prima e le aree di deposito, si prevede l'utilizzo di cave di inerti autorizzate e presenti in zona di cui verranno predisposte opportune convenzioni qualora l'esito della pratica andasse a buon fine.

### **SOVRASTRUTTURA VIARIA**

Il corpo stradale, definito come l'insieme delle operazioni necessarie a realizzare la strada in rilevato e quelle complementari necessarie a garantire nel tempo la stabilità e la sicurezza dell'opera costruita, è stato dimensionato sulla base del numero di veicoli in transito e dei carichi agenti sullo stesso.

Oltre alle caratteristiche geometriche le nuove viabilità andranno a soddisfare anche i requisiti di capacità meccanica e di drenaggio superficiale; durante la realizzazione delle nuove piste tutti gli strati verranno adeguatamente compattati con appositi macchinari e dove necessario verranno previste delle opere di rinforzo dei terreni mediante posa di micropali. Inoltre, laddove in fase esecutiva venga evidenziata la presenza di falde acquifere verrà prevista la posa di materiale in geotessuto per evitarne la risalita.

Come per la realizzazione delle piazzole, laddove gli esiti di laboratorio siano positivi, si prevede il riuso del materiale proveniente dagli scavi adeguatamente miscelato con misto stabilizzato granulometrico.

I materiali impiegati nella realizzazione del pacchetto stradale saranno appartenenti ai gruppi A1, A2 e A3 secondo la classificazione CNR-UNI 10006 in quanto dotati di buone capacità portanti in grado di limitare possibili cedimenti della pavimentazione stradale.

### **CABINE ELETTRICHE**

Come si evince dalla relazione Progettuale dell'Ing. Bauducco le cabine elettriche sono previste della diramazione che porta verso le turbine 1 e 2, a lato della strada entro un'area ove si prevede l'abbattimento degli alberi presenti.

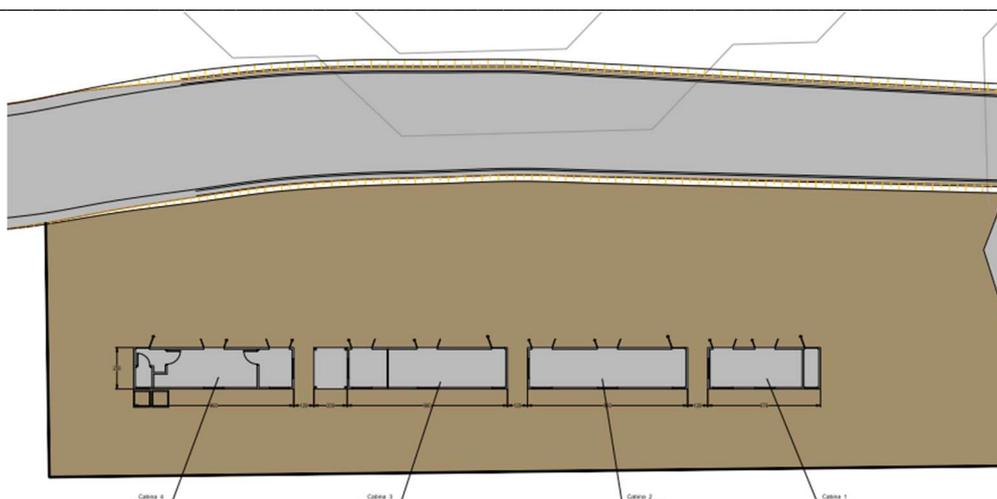
All'interno di questa area sono previsti quattro cabinati di tipo prefabbricato e ad uso tecnico delle dimensioni di 9,60x2,50 m e 6,76x2,50 m.



Ognuno dei locali tecnici è predisposto affinché possa ospitare specifiche apparecchiature necessarie al funzionamento dell'impianto e al successivo trasporto presso lo stallo Terna. I locali saranno così divisi:

- Cabina 01: locale del distributore
- Cabina 02: locale utente MT atto ad ospitare gli apparati
- Cabina 03: locale utente servizi ausiliari con gruppo elettrogeno integrato
- Cabina 04: locale utente per monitoraggio e controllo.

All'interno di questa ultima cabina sarà inoltre previsto il servizio igienico di tipo chimico e la raccolta delle acque piovane, con opportuna clorazione, per l'uso sanitario.



Le cabine sono state arretrate dal filo strada per garantire il transito e l'imbocco della strada fronte cabina del motopropulso con i conchi delle torri 1 e 2.

A livello morfologico il terreno sul quale è prevista la realizzazione delle nuove cabine elettriche si presenta limitatamente acclive, comportando di conseguenza un importante contenimento delle sezioni di scavo.

A livello architettonico, per migliorarne l'inserimento nel paesaggio, è prevista una mitigazione dei locali nel seguente modo:

- Le pareti perimetrali saranno rivestite in pannelli di finta pietra;
- I materiali di finitura dei vari elementi edilizi presenteranno cromie idonee al contesto paesaggistico;
- Saranno poste a ridosso del versante così da non stagliarsi all'orizzonte ed in ogni caso circondate da alberi ad alto fusto;
- Sono previste in un'area non visibile dalla strada provinciale.

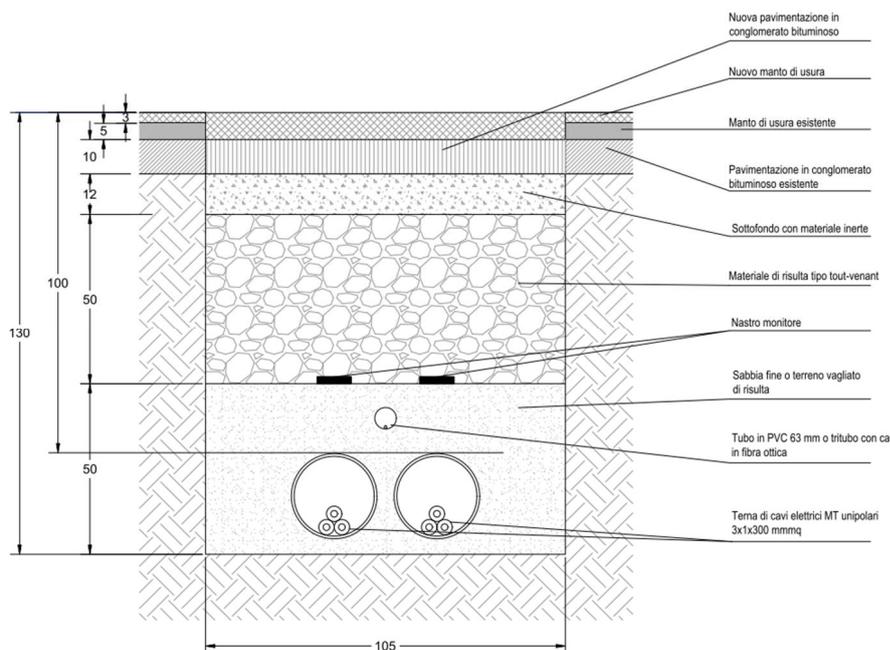
La nuova area contenente le cabine elettriche sarà raggiungibile dal medesimo nuovo tratto di strada in allargamento che dalla viabilità principale collega la località Pratipoia.

Si rimanda alla relazione tecnica elettrica per maggiori approfondimenti circa gli interventi elettrici previsti a progetto e necessari al funzionamento e messa in esercizio dell'intero parco eolico.

### **OPERE ELETTRICHE**

Le opere elettriche necessarie a convogliare l'energia prodotta alla rete Nazionale sono:

- Posa cavidotto interrato MT di collegamento tra il parco eolico e le nuove cabine elettriche presenti nei pressi dell'aerogeneratore 01;
- Realizzazione delle cabine elettriche;
- Posa cavidotto interrato MT di collegamento tra le cabine ed il punto di consegna sito in Mallare.



Il percorso del cavidotto interno al campo sarà posto in corrispondenza della nuova strada di collegamento tra le turbine eoliche tra le turbine 1, 2 e 3, mentre passerà sulla provinciale per la connessione alla cabina di raccolta tra le turbine 4-5-6-7. Il cavidotto di collegamento tra la cabina elettrica di raggruppamento e la cabina primaria verrà collocato lungo le strade comunali e provinciali esistenti che raggiungono il punto di consegna.

I collegamenti su strada avranno una profondità massima di 1,20 m al cui interno verranno posati i cavi XLPE e un tritubo da 50 mm per la fibra ottica; lo scavo avrà inoltre una larghezza di circa 50-80 cm per tutta la tratta di connessione.

Le tubazioni saranno inoltre segnalate nello scavo con un nastro monitore in PVC.

La connessione alla RTN sarà costituita da una sezione di celle a 36 kV che raccolgono le 4 dorsali di collegamento dei gruppi di generatori (aerogeneratori eolici suddivisi per gruppi\_ 7-6, 5-4, 3, 2-1) con montanti di collegamento e risalite cavi, dalle protezioni generali (DG) avente anche funzione di rinalzo, di interfaccia (DDI) e servizi ausiliari (SA), nonché dai necessari alloggiamenti misure e sezionamento. Dalla cabina elettrica con un cavidotto interrato si giungerà fino alla sottostazione Terna.

Da ogni gruppo di turbine è prevista la partenza di un circuito tripolare che giunge fino alle cabine elettriche mediante posa di un apposito e dedicato cavidotto interrato. Nel sistema a 36 kV posto all'interno dei fabbricati dell'area cabine di raggruppamento si utilizzeranno cavi isolati e celle prefabbricate certificate dal fabbricante, avendo superato le prove di tipo corrispondenti ed essendo sottoposti a prove specifiche ad ogni fornitura per assicurare che il livello di isolamento sia assicurato.

### **OPERE DI INGEGNERIA NATURALISTICA**

Scopo del progetto è stato anche quello di limitare quanto più possibile la realizzazione di opere civili che potessero creare forti impatti ambientali sul contesto in cui vengono inserite

pertanto, laddove non sia possibile limitare gli scavi e i riporti si provvederà, attraverso opere di ingegneria naturalistica, al ripristino delle scarpate mediante i seguenti accorgimenti:

- Applicazione di idrosemina su tutte le superfici libere e sulle scarpate a monte delle piste di servizio;
- Rivestimenti di terreni acclivi mediante utilizzo di geocomposito al fine di preservare il terreno da agenti atmosferici che potrebbero compromettere la stabilità delle scarpate;
- Realizzazione di terre rinforzate per la stabilizzazione dei versanti aventi pendenze fino al 70%;
- Stabilizzazione delle scarpate mediante realizzazione di viminate e/o palizzate

#### **4. PROGRAMMA DI REALIZZAZIONE DEI LAVORI**

Il programma di realizzazione dei lavori sarà articolato in una serie di fasi lavorative che si svilupperanno nella sequenza di seguito descritta:

Le macro attività che si prevedono sono le seguenti:

- Allestimento cantiere;
  - Rilievi topografici e tracciamento dei confini
  - Taglio vegetazione arborea ed arbustiva
  - Sistemazione strade di accesso e creazione strade interne
  - Installazione dei servizi al cantiere
  - Sistemazioni pendii aree turbine
  - Allestimento di depositi e zone per stoccaggio materiali
- Realizzazione opere civili
  - Preparazione terreno
  - Posa di recinzione di cantiere
  - Scavi e sbancamenti per piazzole e plinti
  - Realizzazione dei pali di fondazione
  - Realizzazione delle strutture di fondazione
  - Ritombamenti
- Realizzazione cavidotti
  - Scavo trincea per cavidotti
  - Realizzazione cavidotto
  - Posa dei conduttori elettrici di connessione
- Realizzazione stazione anemometrica
- Posizionamento aerogeneratori
  - Trasporto e montaggio gru
  - Trasporto elementi torri e aerogeneratori
  - Montaggio aerogeneratori
  - Posa cavi di trasporto energia
- Costruzione stazione di partenza cavidotto di allaccio

- Sbancamenti e realizzazione area posa cabine
- Opere strutturali fabbricato tecnico
- Posa impiantistica elettrica
- Inerbimento e rimboschimento area
  - Completamento opere con inerbimento area
- Rimozione e trasporto materiali, imballaggi e cavi elettrici
  - Rimozione materiali di risulta e scarto, imballaggi e sfridi di lavorazioni

L'installazione del cantiere include l'uso di una superficie posta tra le turbine 4 e 5 in corrispondenza di un prato che permette sia la realizzazione del campo base con i baraccamenti ed il deposito temporaneo dei mezzi sia una superficie per lo stoccaggio del terreno scavato ed utile per i ripristini a verde delle scarpate e delle piazzole; tale superficie può essere utile, inoltre, per stoccaggi temporanei di materiale delle turbine o per la realizzazione dei cavidotti; il prato necessita di uno scotico, del riporto di materiale anidro e relativa compattazione e l'area verrà recintata e sarà accessibile solamente da personale qualificato. Si precisa che a lavori ultimati l'area sarà ripristinata a prato.

Per quanto concerne, invece, le fasi lavorative necessarie per la posa degli elettrodotti sono:

- Allestimento cantiere temporaneo;
- Scavo in trincea;
- Posa tubazioni e cavi;
- Esecuzione di opere di protezione e rinterro;
- Giuntatura cavi e terminali;
- Rinterro buche di giunzione

In questo caso l'area di cantiere, se eseguita fuori dall'area già cantierizzata, sarà di tipo mobile e seguirà i metri di scavo giornalieri necessari alla posa totale.

## **5. CAMPAGNA DI INDAGINI IN SITO**

Il sedime dei diversi aereogeneratori nonché delle opere ad esso collegate ed accessorie è stato soggetto a studi geologici e geomorfologici di dettaglio ed a una campagna di indagine geofisica avente lo scopo di individuare le peculiarità dei siti d'indagine.

### **5.1 RILEVAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO DI DETTAGLIO**

Il lavoro è consistito in un accurato rilievo geolitologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area, il supporto cartografico utilizzato è quello del rilievo Lidar sviluppato a mezzo di drone dedicato da parte del Ing. Bauducco, professionista incaricato dalla Committenza della progettazione globale dell'intervento.

Nella fase preliminare si è proceduto alla ricerca, raccolta ed analisi attenta e critica dei dati bibliografici esistenti che è stato possibile reperire e/o consultare presso i siti istituzionali dei diversi enti territoriali interessati, analizzando, anche con lo studio delle foto aeree, i fenomeni morfologici e

l'evoluzione degli stessi sui versanti in studio. Da questa base di partenza si è proceduto, successivamente, ad una verifica diretta dei dati bibliografici esistenti mediante l'esecuzione di un rilevamento di campagna che ha permesso un'ulteriore acquisizione di dati necessari alla loro successiva elaborazione e alla stesura degli elaborati tematici di base (cartografia contenente informazioni relative alla geologia, geomorfologia ed idrogeologia).

Localmente sono stati effettuati puntuali rilievi geomeccanici degli ammassi rocciosi che sono sempre risultati a comportamento estremamente variabile, da buono a debole e complesso, dove per rocce deboli possono essere considerate quelle costituite da materiali a bassa resistenza oppure perché, indipendentemente dalla resistenza del materiale del continuum, si presentano fortemente interessate da piani di discontinuità dovuti a fratturazione, stratificazione, scistosità etc.

Nel primo gruppo ricadono le rocce a comportamento lapideo buono con importanti bancate calcareo conglomeratiche e/o ofiolitiche mentre nel secondo quelle definite deboli in quanto costituite prevalentemente da materiali deboli. Le rocce deboli che, indipendentemente dalla resistenza dei minerali costituenti, risultano poco cementate (ad es. arenarie e ofioliti listate) unitamente ad altri materiali diventati deboli a seguito di processi d'alterazione chimica, degradazione fisica o di metamorfismo retrogrado. In tale categoria ricadono anche le rocce sottilmente stratificate, intensamente scistose e tutte quelle che, indipendentemente dalla genesi, hanno subito intensi processi di fratturazione.

Inoltre, nella classe delle rocce deboli possono essere inseriti gli ammassi rocciosi costituiti da alternanze di litotipi a differente comportamento meccanico di cui quello debole è nettamente prevalente. Alla classe delle rocce complesse vengono anche riferiti tutti gli ammassi rocciosi costituiti da alternanze di litotipi a differente comportamento meccanico di cui nessuno nettamente prevalente. In ogni caso le rocce deboli presentano un comportamento in qualche modo intermedio tra i terreni e le rocce propriamente dette e questo fa sì che le weak rock (terminologia anglosassone) siano generalmente difficili da descrivere, campionare e sottoporre a test.

La valutazione critica di tutti i dati presenti nella cartografia sopra citata, unitamente all'acquisizione della vincolistica vigente nei diversi territori comunali ha permesso di verificare la fattibilità geologica dell'intervento previsto.

## **5.2 INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE CON INTERPRETAZIONE TOMOGRAFICA, MASW E HVSR.**

Al fine di approfondire le conoscenze sui singoli siti di installazione, ove possibile, sono state condotte delle prospezioni sismiche a rifrazione in grado di indagare i terreni in maniera non distruttiva al fine di caratterizzare il sottosuolo sulla base della velocità di propagazione delle onde sismiche negli orizzonti di terreno attraversati ed utilizzando l'energia sismica che torna in superficie dopo aver percorso il sottosuolo lungo le traiettorie dei raggi rifratti.

Questo metodo è normalmente usato per localizzare superficie che separano strati caratterizzati da una diversa velocità di propagazione delle onde sismiche e si realizza con uno stendimento sismico costituito da 12, 24 o 48 geofoni allineati a distanza nota che registrano le onde sismiche generate in corrispondenza di diversi punti di energizzazione dislocati in posizione nota:

generalmente con due o più punti all'esterno dell'allineamento dei geofoni, in offset rispetto al primo e all'ultimo geofono ed intermedi all'interno dello stendimento.

Ogni singolo geofono è collegato mediante un cavo bipolare che trasmette il segnale al sismografo; il segnale sismico viene così registrato, opportunamente amplificato, visualizzato sullo strumento e memorizzato per le successive elaborazioni ed interpretazioni.

- Per le energizzazioni è stata utilizzata la massa battente di 8÷10 Kg.

La profondità massima alla quale è possibile individuare un orizzonte sismico è proporzionale allo sviluppo dello stendimento sismico e corrisponde indicativamente a 1/3, massimo 1/2 in casi molto particolari, della lunghezza dello stendimento (distanza fra il primo e l'ultimo geofono).

Nel caso di uno stendimento di sismica a rifrazione l'obiettivo della registrazione è l'individuazione dei primi arrivi delle onde P (onde longitudinali) oppure SH (onde trasversali) che si registrano in corrispondenza di geofoni via via più distanti dalla sorgente (punto di energizzazione): note la distanza ed il tempo di percorrenza dell'onda si possono individuare le superfici di discontinuità che separano orizzonti caratterizzati da una diversa velocità di propagazione delle onde P e/o SH ottenendo delle sezioni sismiche (distanza/profondità) in cui si individuano gli orizzonti caratterizzati da velocità costanti.

L'indagine sismica è consistita nell'esecuzione di profili sismici a rifrazione, utilizzando un sismografo PASI 16S24U predisposto con 12 geofoni verticali da 4.5 Hz, mentre l'elaborazione dei sismogrammi acquisiti è stata effettuata mediante software regolarmente licenziato Rayfract® 3.35.

I profili MASW sono stati eseguiti in sovrapposizione alle stese sismiche a rifrazione con 24 geofoni verticali a 4.5 Hz, le acquisizioni sono state eseguite con un tempo di campionamento di 125 µs e una durata di acquisizione su singola battuta di 2048 ms. L'elaborazione delle registrazioni ha portato all'individuazione nei primi 30 metri di profondità di diverse discontinuità sismiche rappresentate graficamente nei report di elaborazione.

Le acquisizioni HVSR sono state eseguite tramite un geofono 3D avente frequenza di 2 Hz .

## **6. QUADRO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO REGIONALE**

### **GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA**

L'area oggetto d'intervento è caratterizzata da una configurazione morfologica collinare, dove si riscontrano i rilievi anche mediamente elevati, con vette aventi altitudine comprese tra i 600 e i 675 metri s.l.m. L'aspetto morfologico risulta collegato alle caratteristiche litologiche delle formazioni geologiche affioranti e all'evoluzione strutturale da queste subita durante la storia geologica dell'intera regione, in particolare la presenza di vasti affioramenti sia di litotipi appartenenti al Bacino Terziario Piemontese sia del Gruppo di Voltri nonché dell'Unità di Montenotte, garantisce la locale presenza di versanti molto diversi tra loro, da acclivi e quasi dirupati coperti da bosco, ad esclusione di limitati coltivi nelle vicinanze dei nuclei abitativi e di aree prative e a pascolo in prossimità delle zone più pianeggianti. Il reticolato idrografico secondario appare localmente embrionale per poi incidersi profondamente nel substrato dando luogo a vallette caratterizzate da aspri e ripidi versanti fino all'immissione, a valle, nei corpi idrici principali.

Il progetto prevede l'edificazione di cinque aerogeneratori, da AG01 a AG07, su una zona collinare/montuosa con un reticolo idrografico ancora in fase di sviluppo.

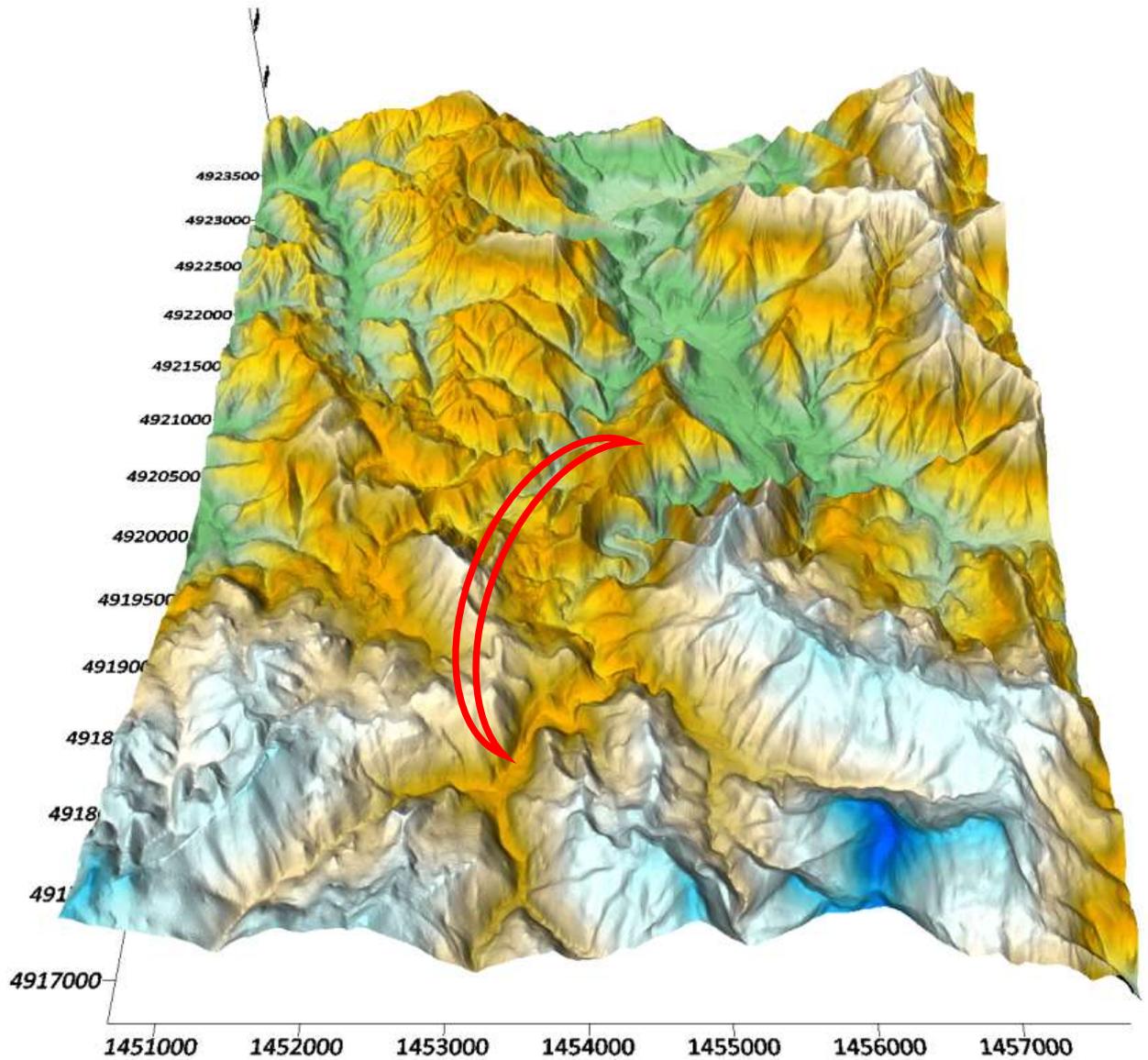


Figura 6.1: Modello 3D da DTM 5 m – presenza di esagerazione verticale.

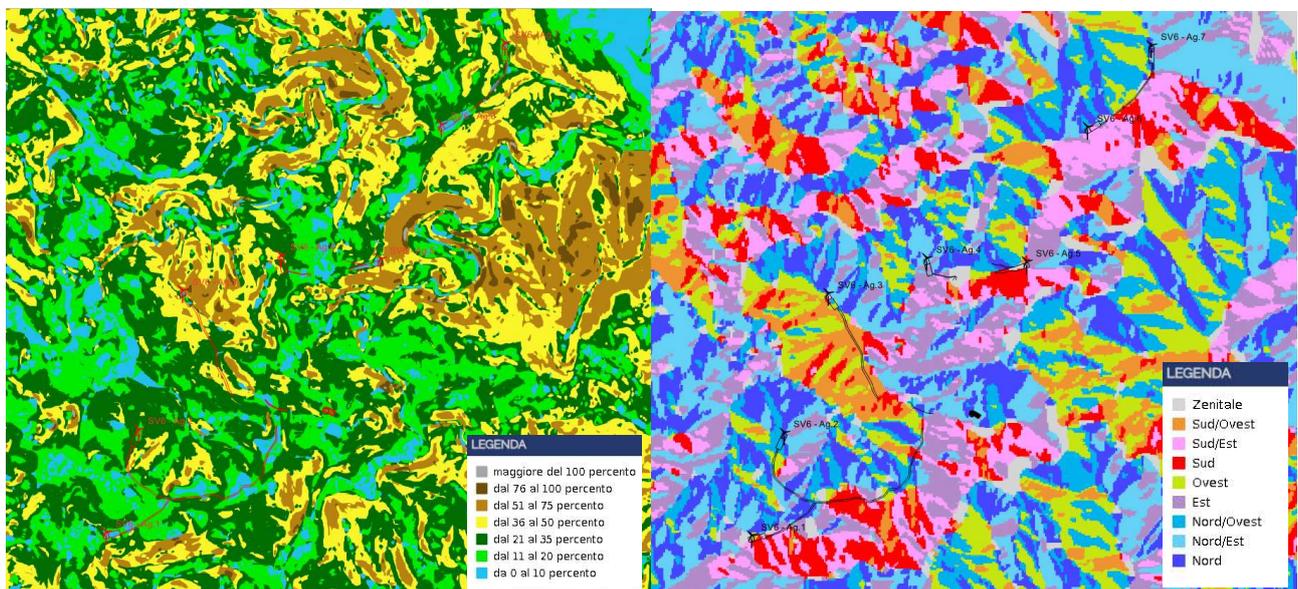


Figura 6.2: Carta dell'acclività 7 classi e Carta dell'esposizione dei versanti 9 classi – Regione Liguria.

Gli studi geologici sono stati redatti mediante controlli diretti sul terreno e usando come base le Carte Geologiche d'Italia F.o 70 Ceva e 82 Genova 1:100.000 e F.o CGR Spigno Monferrato 1:25.000, riportando con sufficiente approssimazione, la distribuzione areale delle successioni litologiche affioranti nell'areale di intervento che sono risultate ascrivibili sia al complesso sedimentario afferenti al Bacino Terziario Piemontese (BTP) sia alle litologie appartenenti al Gruppo di Voltri nonché all'Unità di Montenotte.



**Fig. 6.3 - Schema tettonico dell'area in esame tratta da Note alla carta Geologica Foglio 212 Spigno Monferrato**

In particolare, le unità tettoniche presenti in zona sono state esumate e accavallate le une sulle altre e sull'avampaese europeo; questo complesso edificio orogenico è ricoperto in discordanza dai depositi del Bacino Terziario Piemontese, una successione sedimentaria tardo eocenica-oligocenica.

L'Unità tettonometamorfica del Gruppo di Voltri occupa gran parte della porzione centro-orientale del Foglio 212, di cui costituisce l'unità più estesa: nella sua parte sud-occidentale confina con l'Unità Montenotte, mentre a nord è ricoperta dalle formazioni del Bacino Terziario Piemontese. Comprende un basamento gabbro-peridotitico con coperture vulcano-sedimentarie e peridotiti con caratteri di mantello sottocontinentale. Queste rocce risultano coinvolte nell'evoluzione

polifasica alpina, che va dalla riequilibrio eclogitica in ambiente subduittivo, fino alla successiva fase di esumazione.

Le ultramafiti di mantello sottocontinentale mostrano eventi di serpentizzazione precedenti all'evoluzione tettonometamorfica alpina e suggeriscono pertanto una precoce esposizione di queste rocce sul fondo oceanico. Peridotiti sottocontinentali e crosta oceanica sono associate in una unità strutturale dalla analoga evoluzione tettono - metamorfica.

L'Unità Voltri è prevalentemente caratterizzata da condizioni metamorfiche in facies Scisti Blu con eclogiti e da retrocessione in facies Scisti Verdi.

La seguente formazione è presente entro l'area di intervento:

- **Serpentinoscisti antigoritici del Bric del Dente (SNV)** di età presunta è compresa tra il Giurassico medio e superiore, rappresentano il litotipo volumetricamente più abbondante dell'Unità Voltri e affiorano sia in masse estese e potenti sia in lenti più sottili associate a metabasiti e calcescisti e ad esse sono associate numerose lenti di metagabbri eclogitici. I litotipi scistosi sono prevalenti, ma localmente sono presenti corpi più massivi, in cui le tessiture delle originarie peridotiti (prevalentemente lherzoliti) e strutture di serpentizzazione a maglie sono parzialmente conservate. In carta, i corpi con relitti di tessiture lherzolitiche ben conservate sono segnalati da un sovrassegno (**SNVf**). L'associazione mineralogica comprende antigorite, magnetite, olivina di neoformazione, clorite, Ti-clinohumite, diopside e carbonato ankeritico. Ti-clinohumite associata a diopside, ossidi e talvolta clorite compaiono anche come prodotti di sostituzione di filoncelli basici. Il crisotilo in fibre è diffuso come riempimento di vene e come fase di crescita tardiva lungo zone di taglio. Al contatto con metasedimenti e metabasiti è frequente la formazione di cloritoscisti, scisti actinolitici, scisti a clorite + actinolite ± talco, in livelli da centimetrici a metrici, a tessitura milonitica, saponosi al tatto (**SAC**); quando il contatto avviene con i metasedimenti questi scisti sono ricchi anche di calcite, con lo sviluppo di vene a calcite rimobilizzata, che documenta la circolazione di fluidi carbonatici associata ad eventi deformativi fragili.

L'Unità tettonometamorfica di Montenotte affiora in una fascia allungata in direzione E-W, nella parte sud-occidentale del foglio 212. Risulta generalmente sovrapposta all'Unità Voltri ed è associata all'Unità di Monte Sotta. L'Unità Montenotte è costituita da un basamento gabbro-peridotitico con relativa copertura metasedimentaria, riequilibrata in condizioni metamorfiche di AP-BT, legate ai processi di subduzione. In alcuni casi è possibile osservare la transizione tra metabasalti, metasedimenti silicei, calcari e scisti filladici, che testimonia la locale conservazione della successione originaria tra basalti, chert, calcari e argilloscisti. Dal basso verso l'alto della successione è possibile distinguere: - serpentiniti di Bric Autzè; - metagabbri del Bric Sportiole; - metagabbri di Rocca Ghingherina; - metabasalti del Bric del Tamburo; - metasedimenti silicei di Isola; - calcari di Poggio Castellaro; - scisti filladici di Pian del Pino secondo i rapporti stratigrafici di seguito rappresentati.

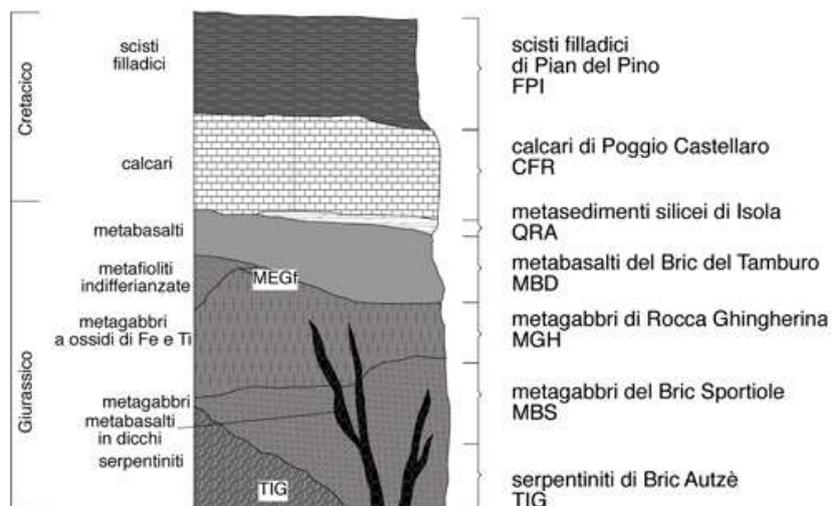


Fig. 6.4 - Schema stratigrafico tratto da Note alla carta Geologica Foglio 212 Spigno Monferrato

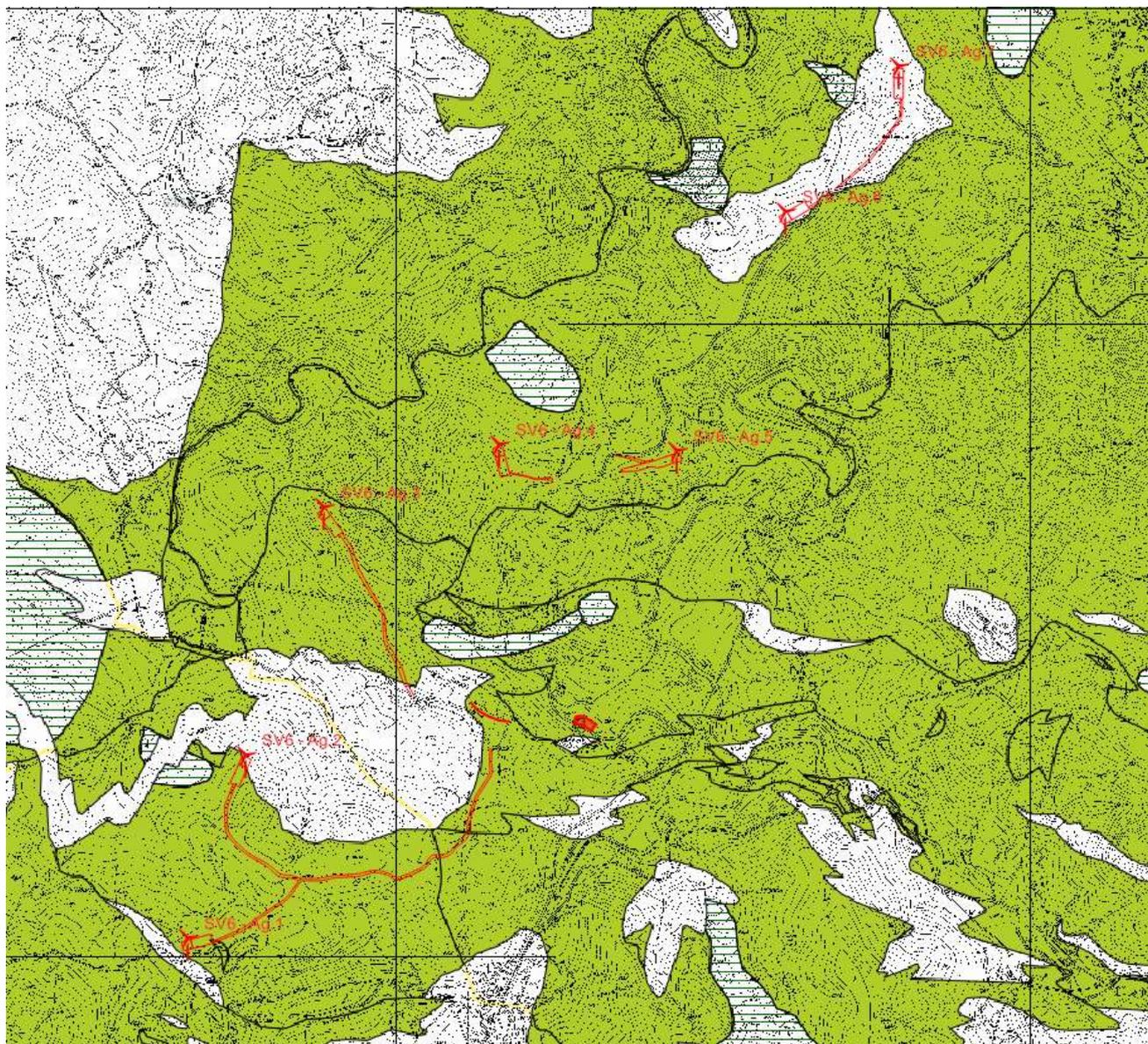
Le seguenti formazioni sono presenti entro l'area di intervento:

- **Serpentiniti del Monte Autzè (TIG)** consistono in serpentiniti a crisotilo  $\pm$  lizardite  $\pm$  antigorite, frequentemente a relitti mineralogici e tessiture di lherzolite, spesso cataclastiche. Il crisotilo è presente anche in vene. Affiorano in grossi corpi allungati in direzione est - ovest, al limite settentrionale dell'unità e in lenti sottili interdigerate con i metagabbri. L'età presunta è compresa tra il Giurassico medio e superiore.
- **Metagabbri del Bric Sportiole (MBS)** affiorano in corpi estesi, grossolanamente allungati in direzione est - ovest e in corpi e lenti meno estese associati alle serpentiniti e ai metagabbri di Rocca Ghingherina. Sono prevalenti metagabbri chiari a grana da media e medio-grande, e tessiture primarie da isotrope a milonitiche, generalmente ben conservate, localmente attraversati da dicchi basaltici. Sono riconoscibili varie generazioni di paragenesi metamorfiche, che vanno da Scisti Blu (Na-anfibolo, albite, epidoto, talco) a Scisti Verdi (actinolite, albite, clorite, epidoto). L'età presunta è compresa tra il Giurassico medio e superiore.
- **Metagabbri di Rocca Ghingherina (MGH)** affiorano in corpi estesi, grossolanamente allungati in direzione est - ovest, e sono costituiti da metagabbri ad ossidi di Fe e Ti, meta-quarzodioriti e plagiograniti in giacitura filoniana. La grana è variabile da centimetrica a millimetrica e le tessiture variano da isotrope, a occhiadine, a listate. Queste ultime tessiture (talora a relitti di diopside e orneblenda bruna), sono localmente ben sviluppate e attraversate da filoni basaltici associati a vene ad orneblenda bruna, ciò che indica una genesi probabilmente legata a deformazioni e metamorfismo di fondo oceanico. L'età presunta è il Giurassico sup.

Le summenzionate rocce affioranti appartenenti all'Unità di Voltri e di Montenotte possono contenere amianto naturale talvolta in concentrazioni superiori ai limiti di legge (1000 mg/kg; D.L.152 del 03/04/2006).

La presenza, la distribuzione e la concentrazione di minerali classificabili come amianto (crisotilo e in misura nettamente subordinata tremolite) in questi litotipi non è ubiquitaria e risulta estremamente variabile, essendo principalmente controllata dalle strutture legate alle deformazioni fragili locali e regionali. In queste rocce, infatti, il minerale del gruppo del serpentino nettamente più

diffuso è rappresentato dall'antigorite; il crisotilo è presente in concentrazioni generalmente inferiori ai limiti di legge ed è intrinsecamente connesso alla tessitura della roccia, risultando difficilmente liberabile a meno di una comminazione meccanica fine. Al contrario, nelle zone deformate, il crisotilo tende a concentrarsi entro sistemi di fratture e microfrazure sia estensionali che di taglio, fino a rappresentare il serpentino prevalente e talvolta esclusivo. In questo caso, queste superfici di debolezza meccanica possono determinare il rilascio di fibre e una loro dispersione nell'ambiente, sia durante eventuali attività di scavo sia a seguito di processi erosivi naturali.



**Pietre verdi WMS**

- A3-Aree caratterizzate da substrato riconducibile a basalti, metabasalti, breccie basaltiche ed affini, segnalate per eventuale presenza di minerali amiantiferi
- A2-Principali depositi e coperture detritiche, corpi di frana interne alle A1
- A1-substrato riconducibile alle pietre verdi, segnalate per la probabile presenza di minerali amiantiferi

**Figura 6.5 Regione Liguria- Cartografia Pietre Verdi – Ubicazione totalità aerogeneratori**

La successione del Bacino Terziario Piemontese o (BTP) si sviluppa prevalentemente lungo il confine Piemonte-Liguria e subordinatamente come lembi isolati nella porzione mediana e sul versante meridionale dell'insieme di catena Alpi Liguri - Appennino Ligure-Emiliano. Il BTP può essere interpretato come un bacino da tardo- a post-orogeno, poichè coinvolto nelle fasi deformative tardo-orogeniche e successivamente alimentato dall'erosione dell'orogene stesso; è altresì un

bacino episuturale, in quanto viene a svilupparsi al di sopra della giunzione tra la catena alpina e quella appenninica, mascherandola almeno in parte ed è infine un bacino epi-mesoalpino dato che si imposta sui vari domini alpini strutturati dalla fase Mesoalpina. La storia deposizionale del BTP è strettamente controllata dalle fasi tettoniche cenozoiche dell'orogenesi alpino-appenninica, ma anche da variazioni eustatiche, che determinano una successione sedimentaria di ambiente da continentale a marino, che copre l'intervallo di tempo compreso fra l'Eocene superiore ed il Miocene superiore e che riposa in discordanza sulle Alpi Liguri e sul settore nord-occidentale dell'Appennino settentrionale.

Nell'area in esame il Bacino Terziario Piemontese è rappresentato dalla sua sezione basale pre-trasgressiva e trasgressiva e consiste di formazioni prevalentemente clastico-terrigene, alimentate dall'erosione della catena alpina conseguente al suo sollevamento, con subordinati episodi carbonatici di biocostruzione, il cui sviluppo è determinato da condizioni paleoambientali complessivamente favorevoli all'insediamento di faune a coralli costruttori e di flore ad alghe rosse calcaree

La seguente formazione è presente entro l'area di intervento:

- **Formazione di Molare (MOR, MORt, MORm)** affiora diffusamente entro l'area di intervento. La formazione di Molare è una unità litostratigrafica prevalentemente clastico-terrigena e subordinatamente carbonatica, attribuita all'Oligocene. I litotipi più frequenti sono rappresentati da conglomerati poligenici, eterometrici, a tessitura grano-sostenuta, con clasti arrotondati di dimensioni variabili da qualche millimetro a diversi metri, localmente fino alla decina di metri. La stratificazione è spesso poco distinta o assente; ove sia osservabile, la potenza degli strati varia da metrica a plurimetrica, con frequenti fenomeni di clinostratificazione. Nel complesso le caratteristiche suggeriscono un apparato deposizionale di fan-delta contigui e coalescenti, con associazioni di facies da prossimali a intermedie. Procedendo verso l'alto stratigrafico, la successione comprende livelli arenacei e marnoso-siltosi, il cui contenuto paleontologico ne permette l'attribuzione all'Oligocene. Nell'area di interesse i tipi litologici rappresentati nei clasti sono principalmente quelli dell'Unità Voltri e dell'Unità Montenotte, anche se localmente ricorrono termini alimentati dalle unità di margine continentale. Soprattutto per gli orizzonti basali, la deposizione avveniva su di un substrato dalla morfologia irregolare, con riempimenti di depressioni preesistenti; la superficie di appoggio sul substrato pre-oligocenico è quindi geometricamente irregolare e spesso non è congruente con le giaciture della stratificazione. Nell'ambito di questa formazione sono state riconosciute litofacies di ambiente continentale o transizionale (**MOR**), litorale e sublitorale molto superficiale (**MORt**) e marino sublitorale relativamente profondo (**MORm**), che verranno descritte qui di seguito dalla più bassa alla più alta stratigraficamente.
- **MOR**: la facies **MOR** è rappresentata da conglomerati da fini a grossolani, poligenici, mal classati, con matrici arenaceo-sabbiose, organizzati in corpi a geometria lenticolare di potenza ed estensione laterale molto variabile, da arenarie da fini a grossolane, poligeniche, da moderatamente a mal classate, con matrice pelitica e subordinato cemento carbonatico, in strati lenticolari di potenza ed estensione laterale molto variabile e subordinatamente da peliti

(essenzialmente siltiti a cemento carbonatico) e da brecce analoghe alle brecce della Costa di Cravara. Questa facies rappresenta condizioni pre- trasgressive con sedimentazione in ambiente di conoide e piana alluvionale, di palude e lacustre, lagunare e paralico, in un quadro climatico di tipo tropicale. Localmente (ad es. Santa Giustina) nella parte sommitale della successione si intercalano depositi di ambiente di spiaggia sommersa e sublitorale molto superficiale, costituiti da siltiti, arenarie e conglomerati, nei quali occasionalmente si incontrano livelli di biocostruzione a coralli ramosi. Il contenuto fossilifero delle facies continentali, in alcuni casi estremamente abbondante e ben conservato, in altri del tutto assente, comprende abbondanti resti di vegetali superiori carbonificati (foglie, rami e tronchi di felci, conifere e angiosperme) e malacofaune dulcicole o salmastre (*Polymesoda* sp., *Ampullinopsis* sp. e *Potamididae*) e più raramente girogoniti di *Characeae*, resti di tartarughe (*Trionyx* sp.) e piccoli coccodrilli

- **MORm**: la facies **MORm** è rappresentata da litareniti e areniti ibride da grossolane a fini, poco o mal classate, con matrice siltosa e cemento calcareo, più o meno intensamente bioturbate, organizzate in strati mal distinguibili e con laminazione pian parallela poco riconoscibile; localmente sono interessate da diffusi fenomeni di riprecipitazione del  $\text{CaCO}_3$  che portano alla formazione di blocchi fortemente cementati, che simulano una stratificazione. Seguono e localmente si intercalano nelle areniti sopra descritte, siltiti grossolane e siltiti marnose con prevalente cemento calcareo, più o meno intensamente bioturbate, in strati mal distinguibili e con frequente laminazione pian parallela, spesso, ondulata e discontinua. Il contenuto paleontologico comprende malacofaune (frequenti pettinidi ed ostriche), anellidi, rari foraminiferi planctonici e più frequenti bentonici (tra cui *Operculina* spp., *Amphistegina* sp., e rara *Nephrolepidina* sp.), Alghe calcaree rosse. L'ambiente deposizionale che si deduce dalle caratteristiche di questa litofacies è marino di piattaforma interna distale. L'età indicata dal contenuto paleontologico è l'Oligocene superiore.

Su tali litologie appaiono localmente sovrapposti depositi quaternari che comprendono gran parte dei sedimenti attuali e quelli che li hanno preceduti in tempi relativamente recenti. Essi comprendono: frane; detriti di versante, detriti di versante a grossi blocchi; detriti di falda; coltri eluvio colluviali.

Nel dettaglio nell'area di intervento sono presenti:

- **Coltri eluvio-colluviali (b2)**, qui costituite da coperture detritiche di spessore da medio ad elevato, dovute ad alterazione in situ e, in seguito, mobilizzate da processi di versante ad opera di gravità e acque correnti e superficiali, costituite da clasti eterometrici di varia litologia in matrice pelitica e/o sabbiosa. Talvolta tali accumuli risultano pedogenizzati e frammisti a materiali di diversa origine (detritica o fluviale), in particolare nell'ambito della frangia pedemontana lungo i principali corsi d'acqua. Tali materiali presentano caratteristiche composizionali, geotecniche e idrogeologiche assai variabili. Sotto il profilo dell'equilibrio di versante, mostrano condizioni in molti casi al limite di stabilità: sono, quindi, soggette a lenti



L'assetto geomorfologico del Foglio è caratterizzato da una marcata eterogeneità morfologica, legata in primo luogo alla notevole varietà di litotipi presenti, al complesso assetto strutturale e all'evoluzione tettonica, anche recente, che ha interessato questo settore delle Alpi Liguri; secondariamente, ai molteplici agenti morfogenetici (gravità, acque correnti e superficiali, processi crionivali, ecc.) che hanno condizionato e condizionano tutt'oggi l'evoluzione morfologica sia del versante tirrenico sia del versante padano e della zona di crinale.

Il settore analizzato è caratterizzato dalla prossimità dello spartiacque tirrenico-padano, con una marcata asimmetria tra i due versanti della dorsale: il versante tirrenico, ad elevata acclività, e il versante padano con la zona del crinale spartiacque, caratterizzati da morfologie poco acclivi.

La fascia assiale della dorsale spartiacque è caratterizzata da una morfologia poco acclive, il cui modellamento è riconducibile in gran parte alle variazioni climatiche che si sono succedute nel corso del Quaternario dove ripetuti cicli di gelo e disgelo, processi di scioglimento delle nevi e circolazione delle acque di fusione sono stati i principali agenti morfogenetici di questo settore, la cui genesi è pertanto riconducibile a processi crionivali tipici di un ambiente a clima freddo, all'estremo limite delle nevi perenni. Nel corso dell'ultima glaciazione, intensi processi crioclastici hanno causato la progressiva disgregazione dell'originario substrato roccioso: gli accumuli di materiale detritico prodotti sono stati in seguito mobilizzati dalla notevole quantità di acqua e masse limose derivanti dallo scioglimento delle nevi, con la messa in posto dei clasti all'interno d'impluvi o al di sopra di superfici spianate. L'azione erosiva legata all'evoluzione recente ha poi progressivamente smantellato queste forme.

Il versante padano è caratterizzato da morfologie blande e molto articolate con un reticolo molto sviluppato e fortemente controllato dalla tettonica. I principali agenti morfogenetici sono la gravità e le acque correnti e superficiali, unitamente alle caratteristiche litologiche e tettonico-strutturali. La morfologia di questi settori risulta piuttosto differenziata con versanti mediamente acclivi, caratterizzati localmente da scarpate rocciose verticali o subverticali lungo i principali corsi d'acqua laddove affiorano i litotipi più tenaci delle unità metamorfiche del Gruppo di Voltri mentre blande morfologie collinari dove affiorano le rocce sedimentarie del Bacino Terziario Piemontese.

### **Dissesti.**

L'area interessata dal progetto non risulta direttamente interessata da fenomeni di dissesto "cartografabili", seppur non si possa escludere né la presenza di limitati scoscendimenti delle coltri né localizzati eventi di crollo, entrambe dovuti all'elevata acclività. L'esame della cartografia IFFI (Inventario Fenomeni Franosi Italiani) avvalorata tale considerazione evidenziando la totale assenza di dissesti con dimensioni tali da essere cartografabili che possano interessare direttamente gli aerogeneratori o la viabilità accessoria. Solo a valle dell'aerogeneratore Ag7 è presente una area cartografata come soggetta a frana per colamento lento quiescente.

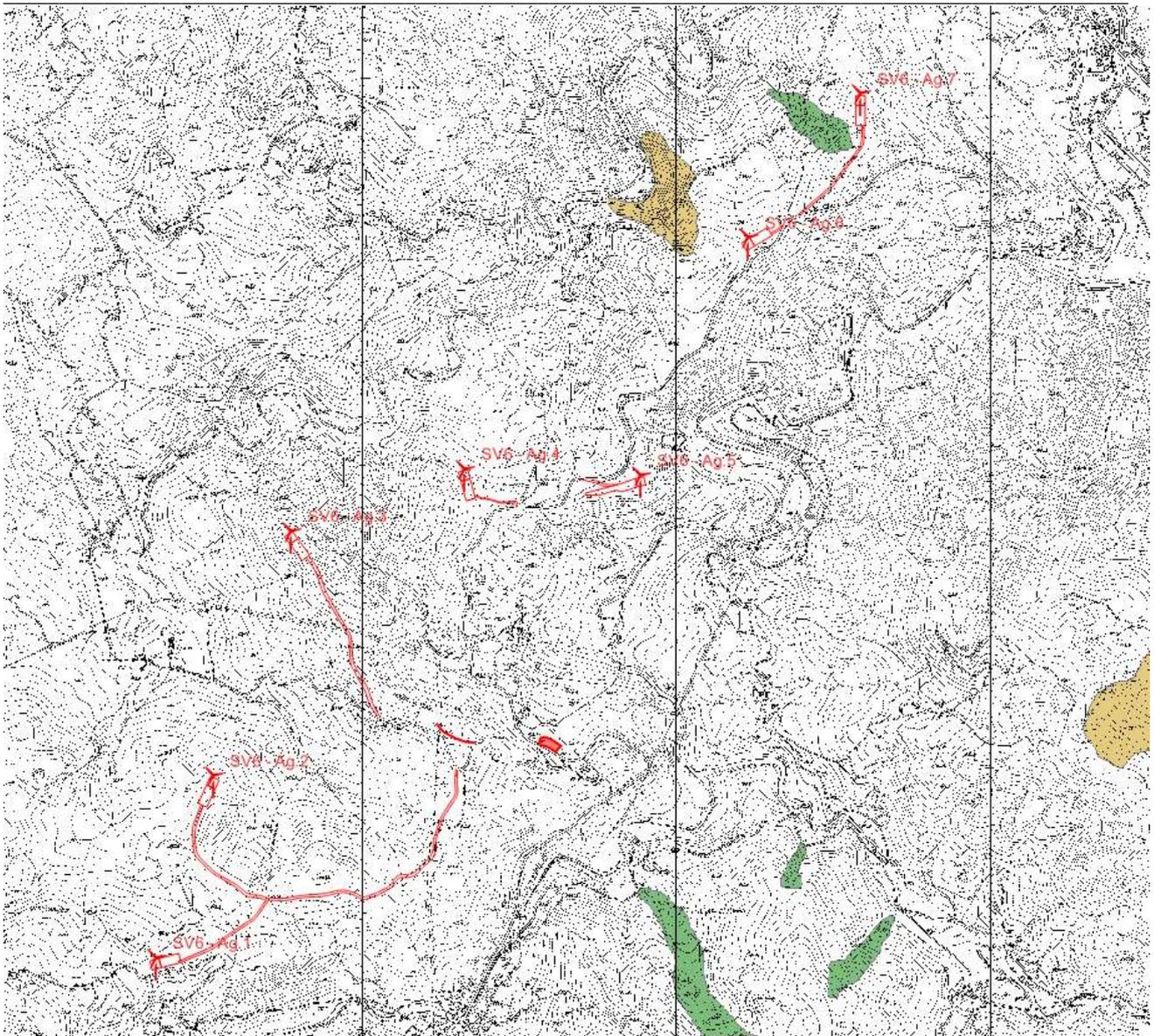


Figura 6.7: Estratto cartografia IFFI

## IDROGEOLOGIA

L'idrogeologia della zona risulta abbastanza semplificata; per quanto riguarda le acque superficiali:

- In prossimità del crinale il drenaggio delle acque è riconducibile essenzialmente alle precipitazioni ed avviene per ruscellamento superficiale diffuso e/o concentrato e, in base alle caratteristiche dei terreni e del substrato, per infiltrazione nel sottosuolo;
- le acque di pioggia che migrano a valle per ruscellamento diffuso, convergono in un reticolo idrografico di tipo immaturo con portate modeste; il reticolo idrografico vero e proprio con portate di maggiore importanza si sviluppa a quote inferiori rispetto a quelle di crinale;
- il reticolo idrografico è rappresentato da numerose piccole incisioni che si sviluppano lungo i versanti, contraddistinte da profilo di fondo generalmente ripido e percorse da deflussi a carattere non perenne/occasionale. Si tratta di corsi d'acqua caratterizzati da regimi dei deflussi tipicamente torrentizi con riattivazioni improvvise, talora accompagnate da violenta

attività erosiva, a causa delle pendenze mediamente elevate dei pendii e delle dimensioni relativamente piccole dei bacini imbriferi.

In prossimità dei siti di installazione è possibile ipotizzare l'assenza di falde acquifere sotterranee dotate di potenza, continuità ed estensione areali significative in quanto sebbene il substrato roccioso possa risultare fratturato e pertanto dotato di permeabilità secondaria e le coperture sciolte possano essere anche dotate di una elevata permeabilità primaria per porosità che consenta l'infiltrazione delle acque meteoriche in profondità, queste vengono limitate sia dalla posizione morfologica sul crinale sia dal modesto areale sotteso. A livello di ammasso roccioso la circolazione delle acque si può pertanto ipotizzare come limitata di fatto a fenomeni di modesti stillicidi dovuti a particolari condizioni strutturali che possono comunque aumentare, risultando comunque contenuti come conseguenza di marcati e consistenti fenomeni meteorici e/o come conseguenza della potenziale fusione di possibili manti nevosi con lentissima permeazione dei fluidi all'interno delle masse rocciose. In nessuna parte dei siti di installazione degli aerogeneratori si sono osservate zone di impregnazione e/o ristagno.

#### **INTERFERENZA CON I VINCOLI IMPOSTI DALLA PIANIFICAZIONE A SCALA DI BACINO.**

- **Regione Liguria - DGR 428 del 21 maggio 2021 - carta della pericolosità idraulica e geomorfologica da frana.**
  - **Disciplina di tutela per aree a pericolosità idraulica e geomorfologica da frana sui bacini padani - Provincia di Savona e di Imperia - DGR 428/2021 - Pericolosità da alluvione fluviale:** sia il tracciato viario di nuova apertura sia le ubicazioni dei singoli aerogeneratori risultano esterni a qualsiasi perimetrazione.
  - **Disciplina di tutela per aree a pericolosità idraulica e geomorfologica da frana sui bacini padani - Provincia di Savona e di Imperia - DGR 428/2021 - "Dissesti Geomorfologici":** sia il tracciato viario di nuova apertura sia le ubicazioni dei singoli aerogeneratori risultano esterni a perimetrazioni di frane, solo a lato dell'aerogeneratore AG7 ed a valle della strada di accesso allo stesso è presente un dissesto cartografato come quiescente.

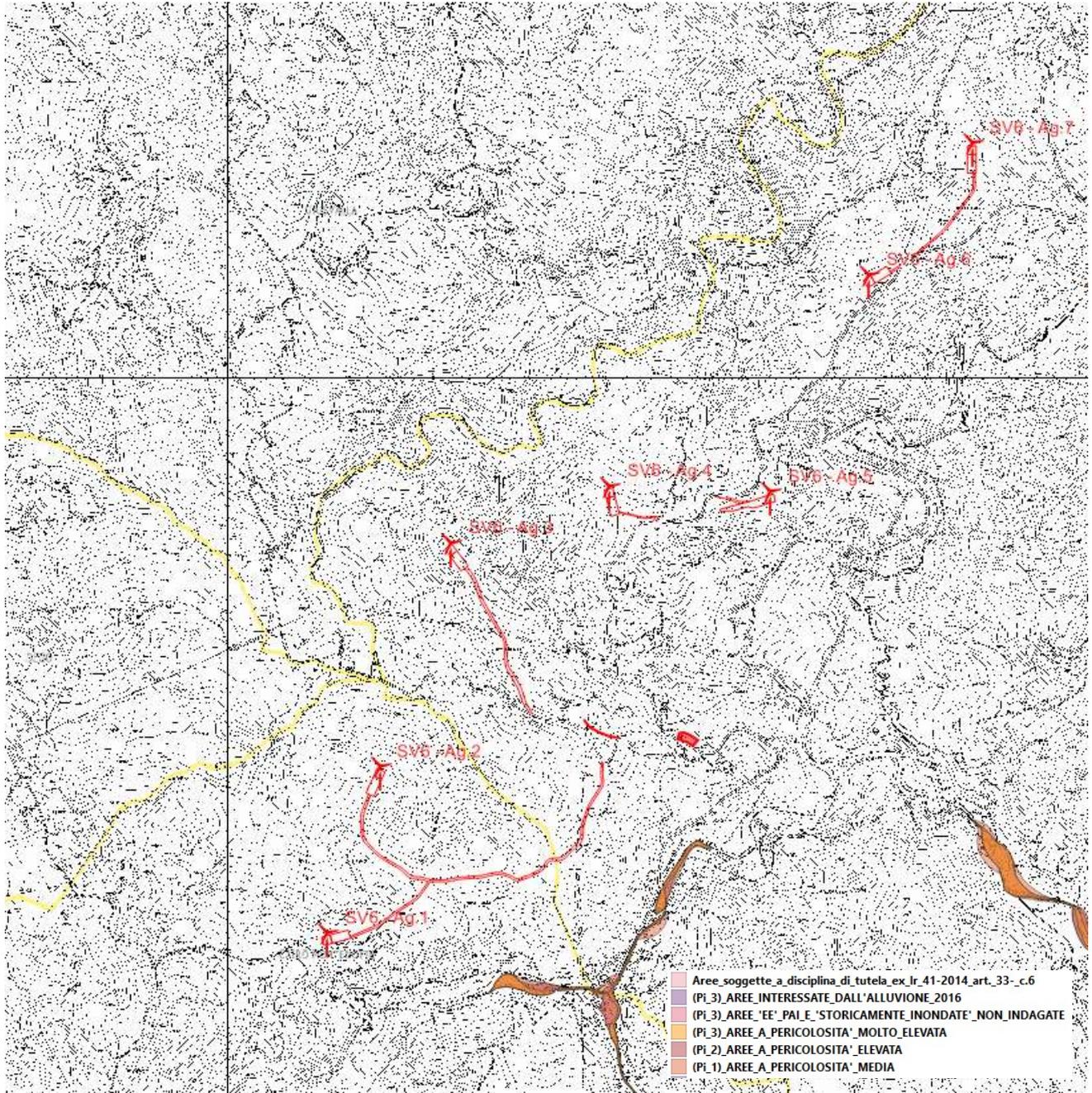


Figura 6.8: Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale - DGR 428/2021 "Mappa della Pericolosità da alluvione fluviale"

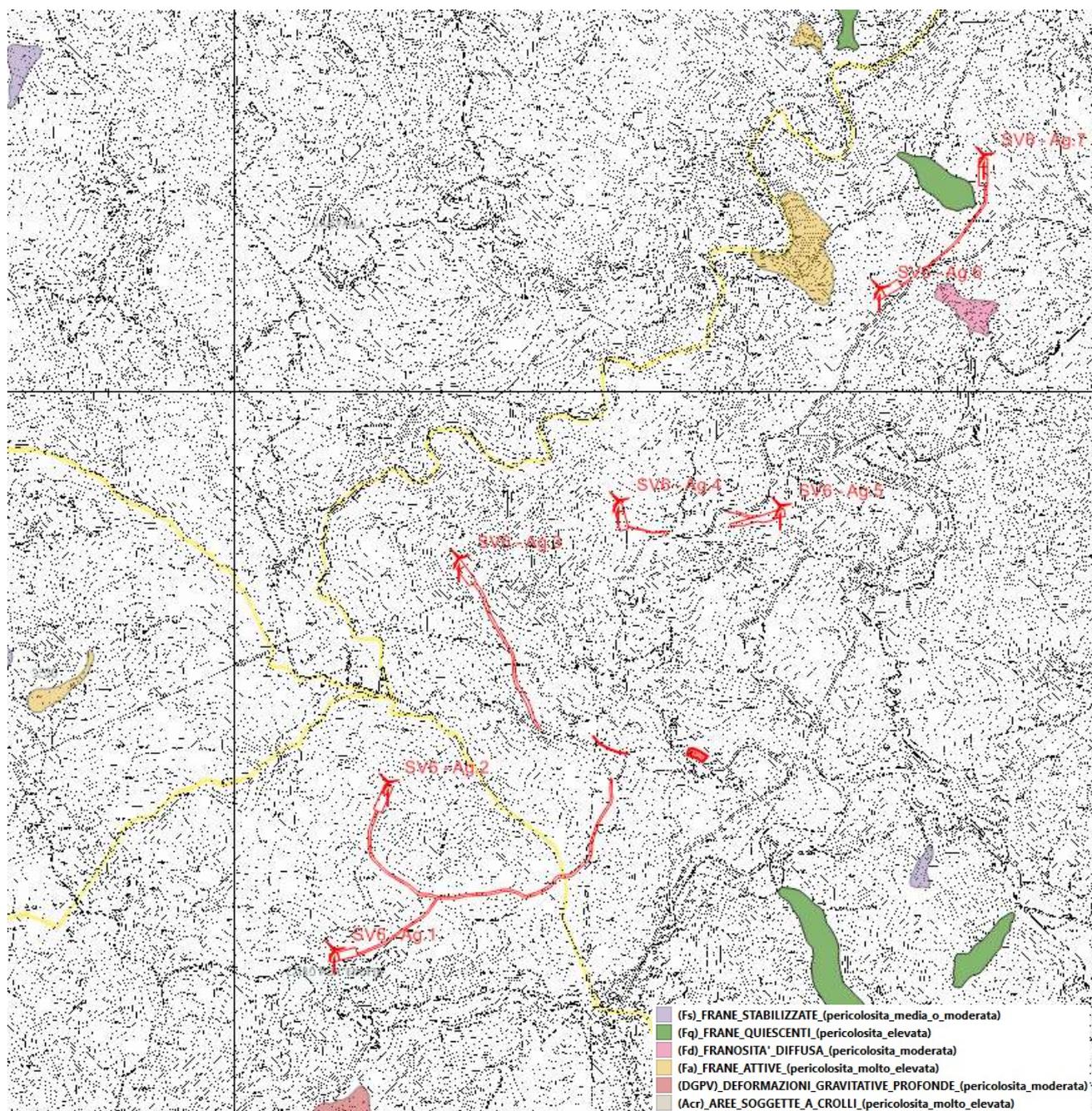


Figura 6.9: Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale - DGR 428/2021 "Dissesti Geomorfologici"

## 7. MODELLO GEOLOGICO DEL SITO

In base alle indagini svolte nonché ai rilievi esperiti direttamente in sito, per l'area d'intervento è possibile individuare il seguente modello geologico:

***"Il sito è caratterizzato, per la sua quasi totale estensione da coperture medio sottili a granulometria medio fine inglobanti frammenti detritici litoidi anche grossolani (localmente possono però essere riscontrate coltri eluvio colluviali di elevato spessore), il sottostante ammasso roccioso appartenente al Gruppo di Voltri, all'Unità di Montenotte e/o al BTP appare generalmente competente ed in medie condizioni di conservazione anche se localmente possono essere riscontrati, entrambe, fortemente tettonizzati ed alterati.***

## **8. MODELLO IDROGEOLOGICO DEL SITO**

In base alle ricerche svolte nonché ai rilievi esperiti direttamente in sito, per il sottosuolo dell'area d'intervento è possibile individuare il seguente modello idrogeologico preliminare:

***“Il sito è interessato dalla presenza di coperture sottili, ma localmente plurimetriche a media capacità di drenaggio, l'ammasso roccioso risulta generalmente asciutto e solo in corrispondenza di intensi fenomeni meteorici risulta interessato da permeabilità in grande per fratturazione e subordinatamente per porosità, specie nelle litologie afferenti al BTP, più o meno accentuata in base al tipo litologico presente in sito. All'epoca del rilevamento sono risultate evidenti, in diversi settori dell'area di intervento diverse zone di ristagno idrico tipicamente per contatto”.***

## **9. MODELLAZIONE SISMICA ED EFFETTI DI SITO**

Nel presente lavoro, per completezza, si individua il modello sismico dell'area di intervento in relazione al progetto, alle tipologie di intervento ed alle peculiarità dello scenario territoriale ed ambientale di riferimento.

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione secondo quanto riportato nelle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018 ed alla Circolare C.S.LL.PP. n° 7/2019.

### **9.1 Zonazione sismogenetica.**

Per determinare il carattere sismogenetico dell'area dei Comuni di Pontinvrea e Cairo Montenotte si è presa in considerazione la pubblicazione dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia nella quale è stato mappato il territorio nazionale in zone sismogenetiche: tale zonazione è chiamata ufficialmente ZS9. La zonazione sismogenetica è basata sul precedente background informativo di ZS4 e recepisce le informazioni delle sorgenti sismogenetiche italiane messe a disposizione da DISS 3.2.1 e da studi inerenti le faglie attive regionali. Tale studio considera inoltre le indicazioni che derivano dall'analisi dei dati relativi ai terremoti più importanti verificatesi anche lontani dalla zona in oggetto. Osservando la carta di zonazione ZS9 si osserva che la sismicità può essere distribuita in zone, ciascuna delle quali è associata una magnitudo massima  $M_{WMAX 50}$ , che si assume come magnitudo attesa M.

La ZS9 può essere utilizzata, insieme al catalogo di CPTI15 per stimare la “profondità efficace” cioè l'intervallo di profondità nel quale è rilasciato il maggior numero di terremoti in una zona sorgente. Osservando la figura seguente, si nota che il comune ricadono all'interno della zona denominata E che indica una zona utilizzata per la valutazione della pericolosità sismica. I limiti tra le zone sono distinti con il colore nero e il blu: quelli neri ridefiniscono i limiti il cui tracciamento dipende esclusivamente da informazioni tettoniche e geologico-strutturali, mentre quelli blu definiscono suddivisioni di zone con uno stesso stile deformativo, ma con differenti caratteristiche di sismicità.

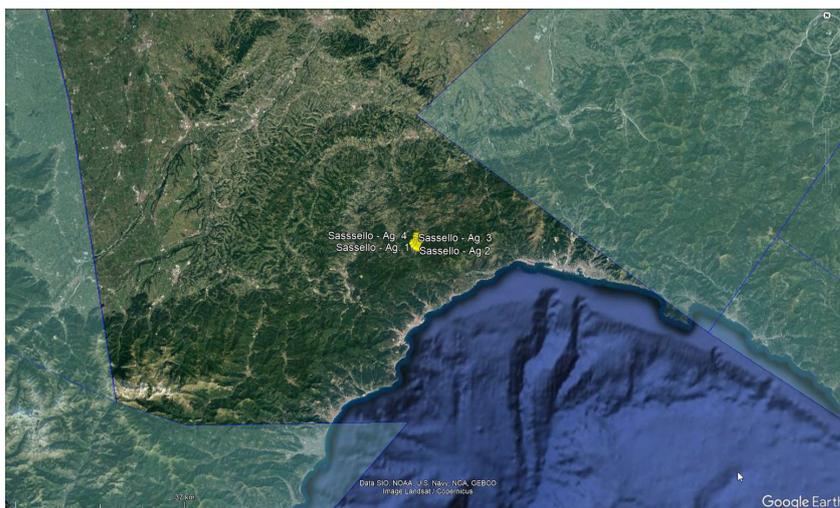
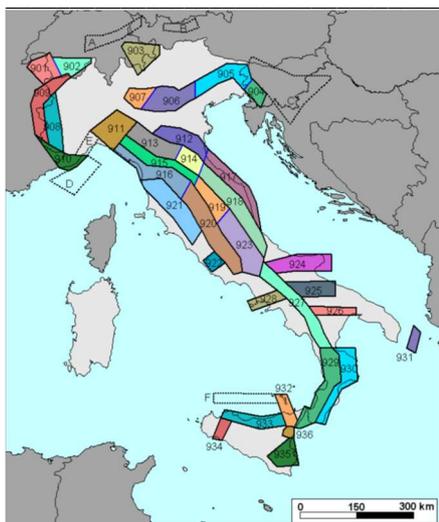


Figura 9.1.1 e 9.1.2: Zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti & Valensise, 2004). Le diverse zone sono individuate da un numero; le zone indicate con una lettera non sono state utilizzate per la valutazione della pericolosità sismica. Il significato del colore (blu o nero) dei bordi delle zone è spiegato nel testo. Il colore delle zone non è invece significativo - particolare dell'area in studio – su base Google Earth

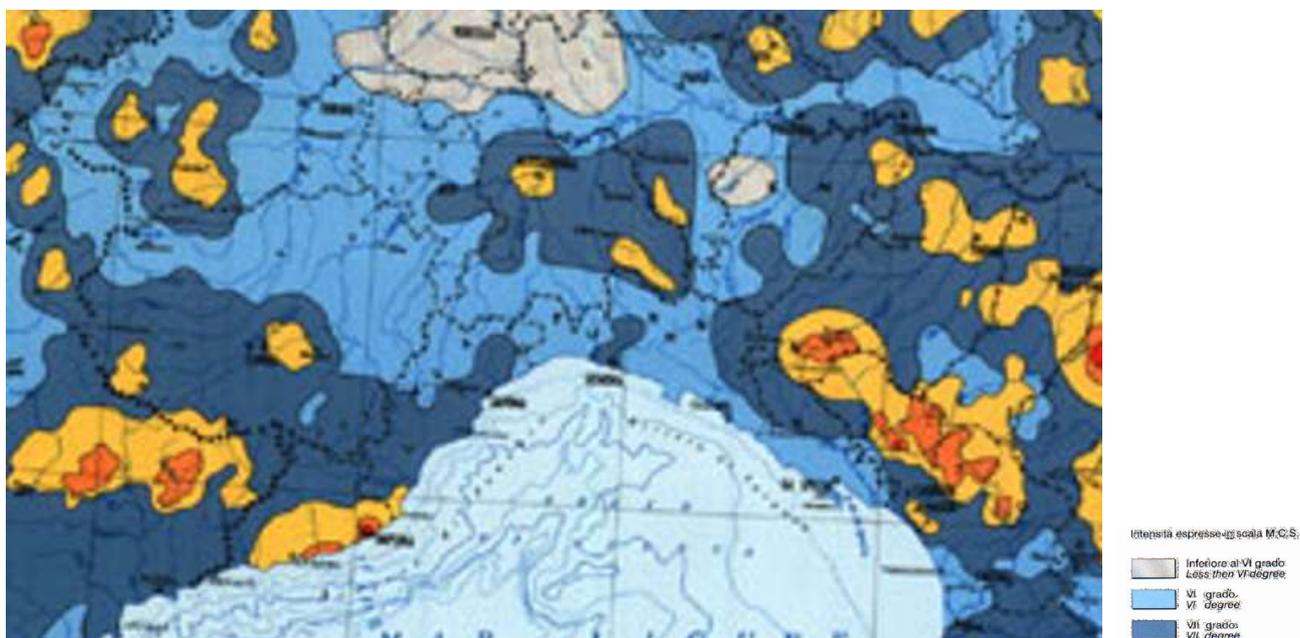


Figura 9.1.3: "MASSIMA INTENSITÀ RISENTITA IN ITALIA" 1995 (Scala 1:1.500.000) a cura di: C.N.R. ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA

Nella sottostante figura ("Massime Intensità macrosismiche osservate nei comuni della Regione Liguria", Molin, Stucchi, Valensise) quest'ultime valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA.

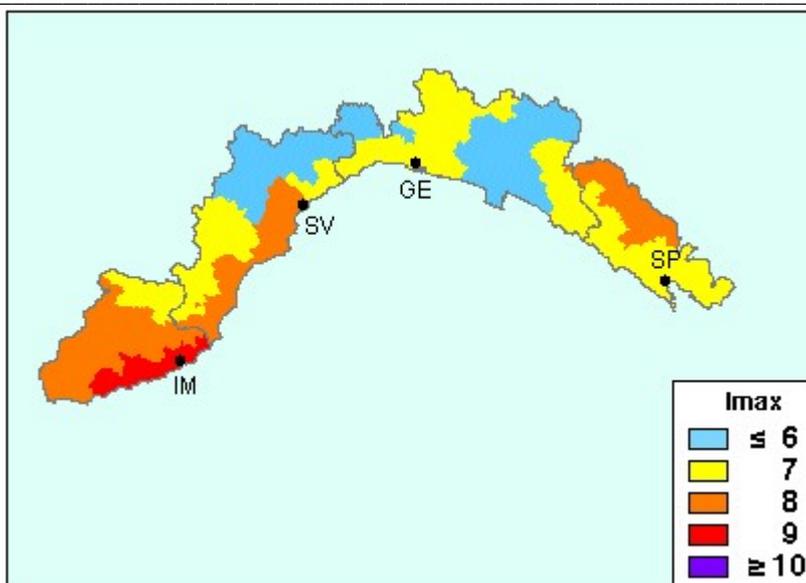
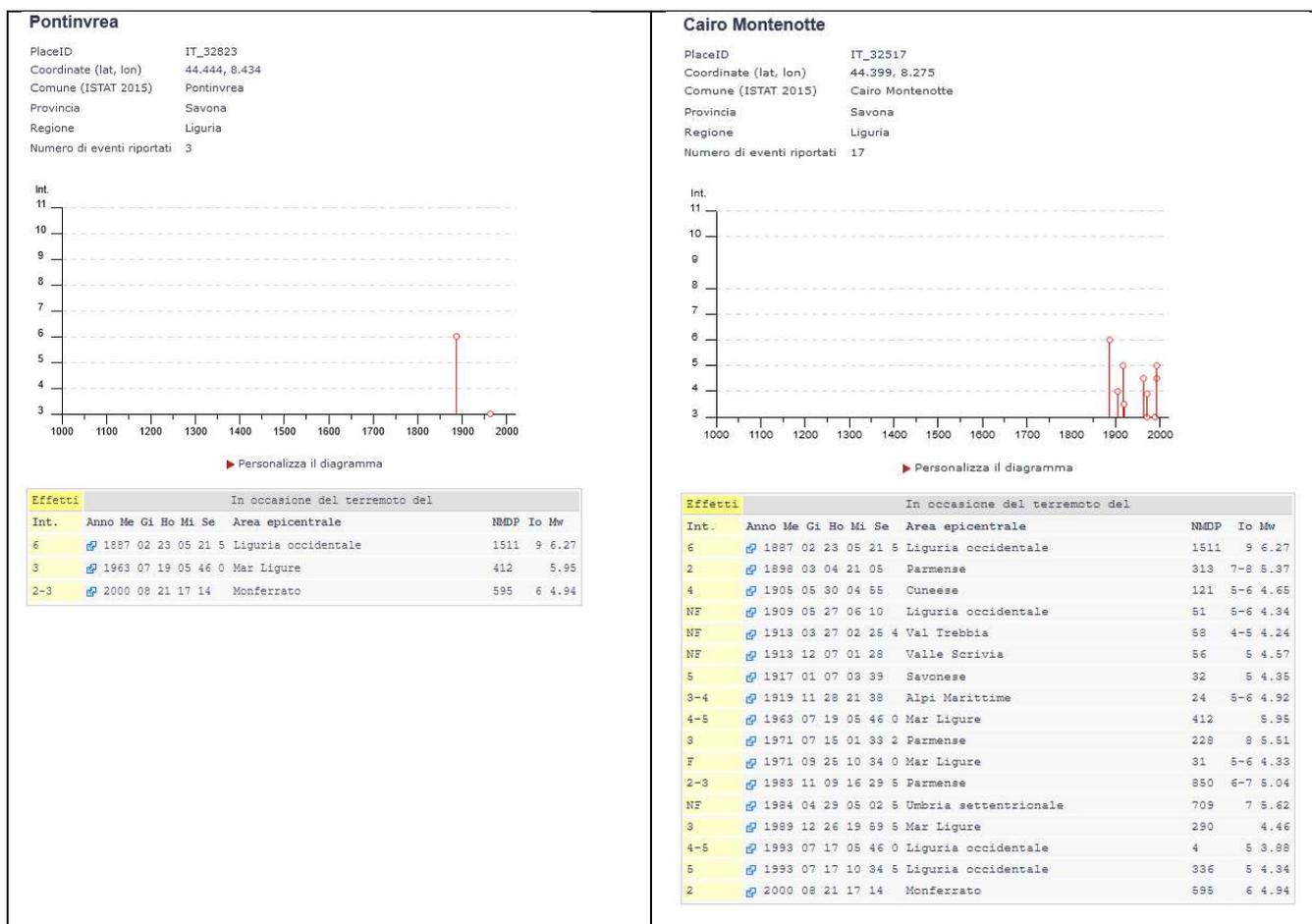


Figura 9.1.4: "Massime Intensità macrosismiche osservate nei comuni della Regione Liguria" (Molin, Stucchi, Valensise)

L'analisi storica della sismicità locale del Comune di Pontinvrea e Cairo Montenotte è riportata entro i database dell'INGV:



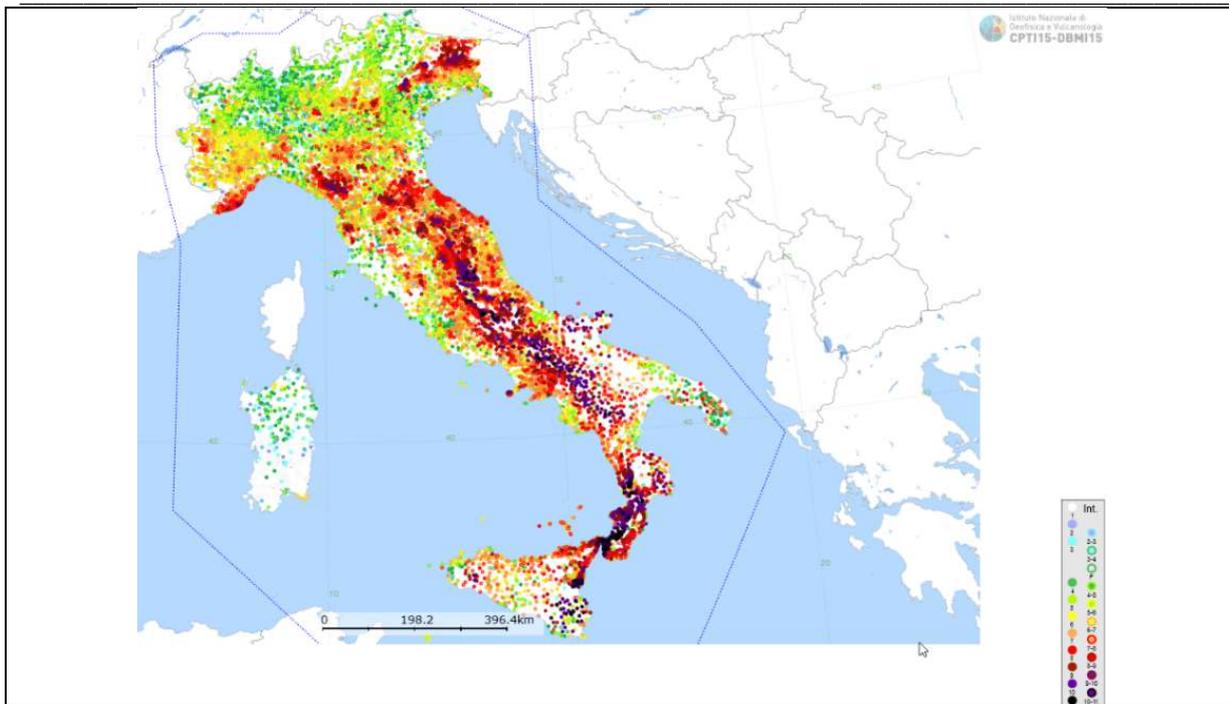
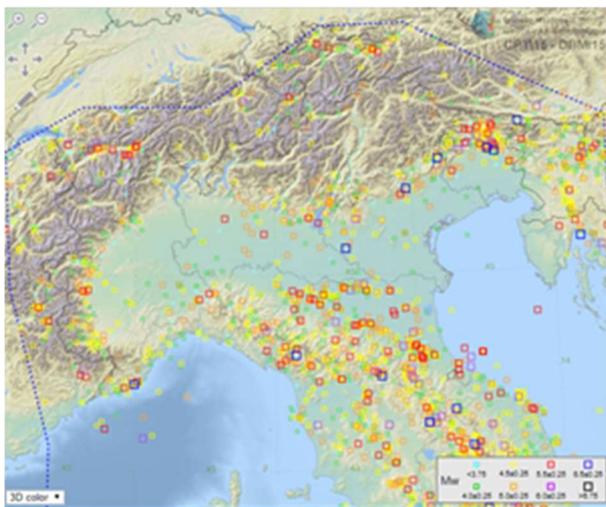
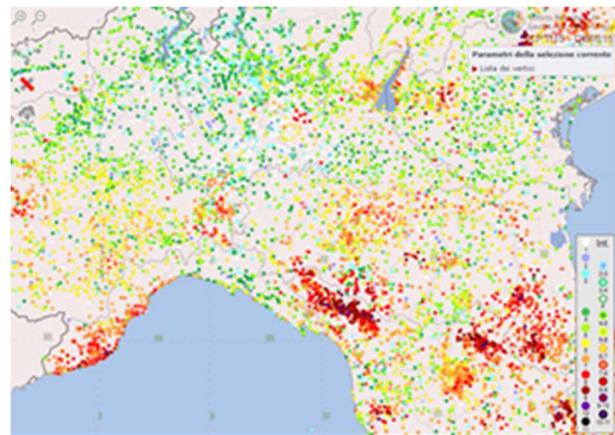


Figura 9.1.5: sismicità storica del Comune di Pontinvrea e Cairo Montenotte



Estratto CPTI15 (catalogo parametrico dei terremoti italiani)  
- dall'anno 1000 al 2014



Estratto DBMI15 - Database macrosismico dei terremoti italiani.

Il principale terremoto storico verificatosi in quest'area di Liguria è pertanto rappresentato dall'evento del 23 febbraio 1887 ( $M_w=6.27$ , catalogo parametrico NT4.1) la cui ubicazione epicentrale è ubicata nella Liguria Occidentale. La bassa pericolosità sismica del territorio in esame, nonostante le numerose testimonianze storiche, si evince dall'esame di quella nazionale riportata nella seguente mappa:

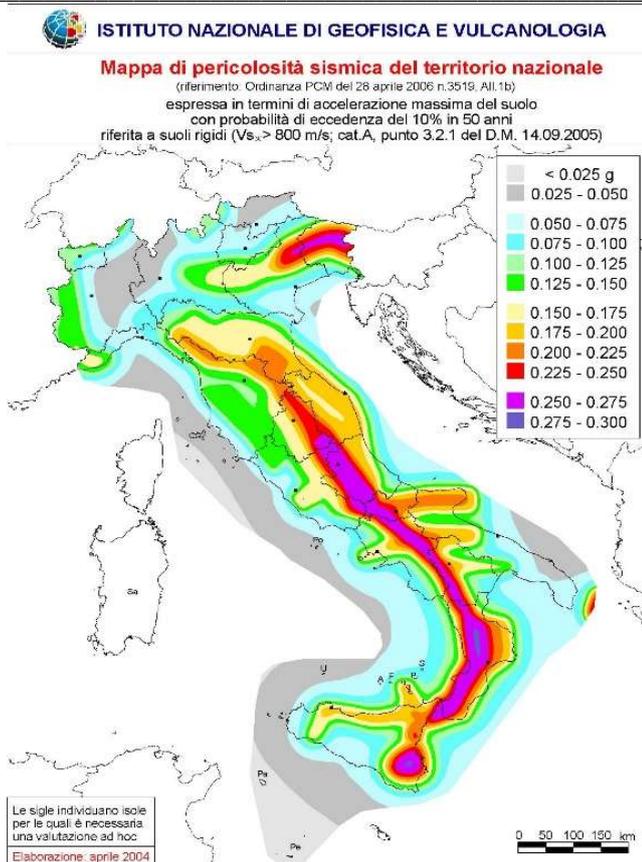


Figura 9.1.8: Mappa di pericolosità sismica MPS04

Il grado di sismicità attesa nella zona dei Comuni di Pontinvrea e Cairo Montenotte è dato da diverse strutture sismogenetiche, le più vicine delle quali sono la ITCS130 – Imperia Promontory e la ITCS022 – Imperia Promontory com'è visibile nella seguente rappresentazione.

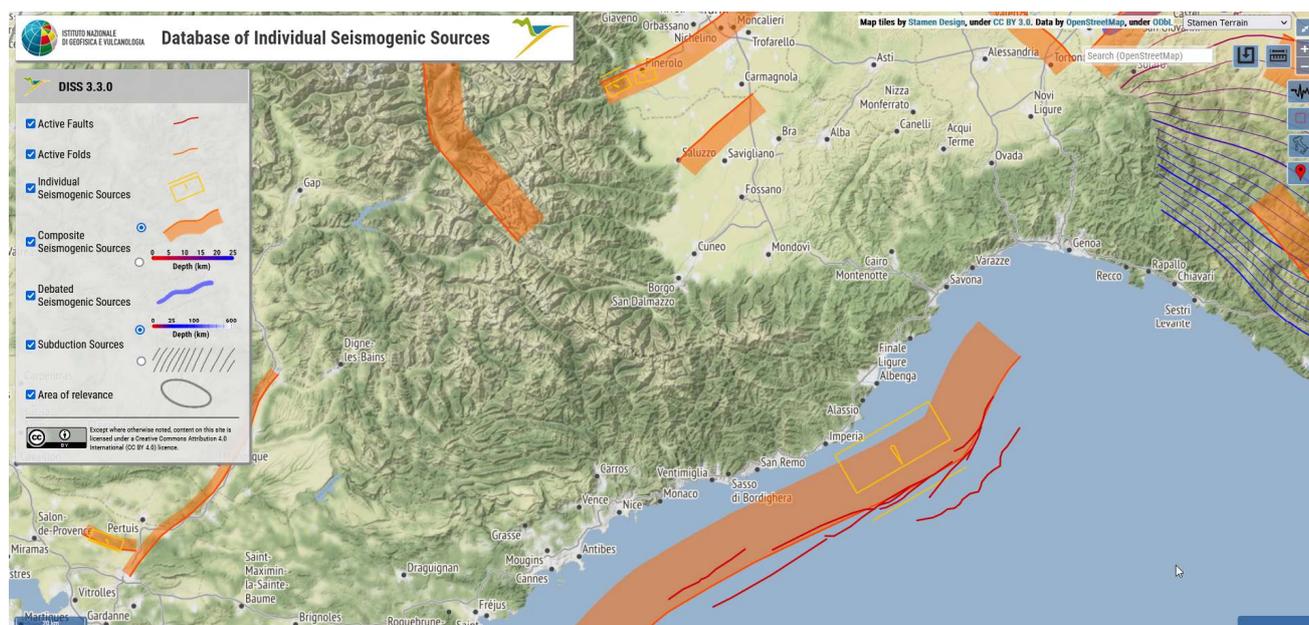


Figura 9.1.9: Schermata del Database DISS dell'INGV.

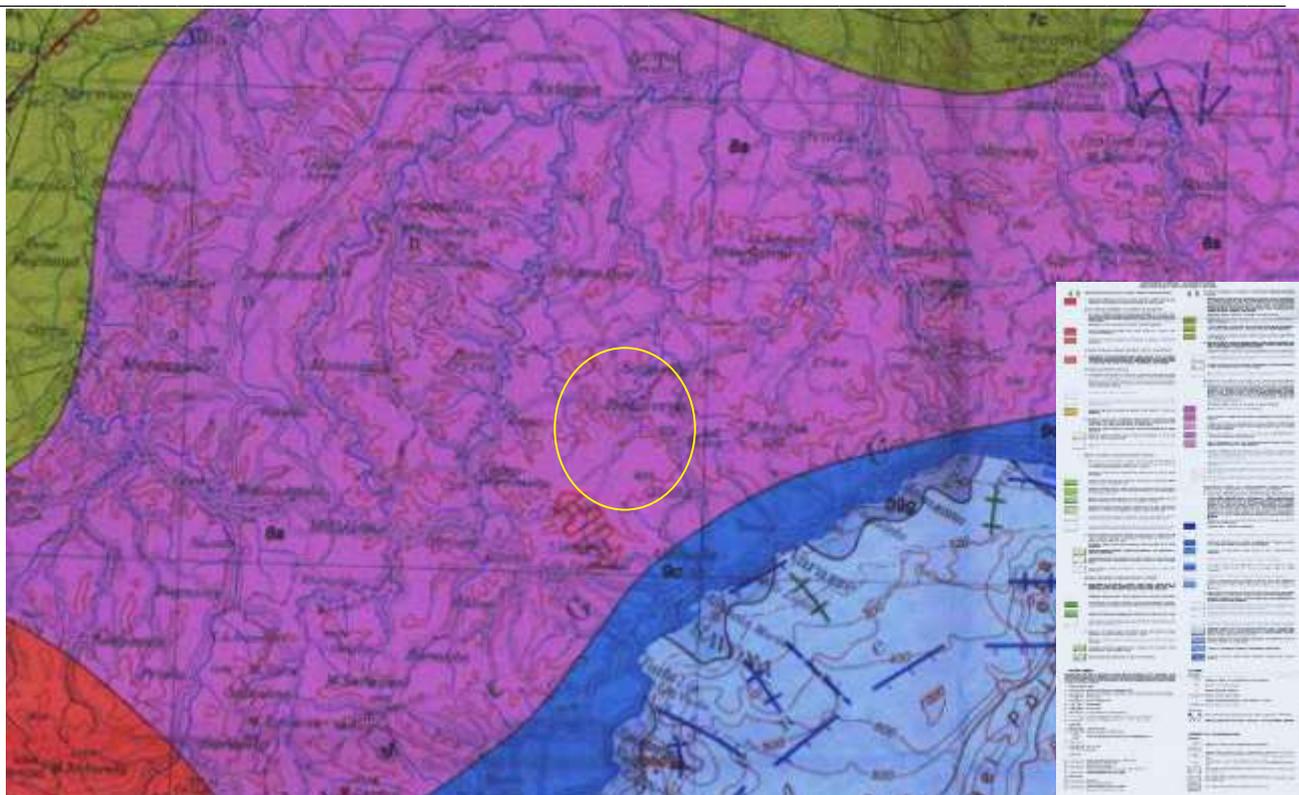


Figura 9.1.10: Particolare della Neotectonic Map of Italy pubblicata dal CNR.

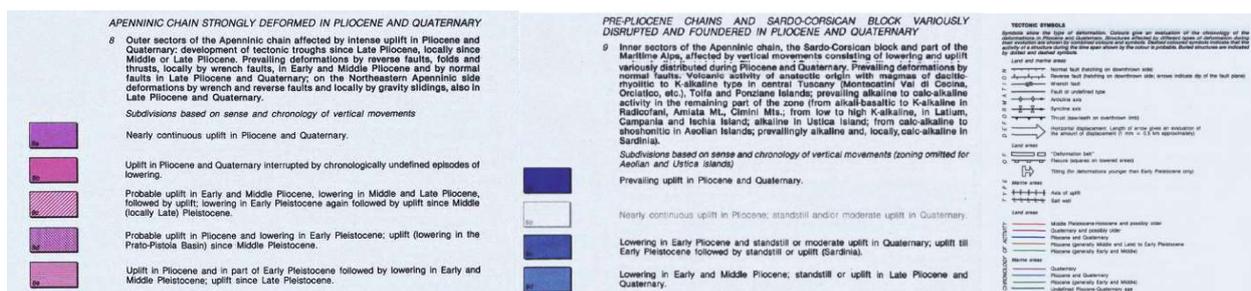


Figura 9.1.11: Legenda

## 9.2 Classificazione sismica della Regione Liguria.

L'area ricade nei Comuni di Pontinvrea e Cairo Montenotte ai sensi delle DGR 216/2017 e 962/2018 risulta inserito nelle seguenti Zone sismiche:

Comune	Zona Sismica
Pontinvrea	4
Cairo Montenotte	4

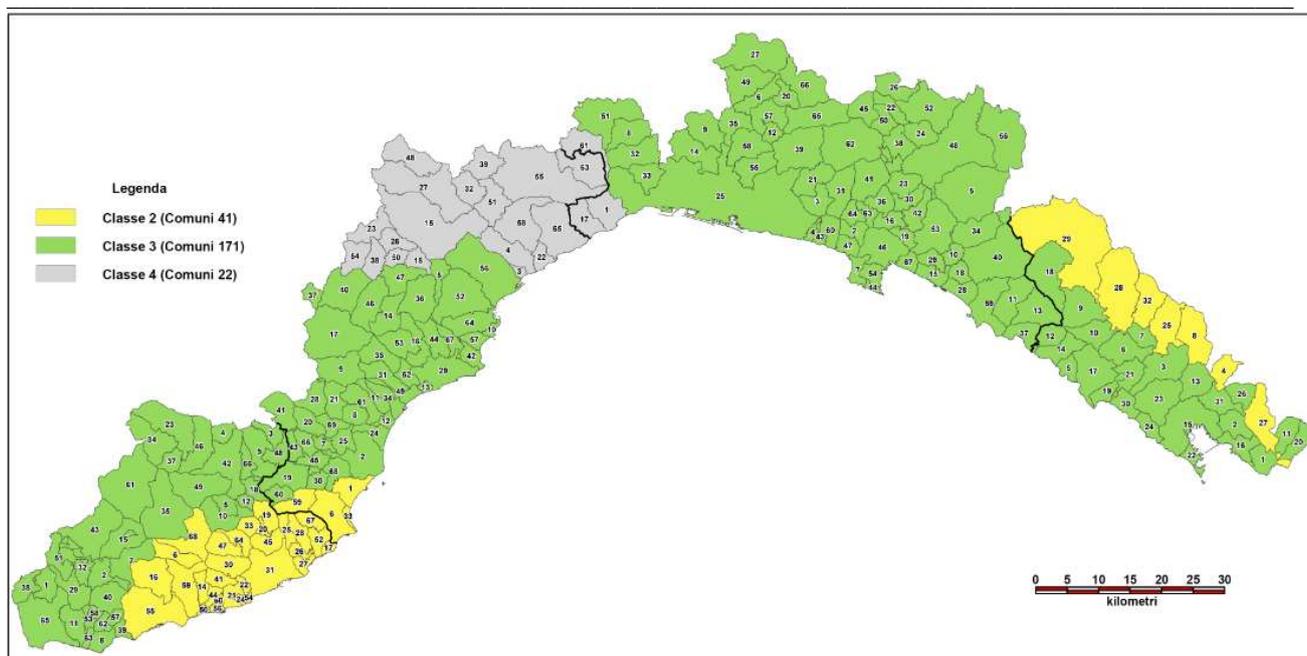


Figura 9.2.1: Cartografia Regionale della Regione Liguria

#### INQUADRAMENTO DELL'AREA NELL'AMBITO DEGLI STUDI E DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA REGIONE LIGURIA.

Sebbene l'intera area oggetto di intervento risulti essere inserita entro le aree soggette a liquefazione ai sensi della DGR. n. 535 del 18.06.2021, non ricade in ambiti urbanistici riconducibili ad ambienti geomorfologici riconducibili ai tipi A e B della tabella B del §.1 - Condizioni e Contesti territoriali di applicazione dell'Allegato 1 della DGR; pertanto, l'intervento è fattibile nel rispetto degli accertamenti ordinari attesi dalle vigenti Norme Tecniche sulle Costruzioni (NTC2018) sulla base di opportuni approfondimenti geologico-geotecnici.

In riferimento alle MS1: Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.) della Regione Liguria l'area globale di intervento risulta sempre esterna alle perimetrazioni effettuate oppure interessata da aree stabili o in corso di approfondimento (studi effettuati su altri Comuni).

Infine, relativamente alle Zone Sismogenetiche della Liguria individuate dalla D.G.R. 534 del 18.06.2021 l'area oggetto di intervento non risulta interessata da faglie Attive Capaci (FAC) e neppure da Faglie Attive Potenzialmente Capaci (FPAC),

#### Azione sismica

Con l'entrata in vigore delle summenzionate NTC la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio legato al sito di costruzione e le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito, che è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, "periodo di riferimento", espresso in anni e denominato  $V_R$ , in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento del periodo di riferimento" è denominata  $P_{VR}$ .

La pericolosità sismica è definita in termini di:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;

- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale;
- $T^*c$  periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale.

Nelle NTC la stima della pericolosità sismica si basa su una griglia di 10.751 punti ove viene fornita la terna di valori  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*c$  per nove distinti periodi e tale calcolo viene determinato via software conoscute le coordinate geografiche in gradi decimali.

#### **VITA NOMINALE DELL'OPERA STRUTTURALE.**

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$  è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta a manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è stata destinata e per le diverse opere è riportata nella seguente Tabella 2.4.I tratta dalle NTC.

**Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale  $V_N$  di progetto per i diversi tipi di costruzioni**

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di $V_N$ (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

**Sulla base dei dati di progetto la  $V_N$  del nostro caso è definibile come  $\geq 100$  anni a causa dei livelli di prestazioni elevati della struttura.**

#### **CLASSI D'USO.**

Alla presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono definite in classi d'uso come di seguito definite.

*Classe I:* Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

*Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

*Classe III:* Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

*Classe IV:* Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

**Sulla base dei contenuti sopra richiamati il progetto in parola ricade in una tipologia di Classe d'uso IV.**

#### **PERIODO DI RIFERIMENTO.**

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di osservazione  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ :

$$V_R = V_N * C_U$$

Dove il valore del coefficiente d'uso  $C_U$  è definito, al variare della classe, come mostrato nella seguente Tabella 2.4.II delle NTC.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

**Nel caso in esame l'interpolazione dei dati consente di definire  $V_R= 200$  anni.**

#### CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO.

Al fine di pervenire ad una corretta modellazione sismica è necessario tenere conto sia delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera sia delle condizioni topografiche poiché entrambi i fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale: tali modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza sono il risultato della risposta sismica locale.

In particolare si definiscono:

- **effetti stratigrafici** – quelli legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno;
- **effetti topografici** – quelli legati alla configurazione topografica del piano di campagna.

Gli effetti della risposta sismica locale sono valutati con metodi semplificati ed è attribuita al sito la pertinente categoria di sottosuolo come definita nella seguente Tabella 3.2.II e ad una delle categorie topografiche tratte dalla seguente Tabella 3.2.III entrambe riportate nelle NTC. Dove le categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali quali creste e dorsali allungate e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore a 30 metri.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	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.
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 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

#### SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI.

La categoria di sottosuolo e le condizioni topografiche incidono sullo spettro elastico di risposta; specificatamente l'accelerazione spettrale massima dipende dal coefficiente  $S = S_s \cdot S_T$  dove:

$S_s$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi Tabella 3.2.V – NTC)

$S_T$  = coefficiente amplificazione topografica (vedi Tabella 3.2.VI NCT)

Per le varie categorie di sottosuolo i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  possono essere calcolati in funzione dei valori  $F_0$  e  $T_c^*$  relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tabella 3.2.V, nelle quali  $g$  è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi. Per tener conto delle condizioni topografiche si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati in tabella 3.2.VI in funzione delle categorie topografiche precedente mente definite in relazione all'ubicazione dell'intervento.

**Tabella 3.2.V – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$**

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

**Tabella 3.2.VI – Valori del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$**

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza del bordo superiore	1,0÷1,2
T3	In prossimità della cresta	1,0÷1,2
T4	In prossimità della cresta	1,2÷1,4

## **10. SINTESI DEI DATI PER L'INQUADRAMENTO DEI PROBLEMI GEOTECNICI E PRESCRIZIONI**

Si elenca di seguito tutto quanto può essere un utile riferimento decisionale per il progettista:

- **Rischio idrogeologico:**
  - Rischio frana attuale: localizzato
  - Rischio frana potenziale: presente
  - Rischio di esondazione attuale: assente
  - Rischio di esondazione potenziale: assente
  - Rischio di erosione concentrata o accelerata su versante attuale: presente
  - Rischio di erosione concentrata o accelerata su versante potenziale: presente
  - Rischio di crollo massi attuale: presente come distacchi
  - Rischio di crollo massi potenziale: presente come distacchi.
- **Rischio sismico: medio, con un sisma "storico" con  $M_w > 6.7$ .**
  - Rischio liquefazione attuale: da valutare a seguito di indagine geognostica
  - Rischio liquefazione potenziale: da valutare a seguito di indagine geognostica
- **Rischio cavità: assente.**

## **PRESCRIZIONI GENERALI**

L'intervento in progetto è un intervento di nuova edificazione degli aerogeneratori afferenti il Parco Eolico Bric dei Mori, per l'esecuzione del quale si forniscono qui le seguenti prescrizioni operative minime, da considerarsi per tutte le opere previste nel progetto, e che dovranno essere soggette a revisione in fase esecutiva:

- tutte le opere in progetto dovranno rispettare le distanze dai corsi d'acqua come previsto dalla normativa vigente con particolare riferimento al R.D. 523/1904, al vincolo idrogeologico e relativa normativa regionale e di bacino;
- in sito dovrà essere sviluppata una corretta rete di regimazione delle acque meteoriche tale da permettere la laminazione dei deflussi e la parziale infiltrazione nel piazzale. Mentre lungo le superficie di neoformazione l'infiltrazione dovrà essere totalmente impedita al fine di mantenere inalterate le capacità tecnico-meccaniche dell'ammasso roccioso;
- non si potranno effettuare accumuli di materiale senza appositi contenimenti;
- le fondazioni dei nuovi manufatti dovranno essere opportunamente dimensionate, a seguito di indagini dirette da condursi su ogni sito di installazione per mezzo di operazioni a carotaggio con prelievo di campione, prove geotecniche di laboratorio e prove di tipo downhole/crosshole, in modo tale valutarne l'effettiva compatibilità con la situazione geologica rilevata in sito; sarà in ogni caso necessario, in fase prodromica a quella esecutiva, valutare, oltre alla tipologia delle fondazioni profonde, interventi di bonifica dei terreni mediante consolidamento e/o sostituzione;
- plinti di fondazione con fondazioni profonde a palo dovranno essere previsti per ogni condizione di rocce tenere o facilmente erodibili, ogni qualvolta il crinale dovesse risultare "sottile" e ogni qualvolta le operazioni di carotaggio, da eseguirsi in fase propedeutica alla progettazione esecutiva, dovessero indicare la presenza di condizioni giaciture sfavorevoli (tipo franapoggio meno inclinato del pendio, elevata fratturazione, ecc.) non visibili in superficie e dovuti alle condizioni tettonico/deformative alle quali è stato sottoposto l'ammasso roccioso;
- preliminarmente ad ogni operazione prevista si dovranno eseguire delle attività di ispezione e controllo del sito e delle porzioni limitrofe allo stesso al fine di evidenziare e risolvere qualsiasi criticità;
- le operazioni scavo e sbancamento del versante dovranno essere svolte in modo tale da minimizzare gli eventuali distacchi di elementi lapidei alterati o terreno di ricoprimento, così come le pareti definitive di rimodellamento dovranno avere una conformazione tale da garantirne la stabilità nel tempo;
- le verifiche preliminari dovranno essere condotte sulle scarpate di neoformazione in configurazione di progetto e dovranno essere tali da permettere una scelta di una situazione stabile e conservativa dei fattori di sicurezza cautelativi;
- i distacchi di elementi lapidei e porzioni di coltre dalle superficie definitive di rimodellamento del versante, intrinseci nell'esposizione delle stesse agli atmosferici, potranno essere contenuti tramite opportune opere di contenimento (reti o altro) oppure essere evitati tramite un opportuno programma di manutenzione comprendente consolidamenti locali e disgaggi da effettuarsi con cadenza temporale prefissata e ravvicinata. Tale programma di manutenzione, seppur scadenzato diversamente, dovrà essere previsto anche in caso di posa di opere di contenimento;
- le strutture di fondazione dovranno essere dotate di monitoraggio tale da verificare le previsioni progettuali e gli standard di esercizio;
- per tutte quelle opere da eseguirsi in rilevato sarà necessario provvedere ad una bonifica del sottofondo ed a costituire rilevati strutturati atti a sopportare le sollecitazioni indotte dalle strutture;

- per tutte le opere lineari e non lineari che localmente interferiranno con zone di dissesto segnalate in cartografia e/o evidenti sul terreno, sarà necessario provvedere con soluzioni progettuali idonee; particolarmente tali soluzioni dovranno ridurre l'azione ipogea di eventuali deflussi di circolazione;
- le opere di rimodellamento necessarie agli adeguamenti delle sezioni stradali dovranno avere scarpate contenute entro i 45° e stabilizzate per mezzo di opere di ingegneria naturalistica (inerbimenti, palizzate, viminate ecc.). Qualora necessario per adeguamento ai carichi stradali previsti potranno essere utilizzate opere decisamente più impattanti, ma che permetteranno di assumere angoli di imposta più ripidi quali terre armate e gabbioni che dovranno puntualmente essere calcolate al termine di idonea caratterizzazione geotecnica dei materiali e dei sedimenti di imposta delle strutture. Qualora si rendessero necessarie riprofilature in roccia, la scarpata finale, ove interessata da fenomeni di instabilità dovrà essere opportunamente consolidata per mezzo di reti e/o chiodature/tirantature.
- le terre e rocce da scavo dovranno essere gestite ai sensi del D. Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii..

Si evidenzia, infine, che tutte le verifiche dovranno essere effettuate a seguito di idonea campagna geotecnica considerando un efficace sistema di drenaggio delle acque superficiali su tutto il fronte, condizione necessaria per il mantenimento dei fattori di sicurezza calcolati.

Savona, li giugno 2024

Dott.ssa Geologo Sabrina Santini (O.R.G.L. n° 338)

Documento firmato digitalmente da Sabrina Santini

Dott. Geologo Alessandro Canavero (O.R.G.L. n° 268)

Documento firmato digitalmente da Alessandro Canavero