

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:

RELAZIONE IDROGEOLOGICA



Data	Emis.	Aggiornamento	Data	Contr.	Data	Autor.
09/2023	AC SS	Emissione	09/2023	AC SS	09/2023	AC SS

Formato A4

Settembre 2023

Commessa

Tip. impianto

Fase Progetto

Disciplina

Tip. Doc

Titolo

N. Elab

REV

22100

EO

DE

GE

R

01

0008

A

CONSULENZA GEOLOGICA A CURA DI:

I Tecnici: Dott. Geol. Alessandro Canavero
Dott.ssa Geol. Sabrina Santini

Studio Associato
di Geologia Tecnica



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_Relazione idrogeologica.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 NORMATIVI:	4
3. INTERVENTO IN PROGETTO	5
4. PROGRAMMA DI REALIZZAZIONE DEI LAVORI	9
5. CAMPAGNA DI INDAGINI IN SITO	10
5.1 RILEVAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO DI DETTAGLIO	10
5.2 INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE CON INTERPRETAZIONE TOMOGRAFICA E MASW ...	11
6. QUADRO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO REGIONALE	12
7. MODELLO GEOLOGICO DEL SITO	18
8. MODELLO IDROGEOLOGICO DEL SITO	19
9. INTERFERENZE CON IL RETICOLO IDROGRAFICO	19
10. INTERFERENZA CON OPERE DI DERIVAZIONE IDRICA – POZZI, SORGENTI E OPERE DI PRESA .	20
11. CONSIDERAZIONI FINALE	20

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/idrogeologici, 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 idrogeologiche del sedime interessato dal nuovo progetto di costruzione del Parco Eolico Monte Giarolo. L'incarico consta nella stesura della relazione idrogeologica propedeutica alla progettazione globale delle opere.

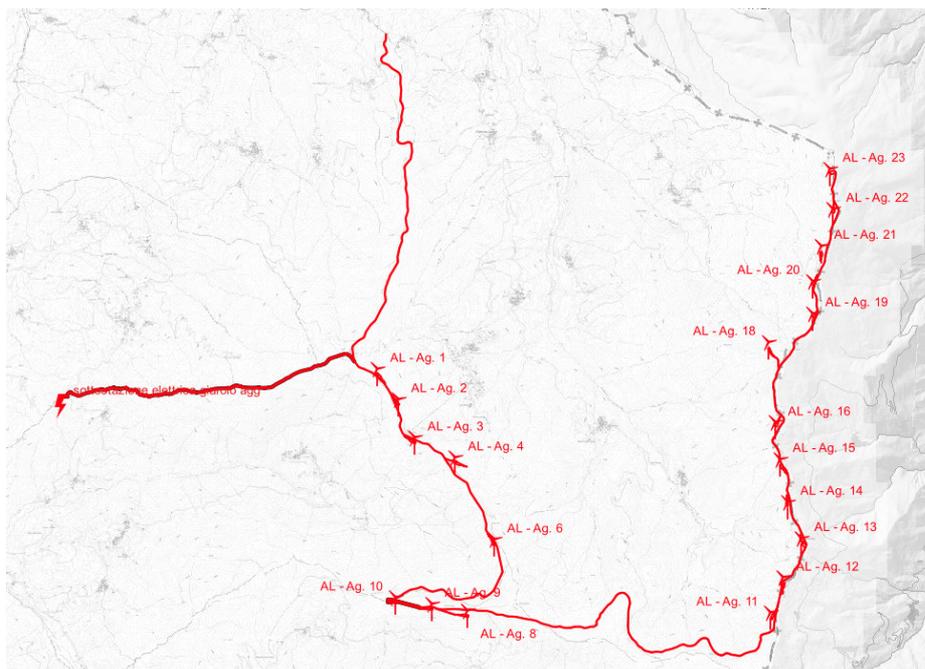


Figura 1.1: Inquadramento dell'area di intervento su base CTR regione Piemonte e Lombardia (aerogeneratori, strada di collegamento tra aerogeneratori, strada di connessione tra parco eolico e sottostazione elettrica, strada di accesso al sito).

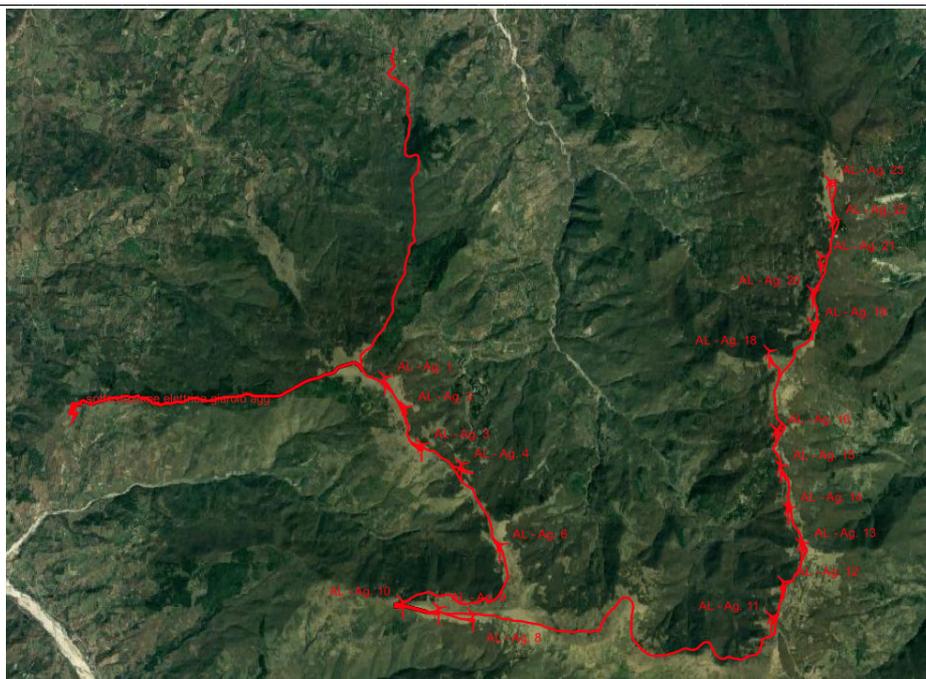


Figura 1.2: Inquadramento dell'area di intervento su base satellite Google Maps (aerogeneratori, strada di collegamento tra aerogeneratori, strada di connessione tra parco eolico e sottostazione elettrica, strada di accesso al sito),

2. PREMESSE E RIFERIMENTI NORMATIVI:

Per quanto riguarda l'istanza relativa al presente progetto, si è fatto riferimento alle prescrizioni previste dall'Autorità di Bacino competente, ed in particolare alle seguenti leggi e/o decreti nazionali e/o regionali:

- R.D. n°1285 del 14/08/1920: "Regolamento per le derivazioni e utilizzazioni di acque pubbliche";
- D. M. del 16/12/1923: "Norme per la compilazione dei progetti di derivazione d'acqua";
- R.D. n°1775 del 11/12/1933: "Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici";
- Regio Decreto n°2174 del 18/08/1934: "Disciplina delle acque sotterranee";
- Legge n°464 del 04/08/1984: "Obblighi di informazione al Servizio Geologico";
- Decreto del Presidente della Repubblica n°236 del 24/05/1988: "Norme tecniche per lo scavo, la perforazione, la manutenzione e la chiusura di pozzi d'acqua";
- Decreto Legislativo n°275 del 12/07/1993: "Riordino in materia di concessione di acque pubbliche";
- Legge n°36 del 05/01/1994: "Disposizioni in materia di risorse idriche";
- Decreto del Presidente della Repubblica n°238 del 18/02/1999: "Regolamento recante norme per l'attivazione di talune disposizioni della L.36/94 in materia di risorse idriche";
- Legge n°136 del 30/04/1999: "Norma per il sostegno ed il rilancio dell'edilizia residenziale pubblica e per interventi in materie di opere a carattere ambientale";
- Decreto Legislativo n°152 del 11/05/1999: "Testo unico sulla tutela delle acque dall'inquinamento";
- Decreto Legislativo n°258 del 18/08/2000: "Disposizioni correttive e interpretative del decreto legislativo 11 maggio 1999, n°152, in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'articolo 1, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n°128";

- Decreto Legislativo n°152 del 03/04/2006: "Norme in materia ambientale";
- Piano di Gestione del distretto idrografico del fiume Po - PdG Po 2021 in attuazione della Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE
- Piano di Tutela delle acque D.C.R. del 13 marzo 2007, n. 117-10731
- aggiornamento del Piano di Tutela delle Acque (PTA 2021) con D.C.R. n. 179 - 18293, a seguito della D.G.R. n. 8-3089 del 16 aprile 2021

I contenuti del presente elaborato sono volti all'approfondimento del modello idrogeologico del sito 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 cuspide, 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 Bogleglio (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.

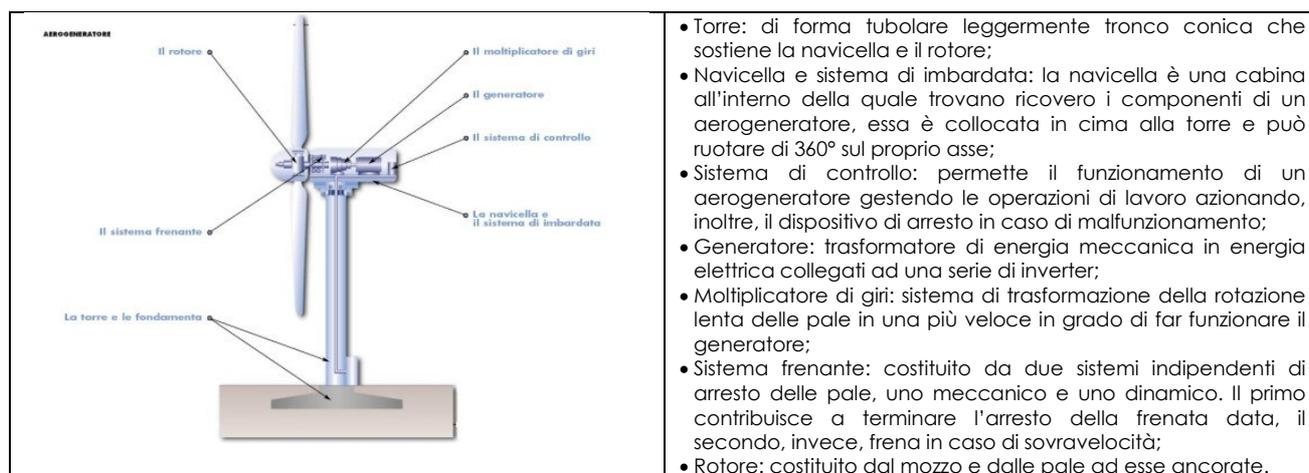
PIAZZOLA DI MONTAGGIO

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.

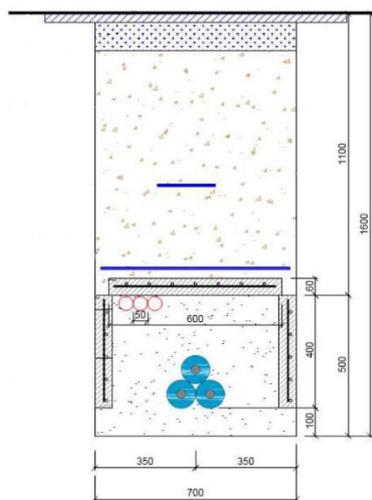
OPERE ELETTRICHE

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÷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 μ 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 cuspide, a sviluppo

ovest-est-nordovest individuata dai monti Roncasso, Coserone (Piemonte, metri 1670 s.l.m.) e Giarolo (Piemonte, metri 1480 s.l.m.).

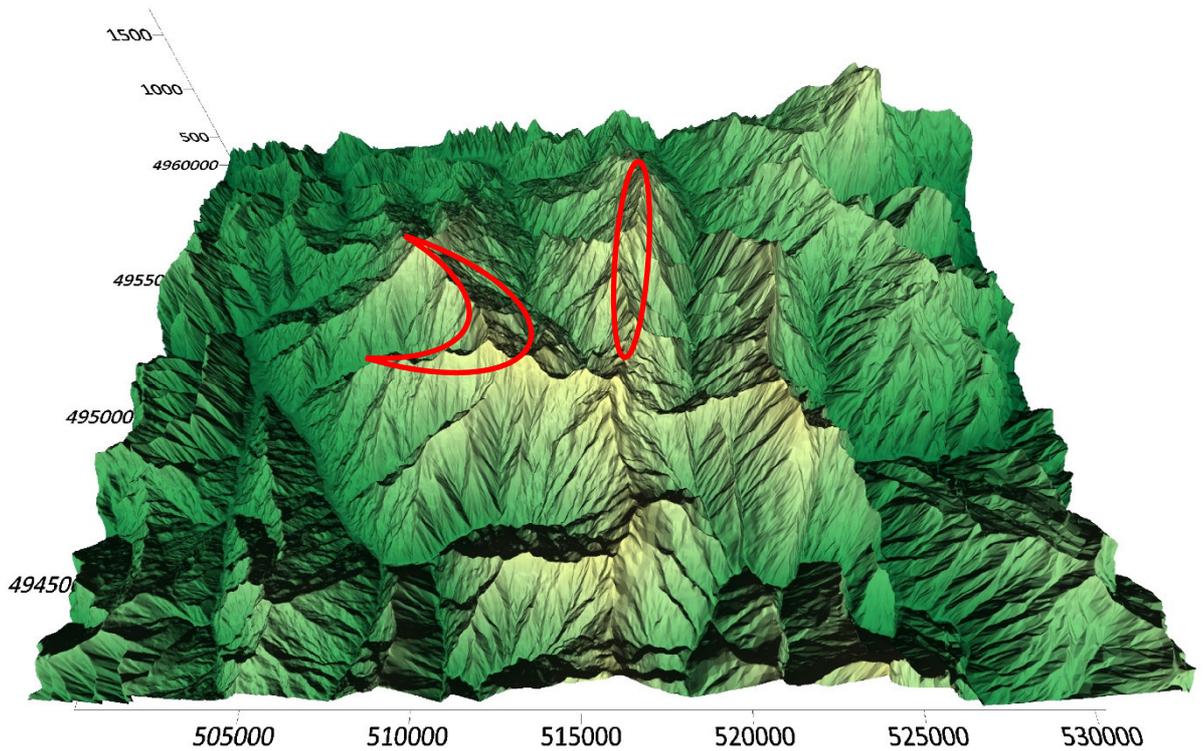


Figura 6.1: Modello 3D da DEM 10 m – presenza di esagerazione verticale sono evidenziate la zona ovest (AG da 01 a 10) ed est (AG da 11 a 23)

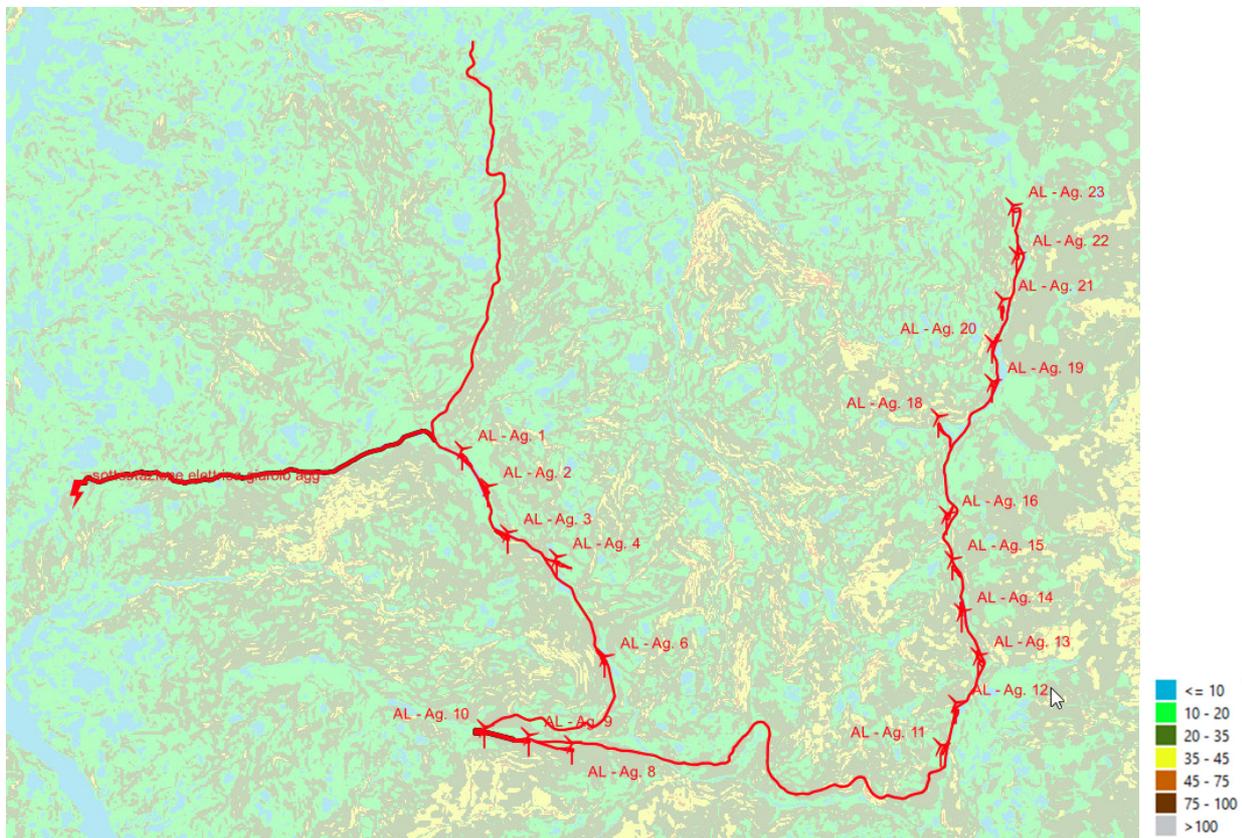


Figura 6.2: Carta dell'acclività 7 classi tratta da Modello 3D da DEM 10 m

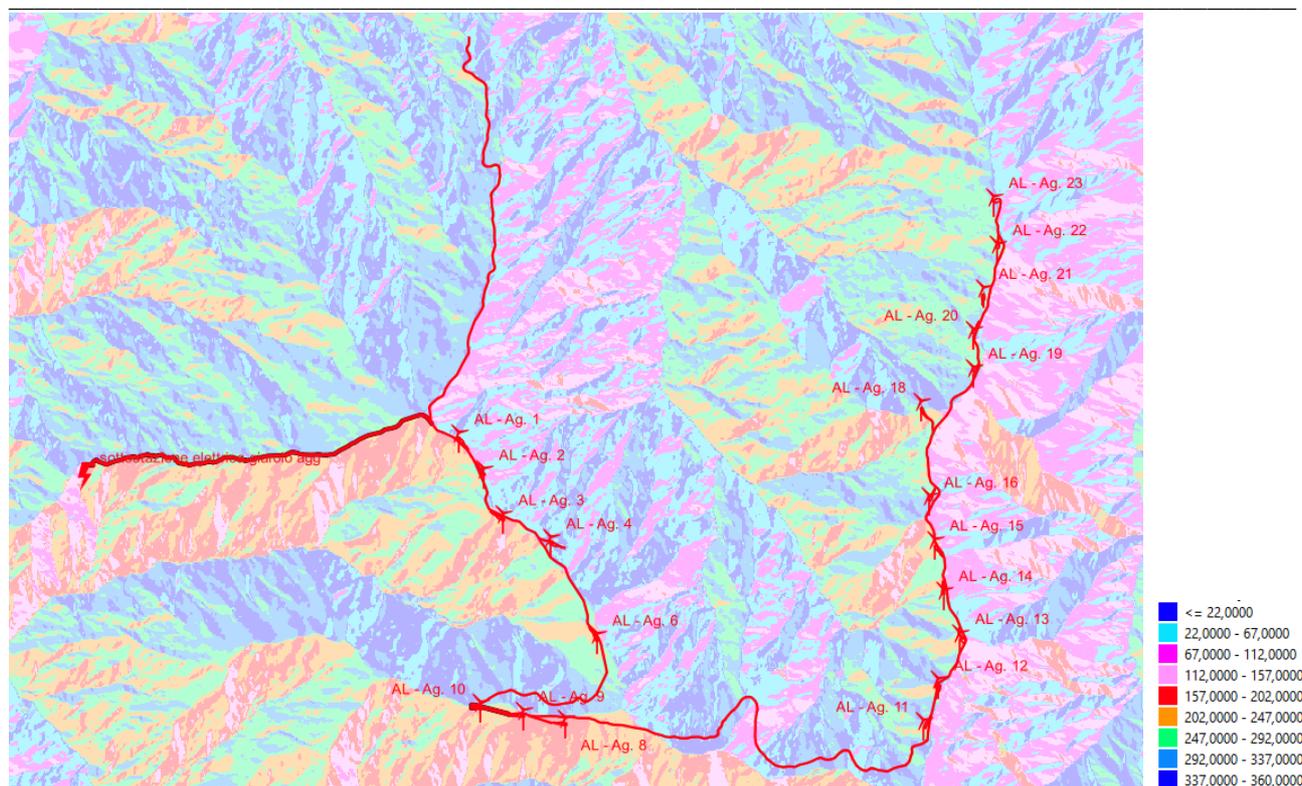


Figura 6.3: Carta dell'esposizione dei versanti 9 classi tratta da Modello 3D da DEM 10 m

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 *Helmintoidea* 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 generalmente attribuibili a micascisti, gneiss e granitoidi. La frazione carbonatica è generalmente subordinata nella frazione arenitica più grossolana, ma diventa sempre più importante nelle frazioni più fini fino a diventare dominante nella parte arenitica fine dello strato. Si tratta di frammenti di micriti, di probabile origine intrabacinale, associati spesso a foraminiferi planctonici (*gumbeline* e *globotruncane*) a pitonelle e a granuli di glauconia, che nella frazione calcilutitica diventano abbastanza comuni. La frazione più fine della torbidite è stata analizzata da Scholle (1971) al microscopio a scansione ed è costituita da un fango carbonatico a coccoliti di origine intrabacinale. L'analisi modale della frazione arenitica (Rowan, 1990; Fontana et alii, 1994) indica, per le areniti studiate, una composizione arcossica.

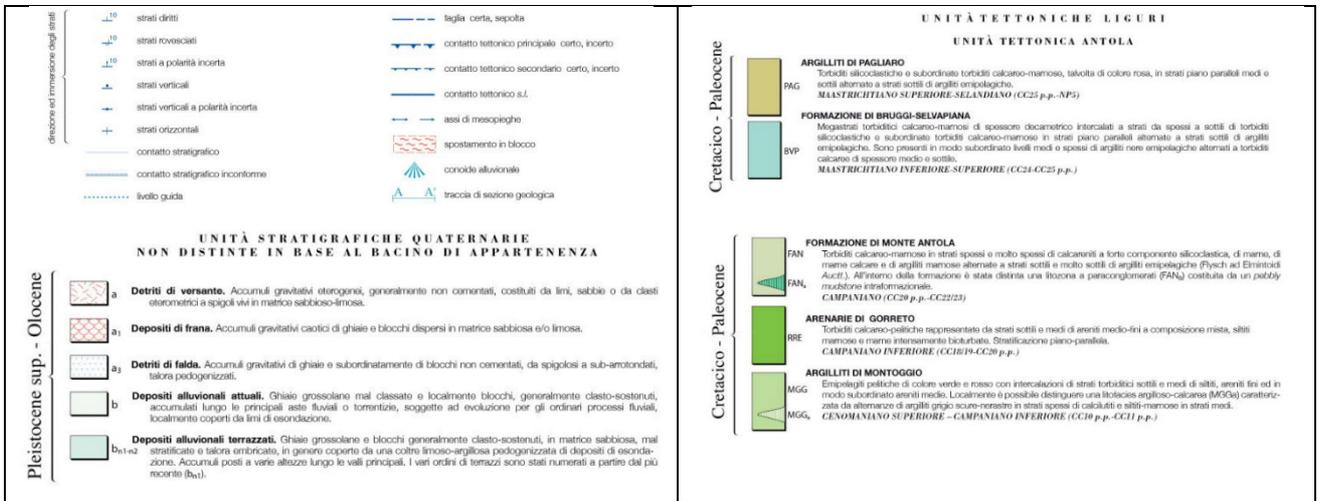


Figura 6.4: Carta geologica estratto CGR Cabella Ligure – Ubicazione totalità aerogeneratori

La Formazione di Monte Antola, con età riferibile al Campaniano, è costituita da torbiditi e megatorbiditi calcareomarnosi 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.

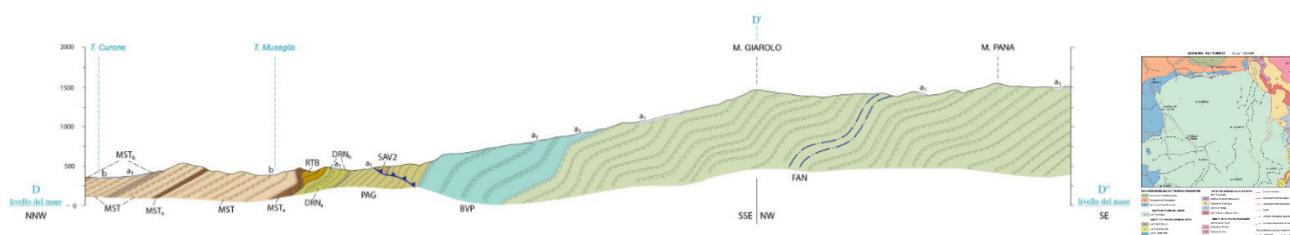


Figura 6.5: Sezione geologica estratto CGR Cabella Ligure – Schema tettonico

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 Franosi 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. INTERFERENZE CON IL RETICOLO IDROGRAFICO

Ad eccezione del tracciato di connessione tra cabina di trasformazione punto di recapito alla rete, che insistendo sulla rete stradale preesistente, inevitabilmente interseca il reticolo in prossimità di ponti e tombinate, nessuna delle opere afferenti interferisce con il reticolo idrografico presente nell'area come si può evincere dalla seguente figura 9.1

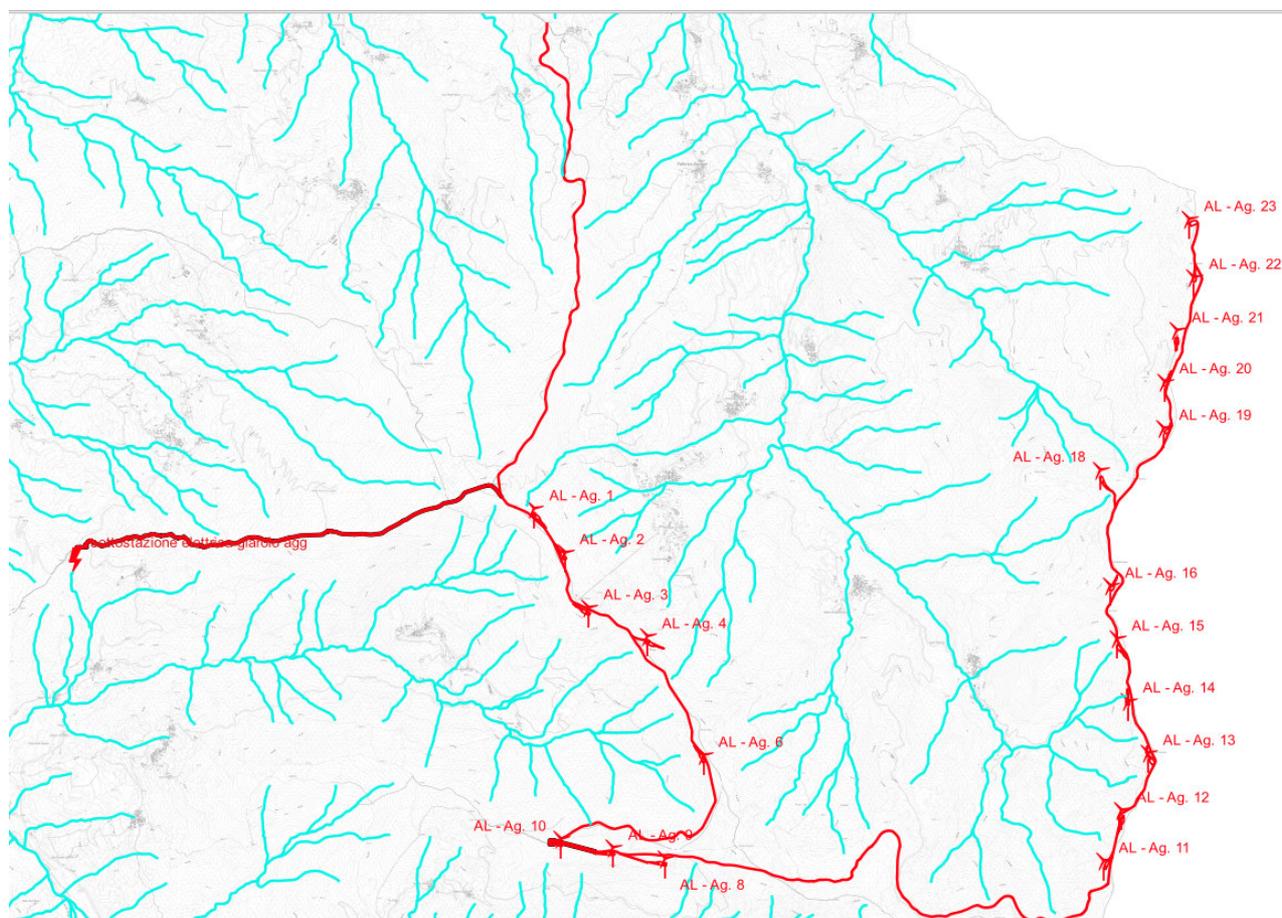


Figura 9.1 : materializzazione intervento in progetto su reticolo idrografico – fonte dato Geoportale Regione Piemonte

10. INTERFERENZA CON OPERE DI DERIVAZIONE IDRICA – POZZI, SORGENTI E OPERE DI PRESA.

Nessuna delle opere afferenti interferisce opere di prelievo della risorsa idrica presenti nell'area, come si può evincere dalla seguente figura 10.1

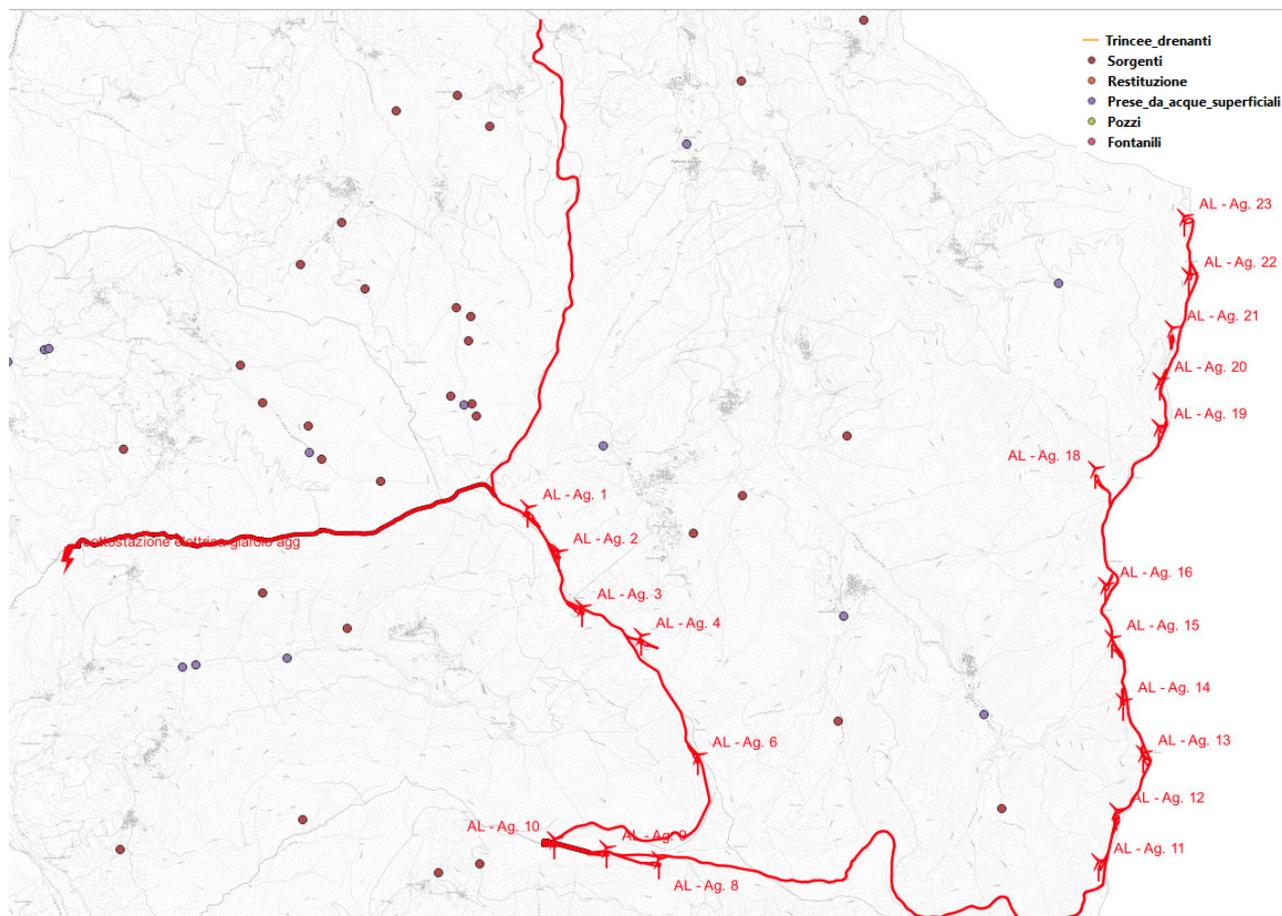


Figura 10.1 : Materializzazione intervento in progetto punti di prelievo risorsa idrica (pozzi, sorgenti, opere di presa, ecc) – fonte dato Portale SIRI Regione Piemonte

11. CONSIDERAZIONI FINALE.

La presente relazione riferisce sulla situazione idrogeologica riscontrata direttamente in situ e basata sugli elementi osservati durante i sopralluoghi condotti per l'espletamento dell'incarico ricevuto, relativamente al sito sul quale è prevista la costruzione del Parco Eolico Monte Giarolo, da realizzarsi per la produzione di energia elettrica da fonte eolica, delle relative opere di connessione e distribuzione.

Nessun aerogeneratore ricade direttamente in aree caratterizzate da pericolosità geomorfologica, idraulica e/o rischio.

Dal punto di vista idrologico, è il caso di raccomandare, in fase di progettazione e realizzazione delle opere di drenaggio delle acque piovane, asservite alle strutture, di rispettare il naturale deflusso del reticolo esistente; tale accorgimento, peraltro giustificato da una preliminare valutazione del rapporto costi-efficacia dei sistemi drenanti da realizzare, risulta a favore del mantenimento della stabilità generale dei processi morfologici in atto.

L'unica valutazione da considerare riguarda l'eventuale determinazione preliminare della portata di deflusso sostenibile dagli attuali impluvi superficiali. Tale valutazione non può prescindere dal progetto esecutivo delle opere drenanti; in fase di progettazione; si rimanda quindi al tecnico incaricato.

Per ciò che concerne l'aspetto idrologico, non si evidenziano problematiche legate a fenomeni di affioramento di falda in quanto le caratteristiche litostratigrafiche delle unità litologiche presenti conferiscono alle stesse alta permeabilità tanto che le acque si infiltrano e permeano sino a collocarsi nella falda freatica per cui non si ravvisano problematiche d'interferenza tra il programma di progetto proposto e le acque di scorrimento sotterranee.

Per quanto attiene agli aspetti idrogeologici, è possibile ipotizzare diverse, ma ridotte, falde idriche superficiali che circolano all'interfaccia coltre/ammasso roccioso e/o nelle fratture dell'ammasso roccioso, tutte di modesta potenzialità e spessore, le cui piezometriche dovranno essere verificate per mezzo di indagini dirette (sondaggi) da eseguirsi in sito.

Savona, li settembre 2022

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