

PARCO EOLICO MONTE GIAROLO

Il Committente:



Sede Legale:

via Aldo Moro n. 28
25043, Breno (BS)
P.IVA e C.F. 04324160987

Oggetto:

RELAZIONE GEOLOGICA E DI
PERICOLOSITA' SISMICA

Titolo:

INQUADRAMENTO GENERALE



Data	Emis.	Aggiornamento	Data	Contr.	Data	Autor.
12/2022	AC SS	Emissione	12/2022	AC SS	12/2022	AC SS

Formato A4

DICEMBRE 2022

Commessa

Tip. impianto

Fase Progetto

Disciplina

Tip. Doc

Titolo

N. Elab

REV

22100

EO

DE

GE

R

01

0001

A

CONSULENZA GEOLOGICA A CURA DI:

I Tecnici:

Dott. Geol. Alessandro Canavero
Dott.ssa Geol. Sabrina Santini

Studio Associato
di Geologia Tecnica



di Canavero & Santini

Sede: Piazza Armando Diaz 11/5, 17100 Savona (SV)
tel 019.813843 - 019.2051420 e-mail: geolab@studiogeolab.it

File: Monte_Giarolo_AL01_2022_Geologica_finale_geologica_generale.doc

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

0. SOMMARIO	3
1. OGGETTO DELL'INCARICO	3
2. PREMESSE E RIFERIMENTI ALLE N.T.C.:	4
3. INTERVENTO IN PROGETTO	5
4. PROGRAMMA DI REALIZZAZIONE DEI LAVORI	9
5. CAMPAGNA DI INDAGINI IN SITO	11
5.1 RILEVAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO DI DETTAGLIO	11
5.2 INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE CON INTERPRETAZIONE TOMOGRAFICA E MASW ...	12
6. QUADRO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO REGIONALE	12
7. MODELLO GEOLOGICO DEL SITO	19
8. MODELLO IDROGEOLOGICO DEL SITO	19
9. MODELLAZIONE SISMICA ED EFFETTI DI SITO	19
9.1 Zonazione sismogenetica.	19
9.2 Classificazione sismica della Regione Piemonte.	24
10. SINTESI DEI DATI PER L'INQUADRAMENTO DEI PROBLEMI GEOTECNICI E PRESCRIZIONI	28

0. SOMMARIO

Gli Scriventi, Dott.ssa 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 3R Energia S.r.l.: questo relativamente al progetto di realizzazione di un parco eolico del proponente 15 più Energia S.r.l. composto da 20 aerogeneratori di potenza ciascuno pari a 6,2MW da collocare sotto i crinali montani che da Monte Chiappo raggiungono Monte Bogleglio e da Monte Roncasso a Monte Giarolo, nei territori comunali di Albera Ligure, Cabella Ligure e Fabbrica Curone.

1. OGGETTO DELL'INCARICO

Su incarico conferito dalla 3R Energia S.R.L., 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 Monte Giarolo 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 Piemonte, ARPAP, 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 Monte Giarolo. L'incarico consta nella stesura della relazione geologica e sismica propedeutica alla progettazione globale delle opere.

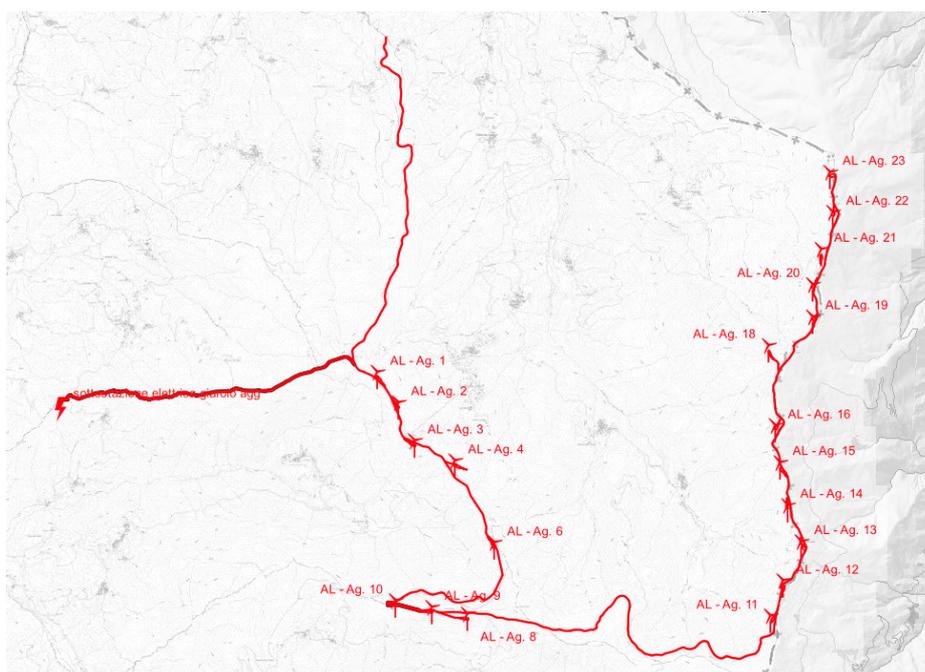


Figura 1.1: Inquadramento dell'area di intervento su base CTR regione Piemonte e Lombardia (aerogeneratori, strada di collegamento tra aerogeneratori, strada di connessione tra parco eolico e sottostazione elettrica, strada di accesso al sito).

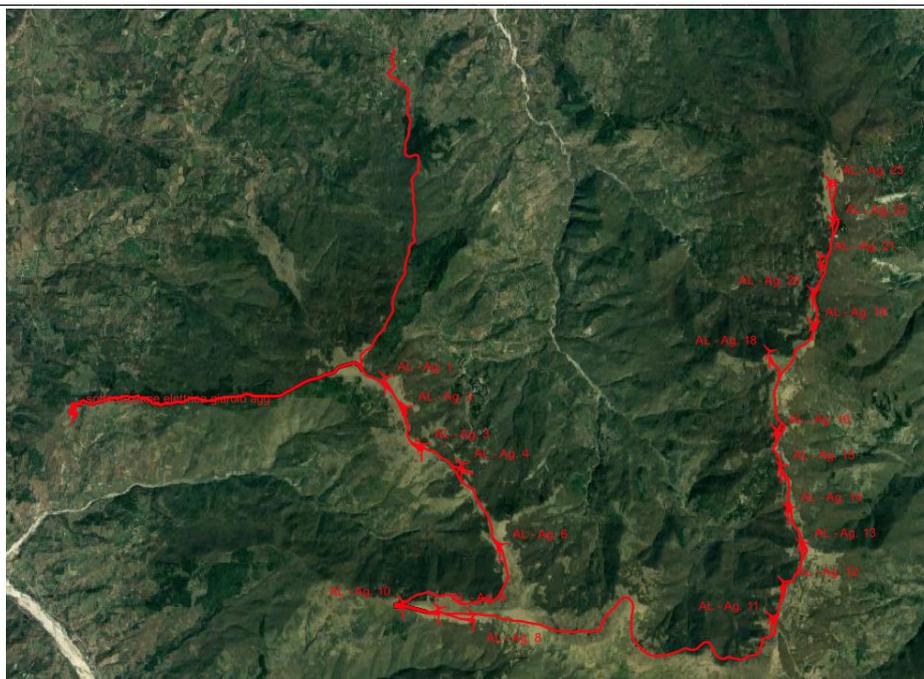


Figura 1.2: Inquadramento dell'area di intervento su base satellite Google Maps (aerogeneratori, strada di collegamento tra aerogeneratori, strada di connessione tra parco eolico e sottostazione elettrica, strada di accesso al sito),

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.

D.M. 17/01/2018	Circolare C.S. LL.PP n° 7/2019
<p>Paragrafo 3.2.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE</p> <p>Categorie di sottosuolo</p> <p>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, V_s. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_S per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.</p>	<p>Paragrafo C3.2.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE</p> <p>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.</p> <p>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). (omissis) ...</p>
	<p>Paragrafo C6: PROGETTAZIONE GEOTECNICA.</p> <p>... (omissis) La caratterizzazione e modellazione geologica del sito, è propedeutica all'impostazione della progettazione geotecnica ... (omissis)</p>
<p>Paragrafo 6.1.2: PRESCRIZIONI GENERALI.</p> <p>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, devono essere esposti in una specifica relazione geologica di cui al § 6.2.1.</p>	
<p>Paragrafo 6.2: ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO.</p> <p>Il progetto delle opere e degli interventi si articola nelle seguenti fasi</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. caratterizzazione e modellazione geologica del sito; 2. scelta del tipo di opera o d'intervento e programmazione delle indagini geotecniche; 	

<p>3. caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce presenti nel volume significativo e definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo (cfr. § 3.2.2); 4. definizione delle fasi e delle modalità costruttive; 5. verifiche della sicurezza e delle prestazioni; 6. programmazione delle attività di controllo e monitoraggio.</p>	
<p>Paragrafo 6.2.1: CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO 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 La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito devono essere esaurientemente esposte e commentate in una relazione geologica, che è parte integrante del progetto. 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>Paragrafo C6.2.1: CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO 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"> - caratteristiche geologiche e successione stratigrafica locale (assetto litostrutturale e stratigrafico, stato di alterazione e fessurazione, distribuzione spaziale e rapporti tra vari corpi geologici); - caratteristiche geo-strutturali dell'area di studio e principali elementi tettonici presenti; - 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; - caratteristiche idrogeologiche del sito e schema di circolazione idrica superficiale e sotterranea; - risultati dello studio sismotettonico; - assetti geologici finalizzati alla valutazione degli effetti di sito sismoindotti. <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 MONTE GIAROLO

Al fine di semplificarne la trattazione è stato suddiviso in una Zona Ovest ed in una Zona Est collegate tra loro dalla strada di collegamento.

Presso la zona Ovest del Parco Eolico Monte Giarolo è prevista l'edificazione di 8 aerogeneratori dei 20 previsti a progetto e rispettivamente quelli denominati AG01, AG02, AG03, AG04, AG06, AG08, AG09 e AG10 su una diramazione secondaria della dorsale montuosa a sviluppo N/S, che dal Monte Bogleglio (Lombardia, metri 1500 s.l.m.) si sviluppa fino al Monte Carmo (Piemonte metri 1630 s.l.m.),

che si diparte verso Ovest dal Monte Chiappo (Lombardia, metri 1720 s.l.m.), in direzione del Monte Roncasso (Piemonte 1635 s.l.m.) su una dorsale montuosa a cuspidi, a sviluppo Ovest-Est-Nord-Ovest individuata dai monti Roncasso, Coserone (Piemonte, metri 1670 s.l.m.) e Giarolo (Piemonte, metri 1480 s.l.m.).

Presso la zona Est del Parco Eolico di Monte Giarolo, invece, è prevista l'edificazione di 12 aerogeneratori dei 20 previsti a progetto e rispettivamente quelli denominati AG11, AG12, AG13, AG14, AG15, AG16, AG18, AG19, AG20, AG21, AG22 e AG23 sulla summenzionata dorsale montuosa a sviluppo N/S che dal Monte Bogleggio (Lombardia, metri 1500 s.l.m.) si sviluppa fino al Monte Carmo (Piemonte metri 1630 s.l.m.).

I principali elementi in progetto sono i seguenti.

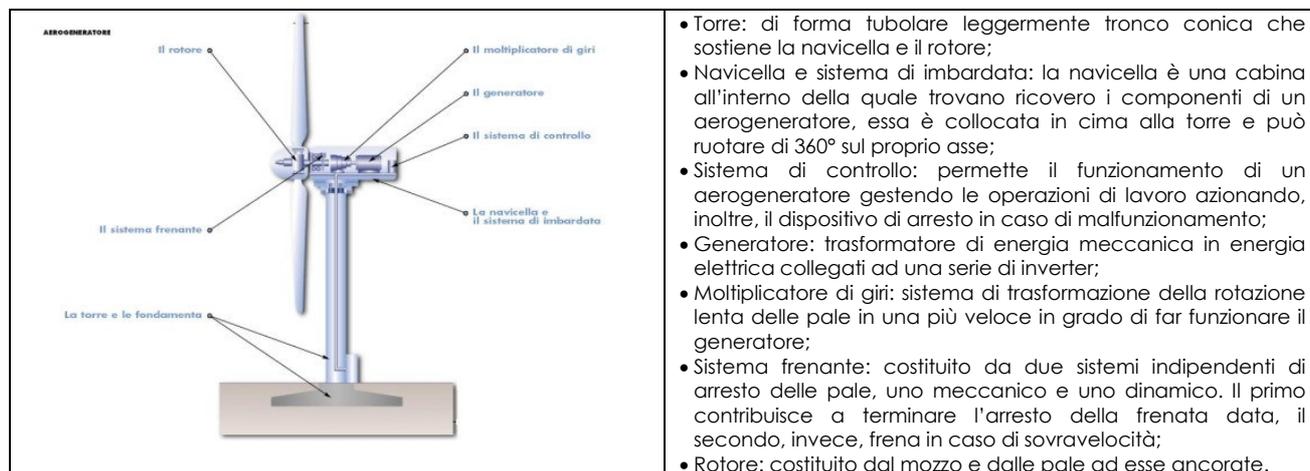
PIAZZOLA DI MONTAGGIO

Per ogni aerogeneratore si prevede la realizzazione di una piazzola dalla forma variabile, e avente una superficie totale di circa 2500 mq, tuttavia, terminata la fase di cantiere, l'area effettiva permanente sarà pari a circa 1500 mq. I restanti mq verranno in parte ripristinati e in parte trasformati in strada di accesso al sito. Com'è possibile vedere nelle tavole specifiche la posizione delle piazzole sul territorio seguente a grandi linee l'orografia del terreno andandosi a incastrare all'interno delle forti pendenze che caratterizzano l'area. La piazzola di montaggio dell'aerogeneratore costituisce lo spazio di montaggio e successivamente manovra delle gru che permetteranno il montaggio dei vari componenti degli aerogeneratori

AEROGENERATORI

Gli aerogeneratori che verranno utilizzati saranno di modello VESTAS V162 avente potenza nominata di 6,20 MW, altezza al mozzo del rotore pari a 162 m per una altezza complessiva di 209 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 di tipo indiretto costituito da un plinto di fondazione di 25 metri di diametro per una altezza di circa 3.50 metri al quale saranno collegati pali di fondazione opportunamente immorsati nelle porzioni più sane ed inalterate del substrato roccioso. Sebbene per ogni aerogeneratore sia già stata effettuata una campagna geofisica preliminare, l'esatta lunghezza di tali fondazioni indirette verrà 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 interrata 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 COLLEGAMENTO

Con il termine di "strada di collegamento" si intendono tutte le vie che collegano le singole turbine tra di loro fino al collegamento con la sottostazione elettrica.

Per questa categoria le strade definite esistenti sono in realtà delle strade sterrate in parte classificate come "strade forestali" e in parte come "strade interpoderali", tuttavia vista l'esistenza di questi tracciati si è optato di mantenerne inalterato il sedime originario provvedendo alla realizzazione di piste di cantiere rinforzate e in grado di sopportare il carico del transito dei mezzi.

La larghezza della strada di collegamento sarà pari a circa 6/7 metri, avrà una lunghezza complessiva di circa 21 km, di cui 8 km su nuovo tracciato e una pendenza massima del 20%; la scelta di mantenere il tracciato della strada esistente, dove possibile, è stata effettuata al fine di contenere il volume delle opere di sbancamento e riporto ottimizzandone gli impatti sul territorio.

Così come per le piazzole, anche la viabilità di collegamento verrà realizzata con sottofondo in misto naturale ed ulteriore strato di misto stabilizzato, mentre la formazione dei rilevati avverrà anche mediante l'impiego di materiale proveniente dagli scavi (se a seguito di analisi verrà classificato come idoneo) per la realizzazione delle sezioni in trincea. Localmente tale viabilità interferirà con zone di dissesto segnalate in cartografia ed evidenti sul terreno, pertanto, è stato previsto di utilizzare una soluzione costruttiva caratterizzata da un basamento in cls impostato su micropali. Al di sotto di tale viabilità di collegamento tra le turbine sarà posto un cavo interrato che le collegherà tra di loro per poi convogliare l'energia prodotta alla rete Nazionale.

STAZIONE DI CONSEGNA IN COMUNE DI ALBERA LIGURE

La sottostazione elettrica è un'area di 38x57 metri ove vi è un edificio tecnico di 34.40 x 8.55 m ed un'area con le apparecchiature elettriche necessarie alla trasformazione a 132KV della corrente proveniente dalle turbine che è a 36KV. Tale trasformazione permette di realizzare, senza eccessive

perdite, la strada che collega il punto ove è realizzata la sottostazione al punto di consegna presente ad Arquata Scrivia.

Poiché il terreno ove si è prevista la sottostazione presenta una certa pendenza, si sono previsti degli scavi e la realizzazione di un muro in calcestruzzo al fine di contenere il terreno ove si scava e parimenti il riempimento per la parte ove è necessario alzare la quota del terreno esistente. Al fine di mitigare la visibilità della sottostazione, si prevede una piantumazione perimetrale di alberi a medio fusto al fine di mitigare la visibilità del muro controterra.

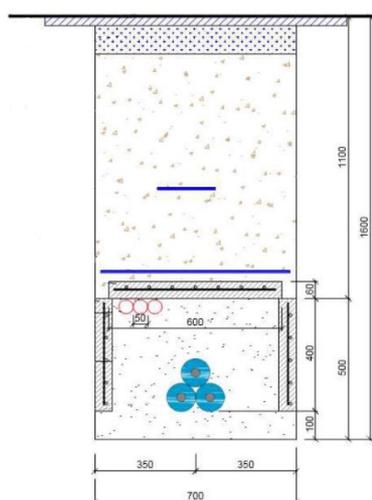
E' parimenti necessario realizzare una strada di accesso al terreno ove si prevede la realizzazione della sottostazione, che permette il collegamento dell'area alla strada che porta alla frazione Vendersi. Tale strada necessita di scavi e riporti di materiale, la stessa sarà asfaltata per garantire la carrabilità in ogni momento ai mezzi per la manutenzione. I muri controterra saranno realizzati con le terre armate al fine di meglio inserire a livello ambientale la strada.

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 la sottostazione;
- Realizzazione sottostazione elettrica;
- Posa cavidotto interrato AT di collegamento tra la sottostazione ed il punto di consegna

Il percorso del cavidotto interno al campo sarà posto in corrispondenza della nuova strada di collegamento tra le turbine eoliche mentre il cavidotto di collegamento tra la sottostazione e la cabina primaria verrà collocato lungo la Strada Provinciale esistente avendo cura di posarlo in corrispondenza della banchina o dove non vi sono altri sottoservizi presenti, rispettando le disposizioni previste per legge e secondo le autorizzazioni dei proprietari delle strade.



I collegamenti su strada esistente asfaltata avranno una profondità massima di 1,70 m al cui interno verranno posati n. 3 cavi XLPE e un tritubo da 50 mm, gli stessi verranno prima ricoperti da uno strato di cemento magro e successivamente protetti da specifiche piastre di protezione in cav UX LK20/1 e LK20/3 come da immagine di seguito riportata.

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

Il collegamento tra le turbine e la sottostazione avviene in un apposito cavidotto di nuova realizzazione ove si prevede di posare un tubo dn200 per ogni gruppo di turbine che vengono collegate in serie, così da avere un cavidotto nel tratto terminale di n. 4 tubi dn200 che raggiungono la sottostazione di elevazione. Anche in questo caso si prevede la posa nella banchina della strada secondo le profondità dettate da Enel per i cavi di media tensione.

ADEGUAMENTI ALLE STRADE PROVINCIALI E COMUNALI

A seguito di un'analisi della rete viaria esistente, effettuata mediante rilievi con scansione lidar e sopralluoghi specifici, si è ritenuto necessario provvedere all'adeguamento di alcuni tratti viari a partire dall'abitato di San Sebastiano Curone, fino ad arrivare alla nuova strada sterrata di accesso al sito.

Tali interventi si rendono necessari in quanto le caratteristiche geometriche dei tratti viari di seguito indicati non rispondevano in maniera adeguata al transito dei mezzi.

Tra gli interventi necessari sono presenti:

- Rinforzo della strada e della piazza di San Sebastiano Curone per l'alloggiamento di una gru e il trasbordo dei conci oltre il fiume;
- Allargamento della SP 116 da km 3+222 al km 3+513;
- Allargamento della SP 116 da km 5+100 al km 5+675;
- Realizzazione di una variante stradale nel comune di Montacuto dal km 5+675 al km 6+225;
- Realizzazione di una variante stradale tra i comuni di Montacuto e Fabbrica Curone dal km 6+625 al km 6+925;

Gli allargamenti stradali saranno di carattere permanente in modo da migliorare la qualità viaria della zona che ad oggi risulta essere, in alcuni tratti, fortemente sensibile al dissesto, mentre per quanto riguarda le due varianti saranno di carattere temporaneo salvo richiesta specifica da parte degli Enti.

Localmente tale viabilità interferirà con zone di dissesto segnalate in cartografia ed evidenti sul terreno, pertanto, è stato previsto di utilizzare una soluzione costruttiva caratterizzata da un basamento in cls impostato su micropali.

OPERE DI INGEGNERIA NATURALISTICA

Come anticipato nei paragrafi precedenti, lo scopo del progetto è stato anche quello di limitare quanto più possibile la realizzazione di opere civili che possano creare forti impatti ambientali sul contesto in cui vengono inserite.

Tuttavia, laddove non sia stato possibile limitare gli scavi e i riporti si è provveduto, attraverso opere di ingegneria naturalistica, al sostegno delle scarpate mediante i seguenti accorgimenti:

- Rivestimenti del terreno mediante utilizzo di geostuoia al fine di preservare il terreno da agenti atmosferici che potrebbero compromettere la stabilità delle scarpate;
- Utilizzo di scogliere o terre armate per il sostegno del terreno soggetto ad importanti azioni di sterro o riporto. Tale tecnica permette di sostenere terreni con pendenze fino al 70% migliorando le caratteristiche geotecniche del terreno, per tale ragione la loro presenza sul territorio è predominante.

4. PROGRAMMA DI REALIZZAZIONE DEI LAVORI

Sarà articolato in una serie di fasi lavorative che si svilupperanno nella sequenza di seguito descritta per una durata del cantiere di 3 anni, viste le dimensioni e tenuto conto che l'accesso è garantito da una sola strada.

Le macro attività che si prevedono sono le seguenti:

- Sistemazione della strada tra San Sebastiano Curone fino all'inizio del cantiere
- Realizzazione delle varianti n. 1 e n. 2
- Realizzazione piazzale deposito temporaneo e centrale di betonaggio
- Sistemazione accesso piazza San Sebastiano Curone
- Spostamento dei sovraservizi esistenti tra Mantova e l'inizio del cantiere
- Trasporto con chiatte degli aerogeneratori fino a Mantova
- Opere di sistemazione rotonde e opere interferenti tra Mantova e deposito temporaneo
- Realizzazione strada di accesso fino alla turbina n. 1
- Realizzazione strada tra turbina 1 turbina 23 con cavidotto elettrico
- Realizzazione connessione tra sottostazione e punto di consegna
- Realizzazione sottostazione di elevazione
- Realizzazione strada di accesso, scavo, fondazione indirette, plinto, piazzola turbine 1-23
- Realizzazione strada di accesso, scavo, fondazione indirette, plinto per traliccio anemometrico
- Trasporto aerogeneratori da Mantova al piazzale di stoccaggio
- Trasporto e montaggio aerogeneratori 1-23
- Trasporto e montaggio traliccio anemometrico
- Sistemazione piazzola e strada di accesso aerogeneratori 1-23
- Sistemazione strada di accesso agli aerogeneratori e riduzione sezioni ove necessario
- Eliminazione variante 1 e 2
- Eliminazione piazzale stoccaggio e centrale di betonaggio
- Completamenti vari.

Le attività esposte in precedenza possono subire degli slittamenti tra di loro anche in funzione delle tempistiche per gli spostamenti dei sovraservizi che dipendono dagli Enti proprietari degli stessi e dall'approvvigionamento dei materiali.

L'area di cantiere necessaria per il deposito delle attrezzature e lo stoccaggio del materiale verrà realizzata, in via temporanea, su terreni identificati nel comune di Brignano Frascata così come pure la centrale di betonaggio necessaria alla realizzazione delle opere ed un piazzale per i mezzi necessari alla movimentazione dei materiali. L'area verrà recintata e sarà accessibile solamente da personale qualificato.

Per quanto riguarda, invece, le aree di cantiere previste nei pressi degli allargamenti stradali queste interesseranno anche i terreni limitrofi al fine di permettere ai mezzi lo stoccaggio del materiale necessario per la fase lavorativa in atto e per permettere lo stazionamento dei mezzi di lavoro.

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 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 definite deboli in quanto costituite prevalentemente da materiali deboli (ad es. marne); le rocce che, indipendentemente dalla resistenza dei minerali che le costituiscono, risultano poco cementate (ad es. arenarie) unitamente ad altri materiali diventati deboli a seguito di processi d'alterazione chimica, degradazione fisica o di metamorfismo retrogrado.

Nel secondo ricadono 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 inoltre 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 E MASW

Al fine di approfondire le conoscenze sui singoli siti di installazione 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 $8 \div 10$ 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 $125 \mu s$ 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.

6. QUADRO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO REGIONALE

GEOMORFOLOGIA E GEOLOGIA

L'area oggetto d'intervento è caratterizzata da una configurazione morfologica montuosa, dove si riscontrano i rilievi più elevati dell'intero comprensorio oltrepadano, con vette aventi altitudine comprese tra i 1400 ed i 1700 m 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 l'ubiquitaria presenza, seppur in assenza di vasti affioramenti, di litotipi calcareo-marnosi ben stratificati (Calcari del Monte Antola) garantisce la presenza di versanti molto acclivi, spesso 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 sommitali. Il reticolato idrografico secondario appare localmente embrionale per poi incidersi profondamente nel substrato dando luogo a vallecole caratterizzate da aspri e ripidi versanti fino all'immissione, a valle, nei corpi idrici principali.

Per semplificarne l'inquadramento il progetto è suddivisibile in due parti, una parte est ed una ovest ubicate rispettivamente:

- per la parte est su una dorsale montuosa a sviluppo N/S che dal Monte Bogleglio (Lombardia, metri 1500 s.l.m.) si sviluppa fino al Monte Carmo (Piemonte metri 1630 s.l.m.);
- per la parte ovest su una diramazione secondaria della precedente struttura che si diparte verso ovest dal Monte Chiappo (Lombardia, metri 1720 s.l.m.), in direzione del Monte Roncasso (Piemonte 1635 s.l.m.) su una dorsale montuosa a cuspidata, a sviluppo ovest-est-nordovest individuata dai monti Roncasso, Coserone (Piemonte, metri 1670 s.l.m.) e Giarolo (Piemonte, metri 1480 s.l.m.).

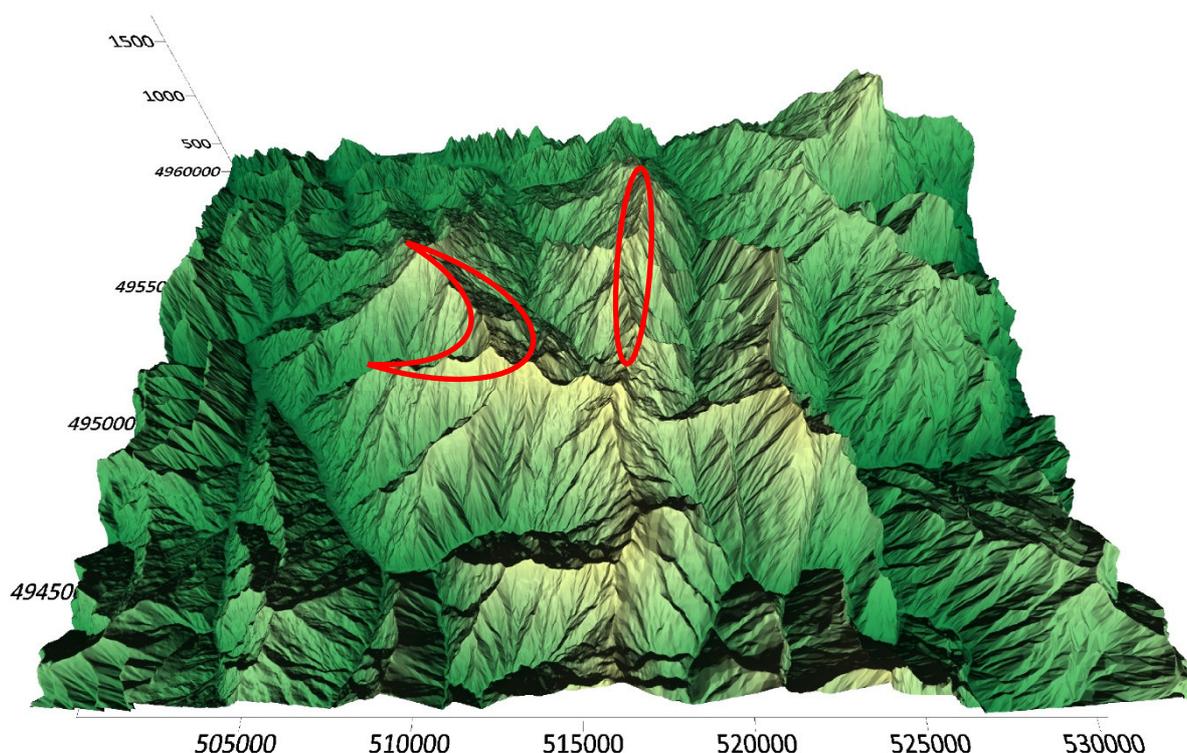


Figura 6.1: Modello 3D da DEM 10 m – presenza di esagerazione verticale sono evidenziate la zona ovest (AG da 01 a 10) ed est (AG da 11 a 23)

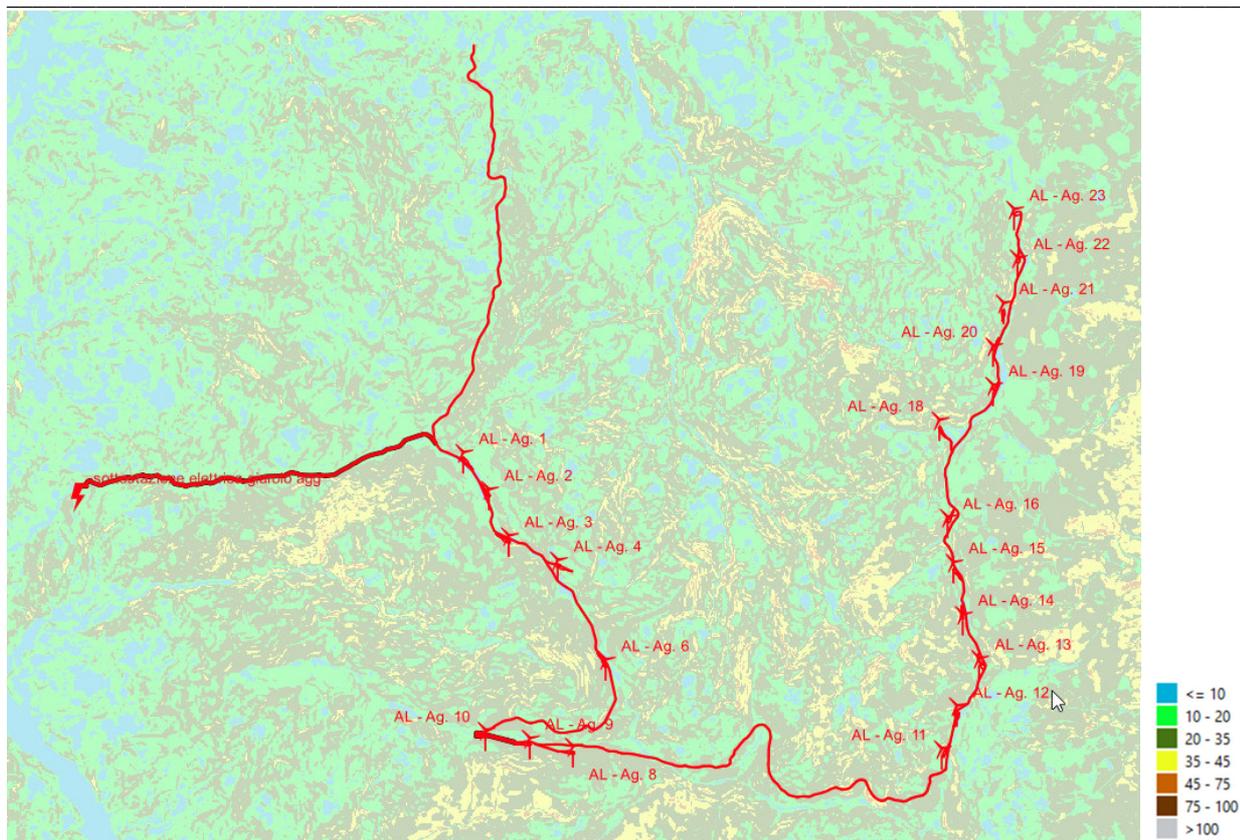


Figura 6.2: Carta dell'acclività 7 classi tratta da Modello 3D da DEM 10 m

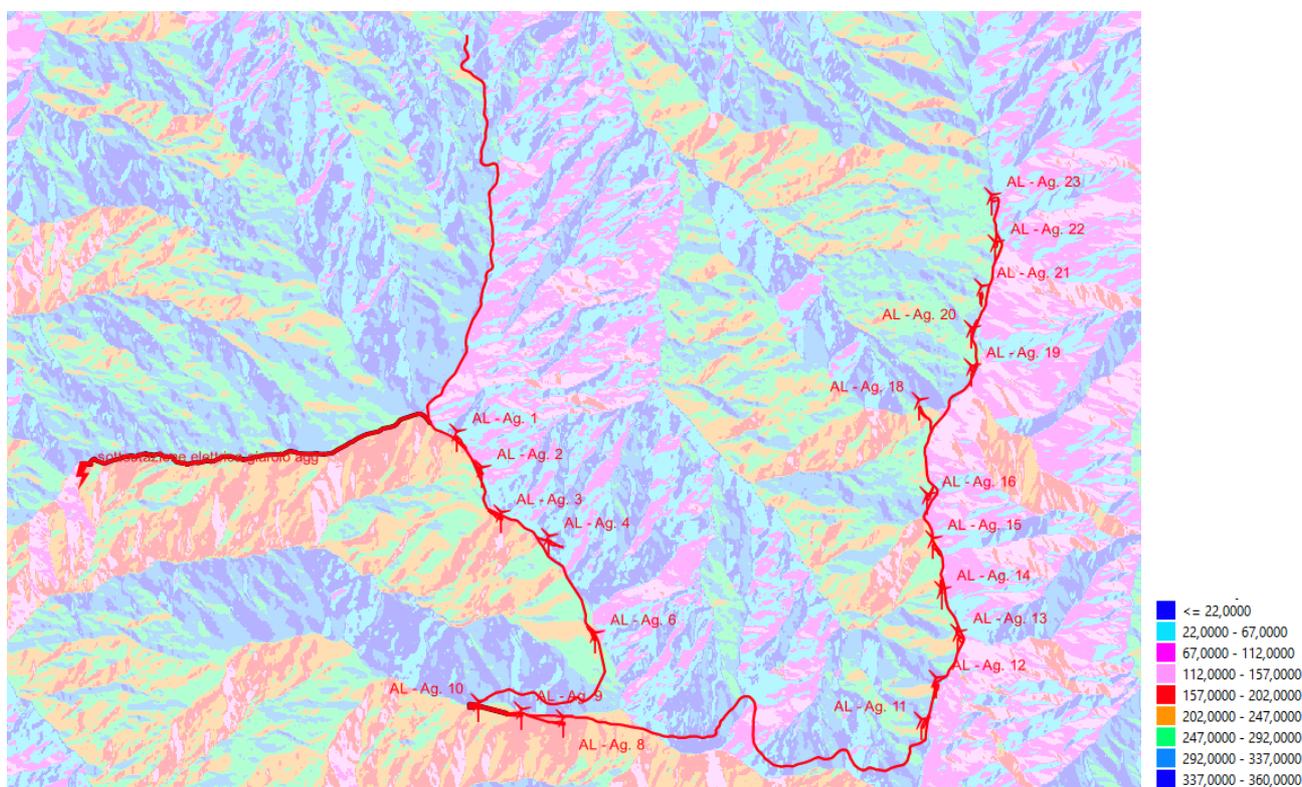


Figura 6.3: Carta dell'esposizione dei versanti 9 classi tratta da Modello 3D da DEM 10 m

Gli studi geologici sono stati redatti mediante controlli diretti sul terreno e usando come base le Carte Geologiche d'Italia F.o 196 Cabella Ligure 1:50.000, riportando con sufficiente approssimazione, la distribuzione areale delle successioni litologiche affioranti nell'areale di intervento che sono sempre

risultate ascrivibili ai "Calcari del Monte Antola" (ad eccezione dell'ultimo tratto di connessione elettrica alla sottostazione utente ove sono evidenti le "Argilliti di Pagliaro"), che risultano essenzialmente costituiti da alternanze ritmiche di strati e banchi calcareo marnosi, calcarenitici e arenacei con intercalazioni di marne argillose. Gli affioramenti, presenti in diversi lembi di versante, sono caratterizzati da continue alternanze di grosse bancate (dello spessore talvolta superiore ai 4÷5 metri) di calcareniti sfumanti in marne calcaree molto compatte. L'ammasso roccioso è talvolta caratterizzato da una struttura di tipo monoclinale, con successione di strati aventi immersione compresa tra 25°N÷35°N e soltanto nel settore est la monotonia degli strati immergenti a NNE è interrotta da blandi piegamenti che determinano la comparsa di locali immersioni a SSO.

In misura minore, sequenze litologiche diverse, caratterizzate da una consistente diminuzione delle calcareniti e delle marne calcaree, con un conseguente aumento delle marne e delle argilliti. Tale situazione litologica, particolarmente evidente nei dintorni di Negruzzo e di Pian dell' Armà - Pian del Poggio, nonché sull'intero versante orientale del crinale congiungente i monti Bagnolo, Garave e Rotondo, è evidenziata anche da una morfologia più blanda, che si discosta da quella più accidentata dei settori settentrionali. Su gran parte degli affioramenti si rinvengono accumuli di detriti di falda, costituiti da clasti a spigoli vivi con pezzatura prevalentemente grossolana e con grado di coesione variabile. Falde di detrito più estese si trovano alla base dei versanti e generalmente sormontano coltri detritiche più antiche o porzioni di roccia fratturata e disarticolata

Come già evidenziato il settore di interesse ricade entro il Foglio 196 – Cabella Ligure del Progetto CARG in scala 1:50.000, ed è interessato dalla Formazione di Monte Antola qui interessata da una potente e monotona successione (almeno 1000 m) di torbiditi carbonatiche calcareo-marnose. Si tratta, in prevalenza di strati torbiditici di spessore da medio a molto spesso e in modo subordinato da strati sottili e megastrati piano paralleli e molto continui lateralmente. Gli strati mostrano un rapporto arenite/pelite <<1 e sono generalmente caratterizzati da una parte basale con areniti da medio-fini a fini a composizione mista interessata da laminazioni debolmente convolute e ripple di spessore variabile da pochi cm fino a 1 m a cui fa seguito una parte massiva dello strato costituita da calcareniti fini, calcesiltiti e calcilutiti che può raggiungere spessori fino a 3 m, ma che mediamente varia da 50 cm a 1 m. Segue una parte fine costituita da marne e marne calcaree massive che può raggiungere lo spessore di 4 m. In alcuni strati al tetto delle marne è presente un livello di pelite priva di carbonati che è stato interpretato come la sedimentazione emipelagica intertorbiditica realizzata al di sotto del limite locale di compensazione dei carbonati (Scholle, 1970; Hesse, 1975).

Le basi degli strati sono scarsamente erosive, caratterizzate dalla presenza di rare controimpronte di fondo (flute cast). La bioturbazione è intensa e riconoscibile alla base degli strati (tracce di nutrimento e di locomozione di limivori) e all'interno della parte fine dello strato (tracce di nutrimento Helminthoidea sp., condrites e fucoidi).

Dal punto di vista petrografico la Formazione di Monte Antola è stata analizzata in alcuni rari campioni di areniti medie e medio-grossolane campionate soprattutto nella parte centrale della successione nei pressi di Carrega Ligure. Si tratta di areniti silicoclastiche e talvolta a composizione mista/ibrida (sensu Zuffa, 1980) caratterizzate da frammenti monomineralici di quarzo, feldspati e subordinati fillosilicati (biotite, muscovite e clorite); sono inoltre presenti frammenti di roccia

La Formazione di Monte Antola, con età riferibile al Campaniano, è costituita da torbiditi e megatorbiditi calcareomarnose di mare profondo probabilmente al di sotto del livello di compensazione dei carbonati. I grandi volumi di sedimento e soprattutto gli enormi spessori di alcuni strati, inducono a pensare ad un bacino non molto grande in cui i flussi torbiditici, alimentati da grandi volumi di fango carbonatico a coccoliti, raccolto dai flussi nelle coeve rampe carbonatiche, viaggiavano confinati e si sedimentavano in massa.

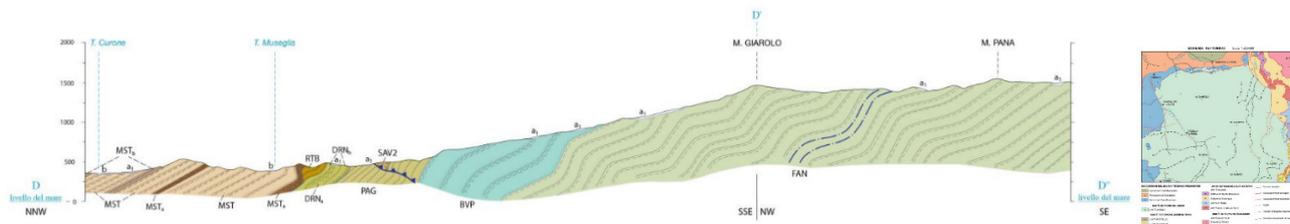


Figura 6.5: Sezione geologica estratta CGR Cabella Ligure – Schema tettonico

Nell'ambito del settore collinare dei bacini Borbera, Curone e Scrivia i fenomeni d'instabilità di versante rappresentano un aspetto distintivo del paesaggio e probabilmente la tipologia di processo più determinante nei riguardi dell'evoluzione geomorfologica.

In tale contesto i processi di versante più frequenti e arealmente più rappresentati consistono in colamenti lenti ed in frane complesse, intendendo con questa definizione frane analoghe alle precedenti, ma con meccanismo di distacco per scivolamento roto-traslazionale.

La distribuzione territoriale di questi fenomeni è legata in modo preponderante alle caratteristiche lito-strutturali del substrato ed in particolare è ascrivibile ai litotipi argillosi o argillitici. I terreni ricchi di argilla, a contatto con l'acqua, subiscono un rapido deterioramento delle caratteristiche meccaniche, deformandosi plasticamente, tanto da determinare la mobilitazione di interi versanti o di porzioni di essi, provocando anche instabilità in zone adiacenti non necessariamente costituite da materiali argillosi.

Secondo quanto definito dal progetto nazionale IFFI (Inventario Fenomeni Fransi Italiani) i colamenti lenti sono movimenti spazialmente continui che interessano terreni ad elevato contenuto argilloso, caratterizzati da bassa velocità; le superficie di taglio hanno breve durata, sono molto ravvicinate e generalmente non si conservano.

Nonostante una discreta variabilità delle caratteristiche associate a tali fenomeni, si può asserire che i colamenti lenti si esplicano con movimenti simili a quelli dei fluidi viscosi; lo spostamento della massa in frana sul materiale in posto si sviluppa per movimenti differenziali molto lenti, preferibilmente lungo più superfici di taglio in apparenza non collegate tra loro, e tende ad esaurirsi gradualmente all'aumentare della profondità; il materiale che viene movimentato da tali fenomeni è rappresentato dalle coperture sciolte e talvolta dall'orizzonte più superficiale del substrato roccioso, disarticolato e fratturato. La bassa velocità di movimento, carattere distintivo per questi fenomeni, può essere collocata tra le classi estremamente lento e molto lento della classificazione IUGS/WGL. La dinamica di movimento implica però che la velocità, soprattutto in riferimento ai fenomeni più estesi, non sia omogenea né spazialmente né tanto meno a livello temporale.

Arealmente, l'evoluzione cinematica di questi versanti è spesso non omogenea, infatti, accanto a settori a dinamica relativamente rapida si trovano affiancate zone in cui il fenomeno procede in modo più lento. Analoga variabilità cinematica si riscontra in senso verticale, con una diminuzione della velocità di movimento dall'alto verso il basso.

Dal punto di vista temporale, considerata la spiccata stagionalità che caratterizza questo tipo di frane, i tassi di movimento maggiori si riscontrano nei periodi umidi e piovosi mentre, per contro, le fasi di rallentamento o quiescenza sono correlabili alle stagioni più asciutte.

Nel territorio in esame, in conseguenza delle caratteristiche lito-strutturali relativamente omogenee, i fenomeni di colamento spesso interessano interi versanti tanto da rendere calzante il concetto di deformazioni plastiche di versante. I versanti interessati dai movimenti, sebbene in modo più o meno marcato, si presentano completamente deformati e contraddistinti da contropendenze, a tergo delle quali spesso ristagna acqua; le forme sono in generale dolcemente ondulate e rigonfiate.

La lentezza, che contraddistingue questi fenomeni e l'ambiente collinare in cui si sviluppano implicano che i segnali morfologici distintivi del movimento risultino spesso sfumati e poco definiti e, per conseguenza, i limiti di frana sovente non possono essere precisamente determinati.

Come di seguito rappresentato quasi la totalità delle opere descritte nel progetto in narrativa ricadono in zone soggetta a Tutela per scopi Idrogeologici ex R.D.L. 3267/1923, L.R. 9 agosto 1989 n. 45, ad eccezione del tratto posto più a Nord della strada di collegamento, unica parte esclusa.



Figura 6.6: Sovrapposizione opere in progetto, in rosso, con la cartografia di Vincolo Idrogeologico 

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 plurimetriche a granulometria medio fine inglobanti frammenti detritici litoidi, il sottostante ammasso roccioso flyshoide risulta soggetto a fenomeni duttili plicativi sovrapposti e sistemi di fatturazione ripetitivi. La roccia esposta si presenta localmente fortemente fratturata e detritizzata.*”**

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 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 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 venute idriche 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 Albera Ligure, Cabella Ligure e Fabbrica Curone 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 i tre comuni ricadono all'interno della zona denominata 911 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.

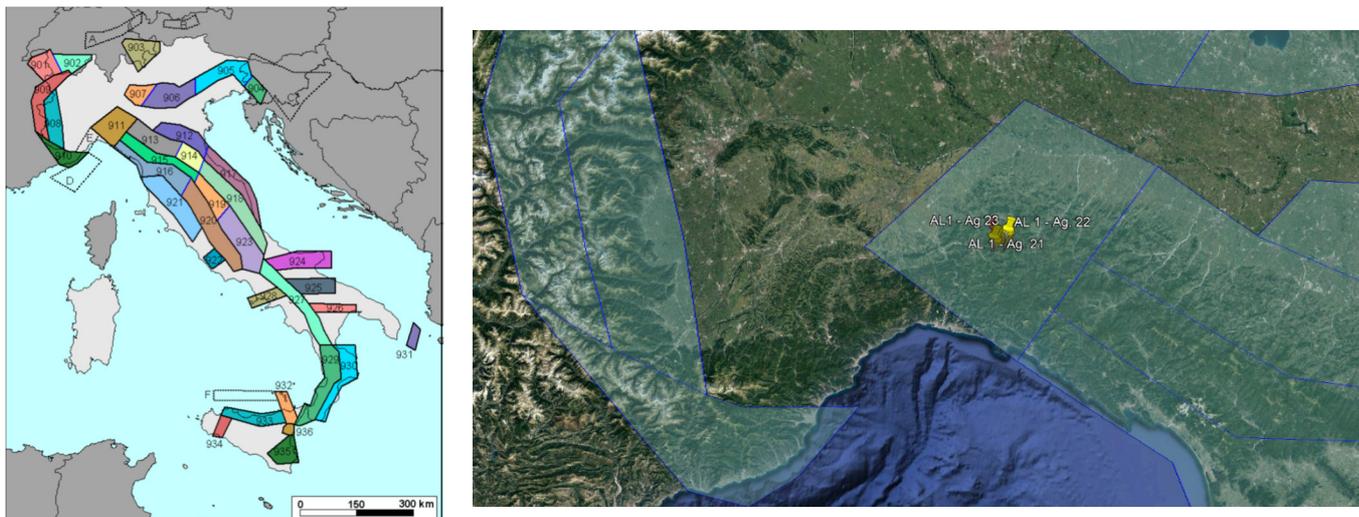


Figura 9.1.1 e 9.1.2: Zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti & Valensise, 2004). Le diverse zone sono individuate da un numero; le zone indicate con una lettera non sono state utilizzate per la valutazione della pericolosità sismica. Il significato del colore (blu o nero) dei bordi delle zone è spiegato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

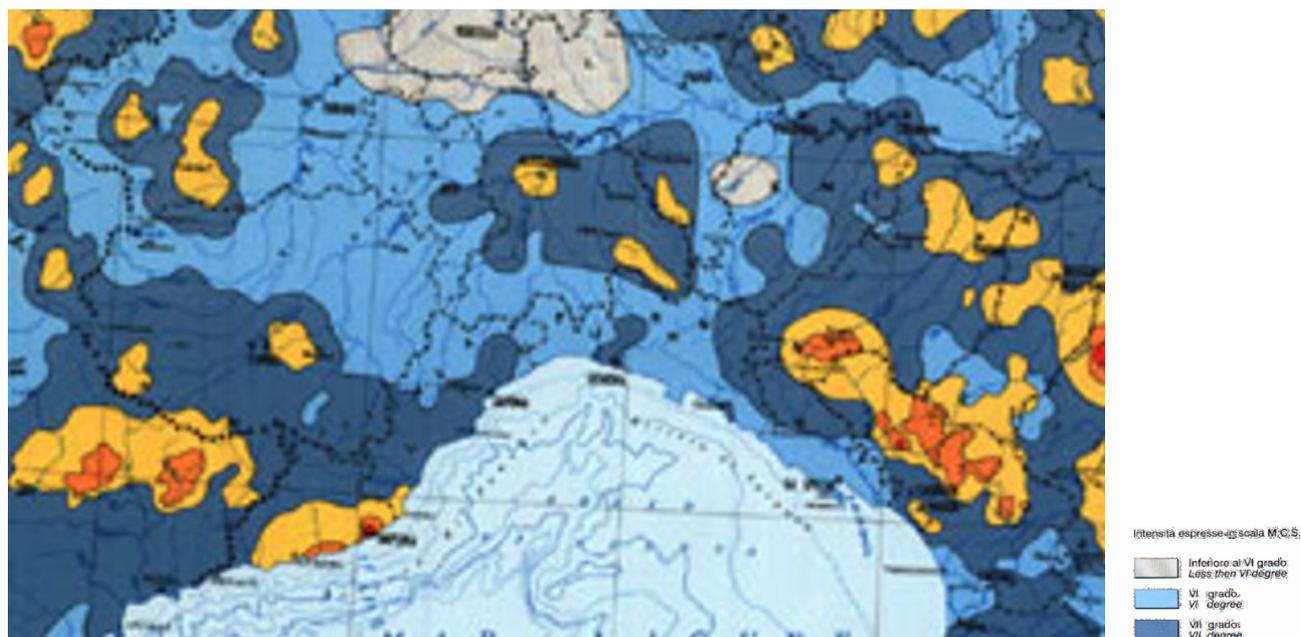


Figura 9.1.3: "MASSIMA INTENSITÀ RISENTITA IN ITALIA" 1995 (Scala 1:1.500.000) a cura di: C.N.R. ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA

Nella sottostante figura ("Massime Intensità macrosismiche osservate nei comuni della Regione Piemonte", 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.

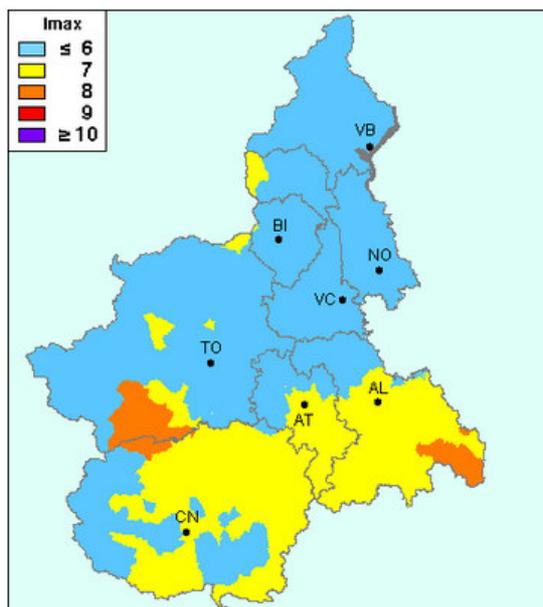


Figura 9.1.4: "Massime Intensità macrosismiche osservate nei comuni della Regione Piemonte" (Molin, Stucchi, Valensise)

L'analisi storica della sismicità locale dei Comuni di Albera Ligure, Cabella Ligure e Fabbrica Curone è riportata entro i database dell'INGV:

Albera Ligure

PlaceID IT_08050
 Coordinate (lat, lon) 44.701, 9.067
 Comune (ISTAT 2015) Albera Ligure
 Provincia Alessandria
 Regione Piemonte
 Numero di eventi riportati 1

Effetti	In occasione del terremoto del							NMDP	Io Mw
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale		
6	1882	02	15	05			Val Borbera	18	6 4.77

Cabella Ligure

PlaceID IT_08242
 Coordinate (lat, lon) 44.673, 9.096
 Comune (ISTAT 2015) Cabella Ligure
 Provincia Alessandria
 Regione Piemonte
 Numero di eventi riportati 5

Effetti	In occasione del terremoto del							NMDP	Io Mw
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale		
6	1882	02	15	05			Val Borbera	18	6 4.77
NF	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7 4.82
NF	2002	11	13	10	48	0	Franciacorta	768	5 4.21
NF	2005	04	13	18	46	0	Valle del Trebbia	163	4 3.68
NF	2005	04	18	10	59	1	Valle del Trebbia	284	4 3.97

Fabbrica Curone

PlaceID IT_08508
 Coordinate (lat, lon) 44.784, 9.149
 Comune (ISTAT 2015) Fabbrica Curone
 Provincia Alessandria
 Regione Piemonte
 Numero di eventi riportati 5

Effetti	In occasione del terremoto del							NMDP	Io Mw
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale		
5	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9 6.27
D	1945	06	29	15	37	1	Oltrepò Pavese	31	7-8 5.10
NF	2002	11	13	10	48	0	Franciacorta	768	5 4.21
3	2005	04	13	18	46	0	Valle del Trebbia	163	4 3.68
3	2005	04	18	10	59	1	Valle del Trebbia	284	4 3.97

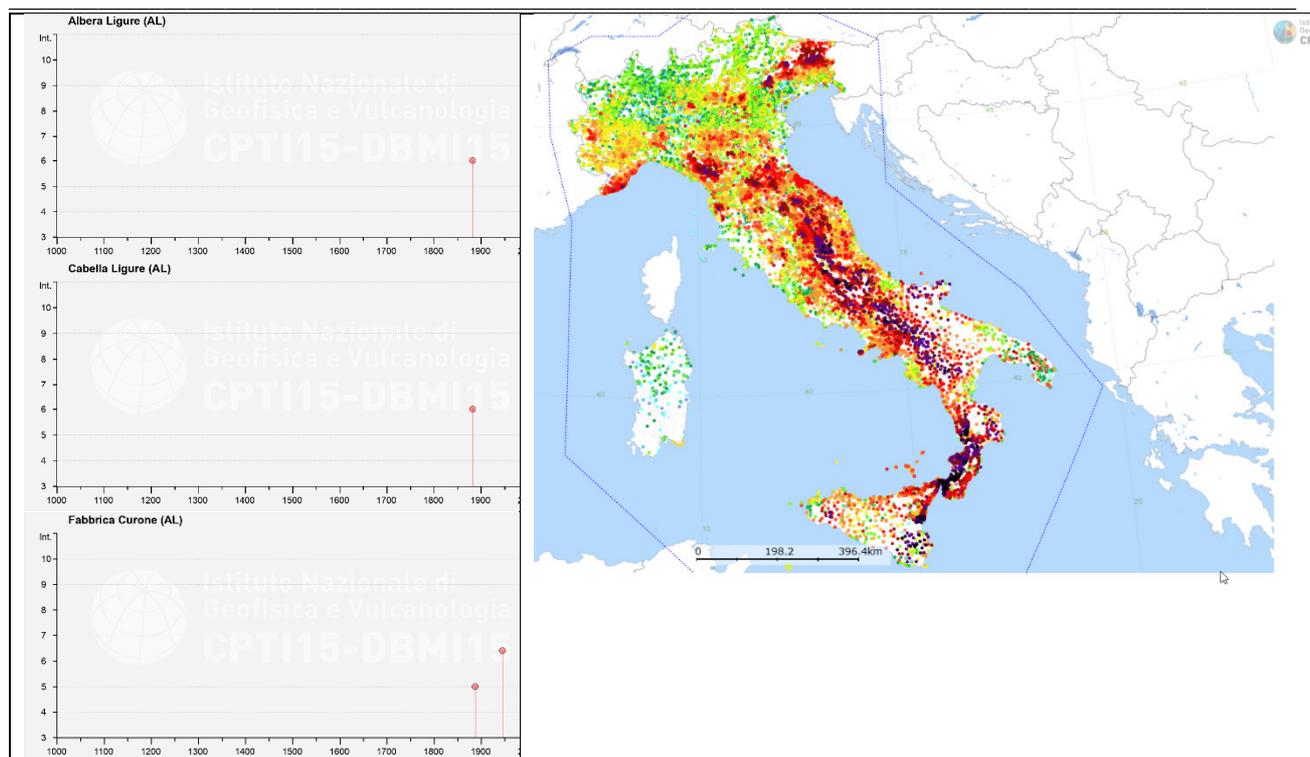
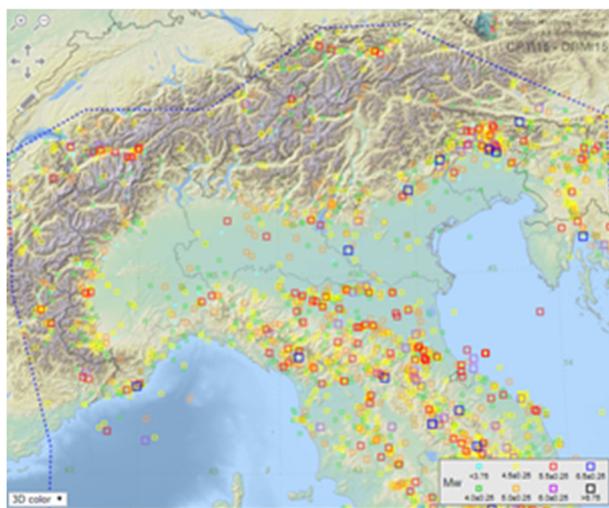
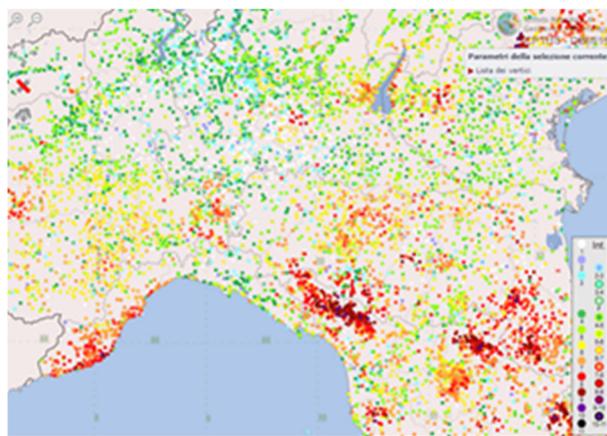


Figura 9.1.5: sismicità storica di Comuni di Albera Ligure, Cabella Ligure e Fabbria Curone



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 Piemonte 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:

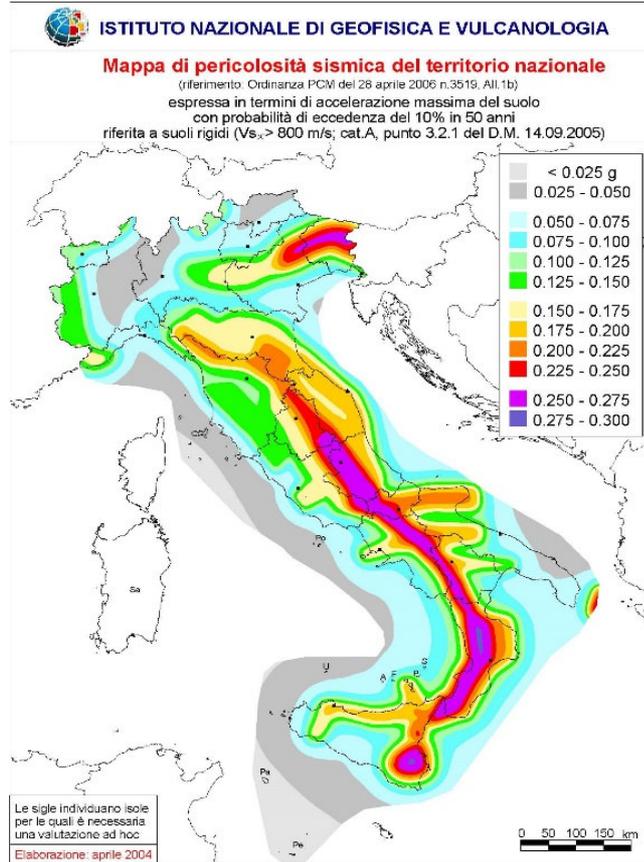


Figura 9.1.8: Mappa di pericolosità sismica MP504

Il grado di sismicità attesa nella zona di Comuni di Albera Ligure, Cabella Ligure e Fabbrica Curone è dato da diverse strutture sismogenetiche, le più vicine delle quali sono la ITCS018 - Rivanazzano-Stradella e la ITCS180 - Eastern Monferrato com'è visibile nella seguente rappresentazione.

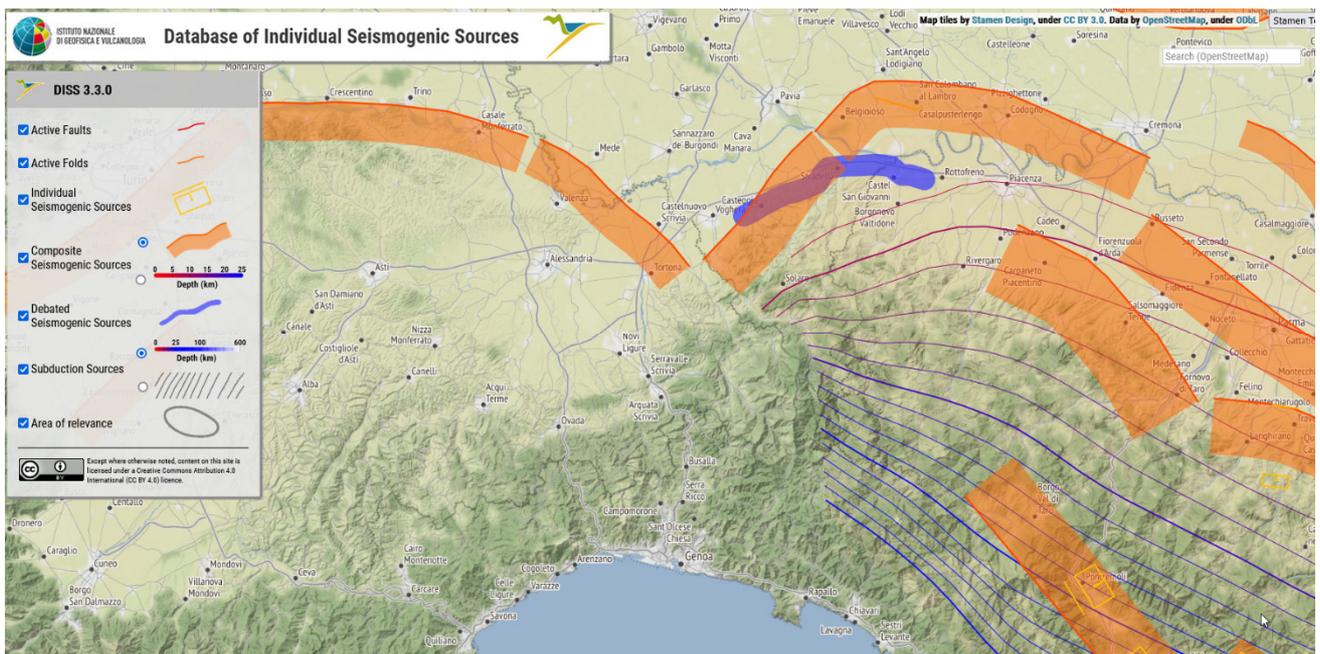
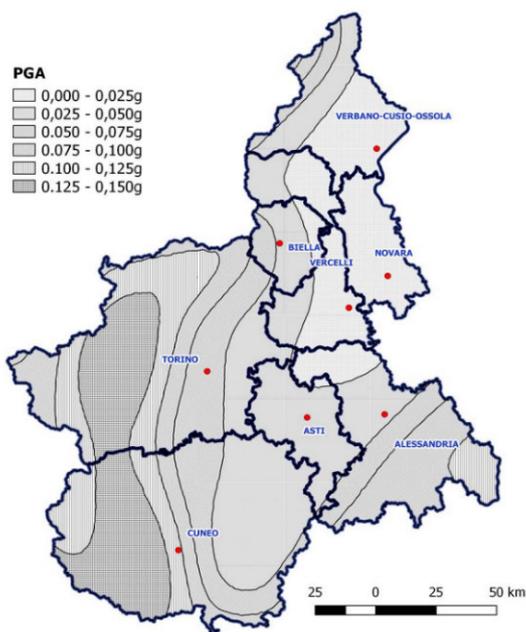


Figura 9.1.9: Schermata del Database DISS dell'INGV.

MAPPA DI PERICOLOSITA' SISMICA

DISTAV- Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita
Università degli Studi di Genova



MAPPA DI ZONAZIONE SISMICA

La mappa è aggiornata alla situazione amministrativa esistente alla data del 6 febbraio 2019

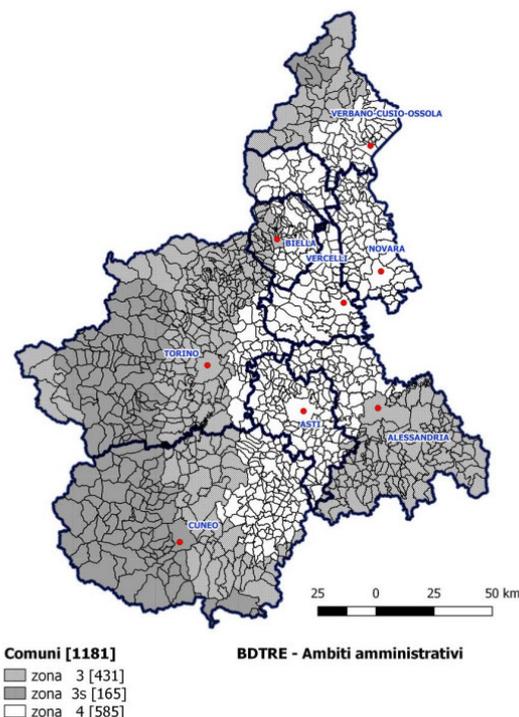


Figura 9.2.1: Cartografia Regionale della Regione Piemonte

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 vien fornita la terna di valori a_g , F_0 e T^*c per nove distinti periodi e tale calcolo viene determinato via software conosciute 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 riporta 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 ≥ 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	<i>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.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a gravina grossa molto addensati o terreni a gravina fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a gravina grossa medianamente addensati o terreni a gravina fina medianamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a gravina grossa scarsamente addensati o di terreni a gravina fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

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 precedentemente 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: potenziale
 - Rischio frana potenziale: presene
 - 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 piccoli distacchi
 - Rischio di crollo massi potenziale: presente come piccoli 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 Monte Giarolo, 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 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 in modo tale da risultare compatibili con la situazione geologica rilevata in sito; sarà in ogni caso possibile valutare, oltre alla tipologia delle fondazioni profonde, interventi di bonifica dei terreni mediante consolidamento e/o sostituzione;
- 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 superfici 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 disingaggi 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 ed evidenti sul terreno, sarà necessario provvedere con soluzioni progettuali idonee; particolarmente tali soluzioni dovranno ridurre l'azione ipogea di eventuali deflussi di circolazione;
- 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 dicembre 2022

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

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