

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:

PIANO PRELIMINARE RIUTILIZZO TERRE
E ROCCE DA SCAVO



Data	Emis.	Aggiornamento	Data	Contr.	Data	Autor.
12/2022	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

0007

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_Piano preliminare utilizzo terre e rocce da scavo.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. INTERVENTO IN PROGETTO	5
3. PROGRAMMA DI REALIZZAZIONE DEI LAVORI	9
4. CAMPAGNA DI INDAGINI IN SITO	11
4.1 RILEVAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO DI DETTAGLIO	11
4.2 INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE CON INTERPRETAZIONE TOMOGRAFICA, MASW E HVSR.	12
.....	
5. QUADRO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO REGIONALE	13
6. MODALITÀ DI SCAVO E VOLUMETRIE PREVISTE	17
7. NUMERO E CARATTERISTICHE DEI PUNTI DI INDAGINE	19
8. PARAMETRI DA DETERMINARE	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 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.

La presente relazione definisce il piano preliminare di utilizzo delle terre e rocce da scavo, escluse dalla disciplina dei rifiuti, per il progetto summenzionato

La normativa di riferimento per la redazione del presente documento è la seguente:

- Decreto legislativo 3 aprile 2006, n.152 – norme in materia ambientale;
- Decreto del Presidente della Repubblica 13 giugno 2017, n.120 – Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164.

Dato che il "Parco Eolico Monte Giarolo" si configura come un cantiere di grandi dimensioni (>6000 mc) soggetto a VIA (Art.9 comma 7 DPR 120/2017) si predispose il presente piano di utilizzo secondo quanto previsto dall'art.24 del Decreto del Presidente della Repubblica 13 giugno 2017 n.120.

Il regolamento per la gestione delle terre individua i criteri di qualificazione dei sottoprodotti di terre e rocce ed i limiti che le concentrazioni devono avere rispetto alle soglie di contaminazione. Definisce inoltre i metodi di campionamento necessari per la caratterizzazione ambientale da usare nella redazione dei piani di utilizzo delle terre e rocce da scavo laddove i cantieri siano di dimensioni rilevanti.

I requisiti che devono possedere le terre e rocce da scavo, affinché si possano qualificare come sottoprodotti, sono fissati dall'art. 184 bis del Decreto legislativo 3 aprile 2006 n.152 – Norme in

materia ambientale (di seguito definito Testo Unico Ambiente). Mentre le procedure della loro verifica sono stabilite dal nuovo regolamento e devono essere certificati e dimostrati mediante caratterizzazione chimico-fisica da un laboratorio di analisi con le modalità stabilite nell'allegato n.4 del regolamento. Dalla caratterizzazione deve risultare che non siano superati i valori di concentrazione soglia riportati nelle colonne A e B della Tabella 1 contenuta nell'allegato 5 del Titolo V Parte IV del Testo Unico Ambiente.

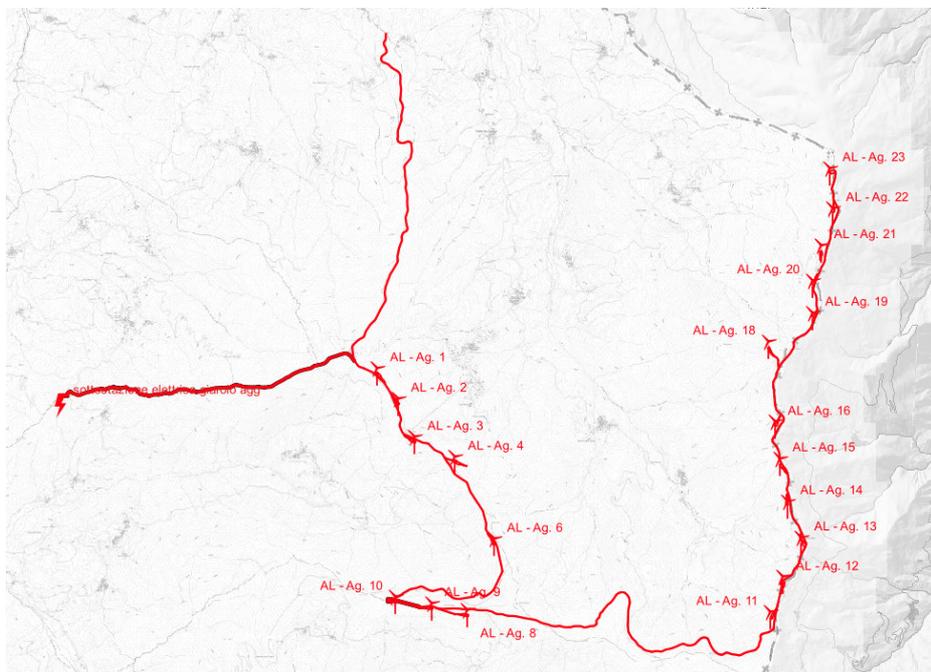


Figura 1.1: Inquadramento dell'area di intervento su base CTR regione Piemonte (aerogeneratori, strada di collegamento tra aerogeneratori, strada di connessione tra parco eolico e sottostazione elettrica, strada di accesso al sito) e successivo inquadramento nell'abito amministrativo/territoriale.

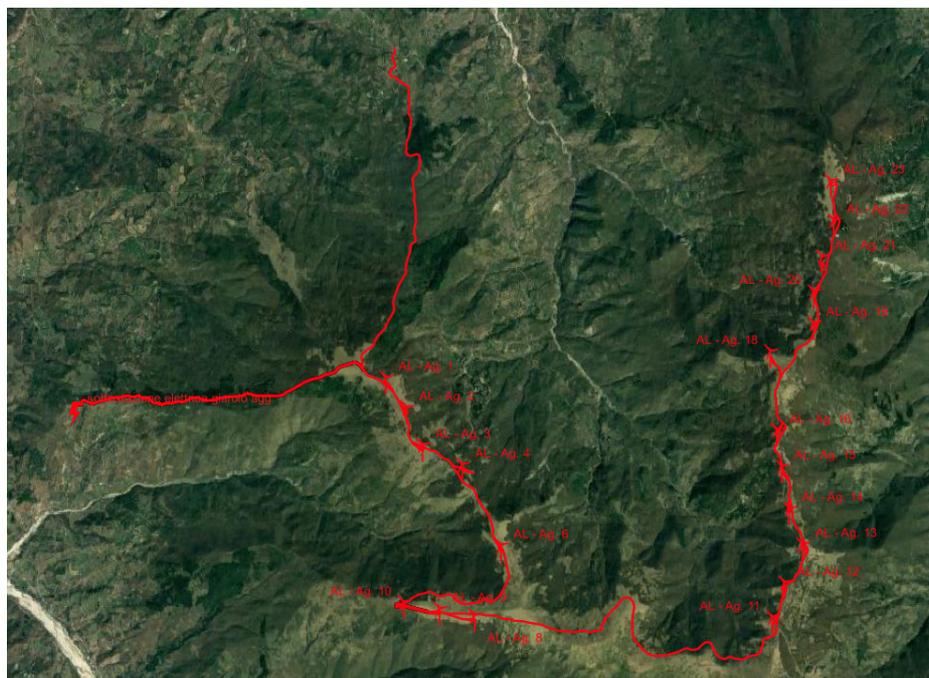


Figura 1.2: Inquadramento dell'area di intervento su base satellite Google Maps (aerogeneratori, strada di collegamento tra aerogeneratori, strada di connessione tra parco eolico e sottostazione elettrica, strada di accesso al sito), e successivo inquadramento nell'abito amministrativo/territoriale.

2. 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.

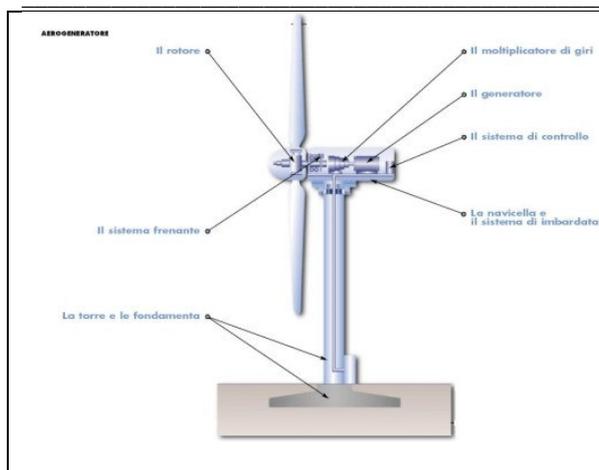
PIAZZOLA DI MONTAGGIO

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

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



- Torre: di forma tubolare leggermente tronco conica che sostiene la navicella e il rotore;
- Navicella e sistema di imbardata: la navicella è una cabina all'interno della quale trovano ricovero i componenti di un aerogeneratore, essa è collocata in cima alla torre e può ruotare di 360° sul proprio asse;
- Sistema di controllo: permette il funzionamento di un aerogeneratore gestendo le operazioni di lavoro azionando, inoltre, il dispositivo di arresto in caso di malfunzionamento;
- Generatore: trasformatore di energia meccanica in energia elettrica collegati ad una serie di inverter;
- Moltiplicatore di giri: sistema di trasformazione della rotazione lenta delle pale in una più veloce in grado di far funzionare il generatore;
- Sistema frenante: costituito da due sistemi indipendenti di arresto delle pale, uno meccanico e uno dinamico. Il primo contribuisce a terminare l'arresto della frenata data, il secondo, invece, frena in caso di sovravelocità;
- Rotore: costituito dal mozzo e dalle pale ad esse ancorate.

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.

SOVRASTRUTTURA VIARIA

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

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

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

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

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

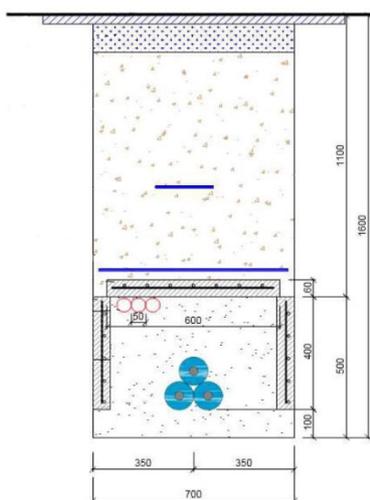
garantire la carrabilità in ogni momento ai mezzi per la manutenzione. I muri controterra saranno realizzati con le terre armate al fine di meglio inserire a livello ambientale la strada.

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.

3. PROGRAMMA DI REALIZZAZIONE DEI LAVORI

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

Le macro attività che si prevedono sono le seguenti:

- 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.

4. 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.

4.1 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.

4.2 INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE CON INTERPRETAZIONE TOMOGRAFICA, MASW E HVSR.

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 µs e una durata di acquisizione su singola battuta di 2048 ms. L'elaborazione delle registrazioni ha portato all'individuazione nei primi 30 metri di profondità di diverse discontinuità sismiche rappresentate graficamente nei report di elaborazione.

5. QUADRO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO REGIONALE

GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

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

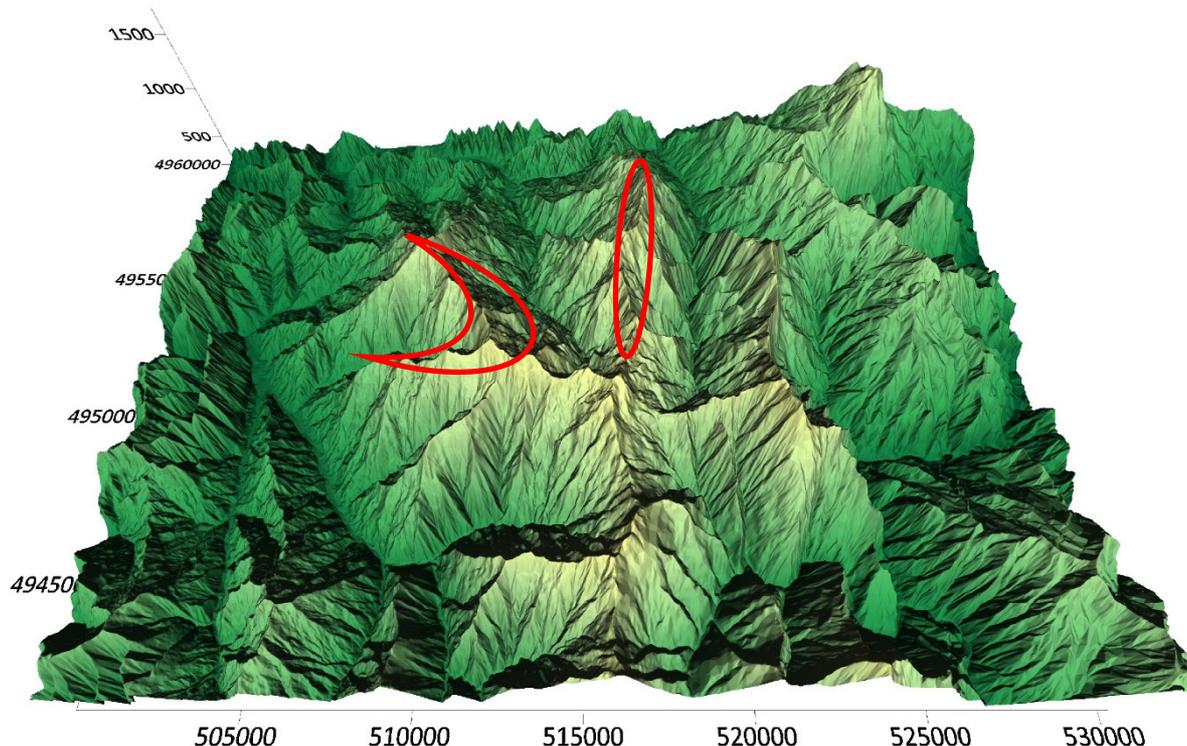


Figura 5.1: Modello 3D da DEM 10 m – presenza di esagerazione verticale sono evidenziate la zona ovest (AG da 01 a 10) ed est (AG da 11 a 23)

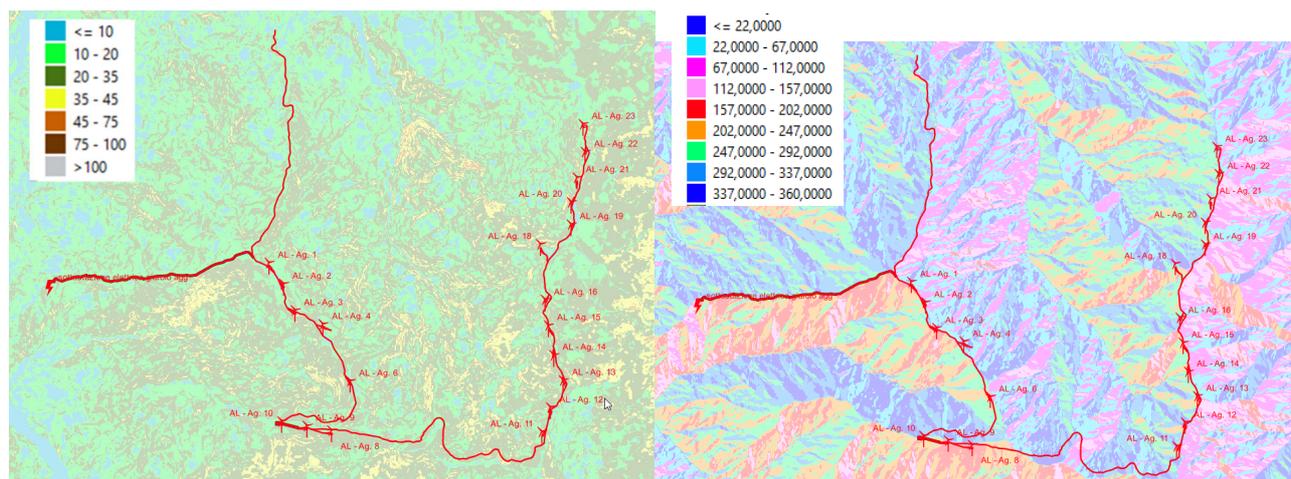


Figura 5.2: Carta dell'acclività 7 classi e Carta dell'esposizione dei versanti 9 classi – da Modello 3D da DEM 10 m

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 rinvencono 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, calcasiltiti 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 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.

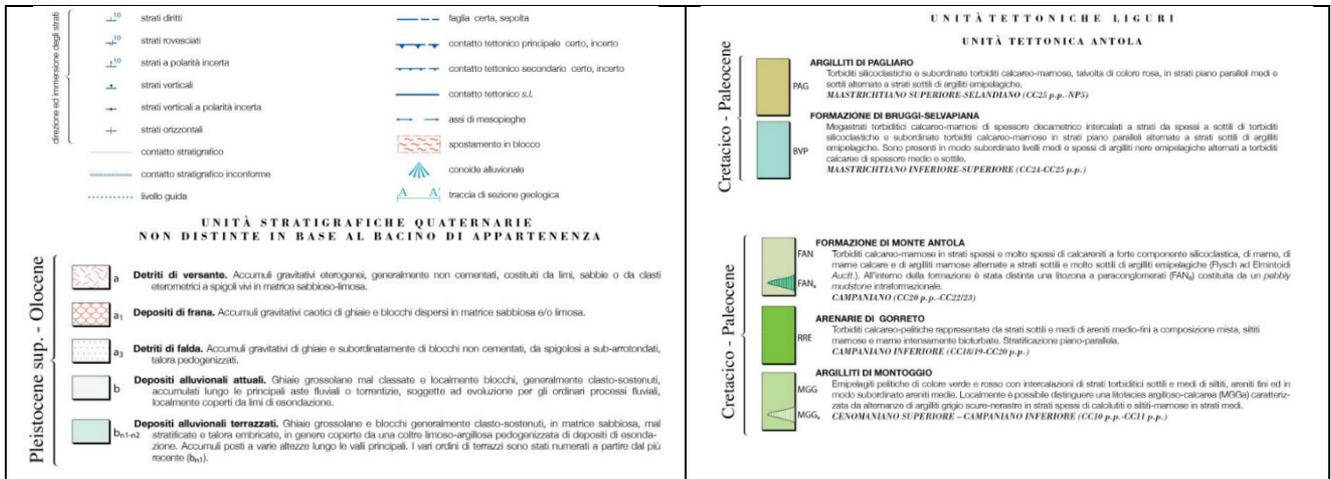


Figura 5.3: Carta geologica estratto CGR Cabella Ligure – Ubicazione totalità aerogeneratori

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.

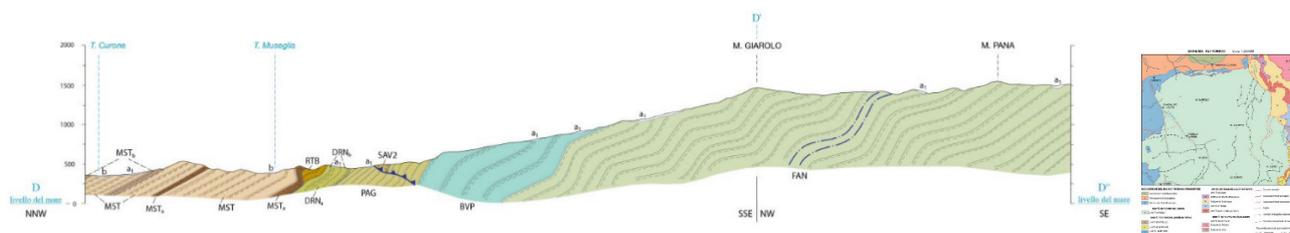


Figura 5.4: Sezione geologica estratto CGR Cabella Ligure – Schema tettonico

6. MODALITÀ DI SCAVO E VOLUMETRIE PREVISTE

Per la realizzazione del “Parco Eolico Monte Giarolo” è prevista la sistemazione del terreno per la regolarizzazione dei piani di posa dei singoli aerogeneratori, delle piazzole di montaggio, della sottostazione elettrica, nonché delle strade di accesso e di cantiere. Tale sistemazione prevede la movimentazione di circa 580.640 mc che verranno solo parzialmente riutilizzati all'interno dell'area di cantiere per un volume totale di circa 223.730 mc con un esubero di circa 356.915 mc di materiale che dovrà trovare diversa collocazione o essere conferito a centro di smaltimento e/o recupero.

Il dettaglio del calcolo dei quantitativi sopra riportati viene di seguito esplicitato.

Aerogeneratori				
Lavorazione	Quantità (mc)	Destinazione di riutilizzo	Riutilizzo (mc)	Rimanenza (mc)
Piazzola AG 01	18543,16	Riutilizzo in sito	6910,52	11632,64
Piazzola AG 02	24242,04	Riutilizzo in sito	7447,1	16794,94
Piazzola AG 03	20494,4	Riutilizzo in sito	5402,64	15091,76
Piazzola AG 04	55685,53	Riutilizzo in sito	4674,05	51011,48
Piazzola AG 05	7794,78	Riutilizzo in sito	7220,06	574,72
Piazzola AG 06	3889,86	Riutilizzo in sito	16059,45	-12169,59
Piazzola AG 07	3395,34	Riutilizzo in sito	16829,19	-13433,85
Piazzola AG 08	1597,55	Riutilizzo in sito	5083,73	-3486,18
Piazzola AG 09	12772,89	Riutilizzo in sito	1673,58	11099,31
Piazzola AG 10	2162,77	Riutilizzo in sito	1234,10	928,67
Piazzola AG 11	24529,5	Riutilizzo in sito	1402,33	23127,17
Piazzola AG 12	11040,33	Riutilizzo in sito	12585,98	-1545,65
Piazzola AG 13	17273,86	Riutilizzo in sito	19015,68	-1741,82
Piazzola AG 14	6310,47	Riutilizzo in sito	8369,68	-2059,21
Piazzola AG 15	2595,81	Riutilizzo in sito	9599,51	-7003,7
Piazzola AG 16	5108,77	Riutilizzo in sito	9589,03	-4480,26
Piazzola AG 17	8005,72	Riutilizzo in sito	3172,66	4833,06
Piazzola AG 18	6354,4	Riutilizzo in sito	3094,07	3260,33
Piazzola AG 19	11202,43	Riutilizzo in sito	4106,04	7096,39

Piazzola AG 20	21339,42	Riutilizzo in sito	941,07	20398,35
TOTALE	264339,03		144410,47	119928,56

A carico delle piazzole afferenti ai diversi aerogeneratori, circa 264.350 mc di materiale verranno escavati dei quali saranno riutilizzati circa 144.400 mc con un esubero di circa 120.00 mc di materiale che dovrà trovare diversa collocazione o essere conferito a centro di smaltimento e/o recupero.

Aerogeneratori				
Lavorazione	Quantità (mc)	Destinazione di riutilizzo	Riutilizzo (mc)	Rimanenza (mc)
Piazzola AG 01	1716,795	---	---	1716,795
Piazzola AG 02	1716,795	---	---	1716,795
Piazzola AG 03	1716,795	---	---	1716,795
Piazzola AG 04	1716,795	---	---	1716,795
Piazzola AG 05	1716,795	---	---	1716,795
Piazzola AG 06	1716,795	---	---	1716,795
Piazzola AG 07	1716,795	---	---	1716,795
Piazzola AG 08	1716,795	---	---	1716,795
Piazzola AG 09	1716,795	---	---	1716,795
Piazzola AG 10	1716,795	---	---	1716,795
Piazzola AG 11	1716,795	---	---	1716,795
Piazzola AG 12	1716,795	---	---	1716,795
Piazzola AG 13	1716,795	---	---	1716,795
Piazzola AG 14	1716,795	---	---	1716,795
Piazzola AG 15	1716,795	---	---	1716,795
Piazzola AG 16	1716,795	---	---	1716,795
Piazzola AG 17	1716,795	---	---	1716,795
Piazzola AG 18	1716,795	---	---	1716,795
Piazzola AG 19	1716,795	---	---	1716,795
Piazzola AG 20	1716,795	---	---	1716,795
TOTALE	34335,9			34335,9

A carico delle fondazioni afferenti ai diversi aerogeneratori la totalità degli scavi, circa 34.335 mc di materiale dovranno trovare diversa collocazione o essere conferito a centro di smaltimento e/o recupero.

Strada di collegamento ed adeguamenti stradali				
Lavorazione	Quantità (mc)	Destinazione di riutilizzo	Riutilizzo (mc)	Rimanenza (mc)
Strada di accesso al parco eolico	97839	Riutilizzo in sito	4243	93596
Porzione ovest	35422	Riutilizzo in sito	18059	17363
Porzione est	29815	Riutilizzo in sito	5863	23952
Unione crinali	81627	Riutilizzo in sito	49617	32010
Viabilità interna	37262,16	Riutilizzo in sito	1533,669	35728,49
TOTALE	281965,2		79315,67	202649,5

A carico della strada di collegamento e degli adeguamenti stradali, verranno escavati circa 282.000 mc di materiale dei quali saranno riutilizzati circa 79.300 mc con un esubero di circa 202.650 mc di materiale che dovrà trovare diversa collocazione o essere conferito a centro di smaltimento e/o recupero

7. NUMERO E CARATTERISTICHE DEI PUNTI DI INDAGINE

La caratterizzazione ambientale sarà eseguita mediante scavi esplorativi (pozzetti o trincee).

Per quanto riguarda i singoli punti di installazione la densità dei punti di indagine nonché la loro ubicazione è basata su considerazioni di tipo statistico: campionamento sistematico su griglia. I punti d'indagine saranno ubicati all'interno di ogni maglia in posizione opportuna (ubicazione sistematica casuale). Il numero di punti d'indagine non può essere inferiore a tre e, in base alle dimensioni delle singole aree d'intervento, è aumentato secondo i criteri minimi riportati nella tabella seguente.

Dimensione dell'area	Punti di prelievo
Inferiore a 2.500 metri quadri	3
Tra 2.500 e 10.000 metri quadri	3 + 1 ogni 2.500 metri quadri
Oltre i 10.000 metri quadri	7 + 1 ogni 5.000 metri quadri

Nel caso specifico per piazzole con un'estensione areale dell'area di intervento di circa 2500 mq si ottengono 3 punti di indagine a Fondazione che possono crescere fino a 4 per piazzole sotto i 5000 mq. Il lato di ogni maglia può variare da 10 a 100 m a seconda del tipo e delle dimensioni del sito oggetto dello scavo. Nel caso specifico si ritiene che possa essere rappresentativa una maglia quadrata di lato 10 m che consente l'individuazione di almeno 25 aree di indagine dalle quali saranno presi campioni singoli a blocchi di 8 che a seguito di miscelazione e quartatura daranno forniranno i 4 campioni da sottoporre ad indagine analitica.

Per quanto riguarda invece la linea elettrica e la strada di collegamento, trattandosi di opere infrastrutturali lineari, il campionamento è effettuato almeno ogni 500 metri lineari di tracciato. Nel caso specifico la sete stradale ha uno sviluppo su nuovo tracciato di 6 km mentre la connessione ha

uno sviluppo di circa 21 Km lineari e pertanto si prevede un totale di n°54 punti di indagine. Insistendo, per la sua quasi totalità, su viabilità esistente la caratterizzazione ambientale del materiale da scavo prodotto per la posa della linea elettrica sarà eseguita in corso d'opera secondo le modalità previste nell'Allegato 9 del regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo.

Per scavi superficiali, di profondità inferiore a 2 metri i campioni da sottoporre ad analisi chimico-fisiche saranno almeno due: uno per ciascun metro di profondità, mentre per scavi superiori ai due metri i campioni saranno tre: uno per il primo metro, uno per il fondoscavo ed uno per la parte intermedia tra i due precedenti. Il prelievo dei campioni potrà essere effettuato con l'ausilio di mezzo meccanico poiché le profondità da investigare risultano compatibili con l'uso normale dell'escavatore meccanico (ove risulti impossibile effettuare il prelievo a mezzo di escavatore potrà essere svolto con tecniche di carotaggio). Di seguito si riporta il riepilogo del numero di punti di indagine previsti e di campioni da sottoporre ad analisi chimico-fisica.

Intervento	Punti di indagine	Campionamenti da effettuare
Piazzole aerogeneratori	80	240
Strada di collegamento	6	12
Connessione	21	42

8. PARAMETRI DA DETERMINARE

I parametri analitici da ricercare sono definiti in base alle sostanze che si ritiene possano essere presenti a causa delle attività antropiche avvenute nelle aree di interesse o nelle immediate vicinanze. Nel caso specifico, sulla base di quanto riportato in precedenza, si ritiene esaustivo il set analitico minimale riportato in Tabella 4.1 del DPR 120/2017 è il seguente:

Arsenico
Cadmio
Cobalto
Nichel
Piombo
Rame
Zinco
Mercurio
Idrocarburi C>12
Cromo totale
Cromo VI
Amianto
BTEX*
IPA*
(*) Da eseguire nel caso in cui l'area da scavo si collochi a 20 m di distanza da infrastrutture viarie di grande comunicazione e ad insediamenti che possono aver influenzato le caratteristiche

del sito mediante ricaduta delle emissioni in atmosfera. Gli analiti da ricercare sono quelli elencati alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, Parte Quarta, Titolo V, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152

Ai summenzionati parametri inorganici, per i campioni scelti per il monitoraggio ambientale saranno, inoltre determinati i seguenti parametri chimico fisici.

Parametri Chimico Fisici	Motivazione d' uso e descrizione
Tessitura	(definita secondo il triangolo tessiturale USDA): La tessitura è responsabile di molte proprietà fisiche (per es. struttura), idrologiche (per es. permeabilità, capacità di ritenzione idrica) e chimiche (es. capacità di scambio cationico) dei suoli.
Contenuto in scheletro in percentuale sul volume	per scheletro si intende la frazione di terreno costituita da elementi di diametro superiore a 2 mm; la sua presenza riduce la capacità di ritenzione idrica del suolo, ed anche i livelli di fertilità;
Ph	la conoscenza del valore del pH è di importanza fondamentale da un punto di vista agronomico. Al variare del pH, infatti, varia la disponibilità degli elementi nutritivi del suolo e le specie agrarie possono essere acidofile (prediligono suoli acidi), alcalofile (prediligono suoli alcalini) o neutrofile (prediligono suoli neutri);
Carbonio organico	il contenuto di carbonio organico nel suolo è in stretta relazione con quello della sostanza organica, la quale esplica una serie di azioni chimico-fisiche positive che influenzano numerose proprietà nel suolo
Fosforo assimilabile	Lo scopo dell'analisi del fosforo assimilabile è quello di determinare la quantità di fosforo utilizzabile dalle colture vegetali
Rapporto Carbonio organico/azoto	il rapporto carbonio organico/azoto organico aiuta a capire lo stato di fertilità di un terreno e qualifica il tipo di humus presente nel terreno
Azoto totale	L'analisi dell'azoto totale consente la determinazione delle frazioni di azoto organiche e ammoniacali presenti nel suolo; tale parametro non è correlato alla capacità del terreno di rendere l'azoto disponibile
Capacità di scambio cationico (CSC)	La conoscenza della capacità di scambio cationico è di notevole importanza per tutti i suoli in quanto fornisce un'indicazione sulla fertilità potenziale e sulla natura dei minerali

	argillosi
Basi di scambio (Calcio, Magnesio, Sodio, Potassio)	Calcio, magnesio e Potassio e fanno parte del complesso di scambio assieme al sodio e nei suoli acidi all'idrogeno e all'alluminio. L'interpretazione della dotazione di questi elementi va quindi messa in relazione con la CSC e con il contenuto in argilla

Savona, li settembre 2023

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